

# Landschaftspflegekonzept Bayern



Band II.15  
Lebensraumtyp  
Geotope

mit besonderer Bedeutung für  
Artenschutz und Landschaftsbild



Bayerisches  
Staatsministerium  
für Landesentwicklung  
und Umweltfragen

**ANL** Bayerische Akademie  
für Naturschutz und  
Landschaftspflege

# Inhaltsverzeichnis

<b>Einführung</b> . . . . .	21
<b>A Allgemeiner Teil</b> . . . . .	25
<b>A.1 Grundinformationen</b> . . . . .	25
<b>A.1.1 Allgemeine Charakterisierung erhaltungs- und pflegewürdiger Geotope, Typenüberblick</b> . . . . .	25
A.1.1.1 Der Begriff "Geotop" (Was alles fällt darunter) . . . . .	25
A.1.1.2 Das Problem der Erfassungsschwellen . . . . .	28
A.1.1.3 Überblick der Geotopkategorien . . . . .	29
A.1.1.3.1 Aufschlüsse, Bergbauspuren (B) . . . . .	29
A.1.1.3.2 Eiszeitliche Formen (C) . . . . .	29
A.1.1.3.3 Fluviale Formen (D) . . . . .	29
A.1.1.3.4 Karstformen, Karbonatlösungs-(Subrosions-)formen (E) . . . . .	30
A.1.1.3.5 Felsen, Härtlinge, Blockhalden und Inselgesteine (F) . . . . .	30
A.1.1.3.6 Vulkanische Formen (G) . . . . .	31
A.1.1.3.7 Meteoritische Formen (Riesereignis) (H) . . . . .	31
A.1.1.3.8 Dünen (I) . . . . .	32
<b>A.1.2 Räumlicher Wirkungsbereich, administrative und wissenschaftliche Handlungsfelder in der Geotop-Pflege, Bezüge zu anderen Lebensraumtypbänden</b> . . . . .	32
<b>A.1.3 Standortverhältnisse, Morphologie</b> . . . . .	33
<b>A.1.4 Pflanzenwelt</b> . . . . .	34
<b>A.1.5 Tierwelt</b> . . . . .	35
<b>A.1.6 Regionalgeologische Gliederung als Bezugsrahmen für die Geotoppflege; regionalspezifische Geotopspektren</b> . . . . .	36
A.1.6.1 Bayerns geologische Regionen und ihr Geotopspektrum . . . . .	37
A.1.6.1.1 Grundgebirgsregion . . . . .	37
A.1.6.1.1.1 Frankenwald mit Vogtland . . . . .	38
A.1.6.1.1.2 Münchberger Masse/-Hochfläche . . . . .	39
A.1.6.1.1.3 Fichtelgebirge und Steinwald . . . . .	40
A.1.6.1.1.4 Oberpfälzer Wald . . . . .	41
A.1.6.1.1.5 Bayerischer und Böhmerwald (BW) . . . . .	43
A.1.6.1.2 Schichtstufenland . . . . .	51
A.1.6.1.2.1 Meteoritenkrater des Rieses . . . . .	51
A.1.6.1.2.2 Weißjura-Alb . . . . .	52
A.1.6.1.2.3 Keuper - Lias - Dogger - Region . . . . .	54
A.1.6.1.2.4 Mainfränkische Platten . . . . .	56
A.1.6.1.2.5 Unterfränkische Mittelgebirge . . . . .	57
A.1.6.1.2.6 Rhein-Main-Ebene bei Aschaffenburg (Untermainebene) . . . . .	59
A.1.6.1.2.7 Grundgebirgsvorland (Obermainisches Bruchschollenland, Oberpfälzisches Hügelland) . . . . .	59
A.1.6.1.3 Schwäbisch-bayerisches Alpenvorland . . . . .	60
A.1.6.1.3.1 Donautal . . . . .	60
A.1.6.1.3.2 Tertiärhügelland . . . . .	61
A.1.6.1.3.3 Altmoränenregion . . . . .	63
A.1.6.1.3.4 Jungmoränenregion (incl. Molasse-Vorberge vor der morphologischen Alpengrenze) . . . . .	65
A.1.6.1.4 Alpenraum . . . . .	65
A.1.6.2 Landkreisbezogene Schwerpunkträume einzelner Geototypen . . . . .	67
<b>A.1.7 Bedeutung der Geotope für Naturschutz und Landschaftspflege</b> . . . . .	67
A.1.7.1 Arten- und Biotoperhaltung . . . . .	68
A.1.7.1.1 Geotope als Rückzugsinseln seltener und gefährdeter Waldtypen . . . . .	68
A.1.7.1.2 Geotope als Refugien für extensive Grünlandtypen und gefährdete Grünlandpflanzen . . . . .	71

A.1.7.1.3	Geotope als tierökologisch bedeutsame Trittsteine und Sonderlebensräume . . . . .	71
A.1.7.1.4	Geotope als Orte der Evolution (Sippenbildung) und als Artrefugien . . . . .	72
A.1.7.2	Geotope im abiotischen Landschaftshaushalt . . . . .	72
A.1.7.3	Landschaftsbild . . . . .	73
A.1.7.4	Erd- und Heimatgeschichte, Umweltdidaktik . . . . .	74
<b>A.1.8</b>	<b>Gefährdung, Verluste, Zustand</b> . . . . .	<b>75</b>
<b>A.2</b>	<b>Möglichkeiten für Pflege und Entwicklung</b> . . . . .	<b>77</b>
<b>A.2.1</b>	<b>Pflege</b> . . . . .	<b>78</b>
A.2.1.1	Direkte Pflege- und Gestaltungsmaßnahmen . . . . .	79
A.2.1.2	Indirekte Gestaltung . . . . .	82
<b>A.2.2</b>	<b>Natürliche Entwicklung</b> . . . . .	<b>82</b>
<b>A.2.3</b>	<b>Wiederherstellung und Neuanlage</b> . . . . .	<b>83</b>
A.2.3.1	Wiederherstellung . . . . .	83
A.2.3.2	Neuanlage . . . . .	84
<b>A.2.4</b>	<b>Geotope und Biotopvernetzung</b> . . . . .	<b>84</b>
<b>A.3</b>	<b>Situation und Problematik von Pflege und Entwicklung</b> . . . . .	<b>85</b>
<b>A.4</b>	<b>Pflege- und Entwicklungskonzept</b> . . . . .	<b>86</b>
<b>A.4.1</b>	<b>Grundsätze</b> . . . . .	<b>87</b>
<b>A.4.2</b>	<b>Ziele und Leitbilder</b> . . . . .	<b>91</b>
A.4.2.1	Leitbilder, Gestaltungs- und Pflegeziele für den eigentlichen Geotopbereich . . . . .	91
A.4.2.2	Pflege- und Sanierungsmaßnahmen . . . . .	95
A.4.2.2.1	Freilegung des Untergrundes, Entfernen der Vegetation . . . . .	95
A.4.2.2.2	Management der vorhandenen Offenlandvegetation . . . . .	97
A.4.2.2.3	Management der vorhandenen Waldvegetation . . . . .	97
A.4.2.3	Wiederherstellung, Neuanlage . . . . .	97
A.4.2.4	Flankierende Maßnahmen . . . . .	99
<b>B</b>	<b>Aufschlüsse, Bergbauspuren</b> . . . . .	<b>101</b>
<b>B.1</b>	<b>Grundinformationen</b> . . . . .	<b>101</b>
<b>B.1.1</b>	<b>Charakterisierung</b> . . . . .	<b>101</b>
B.1.1.1	Aufschlußursachen, Bestandesdauer . . . . .	101
B.1.1.2	Aufschlußinhalte . . . . .	102
<b>B.1.2</b>	<b>Landschaftspflegerischer Wirkungsbereich bei der Aufschlußerhaltung</b> . . . . .	<b>105</b>
B.1.2.1	Naturschutzrechtliche Sicherung . . . . .	105
B.1.2.2	Abbau(folge)planung . . . . .	106
B.1.2.3	Wasserbau, landeskulturelle Sicherungsmaßnahmen . . . . .	106
B.1.2.4	Restituierung und Erhaltung von Kulturbiotopen mit Aufschluß-Nebenfunktion . . . . .	107
B.1.2.5	Folgepflege von Abbaustellen . . . . .	107
B.1.2.6	Abgleich mit der Bergsicherung . . . . .	107
<b>B.1.3</b>	<b>Standortverhältnisse</b> . . . . .	<b>107</b>
<b>B.1.4</b>	<b>Pflanzenwelt</b> . . . . .	<b>108</b>
<b>B.1.5</b>	<b>Tierwelt</b> . . . . .	<b>108</b>
<b>B.1.6</b>	<b>Räumliche Verteilung von Aufschlüssen, Verbreitung</b> . . . . .	<b>110</b>
B.1.6.1	Auswahl von Naturaufschlüssen an Steilabstürzen, Traufzonen und größeren Felsen . . . . .	110

B.1.6.2	Auswahl von Naturaufschlüssen an Bach- und Flußufern, in Schluchten und Kerbtälern . . . . .	111
B.1.6.3	Auswahl von Naturaufschlüssen aus Hangrutschungen . . . . .	112
B.1.6.4	Auswahl von Hohlwegen mit Aufschlußfunktion . . . . .	112
B.1.6.5	Auswahl von aufschlußwichtigen (alten) Steinbrüchen . . . . .	112
B.1.6.6	Wenige Beispiele geotopwichtiger Kies-, Sand-, Ton-, Lehm-, Alm- Ockergruben . . . . .	113
B.1.6.7	Beispiele wichtiger Bergbauspureen . . . . .	113
<b>B.1.7</b>	<b>Bedeutung für Naturschutz und Landschaftspflege . . . . .</b>	<b>115</b>
B.1.7.1	Arten- und Biotopschutz . . . . .	115
B.1.7.2	Landschaftsbild . . . . .	116
B.1.7.3	Geowissenschaften, Erdgeschichte . . . . .	117
B.1.7.4	Heimatkunde, Montangeschichte . . . . .	118
<b>B.1.8</b>	<b>Gefährdung, Rückgang, Zustand . . . . .</b>	<b>118</b>
<b>B.2</b>	<b>Möglichkeiten für Pflege und Entwicklung, Für und Wider . . . . .</b>	<b>120</b>
<b>B.2.1</b>	<b>Ungelenkte Sukzession . . . . .</b>	<b>120</b>
<b>B.2.2</b>	<b>Aktive Biotoppflege an Aufschlüssen . . . . .</b>	<b>121</b>
<b>B.2.3</b>	<b>Geowissenschaftliche Unterhaltungsmaßnahmen . . . . .</b>	<b>121</b>
<b>B.3</b>	<b>Situation und Problematik der Pflege und Entwicklung . . . . .</b>	<b>124</b>
<b>B.4</b>	<b>Pflege- und Entwicklungskonzept für Aufschlüsse . . . . .</b>	<b>126</b>
<b>B.4.1</b>	<b>Allgemeine Grundsätze und Ziele für Aufschlußbereiche . . . . .</b>	<b>126</b>
<b>B.4.2</b>	<b>Gestaltungsleitbilder und Maßnahmen in Aufschlußbereichen . . . . .</b>	<b>128</b>
B.4.2.1	Entwicklung und Gestaltung natürlicher Aufschlüsse an Erosionsstandorten . . . . .	128
B.4.2.2	Entwicklung und Gestaltung natürlicher Felsaufschlüsse . . . . .	128
B.4.2.3	Entwicklung und Gestaltung von künstlichen Aufschlüssen in Abbaustellen (vgl. auch Kap. B.2 und Band II.17) . . . . .	129
B.4.2.3.1	Übergreifende Basismaßnahmen in Abbaustellen . . . . .	129
B.4.2.3.2	Vorrangstandorte für aufschlußunterhaltende Maßnahmen: . . . . .	130
B.4.2.3.3	Defizitgebiete für Abbaurestflächen, Vorrangregionen zur Erhöhung des Abbaurestflächenanteiles . . . . .	130
B.4.2.3.4	Endgestaltung von Steinbrüchen mit Geo-Bio-Doppelfunktion . . . . .	130
B.4.2.4	Entwicklung und Gestaltung aufschlußwichtiger Hohlwege und Lesesteinansammlungen . . . . .	131
B.4.2.5	Entwicklung und Gestaltung von Bergbau-Geotopen (vor allem PA, REG, CHA, SAD, TIR, NEW, WUN, HO, KC, MB, TS) . . . . .	132
<b>B.5</b>	<b>Pflege- und Entwicklungsmodelle . . . . .</b>	<b>133</b>
<b>C</b>	<b>Denkmäler der Eiszeit, Glaziale Formen . . . . .</b>	<b>135</b>
<b>C.1</b>	<b>Grundinformationen . . . . .</b>	<b>135</b>
<b>C.1.1</b>	<b>Glaziales Formenspektrum, naturschutzwichtige Landschaftselemente . . . . .</b>	<b>138</b>
C.1.1.1	Kare, Nivationswannen der Hoch- und Mittelgebirge (R) . . . . .	139
C.1.1.2	Transfluenzpässe der Alpen (R) . . . . .	140
C.1.1.3	Trogtäler, U-Täler der Alpen und des Böhmerwaldes (R) . . . . .	140
C.1.1.4	Zungenbecken, Zweigbecken (R) . . . . .	141
C.1.1.5	Rundhöcker, Gletscherschliffe (R, P) . . . . .	143
C.1.1.6	Moränen (R) . . . . .	143
C.1.1.7	Drumlins (R) . . . . .	145
C.1.1.8	Findlinge, erratische Blöcke, Irrblöcke (P) . . . . .	146



C.1.1.9	Terrassen, Schotterstufen (R) . . . . .	147
C.1.1.10	Trompetentälchen, Gletschertore, Tunneltäler (R) . . . . .	147
C.1.1.11	Kames, Oser (R) . . . . .	147
C.1.1.12	Toteiskessel, Toteislöcher (Sölle, Sing. Soll), Kesselfelder (R) . . . . .	148
C.1.1.13	Kryoturbationen, Eiskeile, Frostmusterböden, Strukturböden (A) . . . . .	149
C.1.1.14	Buckelfluren (R) . . . . .	149
C.1.1.15	Periglaziale Trockenrinnen und Trockentäler, Hangrinnensysteme . . . . .	150
<b>C.1.2</b>	<b>Wirkungsbereich</b> . . . . .	<b>150</b>
<b>C.1.3</b>	<b>Standortverhältnisse</b> . . . . .	<b>152</b>
<b>C.1.4</b>	<b>Vegetation und Flora</b> . . . . .	<b>153</b>
<b>C.1.5</b>	<b>Tierwelt</b> . . . . .	<b>160</b>
<b>C.1.6</b>	<b>Verbreitung, Auswahlliste mustergültiger Vorkommen, Verantwortung der Landkreise</b> . . . . .	<b>160</b>
C.1.6.1	Kare, Nivationswannen (nur wenige Beispiele) . . . . .	160
C.1.6.2	Transfluenzpassé . . . . .	161
C.1.6.3	Trogtäler . . . . .	161
C.1.6.4	Zungen- und Zweigbecken . . . . .	161
C.1.6.5	Rundhöckerlandschaften der Talstufe, kleinteilige Molasserippenlandschaften, Gletscherschliffe der Talstufe . . . . .	161
C.1.6.6	Endmoränen . . . . .	162
C.1.6.6.1	Jungendmoränenwälle und -landschaften von herausragender Bedeutung . . . . .	162
C.1.6.6.2	Jungeiszeitliche Tumulus-Landschaften . . . . .	164
C.1.6.6.3	Altmoränenwälle und -reste, alteiszeitliche Nagelfluhen . . . . .	164
C.1.6.7	Drumlinder . . . . .	165
C.1.6.8	Findlinge, erratische Blöcke . . . . .	166
C.1.6.9	Schotterstufen, Terrassenränder . . . . .	166
C.1.6.10	Gletschertore, Trompetentälchen . . . . .	166
C.1.6.11	Kamesfelder, in sich geschlossene Eiszerfallslandschaften . . . . .	167
C.1.6.12	Toteiskessel, Toteislöcher, Kesselfelder . . . . .	167
C.1.6.13	Buckelfluren, -landschaften . . . . .	168
C.1.6.14	Periglaziale Trockentäler und -rinnen, fossile eiszeitl. Abflußtäler . . . . .	169
C.1.6.15	Natürliche Glazial-Aufschlüsse . . . . .	170
<b>C.1.7</b>	<b>Bedeutung für Naturschutz und Landschaftspflege</b> . . . . .	<b>171</b>
C.1.7.1	Arten- und Biotopschutz . . . . .	171
C.1.7.2	Naturgüter, Landschaftswasserhaushalt, Stoffhaushalt . . . . .	171
C.1.7.3	Landschaftsbild, Naturerleben, Erholung . . . . .	175
C.1.7.4	Geowissenschaften, Erdgeschichte, erdgeschichtliche Heimatkunde . . . . .	175
C.1.7.5	Volkskunde, Kulturgeschichte, Denkmalschutz . . . . .	176
C.1.7.6	Naturschutzgeschichte . . . . .	176
<b>C.1.8</b>	<b>Gefährdung, Rückgang, Zustand</b> . . . . .	<b>176</b>
<b>C.2</b>	<b>Möglichkeiten für Pflege und Entwicklung</b> . . . . .	<b>178</b>
<b>C.2.1</b>	<b>Erhaltung bzw. Herstellung formangepaßter Flurstückmuster</b> . . . . .	<b>178</b>
<b>C.2.2</b>	<b>Förderung geeigneter Nutzungsarten und -verteilungen</b> . . . . .	<b>179</b>
<b>C.2.3</b>	<b>Zurückhaltende bzw. formsensible Neuaufforstungsplanung und Waldeinrichtung</b> . . . . .	<b>179</b>
<b>C.2.4</b>	<b>Rücksichtnahme bei der Bebauungs- und Infrastrukturplanung</b> . . . . .	<b>179</b>
<b>C.2.5</b>	<b>Ausweisung von Reliefschongebieten</b> . . . . .	<b>179</b>
<b>C.2.6</b>	<b>Biotoppflege und -regeneration, landschaftsarchitektonische Gestaltung</b> . . . . .	<b>179</b>
<b>C.2.7</b>	<b>Rekonstruktion abgebauter Glazialformen, natürliche Neubildung</b> . . . . .	<b>180</b>

<b>C.3</b>	<b>Situation und Problematik der Pflege und Entwicklung</b> . . . . .	180
<b>C.3.1</b>	<b>Berücksichtigung im Planungsprozeß</b> . . . . .	181
<b>C.3.2</b>	<b>Stellenwert und Engagement in der Bevölkerung</b> . . . . .	181
<b>C.3.3</b>	<b>Zunehmende Respektierung in der Kulturtechnik und Bodenmelioration</b> . . . . .	182
<b>C.3.4</b>	<b>Pflege im engeren Sinne, Pflegedefizite</b> . . . . .	182
<b>C.3.5</b>	<b>Probleme der Pflegedurchführung</b> . . . . .	183
<b>C.3.6</b>	<b>Wiederherstellungsversuche nach Totalzerstörung, geomorphologische Wiedereingliederung</b> . . . . .	183
<b>C.4</b>	<b>Pflege- und Entwicklungskonzept</b> . . . . .	184
<b>C.4.1</b>	<b>Grundsätze und Ziele</b> . . . . .	184
<b>C.4.2</b>	<b>Handlungs- und Maßnahmenkonzept</b> . . . . .	186
C.4.2.1	Landschaftsgestalterische Leitbilder . . . . .	186
C.4.2.1.1	Wallartige Jungmoränenstrukturen, modellartige Jungend- und Rückzugsmoränenzüge . . . . .	187
C.4.2.1.2	Typische Drumlins, Drumlinfelder . . . . .	187
C.4.2.1.3	Rundhöckerlandschaften im Alpenvorland, sonstige markante Einzelhügellandschaften . . . . .	189
C.4.2.1.4	Tumulus-Gebiete, tumulusartige glaziale Bergsturzlandschaften . . . . .	192
C.4.2.1.5	Eiszerfallsgebiete, Toteislöcher, Kames, Oser . . . . .	192
C.4.2.1.6	Trompetentälchen, markante Schmelzwassertäler . . . . .	198
C.4.2.1.7	Glazifluviale Terrassen . . . . .	198
C.4.2.1.8	Findlinge . . . . .	198
C.4.2.1.9	Gletscherschliffe . . . . .	198
C.4.2.1.10	Buckelfluren, Rutschbuckelhänge . . . . .	199
C.4.2.2	Pflege- und Entwicklungsmaßnahmen . . . . .	202
C.4.2.2.1	Aufklärung, Bewußtseinsbildung . . . . .	202
C.4.2.2.2	Noch gezieltere Anwendung gültiger Förderprogramme . . . . .	202
C.4.2.2.3	Restriktionen beim Bodenabbau . . . . .	202
C.4.2.2.4	Biotoppflege und -entwicklung . . . . .	202
<b>C.5</b>	<b>Modellprojekte und -beispiele</b> . . . . .	203
<b>D.1</b>	<b>Grundinformationen</b> . . . . .	205
<b>D.1.1</b>	<b>Charakterisierung fluvialer und verwandter Geotope</b> . . . . .	205
D.1.1.1	Talformen . . . . .	206
D.1.1.1.1	Kastental (auch Sohlintal oder Sohlen-Kerbtal) . . . . .	206
D.1.1.1.2	Asymmetrische Täler . . . . .	206
D.1.1.1.3	Muldental . . . . .	206
D.1.1.1.4	Klammern . . . . .	207
D.1.1.1.5	Schluchten, V- oder Kerbtäler (oberbayerisch "Gräben", alemannisch z.T. auch "Tobel") . . . . .	208
D.1.1.1.6	Flußdurchbrüche (Talengen, Canyons) . . . . .	209
D.1.1.2	Mäanderstrecken, Umlaufberge . . . . .	211
D.1.1.3	Uferabbrüche, (fossile) Prallhänge, Reißen, Hanggrate und -pyramiden . . . . .	212
D.1.1.4	Schwemmfächer, Deltas, Umlagerungsstrecken, Kiesbänke . . . . .	213
D.1.1.5	Terrassen(ränder, -hänge), Schotterstufen . . . . .	214
D.1.1.6	Kleinformen des Auenreliefs, Überströmungsformen . . . . .	215
D.1.1.7	Wasserfälle, Katarakte, Stromschnellen . . . . .	216
D.1.1.8	Ausfällungsformen des fließenden Wassers (Kalktuff, Sinterbildungen) . . . . .	217
D.1.1.9	Naturschutzwichtige Bereiche der Massenbewegung (Rutschhänge, Erdströme, Moorbrüche) . . . . .	217
<b>D.1.2</b>	<b>Wirkungsbereich</b> . . . . .	219
<b>D.1.3</b>	<b>Standortverhältnisse, Hydrologie</b> . . . . .	220
D.1.3.1	Täler . . . . .	220

D.1.3.2	Uferanbrüche, Reißen, Prallhänge etc. . . . .	222
D.1.3.3	Fluß- und Bachdeltas, Schwemmfächer, Kiesumlagerungsstrecken . . . . .	222
D.1.3.4	Terrassenböschungen . . . . .	222
D.1.3.5	Auenkleinrelief . . . . .	222
D.1.3.6	Wasserfälle, Katarakte . . . . .	222
D.1.3.7	Kalktuffbildungen . . . . .	222
D.1.3.8	Zonen mit Massenbewegungen . . . . .	224
<b>D.1.4</b>	<b>Pflanzenwelt . . . . .</b>	<b>224</b>
D.1.4.1	Täler . . . . .	224
D.1.4.2	Uferanbrüche, Prallhänge, Reißen . . . . .	227
D.1.4.3	Schwemmfächer, Deltas, Umlagerungsstrecken . . . . .	227
D.1.4.4	Terrassenränder, Schotterstufen . . . . .	227
D.1.4.5	Auenkleinformen, Flutrinnen . . . . .	228
D.1.4.6	Wasserfälle, Katarakte . . . . .	229
D.1.4.7	Steinerne Rinnen, Bach- und Quelltuffe . . . . .	229
D.1.4.8	Massenbewegungszonen . . . . .	229
<b>D.1.5</b>	<b>Tierwelt . . . . .</b>	<b>229</b>
<b>D.1.6</b>	<b>Verbreitung, Verantwortung der Landkreise . . . . .</b>	<b>230</b>
D.1.6.1	Täler . . . . .	231
D.1.6.1.1	Kastentäler, Karst-Trockentäler (KTT), Asymmetrische Täler (AT) . . . . .	231
D.1.6.1.2	Klammern, Schluchten, tiefe Kerbtäler, Flußdurchbruchstäler, Canyons . . . . .	233
D.1.6.2	Mäander, Umlaufberge . . . . .	235
D.1.6.3	Uferanbrüche, Reißen, modellartige Prallhänge . . . . .	238
D.1.6.4	Schwemmfächer, Deltas, Umlagerungsstrecken . . . . .	238
D.1.6.5	Terrassen, Schotterstufen . . . . .	238
D.1.6.6	Seigen, Hochwasserrelief, Kleinformen der Au, Flutrinnen . . . . .	239
D.1.6.7	Wasserfälle, Kaskaden, Katarakte . . . . .	240
D.1.6.8	Bachtuff-Felsen, Steinerne Rinnen, Kalktuff-Kaskaden, Sinterbildungen, "Dauche", "Duftstein", Kalktuffhügel . . . . .	241
D.1.6.9	Rutschbuckelhänge, Erdströme . . . . .	242
<b>D.1.7</b>	<b>Bedeutung für Naturschutz und Landschaftspflege . . . . .</b>	<b>243</b>
D.1.7.1	Artenschutz, Lebensgemeinschaften . . . . .	243
D.1.7.1.1	Vegetation, Flora . . . . .	243
D.1.7.1.2	Fauna . . . . .	245
D.1.7.2	Naturgüter, abiotischer Ressourcenschutz, Katastrophenschutz . . . . .	245
D.1.7.3	Landschaftsbild, Erholung, Erleben . . . . .	246
D.1.7.4	Erd- und Heimatgeschichte . . . . .	247
<b>D.1.8</b>	<b>Gefährdung, Rückgang, Zustand . . . . .</b>	<b>248</b>
<b>D.2</b>	<b>Möglichkeiten für Pflege und Entwicklung . . . . .</b>	<b>250</b>
<b>D.3</b>	<b>Situation und Problematik der Pflege und Entwicklung . . . . .</b>	<b>251</b>
<b>D.4</b>	<b>Pflege- und Entwicklungskonzept . . . . .</b>	<b>252</b>
<b>D.4.1</b>	<b>Grundsätze und Ziele . . . . .</b>	<b>253</b>
<b>D.4.2</b>	<b>Handlungs- und Maßnahmenkonzept . . . . .</b>	<b>256</b>
D.4.2.1	Entwicklungsleitbilder und Pflegeziele für fluviale Geotope . . . . .	256
D.4.2.1.1	Kulturlandschaftsgeprägte Täler . . . . .	256
D.4.2.1.2	Täler in Wirtschaftswäldern . . . . .	261
D.4.2.1.3	Flußdurchbrüche, Canyons, Klammern, Schluchten, Katarakte und Wasserfälle . . . . .	261
D.4.2.1.4	Umlaufberge, fossile Talmäander . . . . .	262
D.4.2.1.5	Natürliche siedlungsferne Schutt- und Schwemmkegel . . . . .	262
D.4.2.1.6	Terrassen(stufen) . . . . .	263

D.4.2.1.7	Auen-Kleinformen, Flutrippel und Seigen . . . . .	265
D.4.2.2	Pflege- und Entwicklungsmaßnahmen . . . . .	267
<b>D.5</b>	<b>Modellprojekte . . . . .</b>	<b>267</b>
<b>E</b>	<b>Karstformen und Höhlen . . . . .</b>	<b>269</b>
<b>E.1</b>	<b>Grundinformationen . . . . .</b>	<b>269</b>
<b>E.1.1</b>	<b>Charakterisierung, Karstformenspektrum in Bayern . . . . .</b>	<b>270</b>
E.1.1.1	Polje, Uvala, Großdolenen . . . . .	273
E.1.1.2	Dolenen und Erdfälle . . . . .	274
E.1.1.3	Karstgassen . . . . .	276
E.1.1.4	Karren, Schratzen, Schlotten . . . . .	276
E.1.1.5	Felskopffelder . . . . .	278
E.1.1.6	Höhlen und Sinterbildungen . . . . .	278
E.1.1.7	Fluß- oder Bachschwinden, Wasserschlinger, Schlucklöcher (Ponore, Rauhlöcher) . . . . .	279
E.1.1.8	Karstquellen . . . . .	280
<b>E.1.2</b>	<b>Wirkungsbereich . . . . .</b>	<b>280</b>
<b>E.1.3</b>	<b>Standortverhältnisse . . . . .</b>	<b>281</b>
<b>E.1.4</b>	<b>Pflanzenwelt . . . . .</b>	<b>284</b>
<b>E.1.5</b>	<b>Tierwelt . . . . .</b>	<b>288</b>
<b>E.1.6</b>	<b>Verbreitung, Verantwortung der Landkreise . . . . .</b>	<b>289</b>
E.1.6.1	Poljen, Uvalas, Großdolenen . . . . .	291
E.1.6.2	(Klein-) Dolenen, Erdfallgebiete . . . . .	291
E.1.6.3	Karren, Schratzen, Schlotten . . . . .	294
E.1.6.4	Höhlen, Grotten, Abriss . . . . .	295
E.1.6.5	Karstquellen, Hungerbrunnen, Bachschwinden . . . . .	297
E.1.6.6	Trockentäler . . . . .	298
<b>E.1.7</b>	<b>Bedeutung für Naturschutz und Landschaftspflege . . . . .</b>	<b>298</b>
E.1.7.1	Artenschutz, Lebensgemeinschaften . . . . .	298
E.1.7.2	Abiotische Naturgüter, Wasser- und Stoffhaushalt . . . . .	300
E.1.7.3	Landschaftsbild, Naturerleben . . . . .	302
E.1.7.4	Fremdenverkehr, Naherholung . . . . .	302
E.1.7.5	Erdgeschichte . . . . .	303
E.1.7.6	Frühgeschichte, Zeitgeschichte, Volkssagen . . . . .	303
<b>E.1.8</b>	<b>Gefährdung, Rückgang, Zustand . . . . .</b>	<b>305</b>
<b>E.2</b>	<b>Möglichkeiten für Pflege und Entwicklung . . . . .</b>	<b>309</b>
<b>E.2.1</b>	<b>Landschaftliche Gestaltung, Vegetationspflege, Optimierung der Landnutzung . . . . .</b>	<b>309</b>
<b>E.2.2</b>	<b>Wiederherstellung des ursprünglichen Zustandes . . . . .</b>	<b>310</b>
<b>E.2.3</b>	<b>Zulassen natürlicher Karstdynamik (Senkungsfelder, Dolenen-Neubildungsgebiete) . . . . .</b>	<b>311</b>
<b>E.2.4</b>	<b>Abhaltung von Stoffeinträgen, Pufferung . . . . .</b>	<b>312</b>
<b>E.2.5</b>	<b>Besucher-Regelung, Höhleninstandsetzung . . . . .</b>	<b>312</b>
<b>E.2.6</b>	<b>Aufklärung und Medienarbeit . . . . .</b>	<b>315</b>
<b>E.2.7</b>	<b>Hoheitlicher Naturschutz . . . . .</b>	<b>315</b>
<b>E.2.8</b>	<b>(Zustands-)Erfassung . . . . .</b>	<b>315</b>

<b>E.3</b>	<b>Situation und Problematik der Pflege und Entwicklung</b> . . . . .	316
<b>E.4</b>	<b>Pflege- und Entwicklungskonzept</b> . . . . .	319
<b>E.4.1</b>	<b>Grundsätze und Ziele</b> . . . . .	319
<b>E.4.2</b>	<b>Handlungs- und Maßnahmenkonzept</b> . . . . .	323
E.4.2.1	Gestaltungsbilder für Karstformen . . . . .	323
E.4.2.1.1	Gestaltung großer Karstwannen (Großdolinen, Poljen, Uvalas) und Senkungsmulden . . . . .	323
E.4.2.1.2	Ziele und Leitbilder für Dolinen, Erdfälle und Karstschächte . . . . .	325
E.4.2.1.3	Karst(trocken)täler . . . . .	327
E.4.2.2	Pflege-, Pufferungs- und Wiederherstellungsmaßnahmen . . . . .	328
E.4.2.2.1	Große Karstwannen, Poljen, Uvalas . . . . .	329
E.4.2.2.2	Dolinen . . . . .	329
E.4.2.2.3	Höhlen, Grotten, Abrisse . . . . .	332
E.4.2.2.4	Karsttrockentäler . . . . .	332
<b>E.5</b>	<b>Modellprojekte</b> . . . . .	333
<b>F</b>	<b>Felsen, Blockfluren, Härtlinge und Inselgesteine</b> . . . . .	335
<b>F.1</b>	<b>Grundinformationen</b> . . . . .	335
<b>F.1.1</b>	<b>Das Formenspektrum der Felsen und Inselgesteine</b> . . . . .	336
F.1.1.1	Felsbereiche, Gesteinsdurchragungen . . . . .	336
F.1.1.2	Blockmeere, -felder, -bildungen . . . . .	338
F.1.1.3	Felsstürze, Sturzblöcke, Sturzblockmassen . . . . .	340
F.1.1.4	Schutthalden . . . . .	340
F.1.1.5	Abbauhalden . . . . .	341
F.1.1.6	Härtlinge, Traufkanten, Schichtstufen . . . . .	341
F.1.1.7	Inselgesteine, geologische Fenster, seltene Gesteinsvorkommen . . . . .	341
<b>F.1.2</b>	<b>Wirkungsbereich</b> . . . . .	345
<b>F.1.3</b>	<b>Standortverhältnisse, Existenzbedingungen der Fels- und Blockbesiedler</b> . . . . .	346
F.1.3.1	Felsfreistellungen, Felshänge . . . . .	346
F.1.3.1.1	Gesteinstyp, chemische Zusammensetzung . . . . .	346
F.1.3.1.2	Regional- und Geländeklima . . . . .	347
F.1.3.1.3	Orographische Lage, Massiv- oder Wandcharakter . . . . .	348
F.1.3.1.4	Kleinstandortgefüge von Felsfluren . . . . .	349
F.1.3.2	Schutthalden . . . . .	352
F.1.3.3	Blockhalden, -meere, Felsstürze . . . . .	352
F.1.3.4	Härtlinge und Inselgesteine . . . . .	355
<b>F.1.4</b>	<b>Pflanzenwelt der Felsen, Blockstandorte, Härtlinge und Inselgesteine</b> . . . . .	356
F.1.4.1	Einige pflanzenökologische Grundlagen zur Fels- und Blockbesiedlung . . . . .	356
F.1.4.2	Syntaxonomischer Überblick . . . . .	359
F.1.4.3	Kalk- und Dolomitfelsen . . . . .	360
F.1.4.3.1	Felsfuß- und Haldenvegetation im Kalk und Dolomit . . . . .	362
F.1.4.3.2	Vegetation der ungegliederten Kalk/Dolomitsteilwände, der Felslöcher, -spalten, -risse . . . . .	363
F.1.4.3.3	Vegetation der Wandoberkanten und Felsköpfe (thermophile Kalkfelsgrusfluren des ALYSSO-SEDION ALBI 61) . . . . .	364
F.1.4.3.4	Vegetation der Kalkfelsbänder, -leisten, -plateaus und -terrassen mit flachgründiger Überdeckung . . . . .	366
F.1.4.4	Silikat-/Kristallinfelsen und -felshänge . . . . .	367
F.1.4.5	Nagelfluh- und Molassefelsen . . . . .	370
F.1.4.6	Sandsteinfelsen und -schluchten . . . . .	371
F.1.4.7	Vegetation und Flora von Silikatblockhalden, -meeren, Blockwiesen und Einzelblöcken . . . . .	372



F.1.4.8	Kalkblockhalden, -schutthalden und Bergsturzgebiete . . . . .	375
F.1.4.9	Vegetation und Flora von Härtlingen, Schichtstufen und Inselgesteinen . . . . .	378
F.1.4.10	Naturschutzvorrangige Reliktarten, Beispiele für "Zielarten" . . . . .	382
<b>F.1.5</b>	<b>Tierwelt</b> . . . . .	<b>385</b>
F.1.5.1	Fauna der Felsköpfe, Felskanten und -leisten . . . . .	387
F.1.5.2	Fauna der ungegliederten Steilwände . . . . .	387
F.1.5.3	Fauna der Löcher, Höhlungen, Felsspalten . . . . .	390
F.1.5.4	Fauna der Felsleitern, durch Wandstufen gegliederte Hänge . . . . .	390
F.1.5.5	Fauna der Blockhalden und des Felsfußes, z.T. mit Schuttfächer . . . . .	391
F.1.5.6	Fauna von Inselgesteinen, Härtlingen und Dolomit-Kiefernwäldern . . . . .	393
<b>F.1.6</b>	<b>Verbreitung, Verantwortung der Landkreise</b> . . . . .	<b>394</b>
F.1.6.1	Kalk- und Dolomittfelsen . . . . .	394
F.1.6.2	Kristallinfelsen, Silikatfelsen . . . . .	395
F.1.6.3	Sandstein-, Nagelfluh-, Konglomeratfelsen . . . . .	396
F.1.6.4	Blockströme, -felder, Bergstürze . . . . .	396
F.1.6.5	Inselgesteine, Härtlinge . . . . .	397
<b>F.1.7</b>	<b>Bedeutung für Naturschutz und Landschaftspflege</b> . . . . .	<b>415</b>
F.1.7.1	Arterhaltung, Artbildung, Lebensgemeinschaften, Arealschutz (vgl. F.1.4, F.1.5) . . . . .	415
F.1.7.2	Indikator- und Monitoring-Funktion . . . . .	418
F.1.7.3	Naturgüter, Ressourcen und Schutzfunktion für den Menschen und seine Anlagen . . . . .	418
F.1.7.4	Landschaftsbild, landschaftliches Erleben, Tourismus und Erholung, sportliche Herausforderung . . . . .	419
F.1.7.5	Erdgeschichte, Einsichten in die Geosphäre, Naturaufschlüsse . . . . .	421
F.1.7.6	Kulturgeschichte, Mythologie . . . . .	421
F.1.7.7	Naturschutzgeschichte . . . . .	422
<b>F.1.8</b>	<b>Gefährdung, Rückgang, Zustand</b> . . . . .	<b>423</b>
<b>F.2</b>	<b>Möglichkeiten für Pflege und Entwicklung, Für und Wider von Maßnahmen, Diskussion der Auswirkungen</b> . . . . .	<b>433</b>
<b>F.2.1</b>	<b>Gewährenlassen der natürlichen Dynamik</b> . . . . .	<b>433</b>
F.2.1.1	Natürliche Neubildung und Erneuerung von Fels- und Blockstandorten . . . . .	433
F.2.1.2	Ungelenkte Vegetationsentwicklung . . . . .	433
<b>F.2.2</b>	<b>"Felsenpflege" aus klettersportlicher Sicht, Minimierung der kletterbedingten Felsbelastungen</b> . . . . .	<b>433</b>
F.2.2.1	Freiwillige Selbstkontrollen, Lenkung "von unten", Lenkungsautorität der Bergsportverbände . . . . .	433
F.2.2.1.1	Kontingentierung (Reduzierung der Frequenz bzw. Verhinderung weiterer Frequenzsteigerung) . . . . .	433
F.2.2.1.2	Infrastrukturelle Lenkung (durch Einrichtungen in der Wand, Zugangsveränderungen, Kanalisierung usw.) . . . . .	434
F.2.2.1.3	Freiwillige klettersportliche Raumordnungskonzepte mit Selbstkontrolle der Kletterinteressierten . . . . .	435
F.2.2.2	Hoheitliche Maßnahmen . . . . .	435
F.2.2.2.1	Totalverbote . . . . .	435
F.2.2.2.2	Zeitlich befristete Totalsperren . . . . .	435
F.2.2.2.3	Räumlich begrenzte ("punktueller") ganzjährige oder befristete Kletterverbote . . . . .	436
F.2.2.2.4	Amtliche Kletter-Reservierungszonen (das positive Gegenstück zum Negativ der Tabuzonen) . . . . .	436
F.2.2.2.5	Rechtsverbindliche Kletterzonenregelungen . . . . .	436
F.2.2.3	Bewußtseinsbildende Maßnahmen . . . . .	436
<b>F.2.3</b>	<b>Biotopepflege und Artenhilfe in Fels- und Blockbereichen</b> . . . . .	<b>437</b>

<b>F.3</b>	<b>Situation und Problematik der Pflege und Entwicklung</b> . . . . .	440
<b>F.4</b>	<b>Pflege- und Entwicklungskonzept</b> . . . . .	445
<b>F.4.1</b>	<b>Grundsätze und Ziele</b> . . . . .	445
<b>F.4.2</b>	<b>Handlungs und Maßnahmenkonzept</b> . . . . .	447
F.4.2.1	Ziele und Leitbilder . . . . .	447
F.4.2.1.1	Talrand-Karbonatfelsen . . . . .	447
F.4.2.1.2	Leitbild für Felsbastionen an Traufzonen und Zeugenbergen . . . . .	448
F.4.2.1.3	Leitbild für Fels-Freistellungen auf bewaldeten Kuppen und Hochflächen (Wald-Knocks) . . . . .	448
F.4.2.1.4	Leitbild für kleine Felsgruppen in Wäldern . . . . .	448
F.4.2.1.5	Offene Felsfreistellungen im Kulturland . . . . .	448
F.4.2.1.6	Leitbild für weitgehend offene Blockstreugebiete und Sturzblockfelder . . . . .	450
F.4.2.2	Pflege-, Pufferungs- und Wiederherstellungsmaßnahmen . . . . .	450
F.4.2.2.1	Felsen, Felsfreistellungen, Wände . . . . .	450
F.4.2.2.2	Blockströme, -halden, Einzelblöcke, Felssturzgebiete im Wald . . . . .	451
F.4.2.2.3	Einzelblöcke, lockere Blockstreuungen im Offenland . . . . .	451
F.4.2.2.4	Härtlinge, Traufkanten, Schichtstufen, Inselgesteine . . . . .	452
F.4.2.3	Pfleglicher Umgang beim Klettern . . . . .	452
<b>F.5</b>	<b>Modellbeispiele</b> . . . . .	454
<b>G</b>	<b>Vulkanische Formen</b> . . . . .	457
<b>G.1</b>	<b>Grundinformationen</b> . . . . .	457
<b>G.1.1</b>	<b>Charakterisierung</b> . . . . .	457
G.1.1.1	Schlotfüllungen . . . . .	458
G.1.1.2	Deckenergüsse . . . . .	458
G.1.1.3	Basalt-Blockfelder . . . . .	459
<b>G.1.2</b>	<b>Wirkungsbereich</b> . . . . .	459
<b>G.1.3</b>	<b>Standortverhältnisse</b> . . . . .	459
<b>G.1.4</b>	<b>Pflanzenwelt</b> . . . . .	460
<b>G.1.5</b>	<b>Tierwelt</b> . . . . .	461
<b>G.1.6</b>	<b>Verbreitung</b> . . . . .	461
<b>G.1.7</b>	<b>Bedeutung für Naturschutz und Landschaftspflege</b> . . . . .	465
<b>G.1.8</b>	<b>Gefährdung, Rückgang, Zustand</b> . . . . .	466
<b>G.2</b>	<b>Möglichkeiten für Pflege und Entwicklung</b> . . . . .	467
<b>G.3</b>	<b>Situation und Problematik der Pflege und Entwicklung</b> . . . . .	468
<b>G.4</b>	<b>Pflege- und Entwicklungskonzept</b> . . . . .	468
<b>G.4.1</b>	<b>Grundsätze und Ziele</b> . . . . .	468
<b>G.4.2</b>	<b>Handlungs- und Maßnahmenkonzept</b> . . . . .	469
G.4.2.1	Leitbilder für die Gestaltung vulkanischer Geotope . . . . .	469
G.4.2.2	Pflegemaßnahmen . . . . .	470
<b>H</b>	<b>Meteoritische Erscheinungen und Formen (Riesereignis)</b> . . . . .	473
<b>H.1</b>	<b>Grundinformationen</b> . . . . .	473
<b>H.1.1</b>	<b>Charakterisierung</b> . . . . .	473
H.1.1.1	Einschlagkrater . . . . .	474
H.1.1.2	Innerer Kristalliner Wall . . . . .	474
H.1.1.3	Kraterrand . . . . .	476

H.1.1.4	Impaktgesteine, ihre Aufschlüsse und Formen . . . . .	477
H.1.1.4.1	Bunte Trümmermassen . . . . .	477
H.1.1.4.2	Suevit (Traß, "Schwabenstein"), polymikte Kristallinbreccien . . . . .	479
H.1.1.5	Schliffflächen . . . . .	479
H.1.1.6	Reliktformen der riesischen Süßwaserkalke . . . . .	479
<b>H.1.2</b>	<b>Wirkungsbereich der Landschaftspflege und des Naturschutzes</b> . . . . .	<b>480</b>
<b>H.1.3</b>	<b>Standortverhältnisse</b> . . . . .	<b>480</b>
H.1.3.1	Innerer Kristalliner Wall . . . . .	482
H.1.3.2	Kraterrand . . . . .	482
H.1.3.3	Bunte Trümmermassen . . . . .	483
<b>H.1.4</b>	<b>Pflanzenwelt</b> . . . . .	<b>483</b>
H.1.4.1	Florenregionale Besonderheiten des Riesbereiches . . . . .	484
<b>H.1.5</b>	<b>Tierwelt</b> . . . . .	<b>486</b>
<b>H.1.6</b>	<b>Verbreitung</b> . . . . .	<b>486</b>
<b>H.1.7</b>	<b>Bedeutung für Naturschutz und Landschaftspflege</b> . . . . .	<b>489</b>
H.1.7.1	Flora und Fauna . . . . .	489
H.1.7.2	Lebensgemeinschaften . . . . .	489
H.1.7.3	Landschaftsbild und Erholung . . . . .	489
H.1.7.4	Erd- und Heimatgeschichte . . . . .	491
<b>H.1.8</b>	<b>Gefährdung</b> . . . . .	<b>492</b>
<b>H.2</b>	<b>Möglichkeiten für Pflege und Entwicklung</b> . . . . .	<b>492</b>
<b>H.3</b>	<b>Situation und Problematik der Pflege und Entwicklung</b> . . . . .	<b>493</b>
<b>H.4</b>	<b>Pflege- und Entwicklungskonzept</b> . . . . .	<b>493</b>
<b>H.4.1</b>	<b>Grundsätze und Ziele</b> . . . . .	<b>495</b>
<b>H.4.2</b>	<b>Handlungs- und Maßnahmenkonzept</b> . . . . .	<b>496</b>
<b>I</b>	<b>Dünen</b> . . . . .	<b>497</b>
<b>I.1</b>	<b>Grundinformationen</b> . . . . .	<b>497</b>
<b>I.1.1</b>	<b>Charakterisierung</b> . . . . .	<b>497</b>
<b>I.1.2</b>	<b>Wirkungsbereich</b> . . . . .	<b>499</b>
<b>I.1.3</b>	<b>Morphologie und Standortverhältnisse</b> . . . . .	<b>499</b>
<b>I.1.4</b>	<b>Pflanzenwelt</b> . . . . .	<b>500</b>
<b>I.1.5</b>	<b>Tierwelt</b> . . . . .	<b>501</b>
<b>I.1.6</b>	<b>Verbreitung</b> . . . . .	<b>502</b>
<b>I.1.7</b>	<b>Bedeutung für Naturschutz und Landschaftspflege</b> . . . . .	<b>504</b>
I.1.7.1	Arterhaltung, Lebensgemeinschaften . . . . .	504
I.1.7.2	Naturgüter . . . . .	505
I.1.7.3	Landschaftsbild . . . . .	505
I.1.7.4	Erd- und Heimatgeschichte . . . . .	505
<b>I.1.8</b>	<b>Gefährdung, Rückgang, aktueller Zustand</b> . . . . .	<b>506</b>
<b>I.2</b>	<b>Möglichkeiten für Pflege und Entwicklung</b> . . . . .	<b>508</b>
<b>I.3</b>	<b>Situation und Problematik der Pflege und Entwicklung</b> . . . . .	<b>508</b>
<b>I.4</b>	<b>Pflege- und Entwicklungskonzept</b> . . . . .	<b>509</b>
<b>I.4.1</b>	<b>Grundsätze zur Pflege und Wiederherstellung</b> . . . . .	<b>509</b>

<b>I.4.2</b>	<b>Handlungs- und Maßnahmenkonzept</b> . . . . .	509
I.4.2.1	Leitbilder und Pflegeziele für Flugsandformen . . . . .	510
I.4.2.2	Pflege- und Entwicklungsmaßnahmen . . . . .	511
<b>J.</b>	<b>Anhang</b> . . . . .	515
<b>J.1</b>	<b>Literaturverzeichnis</b> . . . . .	515
<b>J.2</b>	<b>Karten</b> . . . . .	546
<b>J.3</b>	<b>Mündliche / briefliche Mitteilungen</b> . . . . .	547
<b>J.4</b>	<b>Bildteil</b> . . . . .	549

## Abbildungsverzeichnis

Abb. A/1:	Geotope im Landschaftsbild . . . . .	74
Abb. A/2:	Für viele südbayerische Randterrassen typische Fehlentwicklungen (z.B. mittleres Lechtal, mittleres Wertachtal, Schottertäl bei Friesenried/OAL) . . . . .	77
Abb. A/3:	Gehölz/Bewaldungsstruktur überhöht oder übertönt die Reliefenergie . . . . .	81
Abb. A/4:	Unterschiedliche Bodennutzungsspielräume . . . . .	92
Abb. A/5:	Leitbilder für die Gehölzstruktur auf markanten Erhebungen . . . . .	93
Abb. A/6:	Nutzungsverzahnung zwischen Vollform und Umgebung . . . . .	94
Abb. A/7:	Der Vorkriegszustand des Peterlessteins bei Kupferberg/KU als Leitbild für die künftige Gestaltung . . . . .	95
Abb. A/8:	Leitbild für Hohlformen am Beispiel der Schmelzwassertäler in den schwäbischen Schotterplatten . . . . .	96
Abb. A/9:	Einige Wiederherstellungs- und Neuanlagemöglichkeiten für die Geotope . . . . .	98
Abb. B/1:	Profil durch den Schraffenkalk bei Tiefenbach/OAL (aus RICHTER 1984) . . . . .	105
Abb. B/2:	Beispiel für Schlüssel-Aufschlüsse eiszeitlichen und nacheiszeitlichen Geschehenes: Eiskeile in einer Schottergrubenwand . . . . .	106
Abb. B/3:	Goldbergbauformen im Braunbeergraben bei Langau/SAD (aus LEHRBERGER et al. 1988) . . . . .	115
Abb. B/4:	Leitbilder für die Endgestaltung großer Hochflächen-Steinbrüche mit großer Wandlänge und Expositionsvielfalt (aus POSCHLOD 1987) . . . . .	131
Abb. B/5:	Leitbild für Steinbrüche mit rel. geringer Wandhöhe in rel. homogenem Gestein (POSCHLOD 1987) . . . . .	132
Abb. C/1:	Gliederung des Eiszeitalters (VOIGTLÄNDER 1984) . . . . .	136
Abb. C/2:	Glaziale Serie im Bereich der alpinen Vorlandvereisung im Längsschnitt (nach VOIGTLÄNDER 1984) . . . . .	139
Abb. C/3:	Eiszeitliches Trogtal mit typischem Formeninventar (aus WILHELMY 1981b) . . . . .	141
Abb. C/4:	Bauplan der Eiszeitlandschaft im Lkr. EBE (aus KLINGER 1982) . . . . .	142
Abb. C/5:	Entstehung eines Zungenbeckens mit Zungenbeckensee (WILHELMY 1981b) . . . . .	142
Abb. C/6:	Lage der verschiedenen Morärentypen eines Gletschers (LOUIS & FISCHER 1979) . . . . .	144
Abb. C/7:	Formenschatz der Jungmoränenlandschaft im Bereich von Rosenheim (TROLL 1924) . . . . .	145
Abb. C/8:	Typische Längsprofile von Drumlins (am Beispiel des Eberfinger Drumlinfeldes/WM; EBERS 1926: 58) . . . . .	146
Abb. C/9:	Die Lage eines Trompetentals im Schotterfeld (TROLL 1957) . . . . .	148
Abb. C/10:	Fluvioglaziale Terrassen des Alpenvorlandes (WILHELMY 1981b) . . . . .	148
Abb. C/11:	Os-Entstehung (aus KLINGER 1982) . . . . .	149
Abb. C/12:	Mindel-, riß- und würmeiszeitliche Endmoränen des Illervorland- und Wertachgletschers (aus GLÜCKERT 1974) . . . . .	151
Abb. C/13:	Schema der reliefabhängigen Standortdifferenzierung der Buckelfluren . . . . .	153
Abb. C/14:	Artenabfolge in einem Transekt quer über ein kleines Toteisloch SE der Wieskirche/WM (RINGLER 1984) . . . . .	157
Abb. C/15:	Vegetationsmosaik und Feuchtegradient in den Hardt-Buckelwiesen bei der Hardtkapelle/WM (RINGLER 1984) . . . . .	158
Abb. C/16:	Biodiversität von Gletscher-Tumululi bei Pähl/WM (aus RINGLER 1981) . . . . .	159
Abb. C/17:	Schutz- und pflegewürdige End- und Rückzugsmoränenwälle im Gebiet des Samerberger Zweiggletschers/RO (aus GLÜCKERT 1979) . . . . .	163
Abb. C/18:	Relative Häufigkeit von Almbuckelfluren nach Alpenlandkreisen (aus RINGLER 1982) . . . . .	169



Abb. C/19:	Expositionsabhängige Verteilung einiger landkreisbedeutsamer Pflanzenarten an einem 6 m hohen Tumulus am Hirschberg/WM (eigene Bestandsaufnahme) . . . . .	170
Abb. C/20:	Verteilung ausgewählter Arten und Relieferung in einem 4x10 m-Ausschnitt der Buckelwiesen NE Klais/GAP (aus RINGLER 1984) . . . . .	172
Abb. C/21:	Muster von Schlenken, Fließrinnen und Strängen im Wampenmoos E Kirchbichl/TÖL (Mikrokartierung aus CIR-Luftbildern) . . . . .	173
Abb. C/22:	Verteilung von Fettwiesen- und Magerrasenarten am Rand eines Glazialgeotops am Hirschberg/WM . . . . .	174
Abb. C/23:	Gestaltung von Jugendmoränenketten . . . . .	188
Abb. C/24:	Verknüpfung der Hauptendmoränenzüge, Schmelz- und Flußtäler zu einem Trockenverbundsystem . . . . .	190
Abb. C/25:	Gestaltung von Drumlingeblöcken . . . . .	191
Abb. C/26:	Gestaltung von Tumulusgebieten im Alpenvorland . . . . .	193
Abb. C/27:	Landschaftsentwicklung in Eiszerfallslandschaften . . . . .	195
Abb. C/28:	Gestaltung einzelner Toteislöcher im Offenland . . . . .	196
Abb. C/29:	Gestaltung glazialer Schmelzwasserrinnen im Endmoränenland . . . . .	197
Abb. C/30:	Idealgestaltung im Bereich erratischer Blöcke . . . . .	199
Abb. C/31:	Idealgestaltung von Buckelfluren . . . . .	200
Abb. C/32:	Fehlentwicklung in Buckelfluren . . . . .	201
Abb. D/1:	Schema-Querschnitt durch ein Kastental (aus WILHELMY 1981a) . . . . .	206
Abb. D/2:	Typische Abfolge von Querprofilen innerhalb eines asymmetrischen Eiszeittales (aus HELBIG 1965) . . . . .	207
Abb. D/3:	Schema-Querschnitt durch ein Muldental . . . . .	208
Abb. D/4:	Schema-Querschnitt einer Klamm (aus WILHELMY 1981a) . . . . .	208
Abb. D/5:	Schema-Querschnitt eines Kerbtals (aus WILHELMY 1981a) . . . . .	208
Abb. D/6:	Entstehungsmöglichkeiten von Durchbruchstätern (WILHELMY 1981a) . . . . .	210
Abb. D/7:	Historische Mäanderverlagerungen der Donau bei Pfatter zwischen 1712 und heute (aus BUCH & HEINE 1988) . . . . .	212
Abb. D/8:	Entstehung eines Umlaufberges (WILHELMY 1981a) . . . . .	213
Abb. D/9:	Terrassenlinien W Neuburg als Dokumente der Flußgeschichte der Donau (aus STAHL 1971) . . . . .	215
Abb. D/10:	Netz von Aurinnen an der Donau bei Donaustauf/R (aus BUCH & HEINE 1988) . . . . .	216
Abb. D/11:	Holozänes Terrassensystem der Isar bei Geretsried-Ascholding mit Vegetationsgliederung (aus JERZ et al. 1986) . . . . .	223
Abb. D/12:	Auen-Kleinrelief zwischen Regensburg und Straubing (aus BUCH 1987) . . . . .	223
Abb. D/13:	Asymmetrische Täler der Inn-Hochterrasse (MÜ, AÖ) und im Tertiärhügelland bei Eggenfelden/LA, PAN (aus HELBIG 1965) . . . . .	232
Abb. D/14:	Alte Flußrinne im Isarmündungsgebiet bei Moos/DEG als Reliktstandort für Kalkflachmoorbestände inmitten einer Ackerlandschaft . . . . .	244
Abb. D/15:	Leitbild für schmale Wiesentälchen . . . . .	257
Abb. D/16:	Gestaltungsziele für markante geräumigere Kulturlandschaftstäler . . . . .	258
Abb. D/17:	Gestaltung von Terrassenböschungen . . . . .	264
Abb. D/18:	Notwendige Freihaltung von Terrassenböschungen im Siedlungsbereich . . . . .	266
Abb. E/1:	Blockbild einer Karstlandschaft (aus WAGNER 1960) . . . . .	270
Abb. E/2:	Übersicht über den Karstformenschatz (aus HARMS 1979) . . . . .	273
Abb. E/3:	Darstellung verschiedener Dolinenformen (aus WILHELMY 1981b) . . . . .	277
Abb. E/4:	Humus- und Feuchteverteilung auf Karstbuckelwiesen (aus RINGLER 1982) . . . . .	283
Abb. E/5:	Beispiel einer überregional bedeutenden Karstform aus dem bayerischen Biotopkataster: Grubalm-Polje am Laubenstein/RO . . . . .	290

Abb. E/6:	Grundriß der Gipshöhle "Höllern" S Markt Nordheim/NEA (aus CRAMER & HELLER 1934) . . . . .	297
Abb. E/7:	Nachgewiesene Karstwasserwege in der Eichstätter Alb (aus PFAFF 1986) . . . . .	301
Abb. E/8:	Beispiele für biotoperhaltende Sicherung von Höhlen- und Stollenzugängen (aus MEIER 1988) . . . . .	313
Abb. E/9:	Plazierung von Höhlenverschlüssen (FRICKE 1985) . . . . .	314
Abb. E/10:	Fledermaus- und Sohlöffnungen in Höhlenverschlüssen (FRICKE 1985) . . . . .	314
Abb. E/11:	Neue Dolineneinbrüche im Agrarland: Beispiel Zwei-Bäume-Erdfall bei Reichenbach/AS (aus ILLMANN 1988) . . . . .	318
Abb. E/12:	Idealgestaltung größerer dolinenhaltiger Karstwannen in der Agrarlandschaft . . . . .	322
Abb. E/13:	Minimalsanierung für Ackerdolinengruppen . . . . .	324
Abb. E/14:	Leibild für Karst-Trockentäler . . . . .	326
Abb. E/15:	Gestaltung von kleinen Jura-Trockentälern . . . . .	328
Abb. E/16:	Leitlinien des Biotopverbundes von Karstbiotopen in der Altmühl-Donaualb (aus APEL 1971) . . . . .	330
Abb. E/17:	Tiefgreifende Sanierung von Ackerdolinengruppen . . . . .	331
Abb. F/1:	Bildung von Felsburgen (nach BRAUN 1969) . . . . .	339
Abb. F/2:	Morphologische Hauptkonturen in Ost-Unterfranken und West-Oberfranken (aus SPÄTH 1976) . . . . .	342
Abb. F/3:	Wirkungsbereiche für Felsen an Steilrändern . . . . .	344
Abb. F/4:	Abfolge der Mikrostandorte an einer Wellenkalkwand (aus ZIEGLER 1981) . . . . .	347
Abb. F/5:	Schematisiertes Idealprofil eines Kalkfelsstandortes der südlichen Frankenalb (FAUST et al. 1988) . . . . .	351
Abb. F/6:	Saisonale Luftzirkulation und thermische Differenzierung in einer Grobblockhalde (aus MOLENDI 1996) . . . . .	354
Abb. F/7:	Unterschiedliche Wuchsorte und Strategiegruppen von Flechtenarten im Bereich von Felsen und Blöcken (aus EICHLER 1986) . . . . .	358
Abb. F/8:	Entstehung eines Tortella-Kugelrasens auf einer mainfränkischen Wellenkalkhalde (aus ZIEGLER 1981) . . . . .	359
Abb. F/9:	Beschattungsart und rel. Beleuchtungsstärke der 3 Kalkfelsgesellschaften CYSTOPTERIDETUM, ASPLENIETUM und CARDAMINOPSIETUM (aus HEMP 1996) . . . . .	365
Abb. F/10:	Bryosukzession auf Kulmflächen beschatteter Basaltblöcke am Himmeldunkberg/NES (aus ZIEGLER 1981) . . . . .	375
Abb. F/11:	Beschattungsart und rel. Beleuchtungsstärke der 4 Schlüsselarten <i>Asplenium viride</i> , <i>Arabis alpina</i> , <i>Saxifraga decipiens</i> , <i>Cardaminopsis petraea</i> und <i>Draba aizoides</i> (aus HEMP 1996) . . . . .	384
Abb. F/12:	Typische Landschneckenzonierung einer Weißjurawand in der Altmühlalb (aus FAUST, RITTER et al. 1988) . . . . .	388
Abb. F/13:	Rhyolitgangschar im Fichtelgebirge (MÜLLER 1984) . . . . .	398
Abb. F/14:	Vorkommen von Eklogit und Grantamphibolit in der Münchberger Gneismasse (MÜLLER 1984) . . . . .	403
Abb. F/15:	Lage der Serpentinikörper in der Prasinit-Phyllit-Zone am SE-Rand der Münchberger Masse (aus EMMERT 1968) . . . . .	404
Abb. F/16:	Der Bodenmaier Silberberg, ein wohl schon natürlicherweise gering bewaldeter Erzstandort im Katasterblatt des 19. Jahrhunderts (aus PFAFFL 1996) . . . . .	410
Abb. F/17:	Verteilung der Marmorgänge im Fichtelgebirge (MÜLLER 1984) . . . . .	414
Abb. F/18:	Felsbildungen im Fichtelgebirge und Steinwald (MÜLLER 1984) . . . . .	415
Abb. F/19:	Zeitgenöss. Darstellung der Sprengung des Teufelsfelsens bei Bad Abbach im Jahre 1791 (aus BLEIBRUNNER 1968) . . . . .	424
Abb. F/20:	Unbekletterter und bekletterter Riß am Prunner Turm/KEH (aus IRLACHER (1988) . . . . .	431
Abb. F/21:	Brutbiologischer Aktivitätsrhythmus von Uhu und Wanderfalke als Orientierungshilfe für Felssperrungen (aus FAUST et al. 1988) . . . . .	438
Abb. F/22:	Leitbild für Freistellungen im Offenland . . . . .	449

Abb. F/23:	Leitbild für einen Blockstrom in einer Quellmulde des Grundgebirges . . . . .	450
Abb. F/24:	Umsetzungsbeispiel aus dem Pfahlkonzept (DISTLER et al. 1993) . . . . .	455
Abb. G/1:	Längsschnitt durch eine Schlotfüllung in der Rhön (RUTTE 1981: 173) . . . . .	459
Abb. G/2:	Die Verbreitung der jungtertiären Vulkanite in der Rhön (GLA 1964) . . . . .	463
Abb. G/3:	Die Verbreitung vulkanischer Erscheinungen in Bayern . . . . .	464
Abb. G/4:	Gestaltungsleitbild für Basalthochflächen . . . . .	470
Abb. G/5:	Gestaltungsideal für einen mittelhohen, grünlanddominierten Basaltkegel Nordostbayerns . . . . .	471
Abb. H/1:	Darstellung des Meteoriteneinschlags im Nördlinger Ries (nach SCHMIDT-KALER, in GLA 1981) . . . . .	475
Abb. H/2:	Profil durch den Rieskrater unmittelbar nach dem Einschlag und sein Erscheinungsbild heute (KAVASCH 1991) . . . . .	476
Abb. H/3:	Schema des Auswurfvorgangs (eigene Darstellung) . . . . .	478
Abb. H/4:	Jahresgang der Niederschläge im Ries (nach HAAS o.J.) . . . . .	481
Abb. H/5:	Übersichtskarte des Rieses (nach CHAO et al. 1978, ergänzt) . . . . .	487
Abb. H/6:	Verteilung der Bunten Trümmermassen innerhalb und außerhalb des Rieskraters (nach HÜTTNER 1974) . . . . .	488
Abb. H/7:	Optimalzustand von Griesbuckeln im Riesbereich . . . . .	494
Abb. I/1:	Schematische Darstellungen der Dünenformen (WILHELMY 1981a) . . . . .	498
Abb. I/2:	Die Verbreitung von Dünen und Flugsanddecken in Bayern . . . . .	503
Abb. I/3:	Gestaltungsvorschlag für Dünenfelder im Forst (Grundriß) . . . . .	510
Abb. I/4:	Gestaltungsvorschlag für den Dünen-Forst-Übergang . . . . .	511
Abb. I/5:	Umgestaltungsvorschlag für stark verbuschte Einzeldünen im Kulturland . . . . .	512

## Einführung

Geotope im Sinne des Landschaftspflegekonzeptes Bayern sind Landschaftsteile und Einzelschöpfungen mit erdkundlichem Denkmal- oder Monumentalcharakter. In ihnen ist "das Informationspotential zur Geschichte der Erde und des Lebens gespeichert" (WIEDENBEIN 1993). Stets handelt es sich um geowissenschaftlich bedeutsame, nach Form und Untergrund von der Umgebung abgehobene, in sich geschlossene Landschaftsausschnitte, die überwiegend unter 5 ha groß sind (vgl. Grenzgröße flächenhafter Naturdenkmäler und Landschaftsbestandteile) und nur in Ausnahmefällen 10 ha überschreiten. Geotopschutz und -pflege greifen aus dem Gesamtspektrum erhaltenswerte, seltene und/oder für Bildung, Wissenschaft und Naturraum besonders interessante Teile und Erscheinungen heraus. Diese schon 1984 für LPK-Zwecke geprägte Definition fügt sich gut in die in den letzten Jahren von internationalen und nationalen Arbeitsgruppen zum Geotopschutz erarbeiteten Konventionen.

Auf denkwürdige Erderscheinungen konzentrierter Naturschutz hat seine Wurzeln in der Romantik Anfang des 19. Jahrhunderts. Vor allem an geowissenschaftlichen Sehenswürdigkeiten, wie der Teufelsmauer bei Thale, dem Drachenfels bei Bonn, den Felslabyrinthen bei Donndorf/BT und der Luisenburg/WUN entzündete sich der Naturschutzgedanke überhaupt (GOETHE, RUDORFF u.a.). Ende des 19. und zu Beginn des 20. Jahrhunderts waren erdgeschichtliche Denkmäler ein Haupt- und Kernbestandteil eines repräsentativen Schutzflächensystems (RUDORFF 1892, WETEKAMP 1898, CONWENTZ 1904). In der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts trugen Felsen und Findlinge, Basaltkegel, vorgeschichtlich bedeutsame Höhlen, Gletscherschliffe und Strudellöcher wesentlich zum Zuwachs des bayerischen Naturdenkmal- und Schutzgebietsystems bei (auch wenn nur bei 127 von 1364 bis 1975 in Oberbayern ausgewiesenen Naturdenkmälern geowissenschaftliche Schutzmotive ausschlaggebend waren; RUDOLPH 1975). Seit einigen Jahrzehnten jedoch verschwanden erdkundliche Naturschutzmotive hinter biologisch-landschaftsökologischen (vgl. ERZ 1980). Den Biotop- und Artenschutzkartierungen entsprechende Inventare sind zwar in Schweden, Norwegen, Niedersachsen, Thüringen, Sachsen, im Kanton Aargau und einigen anderen Gebieten schon in den 60er und 70er Jahren, in Bayern aber mit großer Verspätung und minimaler personeller Besetzung in Gang gekommen (GEO-SCHOB-Projekt\*, werden aber Zug um Zug auch der Landschaftspflege zugänglich (LAGALLY et al. 1994).

Der vorliegende Band ist wohl der bisher einzige Versuch, nicht nur die Bewertung und Sicherung, sondern auch die **angemessene Gestaltung, Pflege**

**und Nutzung** herausgehobener erdwissenschaftlicher Erscheinungen fachlich umfassend zu fundieren und in Bahnen zu lenken. Denn mit der Sicherung allein ist es bei den allermeisten Geotopen nicht getan. Das Zustands- und Erfassungsziel setzt häufig auch eine angemessene Integration in die Landnutzungen und/oder geotopspezifische Erhaltungsmaßnahmen voraus. Der Eintrag ins Naturdenkmalsbuch bzw. in den Geotopkataster Bayern garantiert noch keineswegs ein dauerhaft wirkungsvolles Erscheinungsbild des Geoelementes. Zudem läßt sich nur ein kleiner Teil des prägenden und erhaltungsbedürftigen geologisch-morphogenetischen Erbes auf hoheitlichem Wege sichern. Wo kämen wir hin, wenn jedes interessante Tälchen, jeder prägende Geländebuckel unter Schutz gestellt werden müßte? Das auch für den Menschen grundlegende geologisch-paläontologische Erbe sollte auch ohne rechtliche Sicherung respektiert werden. Kleinteilige Moränen- oder Dolomitekuppenlandschaften können und sollten nicht mit Hunderten von Schutzschildern überzogen werden. **Neben dem "Schutz" brauchen wir also den "pfleglichen Umgang". Auf freiwilliger Basis ist dies in vielen Fällen sogar der einzig wirksame und durchsetzbare Erhaltungsweg.**

Geotopgerechte Landschaftsgestaltung und Wirkungssicherung erfolgt also wesentlich im Rahmen von Landschaftsplanungen (Kommunen, Ländliche Entwicklung), Nutzungsplanungen (z.B. Forsteinrichtung, Betriebsplanung), aus eigener Einsicht der Nutzungsberechtigten und angestoßen durch gezielte Förderangebote (z.B. Vertragsnaturschutzprogramm, Kulturlandschaftsprogramm).

Die Bild- und Lehrwirkung eines Geotops hängt oft von einem bestimmten, kaum zu verordnenden Zustand ab, den die Landbewirtschaftung, in Sonderfällen auch spezielles "Geo-Management", hervorrufen. Es geht bei vielen Geotoptypen in erster Linie um eine **schonend-fördernde Integration in die angestammten Landnutzungen**, welche aufwendige, kaum langfristig durchzuhaltende "Sonderbehandlung" überflüssig macht. Letztere sollte auf Spezialfälle, wie z.B. die wissenschaftsgerechte Erhaltung wichtiger Aufschlüsse oder die schonende Erschließung für "Geo-Touristen", beschränkt bleiben. Aufklärung und Information mit der Folge eigener Einsicht der Landnutzungsverantwortlichen und nicht Reglementierung bis ins Flächendetail ist der Schlüssel zum Erfolg (vgl. LPK-Band I). Auch hier gilt im Naturschutz das Subsidiaritätsprinzip.

Bei Geotopen ist es sogar noch unverzichtbarer als bei Biotopen, denn an einer über weite Strecken **kontinuierlich** "interessanten" Morphologie werden die Grenzen hoheitlichen Sicherns viel früher erreicht als an weit verstreuten insulären Biotopfragmenten. Zudem sind erd- und heimatgeschichtliche

\* "Erfassung geowissenschaftlich schutzwürdiger Objekte in Bayern" durch das Bayerische Geologische Landesamt.

Erhaltungsargumente bei der Bevölkerung oft zugkräftiger als komplexe Naturhaushaltsaspekte (ein Findling ist für viele greifbarer als ein Magerrasenrest ohne attraktive Arten, ein Felsen respektgebender als ein bis vor kurzem noch als Unland verschrieener Kleinsumpf). Die Schutzmotive in der Pionierzeit des Naturschutzes bestätigen dies. Leider lassen Akzeptanz und Stellenwert einer das unlebte Erbe schonenden und fördernden Flächennutzung (d.h. Geotop-Pflege im weiteren Sinn) noch sehr zu wünschen übrig.

Gestaltungsdefizite und Nutzungsfehlentwicklungen zeigen sich nicht nur an weltweit bekannten geowissenschaftlichen "Wallfahrtsstätten" wie zum Beispiel der hessischen Grube Messel, deren einzigartige Eozän-Fauna und -Flora lange Zeit einer Mülldeponie geopfert werden sollte, sondern auch an immer mehr Orten in Bayern. Viele Oberflächenformen haben sich weit von ihrem schutzauslösenden Zustand entfernt (entstellende und optisch unterdrückende Umfeldveränderungen), so mancher in Geologenkreisen berühmte Aufschluß ist heute verwachsen, überbaut oder im Zuge von Deponien und Abbaurekultivierung verkippt. Geländeunsensible Aufforstungen entstellen klassische Basaltkegel-Silhouetten (z.B. am Waldecker Schloßberg/NEW) oder schieben sich vor hochdifferenzierte Endmoränenstufen (z.B. bei Ludenhausen - Pessenhausen/LL), Sukzessionen und Pflegedefizite verschleiern erdgeschichtliche Schlüsselstellen (z.B. den Antoniuspfahl bei Viechtach und den Serpentin des Kalvarienbergs bei Winklarn/SAD), geologische Denkmale ruderalisieren (z.B. Haarhügel bei Floß/NEW) oder werden zugekippt (unzählige Ackerdolinien im Jura, Muschelkalk und Gipskeuper), prägende Moränenaufragungen, Basaltschlote, Dolomit-, Granit- oder Diabas-Knocks\* werden abgebaut, klassische Schichtlokalitäten zerstört (z.B. die zwischeneiszeitlichen Schieferkohlenflöze im Teufelsbrucker Inn-Stausee und der "locus classicus" der Deutenhauser Schichten im Roßhaupter Speicher). Punkthafte geologische Naturdenkmäler sind bisweilen in einem beklagenswerten Zustand, verglichen mit ihrem Zustand bei der Inschutznahme. Ihre Wirkung hat durch unsensible Umfeldveränderungen sehr gelitten (z.B. Bräundstein/TS).

Belege für diesen Notstand finden sich in jedem Landkreis, ja fast jeder Gemeinde: Stück um Stück unseres erdgeschichtlichen Erbes verschwindet, landschaftliche Gesichtszüge verflachen immer mehr. All dies ist unwiederbringlich verloren, Aussicht auf Wiederherstellung besteht (abgesehen von verwachsenen Aufschlüssen) so gut wie nie. Restituierbarkeit ist im erdkundlichen Naturschutz noch weniger gegeben als im biologischen.

Geowissenschaftliche Landschaftspflege muß häufig über das Objekt selbst **ins Umfeld ausgreifen**. Man denke an die Bedeutung des Vorfeldes für die Erlebniswirkung eines vulkanogenen Kegels, einer

eiszeitlichen Kuppe, eines Felsens oder eines großen Findlings. Die fachlichen Erfordernisse müssen auch in der objektübergreifenden Landschafts- und Nutzungsplanung (Kommunalplanung, Ländliche Entwicklung, Forsteinrichtung und -betriebsplanung) Berücksichtigung finden sowie über Förderanreize umgesetzt werden.

Dieser Band orientiert sich also - wie im Titel zum Ausdruck gebracht - vorrangig an den landschaftspflegerischen und -gestalterischen Bedürfnissen im Hinblick auf das Landschaftsbild sowie den Erfordernissen des Artenschutzes, tut dies aber bewußt im gesamtheitlichen Zusammenhang zum erdkundlichen, geologischen Naturschutz. Daher werden

- Objekte, deren Bedeutung ausschließlich dem Geowissenschaftler verständlich ist, die sich einer landschaftspflegerischen Behandlung entziehen und deren Zustandsprobleme wesentlich von den zuständigen geowissenschaftlichen Fachstellen bereinigt werden können (wie z.B. hochspezifische Aufschlüsse, nicht erschlossene fossile bzw. insuläre Reliktböden) bewußt an den Rand gerückt, dafür aber die in Geo-Erfassungsprogrammen weniger relevanten, geogenetisch unspektakulären, aber höchst landschaftsprägenden Elemente (wie Flutmuldenrelikte, steilere Moränenkuppen, Härtlinge usw.) bewußt hervorgekehrt, ohne damit die Bedeutung der fachgeologisch "klassischen" Geotope mindern zu wollen. Auch daraus ergibt sich eine gewisse Ergänzungsfunktion zu den geowissenschaftlichen Fachprogrammen;
- im Hinblick auf den primären Zweck der Landschaftspflege und des Artenschutzes notwendigerweise vereinfachende und geowissenschaftlich manchmal unkonventionelle Kategorisierungen und Begriffe verwendet;
- die Grundlagen nur sehr verkürzt wiedergegeben und nur ein kleiner Teil der relevanten Quellen in Text und Literaturverzeichnis erwähnt (siehe einschlägige Fachliteratur);
- auf landschaftsästhetische, biotop-, tier- und pflanzenkundliche Funktionen sowie räumliche Koinzidenz von Geo- und Biotopen besonders geachtet.

Geradezu unentbehrlich sind Geotopvorgaben im Naturschutz dann, wenn Arten oder Artengemeinschaften (potentiell) außerhalb der naturschutzüblichen Lebensraumeinheiten (vgl. Lebensraumtypenbände des LPK, kartierte Biotope, 6d1-Flächen), aber in deutlicher Bindung an erdkundlich umgrenzbare Sonderstandorte vorkommen (z.B. naturnahe Waldrelikte auf steilen Erhebungen in Forstgebieten, letzte Speierlingsvorkommen auf Sandsteinstufen des westlichen Steigerwaldtraufes, blütenreiche Magerwiesenfragmente auf Randterrassen, Silikatpflanzen auf schmalen Radiolaritbändern der Bayerischen Alpen, auf zentralalpinen Findlingen im Kalkmoränengebiet und "Ries-Graniten" im karbo-

\* Knock = (fränk.) kleine, isolierte, felsige Erhebung.



natischen Jura, Kalkpflanzen und -schnecken auf Marmorbändern im Fichtelgebirge und Passauer Wald). Hier werden Geotope zum Träger biotischer Naturschutzqualitäten, die der biologische Naturschutz bisher nicht ausreichend berücksichtigen konnte. Dem eingeweihten Botaniker liefern sie das "räumliche Suchgerüst", wo die Antreffwahrscheinlichkeit bestimmter Arten deutlich erhöht ist.

Der Band folgt so weit wie möglich der LPK-Mustergliederung. Im allgemeinen Teil A werden die allen Geotoptypen gemeinsamen Gesichtspunkte behandelt. Auf dieser Grundlage werden in den Teilen B bis I einzelne Formengruppen bzw. Geotopkategorien vertieft. Diese mehrzügige Bearbeitung erspart es dem sektoral oder regional interessierten Benutzer raum- oder landkreisspezifische Erscheinungen aus einem Wust sonstiger Informationen hervorsuchen zu müssen.

Dieser Band hätte nicht entstehen können ohne die entscheidenden frühen Anstöße zweier längst verstorbener Pioniere des geowissenschaftlichen Naturschutzes in den 1930er bis 1960er Jahren, der Eiszeitgeologin Dr. E. EBERS + und des langjährigen Regierungsbeauftragten für Naturschutz in Oberbayern A. MICHELER +, der wie sein Kollege Rektor K. KRONBERGER für Oberfranken den Geotopschutz gleichrangig mit dem Arten- und Biotopschutz, ja bisweilen sogar noch engagierter vertrat und damals sich selbstverständlich des geowissenschaftlichen Fachwissens ihm gut bekannter Münchner Geologen und Geographen bediente. Auch dem verdienten Nußdorfer Heimatforscher M. PRÖBSTL +, Nußdorf/Inn, dem Entdecker des zwischeneiszeitlichen Samerberger Sees, verdankt der Hauptverfasser wichtige Anregungen.

Bereitwillige Unterstützung, wertvolle Hinweise und Verbesserungsvorschläge erfuhren wir unter anderem von Frau E. FROHMADER (Landratsamt Wunsiedel), Frau A. GORNY (LRA Wunsiedel), Frau Dr. G. RITSCHEL-KANDEL (Regierung von Unterfranken) sowie von den Herren Dr. W. BAUBERGER (Bayer. Geol. Landesamt = GLA, Silikatgeotope), L. EICKE (Regierung von Oberfranken; Kletterproblematik), M. FÜSSL (Regierung von Oberfranken), Dr. H. GREINER (Augsburg), M. HAUG (Nationalparkverwaltung Bayer.Wald), Dr. R. HÖFLING (Institut für Paläontologie und Historische Geologie der Universität München), Prof. Dr. H. JERZ (GLA; Eiszeitformen), E. KLOTZ (Bezirksstelle Stuttgart), W. KUBE (GLA, GEOSCHOB), Dr. U. LAGALLY, Leiter des GEOSCHOB-Projektes (GLA), Rektor F. MÜLLER (Wunsiedel; seltene Gesteine), Dr. H. REBHAHN (Regierung von Oberfranken), Dr. H. STÖTTER (Geographisches Institut der Universität München), M. SCHEUERER (Nittendorf), F. SPEER, N. MAILÄNDER und S. WITTY (Deutscher Alpenverein; Kletterproblematik), E. WALTER (Regierung von Oberfranken) und Dr. J. H. ZIEGLER (verstorben),

ehemaliger Präsident des Bayer. Geologischen Landesamtes.

Manche Hilfestellung gab das Bibliothekspersonal der LMU-Institute für Geographie, Geologie und Paläontologie sowie des GLA. Prof. Dr. BUSCHE, Würzburg, unterstützte uns durch Herausgabe einiger Diplomarbeiten über Dünen.

Den Herren Dr. BRAUNHOFER und M. GRAUVOGL sei für konstruktive Betreuung seitens des auftraggebenden Ministeriums, den Herren MR D. MAYERL und D. SEDLMAYER für Projektinitiative bzw. -führung gedankt.

Erdwissenschaftliche Erfassungen und Taxierungen und damit die naturschutzbezogene Grundlagenarbeit des GLA, der Physiogeographischen und Geologischen Institute sowie nicht zuletzt der über alle Naturräume verteilten Amateurexperten und wissenschaftlichen Vereinigungen soll und kann dieser Band nicht ersetzen, aber flankieren. Die Arbeit der Geofachleute erhält vielleicht damit einen Bedeutungszuwachs, eine zusätzliche Perspektive. Die etwa gleichzeitig erscheinenden Bände zum GEOSCHOB (GLA 1994) und des LPK, sowie die über weitere Regierungsbezirke laufend fortgeschriebene GEOTOPKATASTER bilden **zusammengenommen** einen ausreichenden Handlungsrahmen des Geotopschutzes und der Geotoppflege. Eines kommt nicht ohne das andere aus.

Die Unterschiedlichkeit der Erfassungsrahmen zwischen GEOTOPKATASTER BAYERN und LPK erklärt sich zumindest teilweise aus dem naturschutzfachlichen Interpretationsspielraum des Begriffs "schutzwürdig". Das GLA stellt die Geotopauswahl, die nicht notwendigerweise Schutz- oder Pflegemaßnahmen nach sich ziehen muß nur auf Objekte ab, die entweder wichtige Erkenntnisse über die Entwicklung der Erde oder des Lebens vermitteln oder die bereits aus geowissenschaftlichen Gründen unter Naturschutz stehen. Das LPK hingegen bezieht sich auf alle, unabhängig von ihrem rechtlichen Schutz, in raumrelevanten Eingriffsverfahren, bei Planungen und Nutzungen aller Art vorrangig zu schonenden, ggfs. besonders zu pflegenden Landschaftsteile.

Glücklicherweise fällt das Erscheinen dieses Bandes in eine Phase verstärkten Eigeninteresses vieler Erdwissenschaftler am aktiveren Schutz des vielfältig bedrohten Geo-Erbes (u.a. Gründung der deutschen "Arbeitsgemeinschaft Geotopschutz" 1992 in Mitwitz, Ad-hoc-Arbeitsgruppe Geotopschutz des Bund/Länderausschusses Bodenforschung 1994, Fachsektion Geotopschutz der Deutschen Geologischen Gesellschaft 1996).

Möge er die Welt des Anorganischen im Naturschutz bewußter machen und zu einem sorgfältigeren Umgang mit diesem fast immer unwiederherstellbaren Erbe anhalten!



# A Allgemeiner Teil

Teil A verleiht den in den Teilen B bis I vertieften Einzel-Geotoptypen einen gemeinsamen Sockel. Er skizziert die Situation und grundsätzlichen Erfordernisse der geotoporientierten Landschaftspflege **an sich**, umreißt knapp das Gesamtspektrum in seiner Vielfalt, vertieft typenübergreifende grundsätzliche Begriffsinhalte und Definitionen und Teilaspekte, deren Wiederholung bei mehreren Geotoptypen aufblühend wirken würde (so z.B. die tierökologische Funktion bestimmter Reliefsituationen unabhängig von ihrer Geotoptypenzugehörigkeit).

Zusätzlich benennt er erdkundliche Phänomene außerhalb des Rahmens der Spezialteile B - I, die aber trotzdem naturschutzwichtig sein können, so z.B. "unbedrohliche" Hangbewegungszonen, Berg-

baurelikte, Ausfällungszonen von Kalktuff (vgl. auch GLA 1993). Auch Geotopschutz- und -betreuungsaufgaben **außerhalb** der Landschaftspflege im alleinigen Verantwortungsbereich der geowissenschaftlichen Fachverwaltungen werden nur hier genannt (vgl. hierzu die einschlägige geowissenschaftliche Literatur).

Die Teile A - I folgen dem gleichen Grobgliederungsschema. Auf eine knappe Skizze naturschutzwichtiger Grundtatsachen (Kap. 1) folgt eine Diskussion möglicher Pflege- und Gestaltungswege (Kap. 2), eine Situations- und Problem diagnose wichtiger Geotope in Bayern (Kap. 3) und schließlich aus diesen Kapiteln herauswachsende Vorschläge zur Situationsverbesserung (Kap. 4).

## A.1 Grundinformationen

Detailinformationen zu den einzelnen Geotoptypen werden überwiegend erst in den Vertiefungsabschnitten B - I gegeben.

Die Grundinformationen des Teiles A beschreiben die Fülle der Erscheinungen nur umrißhaft, betonen aber die inhaltliche Bestimmung, u.a. den Geotop-Begriff, und jene Aspekte, die nicht immer nur einem Geotoptyp eigen sind. Fachbegriffe werden, auch in den Spezialteilen B - I, jeweils im Kap. 1.1 (Charakterisierung) erläutert und dann als bekannt vorausgesetzt.

### A.1.1 Allgemeine Charakterisierung erhaltung- und pflegewürdiger Geotope, Typenüberblick

Was alles verbirgt sich hinter dem Begriff "Geotop"? Deckt er sich mit den "Geowissenschaftlich schutzwürdigen Objekten"?

Ein kurzer Überblick zur Entstehung, Variabilität und räumlichen Operationalisierungsproblematik des Geotop-Begriffes soll den Sachwaltern des Geotopschutzes eine gewisse "Trittsicherheit", aber auch das notwendige Gespür für Umsetzungshindernisse und -grenzen des Geotopnaturschutzes verleihen. Die darauffolgende Typengliederung weitet den Blick über das LPK hinaus und macht die (durchaus notwendigen) Akzentverschiebungen geotopbezogenen Handelns zwischen den Geowissenschaften und den Instanzen des Naturschutzes und der Landschaftspflege deutlich.

#### A.1.1.1 Der Begriff "Geotop" Was alles fällt darunter?

Auch die erdbezogene Landschaftspflege braucht einen einfachen Zentralbegriff, um ihre Raumanprüche verständlich machen zu können. Als Pendant zu "Biotop" bietet sich "Geotop" an. Der Begriff "Biotop" hat sich im Naturschutz-Jargon wie im Volksmund ja nur in seiner Verkürzung auf be-

sonders naturschutzrelevante Biotope, ja manchmal sogar auf Naßflächen oder Kleingewässer, durchgesetzt. Dagegen haben viele Fachleute gewettert, zu ändern war dies jedoch nicht mehr. Da der Terminus "Geotop" wohl ohne griffigere Alternative bleiben wird, ist auch hier eine Zuspitzung des viel allgemeiner geltenden wissenschaftlichen Originalbegriffes (abiotisch kleinster annähernd homogener Geländeteil; bei SCHWICKERATH 1944, bei SCHMITHÜSEN 1948 auch "Fliese" genannt, vgl. auch "Geo-Ökotop" bei LESER 1976) zu rechtfertigen, ja sogar geboten.

Die Ad-hoc-AG Geotopschutz des Bund/Länderausschusses Bodenforschung legte 1996 als Arbeitsergebnis die "Arbeitsanleitung Geotopschutz in Deutschland" vor (AD-HOC-AG GEOTOP-SCHUTZ 1996). Folgende Definitionen wurden festgelegt:

Geotope sind erdgeschichtliche Bildungen der un- belebten Natur, die Erkenntnisse über die Entwicklung der Erde oder des Lebens vermitteln. Sie umfassen Aufschlüsse von Gesteinen, Böden, Mineralien und Fossilien sowie einzelne Naturschöpfungen und natürliche Landschaftsteile.

Schutzwürdig sind diejenigen Geotope, die sich durch ihre besondere erdgeschichtliche Bedeutung, Seltenheit, Eigenart oder Schönheit auszeichnen. Für Wissenschaft, Forschung und Lehre sowie für Natur- und Heimatkunde sind sie Dokumente von besonderem Wert. Sie können insbesondere dann, wenn sie gefährdet sind und vergleichbare Geotope zum Ausgleich nicht zur Verfügung stehen, eines rechtlichen Schutzes bedürfen.

Für die Zwecke des LPK und der bayerischen Landschaftspflege wird der Geotop-Begriff gleichbedeutend mit "hervorragenden, besonders erhaltenswerten Geotopen" verwendet. Gemeint sind alle nach Untergrund (Gestein, Boden, Struktur, Fossilinhalt) und/oder Relief mit geowissenschaftlichen Kriteri-

en abgrenzbaren Formen, Objekte oder homogenen Landschaftsbestandteile,

- die wegen ihres erdgeschichtlichen und/oder wissenschaftlichen Informationsgehaltes, ihres Signalwertes und ihres "klassischen", besonders typischen, singulären oder prägenden Erscheinungsbildes erhalten und u.U. geschützt werden sollten;
- deren Erscheinungsbild optimal zur Geltung gebracht werden sollte und deshalb spezifische raumplanerische Rücksichten und/oder Pflegemaßnahmen erfordert;
- die aus Gründen des Artenschutzes besonders geschützt, gepflegt oder entwickelt werden sollten.

Geotope im Sinne des LPK beinhalten bereits früher gebräuchliche Begriffe wie "Einzelschöpfungen der unbelebten Natur", "geologische Naturdenkmale" (nicht im Sinne einer Schutzkategorie, sondern in dem von A. v. HUMBOLDT 1819 gebrauchten Sinne), "erdgeschichtliche Merkwürdigkeiten" oder "geowissenschaftlich schutzwürdige Objekte", also all jene Oberflächenelemente und Aufschlüsse, an denen die Erdgeschichte augenfällig und unmittelbar erlebt werden kann. Allerdings darf sich pflegeorientierter und nutzungssteuernder Geotopschutz nicht auf "Einzelobjekte" von geringer Ausdehnung, von punktuell oder linearem Charakter beschränken (auch wenn dieser Band aus pragmatischen Gründen vor allem auf Bereiche unter 5 ha abhebt). Das durchaus "flächige" Anliegen manifestiert sich im Begriff "Geotope" umfassender als in der Bezeichnung "Geowissenschaftlich schutzwürdige Objekte".

Diese Definition entspricht weitgehend dem in die schweizerische Raum- und Ortsplanung eingeführten Geotop-Begriff (vgl. STÜRM 1993): **Räumliche Strategiebereiche** (mit besonderer erdgeschichtlicher Bedeutung, entsprechend charakteristischen und empfindlichen Elementen und Strukturen), in denen Vorkehrungen zur Erhaltung dieses Inventars getroffen oder angeordnet werden sollen.

LÜTTIG (1993) definiert einen Geotop als eine "signifikante, sich von seiner Umgebung wegen seiner - wissenschaftlich begründbaren - geologischen Besonderheit(en) abhebende räumliche Einheit der Geosphäre". Die Besonderheit kann danach im Stofflichen (Mineral- und Gesteinszusammensetzung), im inneren Gefüge, im Lagerungsverband, in der äußeren Form, im Fossilinhalt, aber auch in der landschaftlichen Wirkung der betreffenden Einheit begründet liegen.

Im wesentlichen handelt es sich dabei um:

### (1) Erscheinungen des geologischen Untergrundes

- Schichtfolgen und Sedimentgefüge (Strukturen, Marken, Spuren);

- Schlüsselstellen des Gebirgsbaus (z.B. Verwerfungen, Faltungen, Überschiebungen, Schubfetzen, d.h. Überreste verquetschter tektonischer Decken);
- bemerkenswerte, seltene bzw. isolierte Gesteins- und Mineralvorkommen (Inselgesteine);
- geophysikalisch besonders aufschlußreiche Bereiche (z.B. Blitzschlagmagnetisierung);
- paläontologisch wichtige Fundstellen bzw. Funderwartungsbereiche;
- Zeugnisse der Klimageschichte (Paläoböden); Vorkommen fossiler oder reliktsicher Böden;
- Lagerstätten und Bergbaurelikte.

### (2) Besonders landschaftsprägende Oberflächenbildungen

- Lösungsformen im Bereich verkarstungsfähiger Gesteine (Karbonat- und Silikatgesteine);
- isolierte, auffällige Reste alter Landoberflächen;
- Voll- und Hohlformen glazialer und periglazialer Entstehung;
- Findlinge (Erratika), Irr- und Driftblöcke, periglaziale Wanderblöcke und Blockströme;
- äolische (vom Wind geschaffene) Bildungen, insbesondere Dünen;
- landschaftsprägende Zeugnisse der Tätigkeit des fließenden Wassers;
- landschaftsprägende Verwitterungsformen;
- morphologische Zeugnisse vulkanischer Tätigkeit und von Meteoriteneinschlägen (Riesereignis).

Viele der genannten Teilaspekte überlagern sich in denselben Landschaftsteilen oder Objekten. Beispielsweise sind

- die Schubfetzen des Unterostalpin in den Allgäuer Alpen ein gleichzeitig gesteinskundlich wie tektonisch hochinteressantes Phänomen;
- die mylonitisierten\* Kristallinerratika im Riesbereich gleichzeitig ökologisch hervorstechende Inselgesteine, wie auch Zeugen eines einmaligen Meteoriteneinschlags;
- die Basaltblockmeere der Rhön und des Fichtelgebirges sowohl vulkanische Gesteinsrelikte, natürliche Aufschlüsse und Sonderbiotope als auch interessante Zeugen von Oberflächenbildungsprozessen.

Es ist also sehr schwierig, die Fülle des besonders Schonens- und Pflegewürdigen zu kategorisieren. Keines der vielen möglichen Gliederungssysteme kann Überlappungen, ja Überkreuzungen ganz vermeiden. Würde man allen Anforderungen wissenschaftlicher Logik gerecht, so entstünde ein für den geowissenschaftlich ungeschulten Naturschutzpraktiker schwer handhabbares Werk. Die notwendige Einfachheit, Faßlichkeit und Anschaulichkeit ist also nicht immer mit strenger geowissenschaftlicher Systematik vereinbar (vgl. BECKER-PLATEN 1982).

\* Mylonitisierung = Vorgang bei Erdkrustenbewegungen, bei dem das Gestein an Störungsflächen durch Druck der sich bewegenden Schollen zerstört und wieder verkittet wurde.

Vor diesem Hintergrund werden für Zwecke des LKP entsprechend ihrer landschaftsprägenden Bedeutung folgende Blöcke gebildet, die in vielen Fällen nicht streng voneinander zu trennen sind:

B	Aufschlüsse
C	Eiszeitliche Formen (Glazial, Periglazial)
D	Fluviale Formen, Talbildungen
E	Karst-(Subrosions)-formen
F	Felsen und Inselgesteine*
G	Vulkanische Erscheinungen
H	Meteoritische Formen (Riesereignis)
I	Dünen (Äolische Formen)

Neben diesem bewußt einfachen und "landschaftsorientierten" Bezugssystem existieren inzwischen weitere Kategorisierungsvorschläge.

Das System von WIEDENBEIN (1993) hierarchisiert dieselben Erscheinungen in anderer Weise und bezieht viele (u.a. auch anthropogene) Phänomene ein, die aus landschaftspflegerischer Sicht weniger bedeutsam sind:

G	GEOTOPE SENSU STRICTO
GS	Stratigraphische Geotope (z.B. Richtprofile)
GF	Paläontologische Geotope (Fossilien)
GM	Mineralogische Geotope (Minerale)
GR	Petrographische Geotope (Gesteine, Gefüge)
GT	Tektonische Geotope (z.B. Falten)
GV	Vulkanologische Geotope (z.B. Fumarolen)
GI	Impact-Geotope (z.B. Meteoritenkrater)
GP	Pedologische Geotope (z.B. Paläoböden)
GH	Hydrogeologische Geotope (z.B. Quellen)

M	MORPHOLOGISCHE GEOTOPE (GEOMORPHOTOPE)
ME	Abtragungsformen (z.B. Erdpyramiden, Kliffs)
MA	Akkumulationsformen (z.B. Dünen)
MK	Karstformen (z.B. Dolinen)
MB	Translozierte Felsblöcke (z.B. Findlinge)
T	TECHNISCHE GEOTOPE (GEOTECHNOTOPE)
TU	Gebrauchsmarken (z.B. Wagenspuren)
TM	Bergbaukundliche Geotope
TQ	Historische Steinbrüche und Abgrabungen
TE	Ingenieurgeologische Geotope (z.B. Kanalbauten)
TH	Schadensbilder geologischer Hazards (z.B. Subrosionsschäden)
E	ÖKOLOGISCHE GEOTOPE
EP	Primäre Sonderstandorte (z.B. Serpentinstandorte)
ES	Sekundäre Sonderstandorte (z.B. Schwermetallstandorte).

Suffixe beschreiben weitere Eigenschaften und Objektziele, so z.B.:

- natürliche/ künstliche/ anthropogen erschlossene Geotope;
- postglaziale/ (peri)glaziale/ interglaziale/ präglaziale Formgebung;
- europäische/ nationale/ regionale Bedeutung.

In der niedersächsischen Kartieranleitung zur "Erfassung der für den Naturschutz wertvollen Bereiche" (POHL 1979) werden unterschieden:

- Aufschlüsse:  
Gesteine, Bodenprofile, Mineralvorkommen, Fossilvorkommen, Lagerungsverhältnisse, Sedimentstrukturen, Torfstichwände, Schichtfolgen ("Richtprofile");
- Landschaftsformen:  
Erosionsbedingte Voll- und Hohlformen, Subrosionsbedingte Formen, Glaziale Stauchungs-, Abtragungs- und Aufschüttungsformen, Vulkanische Formen, Küsten- und Uferbildungen, Flugsandbildungen, Seen, Teiche und Moore;

\* Gesteinstypen in isolierter Lage, seltene Gesteinstypen.



- Flüssigkeitsaustritte:  
Quellen, Mineralquellen, Bachschwinden;
- Geowissenschaftlich-historische Objekte:  
Ehemalige Abbau-, Verhüttungs- oder sonstige  
Verarbeitungsanlagen, Orte bedeutsamer geolo-  
gischer Erkenntnisse.

Gerade der letztere Punkt überschreitet das natürliche Erbe und überlappt sich mit den "Archäotopen" (vgl. LPK-Band I "Einführung und Ziele der Landschaftspflege in Bayern", Kap.1.12).

Das Schwierige an der Operationalisierung des Geotop-Begriffes ist eine interessenpezifisch variable Deutung zwischen rein wissenschaftlich und/oder sammlerisch interessanten Beleg- und Fundpunkten (die erste geologische Karte der Welt von COULON, 1641 in Frankreich, war eine Mineral- und Gesteinsfundpunktkarte; LÜTTIG 1993) und großräumigen, das ganze Prozeßgefüge der Landschaft abbildenden Formengesellschaften (siehe Kap. 1.1.2).

#### A.1.1.2 Das Problem der Erfassungsschwellen

Mit den Grunddefinitionen, den Inhalten und der geowissenschaftlichen Repräsentanz liegen noch keineswegs die Auswahl- und Abgrenzungskriterien erhaltungswürdiger Geotope fest. Eindeutigkeit ist hier grundsätzlich genausowenig erzielbar wie bei den "Biotopen". Das Problem der Erfassungsschwellen und der kartenmäßigen Festlegungsmöglichkeit (vgl. LÜTTIG 1993, BECKER-PLATEN et al. 1979) wird in der gegenwärtigen Aufbruchphase (besser: verspäteten "Aufholphase") des geowissenschaftlichen Naturschutzes verständlicherweise weniger betont (vgl. Mitwitzer Workshop "Geotop-schutz", 1992). Denn Operationalisierungsschwierigkeiten sollen und dürfen da nicht zum Anlaß (oder Vorwand) genommen werden, dieses wichtige Feld weiterhin brachliegen zu lassen.

Trotzdem sollte das Problem benannt und aus vergleichbaren Abgrenzungsunschärfen der Biotopkartierungen, die den Naturschutzvollzug teilweise erheblich (z.T. bis heute) erschweren, gelernt werden. Bis zu einem gewissen Grade ist das Abgrenzungsdilemma sogar unlösbar und sollte nicht durch konstruiert-künstliche Geotop-Festlegungen kaschiert werden. Das Problem stellt sich im Geotopschutz grundsätzlich etwas anders dar als im Biotopschutz:

Hochintensive Landnutzung hat eindeutige Sprunggrenzen zwischen arten- und biotopschutzbezogen "bedeutsamen" und "wenig bedeutsamen" Flächen geschaffen (z.B. zwischen Moor und Maisfeld, Trockenrasen und Rebkultur). Der erhaltenswürdige Formenschatz dagegen macht vor intensiv genutzten Flächen nicht halt (Ausnahmen: bauliche Anlagen, größere tiefbauliche Umlagerungen und Auffüllungen). Grenzen bestimmter Geo-Einheiten sind meist fließend.

Wie im Biotopschutz das besteht das Problem, daß Vorranggebiete über einer bestimmten Größenordnung nicht mehr einheitlich vor Beeinträchtigungen bewahrt und adäquat behandelt werden können. Je größer und komplexer, desto unselektiver die

Schutz- und Pflegestrategie. Zwar ist das Ries mit seinen umliegenden Auswurfgebieten unstrittig in seiner Gesamtheit ein weltweit bedeutsamer Geotop, doch läßt sich mit einzelnen "Griesbuckeln" oder Traß-Gruben innerhalb dieses Bereichs viel konfliktärmer Geotopschutz betreiben als mit dieser etwa landkreisgroßen geowissenschaftlichen Vorzeig Landschaft. Ähnliches gilt für Landschaften, in denen Karst- und Glazialphänomene in ungewöhnlich klaren Serien konzentriert sind, wie z.B. die Salzachendmoränen zwischen Palling und Asten oder die europaweit einzigartigen Karstlandschaften bei Velden-Neuhaus-Pommelsbrunn (AS, LAU, BT) und Velburg - Hohenburg - Kastl (NM, AS). In solchen Landschaften bliebe Geotop-Pflege weit vor dem Ziel stecken, wenn nur Einzelobjekte besonders geschützt und gepflegt würden, im übrigen Gebiet aber die Raumnutzungen keine angemessene Rücksicht nehmen würden.

Auf diese übergreifenden Erfordernisse muß hier hingewiesen werden, auch wenn sich dieser Band in erster Linie auf **klar umreißbare Geotope bis etwa 5 ha** konzentriert.

Wie viele Flächenausschnitte eines bestimmten Geototyps in welcher (natur-)räumlichen Verteilung sind erhaltungs- und pflegevorrangig? Diese Frage ist oft nur im landschaftlichen Gesamtrahmen eines bestimmten Betrachtungsgebietes (eines Naturraumes, eines Landkreises, einer Gemeinde) zu beantworten. Die Auswahlmaßstäbe sind relativ, subjektiv und raumunterschiedlich.

Eindeutig sind die "Highlights": Bayernweit nur spärlich vorhandene und allgemein gefährdete Geotope, wie z.B. Gipshügel, Gletscherfindlinge, Eisdriftblöcke, Gletscherschliffe, Pegmatitgänge, Cölestinfelsen, Porphyrhärtlinge, intakte Dünenfelder und Quarzrestschotternagelfluhen, sind in allen, auch weniger spektakulären Vorkommen unverzichtbar und unantastbar. Hier verpflichtet der Gesamtbestand zu rigoroser Erhaltung und Pflege.

Ebenso eindeutig nicht bevorzugtes Wirkungsfeld des Geotopschutzes sind großräumlich landschaftsdominierende Erscheinungen wie die über 150 km recht gleichartigen, sanft gewellten Miozänsandhügel des Unterbayerischen Hügellandes (abgesehen von asymmetrischen Tälern, bemerkenswerten Fossilienlagerungen und einigen anderen Sonderelementen), die "naturraumdurchschnittlich" geformten Cordierit-Sillimanit-Gneis-Landschaften der Regensenke (abgesehen von Felsfreistellungen, Blockfeldern, Klammern usw.).

Solche Matrix-Gesteine können indessen in anderen Naturräumen als höchst spektakuläre "geologische Fenster" oder "Inselvorkommen" auftreten. Gleichartige Elemente müssen also nach den regionalgeologischen Rahmensituationen unterschiedlich bewertet werden. Man denke etwa an die isolierten Porphyrkuppen bei Schadenreuth (TIR) und Kirchenpingarten (SAD), an die Juraschollen am Bayerwaldrand, an die Tertiärinsel Aubinger Lohe inmitten großer Niederterrassenflächen, an den Spessart-Granit im Buntsandsteingebiet, die Bunt-

sandstein-Scherlinge im Iseler-Gebiet (OA) oder die Parsdorfer Mindelmoräne (FFB).

Ein Schluchttal ist im alpennahen Molassebergland "nichts Besonderes", im Altmoränengebiet (z.B. Staudenplatte/A, Tann- und Daxberg/MÜ), im Spalter Hügelland (Rhätschluchten), im Reichswaldgebiet (z.B. Röthenbachschlucht) oder im Coburger Sandstein jedoch ein singulärer Morpho- und Biotop. Kleine Kalktuffrinnen gehören im Stausedimentgebiet der Bayerischen Alpen zur zwar schutzwürdigen, aber vielfach vorkommenden Grundausstattung, im nördlichen Frankenjura dagegen ist jedes, auch unscheinbare, Vorkommen eine Besonderheit.

Bei morphologischen Erscheinungen kommt es außerdem auch auf die **relative Prägnanz der Ausformung** an. Beispielsweise sind die Kuppenmoränen bei Hohenfurch/WM aus der Sicht des lechvorlandtypischen Formeninventars durchaus herausgehoben zu bewerten, neben bestimmte Moränengirlanden des viel masse- und energiereicheren Rheingletschers bei Kißlegg - Ravensburg oder auch des Schnaitseer Inn-Moränenbogens gestellt, würden sie wenig auffallen.

### A.1.1.3 Überblick der Geotopkategorien

Dem "syntaxonomischen Überblick" der anderen LPK-Bände entspricht hier ein Typenüberblick. Jeder Grundtyp wird in einem eigenen Teilkonzept vertieft (Teile B - D). Nicht alle relevanten Phänomene können hier eingehender behandelt werden. Solche Elemente werden am Schluß dieses Kapitels kurz gekennzeichnet, allerdings auch dies ohne Anspruch auf Vollständigkeit. Vgl. hierzu LAGALLY et. al (1994), WIEDENBEIN (1993) und die übrige (insbesondere heimatkundliche und regionalgeologische) Literatur sowie die Lehrausflughinweise der Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:25.000.

#### A.1.1.3.1 Aufschlüsse, Bergbauspuren (B)

Offenliegende (angeschnittene) Bereiche des Bodens und/oder des Gesteinsuntergrundes. Man unterscheidet zwischen natürlichen oder künstlichen Aufschlüssen, z.B. in Gestalt von Abbauwänden (Steinbrüchen, Kies-, Sand- und Tongruben), Verkehrswege- und Erosionseinschnitten, Gesteinsausbissen und Uferanbrüchen. Aufschlüsse liefern vielfältige Informationen über:

- Schichten, Schichtfolgen und tektonische Strukturen;
- Gesteins- und Sedimentationstypen;
- Sedimentgefüge (Strukturen, Marken, Fossilspuren);
- die Lebewelt früherer Erdzeitalter (Leitfossilien, Paläozönosen);
- Paläoklima und Bodengeschichte;
- frühere Bergbautätigkeit.

#### A.1.1.3.2 Eiszeitliche Formen (C)

Auffällige morphologische Erscheinungen, die während der drei letzten großen Eiszeiten gebildet wurden. Zeugen noch älterer Eiszeiten sind im Gelände nur sehr schwer erkennbar.

**Glaziale Formen** gingen aus der unmittelbaren Einwirkung des bewegten Gletschereises sowie deren Schmelzwässer hervor. Das bewegungslos gewordene Toteis, das nach dem Abschmelzen der Gletscherstirn und dem Zerfall des Zungenendes als Gletscherrelikt liegenbleibt, trägt nur noch passiv zur Oberflächenformung bei. Der glaziale Formenschatz entsteht durch:

- glaziale Erosion (= ausschürfende Tätigkeit des Gletschers), z.B. Kare, Trogtäler, Rundhöcker, Zungenbecken, Gletscherschliffe;
- glaziale Akkumulation (= durch Gletscherbewegung hervorgerufene Ablagerung von Gesteinsmaterial), z.B. Moränen, Findlinge, Drumlins;
- glazifluviale Prozesse, die Erosions-, Akkumulations- und Abschmelzungsformen hervorbringen, z.B. Schotterflächen, Trompetentäler, Terrassen, Kames, Toteislöcher.

**Periglaziale Formen** entstanden außerhalb der unmittelbaren Vereisungsgebiete und wurden nicht vom Gletscher, sondern von der Dynamik des Gefrierens und Auftauens gestaltet bzw. ausgelöst. Periglaziale Prozesse waren während des Eiszeitalters flächenhaft verbreitet. Dazu gehören:

- Frostmusterböden, u.a. mit Eiskeilbildungen;
- Solifluktionsschichten, Blockfluren;
- Trockentäler, asymmetrische Täler, Dellentälchen;
- Buckelfluren.

Während der Eiszeit entstanden diese Formen in Bayern in allen Gebieten außerhalb der vergletscherten Bereiche; während der Rückzugsphasen gebildete Periglazialphänomene liegen auch innerhalb der jungeszeitlichen Vergletscherungsgebiete (z.B. Buckelfluren).

#### A.1.1.3.3 Fluviale Formen (D)

Das fließende Wasser hat an der Abtragung der Landoberfläche allgemein den größten Anteil. Bei der Verwitterung anfallendes Lockermaterial wird vom Oberflächenabfluß hangabwärts transportiert und schafft im Wechselspiel von Abtragung und Ablagerung eine unerschöpflich vielfältige und reizvolle Palette an Groß- und Kleinformen. Wie bei den Glazialerscheinungen und Härtlingen fällt hier das Herausheben vorrangig erhaltens- und pflegeverpflichtender Elemente besonders schwer - handelt es sich doch im allgemeinen um "ganz normale" Phänomene.

Der Geomorphologe und Fachgeologe würde fluvial gestaltete Oberflächen oftmals nur in Verbindung mit bemerkenswerten Aufschlüssen (z.B. Pfahlaußschluß in der Buchberger Leite bei Freyung/FRG, Molasseprofil im Ammer-Canyon, Wasserburger Innleite und Altusrieder Illerdurchbruch), Zeugnis-

sen erdgeschichtlicher Formungsprozesse (z.B. Fluß-Hohlkehlen weitab von heutigen Fließgewässern, etwa bei Schirradorf/BT, am Schulerloch/KEH oder Dohlenfelsen/ND) oder fluvialen Singularitäten (z.B. Strudeltöpfe am Lech bei Lechbruck) herausheben. Damit bliebe man aber weit hinter den Zielen umfassender, geowissenschaftlich orientierter Landschafts- und Heimatpflege zurück.

Allerdings müssen die Erfassungsmaßstäbe naturräumlich differenziert werden:

- Markante Trockentalzüge erfordern in den südbayerischen Schotterplatten höchste landschaftspflegerische Aufmerksamkeit (z.B. Gleißental und Teufelsgraben bei München), in der Hersbrucker Alb können sie nicht grundsätzlich als Vorrang-Geotope gelten.
- Steile Taleinrisse sind im niederbayerischen Hügelland für Landschaft und Biotopentwicklungsstrategie vorrangiger als in den Bayerischen Alpen, wo sie häufig in übergreifenden Form- und Biotopkomplexen aufgehen.
- Blockreiche Kataraktstrecken sind im Südspessart oder an den Innzuläufen des Garser Hügellandes/MÜ etwas Singuläres, im alpinen Flyschgebiet dagegen etwas "Normales".

Auch diese Geotopgruppe ist mit anderen vielfältig verzahnt. So etwa können Felsen mit Strömungsmarken sowie Tafelfelsen sowohl im Teil F wie auch unter C eingeordnet werden. Die Typenvielfalt ist viel größer, als in folgenden Stichworten zum Ausdruck kommt:

- Talformen, Flußdurchbrüche;
- Wasserfälle, Katarakte;
- Mäander;
- Schwemmfächer bzw. Deltas;
- Terrassen(böschungen).

#### A.1.1.3.4 Karstformen, Karbonatlösungs- (Subrosions-)formen (E)

Als Karst sind Abtragungslandschaften, deren meist reichhaltiger Formenschatz auf Lösungsverwitterung von Kalk, Gips und Dolomit beruht (vor allem im Jura, Muschelkalk und Gipskeuper, in der subalpinen Allgäuer Molasse, im Kalkalpin, stellenweise auch in den älteren Schotterplatten und Altmoränen (Geologische Orgeln\*), ausnahmsweise sogar im Jungmoränenbereich (Grundmoränen- und Seekreide-Verkarstung im Krüner Buckelwiesengebiet).

Selbstverständlich wird nicht jede der in der Frankenalb oder auf ehemals gebuckelten alpinen Talwiesen ständig neu entstehenden flachen Auslaugungsmulden als schutzwürdiger Geotop gelten können. In der Landschaftspflege spielen also auch hier Relevanzschwellen eine Rolle.

Meist durchdringen sich Karstformen kleiner bis großer Dimension (Kleinlösungsformen auf Gesteinsoberflächen, z.B. auf gletscherverfrachteten Irrblöcken des Alpenvorlandes, bis zu kilometerlangen Hohlformen). Folgende Phänomene verdienen besondere Beachtung:

- Karren (Schratten);
- Dolinen (trichterförmige Lösungshohlformen), Uvalas (Zusammenschluß mehrerer Dolinen)
- Erdfälle;
- Poljen (längliche, geschlossene Senke mit relativ ebenem Boden);
- Ponore (Bachschwinden);
- Geologische Orgeln, Schlotten;
- Höhlen mit Tropfsteinbildungen;
- Karstquellen (Quelltöpfe).

#### A.1.1.3.5 Felsen, Hürtlinge Blockhalden und Inselgesteine (F)

Relativ verwitterungsresistente Gesteine ragen als Hürtlinge (noch weitgehend vegetationsbedeckte Höcker oder Rippen) oder Felsen (vegetationsarme Vollformen, Stufen oder Wände) aus der Erdoberfläche heraus.

Gegenstand des Bandteiles F sind alle landschaftsprägenden Festgesteinsauftragungen, die sich nicht einer der folgenden Kategorien G - I zuordnen lassen. Besonders beachtet werden dabei inselhafte Felsbildungen außerhalb der alpinen Felsregion. Sie sind klassische Objekte des Naturschutzes und trotz ihrer geringen Fläche geradezu Erkennungsmerkmale gewisser Naturräume (Alb, Falkensteiner Vorwald, Steinwald, Bursandsteingebiet des Reichswaldes u.a.).

Als seltene Sondererscheinungen treten Felsen aber auch in vielen anderen Naturräumen auf, so etwa im Obermainischen Bruchschollenland, Spalter Hügelland, am Rande der Münchberger Gneissmasse, in den Jung- und Altmoränengebieten (Nagelfluhwände), ja sogar im östlichen Tertiärhügelland (verbackener Quarzrestschotter).

Natürliche Felsbildungen verdienen stets besondere Schonung und nötigenfalls pflegerische Vorkehrungen. Ihre Erscheinungsvielfalt sei mit folgenden, z.T. synonymen und überlappenden Stichworten umrissen:

- Felsburgen, -freistellungen, -labyrinth, -klippen, -wände, -mauern, -nadeln, -gipfel, Schuttgipfel, Wollsackverwitterungsfelsen;
- Schutt- und Blockströme, -felder, Schuttrinnen, Blockmeere, frische Anbruchflächen etc. (sofern nicht glazial);
- parautochthone (= nur über kurze Entfernungen verlagerte) Einzelblöcke;
- Verwitterungserscheinungen an Gesteinsoberflächen (natürliche Aufschlüsse), wie Tafonibil-

\* mit Verwitterungsmaterial angefüllte Verwitterungsschlotten (Schlotten) in Felsgestein, v.a. Nagelfluh

dungen\*, Opferkessel\*\*, diskordante\*\*\* Parallelstrukturen;

- herausgewitterte Riffbildungen (Riffstotzen).

Weniger auffallend und "herausragend" als Felsen, dafür aber für das Erscheinungsbild vieler Landschaften noch bestimmender, sind vegetationsbedeckte Aufragungen, Härtlinge und Kanten. Sie dokumentieren härtere, durch Verwitterung und Bodenabtrag herauspräparierte Schichtglieder, Gesteinslinsen oder fazielle Gesteinsvariationen.

Obwohl in geringerem Farb- und Gestaltkontrast zur Umgebung, signalisieren sie vor allem in den Schichtstufenlandschaften, alteiszeitlichen Schotterplatten und moränenarmen Molasse-Bergländern den Bauplan der Landschaft. Für das derzeitige Biotopsystem und die zukünftigen Biotopverbundentwicklungen sind sie in der Regel zentrale Leitlinien (naturnahe Böschungswälder, aktuelle und potentielle Magerrasen, Schaftriftzüge usw.).

Solche Vollformen

- ziehen sich als Linear- oder Kulissenstrukturen oft über viele Kilometer hin (z.B. bewachsene Pfahlabschnitte, Eisensandstein-, Bleiglanz-, Corbula-, Schilfsandstein-, Arkose-Versteilungen, Nagelfluh- Härtlingszüge der Vorlandmolasse und der Allgäuer Nagelfluhketten);
- reihen sich als Einzelhärtlinge zu Ketten zusammen (z.B. Serpentinhöcker am SE-Rand der Münchberger Gneismasse);
- liegen als isolierte Erhabenheiten in der Landschaft (z.B. Jura-Schollen am Straubinger Vorwaldrand, Eklogitkuppe des Weißensteins bei Stammbach/HO).

Wie bereits durch einige Beispiele angedeutet, sind viele markante Kulminationspunkte insuläre Vorkommen (regional) relativ seltener Gesteine. Hier deckt sich die morphologische mit der gesteinskundlich-geologischen Bedeutung. Solche "Inselgesteine" werden aber auch bei unauffälliger Reliefausprägung zu den bemerkenswerten, oftmals pflegebedürftigen Geotopen gerechnet.

So können morphologisch nicht herausragende Dolomitarke-Sandsteine im Nürnberger Raum, Marmorgänge im südlichen Fichtelgebirge und Passauer Wald karbonatisch-basische Vegetationsinseln inmitten eintöniger Sauerbodengebiete verursachen. Umgekehrt verraten sich sehr bemerkenswerte Buntsandstein-Scherlinge in den Hindelanger Alpen teilweise nur durch Sauerbodenvegetation im Karbonatgebiet.

#### A.1.1.3.6 Vulkanische Formen (G)

In Bayern gibt es zwar keine kompletten Vulkankegel, aber viele andere, im Zusammenwirken mit Erosion und Verwitterung herauspräparierte Hinterlassenschaften des paläo- bis neozoischen Vulkanismus (hier einfachheitshalber, wenn auch wissenschaftlich nicht ganz korrekt als "Vulkanformen" bezeichnet). Man könnte sie auch zu Teil F, z.T. auch Teil B stellen, wegen ihrer Singularität, Regionalbeschränkung und genetischen Zusammengehörigkeit werden sie aber in einem eigenen Block zusammengefaßt.

Wegen ihrer großen erdgeschichtlichen und biotischen Besonderheit sind alle, auch die morphologisch unauffälligen Vulkanerscheinungen erhaltung- und pflegeverpflichtende Landschaftsteile.

Folgende Grundphänomene spielen in der Rhön, in Nordostbayern, zum Teil und kleinflächig aber auch in den Bayerischen Alpen, im nördlichen Frankenjura und in den Haßbergen, eine Rolle:

- Vulkankuppen und -kegel, z.B. Rauher Kulm/Neustadt, Vulkanruinen des Oberpfälzer Vorlandes, Südrhön;
- Schlotfüllungen, z.B. Tuffschlote der Heldburger Gangschar (Einschlüsse von Malmkalken als Zeugnisse der Schichtstufenentstehung, rückschreitende Erosion der Schichtstufe um 30 km seit der Eruption);
- Deckenergüsse (Rhön, Fichtelgebirge);
- Blockfelder, Basaltsäulen, Mandelsteine;
- spezifische Gesteins- und Auswitterungsformen, z.B. Kissenlava (Ophiolith): Oberpfalz, Münchberger Gneismasse, Allgäuer Alpen.

#### A.1.1.3.7 Meteoritische Formen (Riesereignis) (H)

Noch regionalspezifischer, aber morphologisch ähnlich weitgespannt, präsentieren sich die Folgeerscheinungen des Riesereignisses und möglicherweise einiger weiterer Meteoriteneinschläge. Ungeachtet der enormen lithologischen Vielfalt (Granit bis Dolomit und Süßwasserkalk) und morphologischen Bandbreite (landschaftliche Großformen sind mit mittelgroßen und kleinen Auswurfgruppen bis hin zu den "Flädle" ineinander verschachtelt) werden sie hier wegen ihrer weltweiten Einmaligkeit gesondert behandelt.

Auch hier besteht eine deutliche morphogenetische Überlappung mit anderen Geotopgruppen (siehe B, F). Zum Formenschatz gehören:

- 
- \* Tafoni = Verwitterungsart aufgrund chemischer Prozesse in Form von Aushöhlungen an Felswänden und größeren Gesteinsblöcken. Mit den Tafoni verwandt sind die Kleinstverwitterungsformen der Bröckellöcher.
  - \*\* Opferkessel = napfförmige Vertiefungen in verschiedenen Gesteinen (z.B. Buntsandstein, Granit, Quarzporphyr), die überwiegend durch chemische Verwitterungsprozesse entstehen.
  - \*\*\* Diskordant = ungleichförmige Lagerung von Sedimentschichten, wobei die Schichten in unterschiedlichen Winkeln aneinandergrenzen (Winkeldiskordanz) oder einzelne Schichten durch Sedimentationsunterbrechung oder Erosion fehlen können (Schichtlücke, Erosionsdiskordanz).

- Einschlagkrater mit äußerem Kraterrand und Innerem Kristallinen Wall;
- Kraterrand;
- Auswurfmassen als mechanisch zertrümmerte oder durch Hitze und Druck veränderte Gesteine, die in ihrer Lage verändert wurden und morphologische und/oder pflanzenökologische Bedeutung haben;
- Horizontbildungen in riesfernen Aufschlüssen (z.B. Kelheimer Anemonite).

#### A.1.1.3.8 Dünen (I)

Dünen sind in unserem Raum während der Eiszeit im Periglazialbereich (außerhalb des Einflusses des Gletschereises) durch Windverfrachtung entstandene Akkumulationsformen. Wegen ihres meist nur kleinflächig-inselhaften Vorkommens, ihrer hohen Abbaugeschwindigkeit, leichten mechanischen Zerstörbarkeit und ihres ganz eigenständigen Lebensraum-potentials sollten alle, auch kleinere Dünen und Dünenfelder zu den hochgradig schutz- und pflegewürdigen Geotopen Bayerns gerechnet werden. Flugsandaufwehungsformen dokumentieren am besten die im Pleistozän und Frühholozän großflächig offenen Kältewüsten, z.T. auch subrezente Klima- und Nutzungsperioden, in denen verbreitete Übernutzung erneut Sandverwehungen auslöste.

Zu dieser Geotopgruppe gehören:

- Einzeldünen und Dünenfelder;
- Parabel-, Quer- und Längsdünen;
- Dünendellen und -tälichen;
- Flugsanddecken.

Selbstverständlich decken die vorgenannten Kategorien nicht das Gesamtspektrum naturschutzwichtiger Geotope ab. Interessante Erscheinungen **außerhalb** der Blöcke B - I (wie z.B. Reliktformen von Hangbewegungsereignissen, Ausfällungserscheinungen von Kalk oder Anhydrit) werden ohne Anspruch auf Vollständigkeit im Teil A erwähnt.

#### A.1.2 Räumlicher Wirkungsbereich geotopbezogenen Handelns

Geotop-Pflege darf entsprechend dem Landschaftspflegebegriff des LPK (vgl. Band I "Einführung und Ziele der Landschaftspflege in Bayern") nicht auf Objektbehandlung (etwa eines Felsens oder Hügels) reduziert werden, sondern steht für die Gesamtheit der planerischen, Nutzungs- und Management-Maßnahmen im Geotopbereich und seinem Umfeld, die der landschaftlichen Stellung, optischen "Prominenz" und biotischen Ausstattung dieses Objektes angemessen sind.

STÜRM (1993:13) versteht unter einem Geotop einen "räumlichen Strategiebereich", in dem Maßnahmen zur Erhaltung bestimmter Substanzen, Strukturen, Formen und Prozesse postuliert bzw. angeordnet werden sollen."

In diesem Sinne haben "Geotope" Eingang in die schweizerische Orts- und Regionalplanung gefunden, wo sie sich ebenso wie das Planungselement "Biotop" als geeignetes Mittel für Beurteilung, Ko-

ordination und Lenkung raumwirksamer Maßnahmen etabliert haben (STÜRM 1993).

Auch im Bereich der Landschaftsrahmenplanung Bayerns werden erdkundlich bemerkenswerte und prägende Landschaftsteile der besonderen Schonung und Obsorge anempfohlen, ob als komplexe "Reliefschongebiete" (RINGLER 1979, 1981), als Tabuzonen in der Abbaurahmenplanung oder als Einzelercheinungen in den Planungstexten der bayerischen Planungsregionen (Dünen, Dolinen, Felsbereiche usw.). In den Fachbeiträgen zum Bundesverkehrswegeplan wurden u.a. auch geomorphologisch herausragende Räume wie z.B. Drumlin- und Endmoränengebiete als Umweltempfindlichkeitsmerkmal berücksichtigt (z.B. FRITZ 1979).

Allerdings erfüllt der hier naturschutzpraktisch eingegengte Geotop-Begriff nicht alle Erwartungen, die Geomorphologen an den Schutz der Erdoberfläche knüpfen (SOYEZ 1982). Erhaltung und Pflege der hier angesprochenen Ausschnitte genügt keineswegs, um die morphologische Eigenart in allen Ausprägungsformen der Nachwelt zu überliefern. Der Wirkungsbereich des Reliefschutzes (und damit des zentral vom Relief gesteuerten landschaftsökologischen Prozeßgefüges) muß weit über "ausgesuchte" Geotope hinausgreifen.

Wie die Biotope benötigen auch Geotope einen **Umfgriffsbereich**, der eine langfristige Erhaltung sicherstellt und herausstechende Formen erst optisch zur Wirkung kommen läßt. Abgrenzungskriterien für diese Umfassungszone sind:

- natürliche Strömungen und Stoffflüsse, die die anhaltende Bildungsdynamik einer bemerkenswerten Erscheinung ermöglichen (z.B. natürliche Fließgewässerdynamik, Quellen, Geschiebeführung, Bewegungshänge);
- Abstandszone, die von erheblichen Sichthindernissen freibleiben muß, wenn der Geotop für den Betrachter aus der Nähe und aus der Ferne erkennbar bleiben soll.

Viele Geotopstrukturen fallen mit Biotopen zusammen, die in anderen LPK-Bänden ausführlich dargestellt werden. Die optimale Behandlung der biotischen Schicht dient hier in der Regel auch den Zielen des Geotopschutzes:

Aus dem LPK-Band **II.1 "Kalkmagerrasen"** lassen sich Pflege- und Gestaltungsangaben etwa zu Buckelwiesen, Kalktuffhügeln, Moränen- und Terrassenmagerrasen des Alpenvorlandes, fränkischen Gipshügeln, Schwammstotzen oder Schaumkalkfelsfluren übernehmen (Teile C, E, F). Im LPK-Band **II.3 "Bodensaure Magerrasen"** gelten die Behandlungsvorschläge z.B. für Serpentin-, Porphy-, Basalt-, Diabas- und Granitkuppen, für Kristallin-Blockfluren oder bodensaure Buckelwiesen zugleich einem naturraumwichtigen Geotop. Der Teil I (Dünen) nimmt direkt Bezug auf die Entwicklungsvorschläge des LPK-Bandes **II.4 "Sandrasen"**. Für wassergefüllte Dolinen (Teil E), Toteislöcher (Teil C) oder wassergefüllte aufschlußwichtige Steinbrüche (Teil B) ist der LPK-Band **II.8 "Stehende Kleingewässer"** "mitzuständig". Viele

**Agrotop (LPK-Band II.11)**, so z.B. Lesesteinriegel, -haufen, Hohlwege, Trockenmauern, Kleinterassen etc., können auch als erdkundliche Informationsorte bedeutsam sein. Die Teile C, E und F vermitteln deshalb zum "Agrotop-Band". **Steinbrüche (LPK-Band II.17)** sind als geologische Fenster und sekundäre Felsen natürlich aufs engste mit der Geotoppflege (siehe Teile B und F) verwoben. Dieser Nachbarband sollte daher immer wieder herangezogen werden. Dasselbe gilt für **Kies-, Sand- und Tongruben (LPK-Band II.18)**, die ja für die Präsentation interessanter Periglazialerscheinungen (Frostwürgeböden, Eiskeile usw.) oder fossiler Böden, für die Dokumentation der tertiären bis holozänen Schichtenabfolgen oder auch als Lieferanten von Tertiär- bzw. Eiszeitarthefakten, von Irr- und Driftblöcken zu den wichtigsten Anlaufstellen der erdgeschichtlichen Heimatkunde gehören. Schließlich gibt Block D dem LPK-Band **II.19 "Bäche und Bachufer"** einen geomorphologischen Rahmen (Tal- und Bettformen).

Geotop-Pflege benötigt ebenso wie der Biotopschutz grundsätzlich eine **kartographische Bezugsbasis**. In Bayern sind hierfür mit dem GEOTOPKATASTER BAYERN erste Voraussetzungen geschaffen (Lagekoordinaten), konsequente Kartierungen auch größerflächiger, nicht immer scharf von der übrigen Landschaft abgesetzter Raumeinheiten wie z.B. Gebiete

- mit besonders vollständigen Karst- und Glazialformenserien,
- Häufungsgebiete für Felsfreistellungen und Findlinge, Blockfelder und -ströme,
- Pingenfelder (historische Erzschrufgrubenfelder)

existieren nur unveröffentlicht, in einzelnen Mustergebieten oder lediglich auf Teilelemente bezogen (z.B. Felskartierungen des DAV in Kletterbereichen, Blockfeld-, Böhmerwaldmoränen- und Findlingskartierungen bei HAUNER 1980, unveröffentlichte Dolinenbestandsaufnahmen der Wasserwirtschaftsämter Ingolstadt, Amberg und Bamberg, Höhlenkataster der Höhlenvereine).

Die Geologischen Karten von Bayern auf TK 25- oder TK 50-Basis liefern, soweit vorhanden, eine Fülle von Grundlageninformationen, bedürfen indessen eines überlagernden, "die Geotope heraushebenden" Interpretationsschrittes, wie er beispielsweise in der Geowissenschaftlichen Naturraumpotentialkarte Niedersachsens unternommen wurde (BECKER-PLATEN et al. 1979).

### A.1.3 Standortverhältnisse, Morphologie

Geotope im Sinne des LPK fallen i.d.R. aus dem "normalen" standortökologischen Rahmen ihres Naturraumes. Sie bieten für die Bodenbildung, für Pflanzen- und Tierwelt sowie für die landschaftsprägenden Nutzungen jeweils hochspezifische Voraussetzungen. In aller Regel verkörpern sie die in lithologischer (gesteinskundlicher), bodenphysikalischer, bodenchemischer, bodenhydrologischer und

geländeklimatischer Hinsicht extremen Standorteinheiten (Ökotope) innerhalb des naturraumtypischen Ökotopegefüges. Sie erweitern die standortökologische Diversität und Heterogenität einer Landschaft. Schon aufgrund dieser abiotisch "azonalen", manchmal sogar "extrazonalen" Eigenschaften veranlassen sie besondere Rücksichtnahme bei der Landnutzungsentwicklung und Lebensraumgestaltung. Die Antreff- und Ansiedlungswahrscheinlichkeit für spezialisierte und relativ seltene Arten und Biozönosen ist höher als anderswo. Geototypische Standortextreme lassen sich in trivialer Ausdrucksweise folgendermaßen beschreiben:

- **"ungewöhnlich steil"**: Terrassenböschungen, Moränen-Steilkuppen, Schichtköpfe und -stufen u.a.;
- **"Hang in Bewegung"**: z.B. Rutsch- und Kriechhänge, Erdströme, Säbel- und Bogenwuchshänge;
- **"extrem flachgründig, felsig"**: z.B. Härtlinge, Blockfluren, Felsen;
- **"geochemische Inselstandorte"**: z.B. schwermetallreiche Sonderstandorte des Fichtelgebirges und der nordostbayerischen Bruchzonen, Gipshügel der Gipskeupergebiete, Schwefelquellbereiche des Jura und des Alpenrandes (z.B. Sippenauer Moor/KEH, Faulenbachtal/OAL, Plaicken/GAP), Zinkerzhalden bei Mittenwald, basenreiche oder -arme Inselstandorte, extrem nährstoffarme Kalk- oder Quarzsandsteinstandorte, Bitumenausstritte und Ölschieferanschnitte bei Bad Wiessee, im Ammergebirge und Karwendel, Bolgen-Granit bei Balderschwang/OA, Silikat-Gletscherblöcke im Kalkmoränengebiet;
- **"extrem trocken-warm oder feucht"**: z.B. Hohlkehlenfelsen und Balmen der Jura-Talränder, Felskanten, Klammern, Trockentalhänge, Naßdolinien;
- **"außerordentlich wechselvolles Kleinstandortmosaik"**: z.B. Blockströme, Buckelfluren, Flutrinnenmuster, "Moorbuckelwiesen" mit kleinteiliger Durchdringung aus Niedermoor, Alm und Ocker, Flugsand-Niedermoor-Mosaik der Donauniederung.

Von besonderer Bedeutung ist die Steuerfunktion des Reliefs für das Geländeklima, das Muster des Oberflächen- und Grundwasserabflusses, die fossile und rezente Pedogenese (Bodenfließen, Bodenbildung, Humusform, Aushagerung, Abtrag), die Wasserrückhaltung und Verdunstungsrate, die bodennahen Luftbewegungen, die Kaltlufteinlagerung und viele andere Prozeffelder. Entsprechend nehmen Geotope oft die obersten und untersten Eckpunkte standortökologischer Gradienten (naß-trocken, basisch-sauer, humos-mineralisch, nährstoffreich-nährstoffarm, heiß-kühl, extrem stabil-sehr labil usw.) in einer Landschaft ein. Eingehendere standortkundliche Kennzeichnungen finden sich in den Blöcken B - I.

### A.1.4 Pflanzenwelt

Geotope besitzen häufig auch als Pflanzenstandort einen Eigencharakter. Durch spezifische, oft sogar singuläre geochemische, bodenphysikalische, topographische und geländeklimatische Eigenschaften (vgl. Kap. A.1.3, S. 33) sind sie bevorzugte Wuchsorte azonaler und extrazonaler Vegetationseinheiten. Hierunter versteht der Geobotaniker Pflanzengesellschaften, die nirgendwo über eine Mesoklimazone ausgebreitet, sondern nur auf inselhaften Sonderstandorten ("azonal") oder auch kleinflächig außerhalb ihres eigentlichen Verbreitungsgürtels ("extrazonal") auftreten.

Außerdem dienen Felsen, Felsheiden, Schluchten, Jura- und Grundgebirgstelhalden in Bayern als Exklaven nordischer, arktisch-alpiner, alpiner und präalpiner Pflanzenarten weit außerhalb ihres alpinen Hauptareals. Pars pro toto seien genannt: in den nordbayerischen Kalkplatten z.B. Brillenschötchen *Biscutella laevigata* s.l., Kugelschötchen *Kernera saxatilis*, Aurikel *Primula auricula*, Hungerblümchen *Draba aizoides*, Schildampfer *Rumex scutatus*, Alpenveilchen *Cyclamen purpurascens*, Blaugras *Sesleria varia*, in den Grundgebirgen z.B. Alpenaster *Aster alpinus* (im Frankenstein etwas nördlich der Thüringer Grenze), Röllfarn *Cryptogramma crispa*, Felsenstraußgras *Agrostis rupestris*, Alpenfrauenhaar *Polytrichum alpinum*, das Klaffmoos *Andraea rothii* und der Alpenbärlapp *Diphysium alpinum*.

Wo bodenphysikalisch und -chemisch abweichende Inselgesteine ausstreichen, können auch schon morphologisch unauffälligere Geotope einen Vorposten-Lebensraum für Arten "fremder" Florenregionen bieten (z.B. Kalksilikat- und Marmorbänder bei Wunsiedel und Ebnath/TIR, fränkische Gipshügel bei Sulzheim, Marktnordheim und Kilsheim, niedere Serpentinbuckel im Lkr. Schwandorf). Manchmal genügen schon punktförmige "Fremdgesteinsvorkommen" für die Ansiedlung sonst im Naturraum unüblicher Arten (z.B. des Nordischen Streifenfarnes *Asplenium septentrionale* auf Allgäuer Findlingen).

Steil aufragende oder abfallende sowie felsig-blockige Geotope setzten auch der Nutzungsintensivierung Widerstand entgegen. Naturnahe Pflanzenbestände überlebten hier oft den Umbruch der Landwirtschaft und das Vordringen einförmiger Forstgesellschaften. Dies gilt ebenso für Relikte historischer extensiver Nutzungsweisen. Beispielsweise erinnern heute nördlich Hof und bei der Frankenburg nur noch die Schafschwingelheiden auf den Diabaskuppen an einst viel ausgedehntere Rinder- und Schaffhutungen. Dasselbe gilt für Kalktrockenrasen südbayerischer Schotterfelder, Jungmoränengebiete und Molassezüge, die sich stellenweise nur noch an markanten Terrassenböschungen (z.B. Lechtal bei Kaufering/LL, Wertachtal bei Pforzen/OAL, Illertal bei Fellheim/MN, Isartal bei Grüneiboldsdorf/FS, Hechenberg und Lenggries/TÖL), Nagelfluhruppen (z.B. Senkele und Eschenberg/OAL), fossilen Flußprallhängen (z.B. Wertach bei Obergünzburg/OAL, Inntal bei Markt/ÄO), tu-

mulusartigen Moränensteilkuppen (z.B. Schöffelding/LL, Gilgenhöfe/TÖL, Issing/LL, Pähl/WM, Hainbuchreit/ÄO) und Toteis- bzw. Kamesböschungen (z.B. Unterelkofen/EBE, südlich Seeshaupt/WM, Hemhof/RO) in Resten halten konnten. **Nur auf bestimmten Geotopen war der Intensivierungswiderstand des Reliefs groß genug, die Aufdüngung und Ertragssteigerung zu Lasten artenreicher schutzwürdiger Magerwiesen und Heiden aufzuhalten.** Auf Normalstandorten konnten sich derartige naturschutzfachlich wertvolle Lebensräume in aller Regel nur in militärischen Sperrgebieten oder frühen Ankaufsfächen von Naturschutzverbänden halten.

Ähnliches gilt im bodensauren Bereich. Hier fallen Borstgrasrasen, magere Glatthaferwiesen, Heidekiefernwälder (z.B. bodensaure "Schneeheide-Kiefernwälder"), Flügelginster- und Rotschwingel-Magerweiden auffallend mit steinigem Flußtaleinschnitten, Felsfreistellungen, Härtlingskuppen, Blockfeldern und Blockströmen zusammen. Bezeichnend hierfür sind die Egerleiten bei Hohenberg/WUN, die Saale- und Selbitzleiten im Lkr. Hof, die Granit- und Gneisbuckel des Regensburger und Falkensteiner Vorwaldes, des Flossenbürgers und Falkenberger Granitstockes, die Blockströme in den Landkreisen Freyung-Grafenau (z.B. Thurmannsbang), Deggendorf (z.B. auf der orographisch rechten Seite des Graflinger Tales), Cham (z.B. nördlich Falkenstein), Bayreuth (z.B. Blockstromheide bei Kornbach), die Magerrasenreste auf Diabaskuppen und -ausbissen um Bad Steben und im Saaletal bei Hof.

In vielen der genannten Fälle stimmen botanisch-zoologische und geologisch-geomorphologische Zustandsideale und Bewirtschaftungsziele nahtlos überein (vgl. die LPK-Bände II.1 "Kalkmagerrasen", II.3 "Bodensaure Magerrasen" und II.4 "Sandrasen"). Dies gilt jedoch nicht immer: Ein Teil der Geotope erfüllt nämlich die klassischen Biotopschutzkriterien kaum, ist aber gleichwohl **auch aus vegetationskundlicher** Sicht von Bedeutung. Solche Standorte tragen extensive Grünlandausbildungen, die anderswo der landwirtschaftlichen Intensivierung weichen mußten. Beispielsweise gibt das Verbreitungsbild von Karthäusernelken-, Wiesen-salbei- und Goldschlüsselblumen-reichen Glatthaferwiesen (ohne 6d1-Schutzstatus) im Alpenvorland außer alten Weg- und Straßenböschungen sowie einigen Waldsäumen praktisch nur mehr nutzungs-hinderliche, meist überdurchschnittlich steile und für den Güllewagen nicht mehr befahrbare Terrassenböschungen, "Tumuli", Steilkuppen oder Kesseleinhänge wieder. Gleiches ist z.B. für die Träubelhyazinthe (*Muscari botryoides*) in den Landkreisen LL und OAL, den Krokus (*Crocus albiflorus*) im Lkr. RO (Grainbacher Moränenkuppen) oder im Murnauer Raum (z.B. Apfelbichl), die Silberwurz (*Dryas octopetala*) im flußfernen Alpenvorland (Senkele/OAL, Molassehärtlinge bei Saulgrub/GAP) festzustellen.

Einige der im floristischen Naturschutz hervorste-chendsten und auffälligsten Pflanzenarten können



heute geradezu als "Geotop-Zeiger" gelten, wo sie als "letzte Mohikaner" den intensivierungsbedingten Rückzug ihrer einstigen Begleitarten notdürftig überlebt haben. So trifft man die Buschnelke (*Dianthus seguieri*) in Südbayern nur noch an geologisch bemerkenswerten Steilkanten mit Brachfluren (z.B. Teufelsgraben bei Otterfing/MB; SCHNEIDER, mündl.), den Gelben Enzian (*Gentiana lutea*) im Ammer-Loisach- und im Lech-Wertach-Hügelland heute überwiegend nur noch auf "Nicht-6d1)-Weiden" oder Fichtenforsträndern an auffälligen Vollformen, Schottertalkanten und Drumlins, die letzten Küchenschellenindividuen (*Pulsatilla vulgaris*) der nordwestlichen Ammerseemoränen an Versteilungen des Finninger Bogens/LL und an Randterrassen (Epfenhausen/LL\*), die Restpopulationen des Zottigen Geißklee (*Chamaecytisus supinus*) im nördlichen Chiemgau sowie in der Alzplatte an Trockental-Steillehnen und Toteis-Steilböschungen und die letzten Heideastern (*Aster amellus*) des Tölzer Vorlandes an der Kante eines glazialen Schmelzwasser-tales, des Thanninger Tales, an.

Prägnant hervortretende Reliefeinheiten sind es auch, auf denen sich gefährdete Pflanzengemeinschaften in - nach den Statuten der Bayerischen Biotopkartierung nicht mehr kartierwürdigen <sup>2</sup> saum- oder punktförmigen Rudimenten < 1.000 m<sup>2</sup> ohne "Schutzfähigkeit" erhalten haben. Unter Extensivierungs- und Restitutionsaspekten kommt auch diesen Kleinstpopulationen wieder erhöhte Bedeutung zu. Erinnert sei hier nur an die Kleinginsterheiden (Schwärzender Geißklee *Lembotropis nigricans*, Haarginster *Genista pilosa*, Deutscher Ginster *Genista germanica* u.a.) an den Talrandterrassen des Haidenaabtales/NEW oder an die Pechnelken-Wiesenhafer-Fluren an südseitigen Wallmoränenflanken bei Albaching und Lengmoos/MÜ.

Den direkten Zusammenhang von Hangneigung und Überlebenschance nährstoffarmer Halbkulturbiotopbelegen vielleicht am schlagendsten die letzten Kalkmagerrasenüberreste des Altmoränengürtels und Tertiärhügellandes. Außerhalb von Bahneinschnitten sind es stets die steilsten Hänge der jeweiligen Naturraumeinheiten, an denen sich noch Bestandesreste finden lassen, so etwa bei Diepoltshofen/FFB, westlich Steingau/TÖL, bei Purfing/EBE, am Ampertal bei Palzing/FS, am Fuchsberg bei Erding oder an der Tertiärleite bei Pfrombach-Langenspreising/LA, ED.

Auch dort, wo Versteilungen und besonders reliefbewegte Standorte nicht von modernen Folgenutzungen ausgespart blieben, vermögen sie zumindest für Einzelarten noch einige Zeit als "Arche Noah" zu wirken. Dies liegt an der sehr reliefensiblen Geländebeanspruchung durch Weidevieh. Von einst einmalig blütenreichen Wiesmähdern des Alpenvorraumes konnten einige wertbestimmende Arten wenigstens an Weidegangeln der Versteilungen die

Umwidmung in Jungviehweiden überstehen (z.B. Klebriger Lein *Linum viscosum* und Berggamander *Teucrium montanum* am Illasberg/OAL und an der Sichenhalde/WM, Küchenschelle *Pulsatilla vulgaris* und Skabiosenflockenblume *Centaurea scabiosa* am Pfarrbichl bei Pähl/WM).

Die genannten Beispiele sollen nur Grundtatsachen veranschaulichen, keinen bayernweiten Überblick geben. Für detailliertere Informationen sind die Parallekapitel 1.4 der Teile B - I zu konsultieren.

### A.1.5 Tierwelt

Geotope als Gesamtheit sind natürlich kein tierökologisch homogener Lebensraumtyp, dem man Charakterarten zuordnen könnte. Einzelne Geotoptypen weisen aber eine hochspezifische und -spezialisierte Kleintierwelt auf, die in den folgenden Teilen B - I fallweise näher beleuchtet wird. So etwa sind die Felsen- und Blockbiotope Lebensraum für eine hochspezifische und reichhaltige Spinnen- und Molluskenfauna (vgl. Teil F). Ihre Brutplatzfunktion für bedrohte Vogelarten, wie Uhu und Wanderfalke, ist allgemein bekannt.

Das Sonderklima markanter Auftragungen (z.B. Moränenbuckel, Terrassenböschungen, Härtlingsrippen, Griesbuckel im Ries, Vulkanstotzen) begünstigt thermophile Organismen (z.B. Tagfalter, Heuschrecken, Grillen, Hautflügler), und zwar oft auch dann, wenn keine schutzwürdigen Vegetationstypen vorhanden sind.

Umgekehrt sind auch bestimmte geländeklimatisch herausgehobene Hohlformen, wie tiefe Toteislöcher, Dolinen und Einbruchskessel, faunistisch zu kennzeichnen (vgl. BAUCHHENSS 1988). Lang anhaltende Kälteseen, in größeren Karsthohlformen sogar eine Höhenstufenumkehr, sind bisweilen durch boreal-arktische Arten angezeigt. Besser belegt ist der Sondercharakter der Fauna von Höhlen und Höhlenausgängen sowie Karstspalten aller Art. (siehe Teile B - I).

An dieser Stelle ist aber jenen Geotoptypen besonderes Augenmerk zu schenken, denen keine gesonderten Bandteile zugeordnet sind.

Spezielle Bedeutung für **Fledermäuse** haben die **Erz- und Schieferstollen** (Nord-) Ostbayerns, untergeordnet auch des Alpenraumes. Denn die Mehrzahl der einheimischen Fledermausarten zieht unterirdische Überwinterungsplätze (daneben auch Naturhöhlen; siehe Teil E) vor. Da solche feucht-kühlen, aber nicht ausfrierenden Winterquartiere praktisch nur in Mittel- und Hochgebirgen vorhanden sind, nehmen sie auch Populationen aus z.T. weit entfernten Sommerlebensräumen wie dem Donautal, Alpenvorland und Bruchschollenland auf (ANTONI 1979, GAUCKLER & KRAUS 1963). Stollen (wie auch Höhlen; Felskeller) sind also Schlüsselstellen

\* Wo die Trockenrasenreste für die Biotoperfassung (1000 m<sup>2</sup>) bereits zu klein geworden sind.



für den Schutz des Habitatverbundsystems der Fledermäuse in Bayern und sichern auch den Fledermausbesatz weiter entfernter Gebiete.

Solche Schlüsselbereiche sind beispielsweise die alten Erz- bzw. Schieferstollen um Wallenfels - Steinwiesen/KC, im Steinachtal bei Stadtsteinach/KC, im Höllental/HO, am Eisenberg bei Ludwigstadt, im Reppichsgrund und bei Dürrenwaid - Lotharheil/HO, im wilden Rodachtal bei Schnapenhammer (KC, KUL, HO), im historischen Bodenmaiser Erzabbaugebiet (REG), im Fichtelgebirge, im mittleren Naabtal (z.B. ehemalige Flußspatgewinnung bei Wölsendorf), ehemalige Eisen-, Zink-, Mangan-, Silber-, Bleierzstollen am Kressenberg/TS, im Jennergebiet/BGL, bei Mittenwald/GAP, im Rauschberggebiet/TS und Ammergebirge/OAL sowie einzelne der verlassenen Schieferkohle- und Pechkohlenstollen des Faltenmolasse- und Alpenrandgebietes (z.B. Großweil, Buching, Hausham, Auer Berg).

Gerade auch besonders seltene und bedrohte Arten sind z.B. im Grundgebirge wesentlich auf die noch nicht völlig verstürzten Abbaustollen angewiesen, so z.B. die Nordfledermaus *Eptesicus nilssonii* (Rote Liste Bayern 3) auf ein Stollensystem bei Bodenmais, die beiden in Bayern z.T. stark gefährdeten Bartfledermausarten (*Myotis mystacinus* RL2, *M. brandti*, RL3) auf die alten Bergwerksstollen des Frankenwaldes.

Die Stollen der Dachschieferabbau des Frankenwaldes (bei Lotharheil/HO und im Lehestener Grenzgebiet noch betrieben) erwiesen sich dank ihrer starken Oberflächenstrukturierung, ihrer stolleninternen Halden und im Zusammenhang mit benachbarten wärmespeichernden Außenhalden als außerordentlich wichtig für den Fledermausschutz. Zwei Drittel (38 von 57) aller im Frankenwald und seinem Umland untersuchten Stollen waren mit Fledermäusen besetzt (BEIERKUHNEIN et al. 1992).

Die Schieferhalden im nördlichen Frankenwald und im Saale - Selbitz - Winkel (HO) bleiben wegen des ständigen Nachrutschens der glatten Platten weitgehend unbestockt. Relativ große Ausdehnung, dunkle Farbe und starke Erhitzung bei Sonnenschein in Verbindung mit langsamer nächtlicher Abstrahlung der hochgradig wärmespeichernden Gesteinsart erzeugen Wärmeinseln, die vermutlich wegen ihres Insektenreichtums bedeutsame Jagdhabitats für Fledermäuse darstellen. Die räumliche Kombination frei anfliegender offener Stollenmundlöcher und offener Halden optimiert die Winterquartierqualität für diese auf Umwelterfahrungen sensibel reagierenden Flugsäuger (Lerntraditionen innerhalb von Populationen). Zusätzliche Vorteile der Schieferstollen für Fledermäuse sind

- deren Häufung in bestimmten Regionen, da das abbauwürdige Material meist großflächig ansteht; somit Aufbau relativ stabiler Metapopulationen mit mehreren Teilquartieren;
- oft erhebliche Länge (z.T. mehrere Hundert Meter lang), dadurch Einnischungsmöglichkeit

mehrerer Arten mit etwas unterschiedlichen winterquartierklimatischen Ansprüchen (Beispiele: Wasserfledermaus *Myotis daubentonii*, RL 4R, und Großes Mausohr *Myotis myotis*, RL 3, mehr in tiefer gelegenen Stollenabschnitten mit sehr hoher Luftfeuchte bis Sickerfeuchte, die sehr kälteresistente Mopsfledermaus *Barbastella barbastellus*, RL 1, in Mundlochnähe, Franzenfledermaus *Myotis nattereri*, RL 2, ebenfalls im Ausgangsbereich, dort aber an kühl-frostgeschützten Kleinstandorten);

- Lage in abgelegenen Waldgebieten (bessere Abschirmung vor agrarischen Biozid-Akkumulationseffekten im Körperfett).

Im weitesten Sinne zu den Geotopen zu rechnen sind felsanschneidende **Erdkeller** (vgl. auch Band II.11 "Agrotopen"), die insbesondere in Sandsteingebieten, teilweise auch im Grundgebirge (Fichtelgebirge, Frankenwald u.a.) die Aufschlußsituation verbessern können. Auch sie dienen teilweise einzelnen Fledermausarten als Winterquartier (z.B. Braunes Langohr *Plecotus auritus*, RL 4R). Ohne zusätzliche biotopverbessernde Maßnahmen bieten sie aber bei wenig strukturierter Oberfläche (Bunt-, Burg- und Eisensandstein) nur spärliche Versteckmöglichkeiten für Fledertiere. Die thermisch günstigeren Verhältnisse (meist tiefer gelegen als die meisten Stollen) sollten aber grundsätzlich wärmeliebendere Fledermausarten begünstigen. Immerhin waren 31 von 99 im Naturpark Frankenwald (KC, HO, KUL) untersuchten Felskellern mit Fledermäusen belegt (BEIERKUHNEIN et al. 1992).

#### A.1.6 Regionalgeologische Gliederung als Bezugsrahmen für die Geotoppflege; regionalspezifische Geotopspektren

Geotope im hier gebrauchten Sinn gibt es nicht überall. Geologisch und geomorphologisch einförmig gestaltete Landschaften, wie die Gäuböden, das Tertiärhügelland, das Altmoränengebiet, das Albvorland, der Mistel- und Hummelgau, die Buntsandsteinlandschaft des Mittleren Spessarts oder die Schieferhochflächen des Frankenwaldes, enthalten nur wenige "typische", d.h. spektakuläre Geotope. Die Erkennbarkeit des Wirkens der Erdgeschichte wird aber auch in solchen Räumen durch bestimmte Geoelemente von sehr begrenzter Ausdehnung erleichtert. Die meisten Naturraumeinheiten Bayerns enthalten jeweils spezifische Formen-Konstellationen. Über Großnaturräume wie das Jungmoränengebiet (oft u.E. fälschlich als "Voralpengebiet" bezeichnet), das Tertiärhügelland, die Schwäbische Riedellandschaft oder die Keuper-Schichtstufenlandschaft bleibt der Grundformenschatz meist relativ ähnlich, ist aber von sehr unterschiedlicher Bandbreite. Aber sogar in über weite Strecken regelmäßig aufgebauten und geologisch-geomorphologisch "berechenbaren" Räumen stößt man unvermittelt an eindrucksvolle Sondererscheinungen, die aus dem üblichen Rahmen fallen. Derartige Beispiele sind die Quarznagelfluhen des Griesbacher Hügellandes und Steinkartgebietes/PA, die scharf in die Talsedimente und Lößbrandterrassen eingerissenen V-

Tälchen des Donautales (z.B. bei Niederachdorf/SR), Schluchttälchen im Altmoränengebiet (z.B. bei Steinkirchen und am Tannberg/MÜ), die Ries-Erratika in den Schwäbischen Schotterplatten oder die Trockentäler und Bachschwinden der südbayerischen Schotterebenen (z.B. Münchner Ebene, Iller-Schotterfeld).

Die "Verbreitung" aller in diesem Band behandelten Geotoptypen ist in der nötigen Regionaldifferenzierung nicht darstellbar (vgl. aber die Parallelkapitel der Blöcke B bis J). So beschränkt sich dieses Kapitel auf eine umrißhafte Skizze der für die Geotopspektren jeweils maßgebenden Gliederungssysteme des geologisch-geomorphologischen Raumes bzw. Naturraumes (Kap. A.1.6.1) und auf eine Landkreiszuzuordnung bestimmter interessanter Erscheinungsformen (Kap. A.1.6.2, S. 67).

#### A.1.6.1 Bayerns geologische Regionen und ihr Geotopspektrum

Im Rahmen des GEOSCHOB-Projektes am GLA wurde zum Zwecke der Regionalisierung geowissenschaftlicher Objekte eine geologische Regionalgliederung Bayerns in vier Haupteinheiten mit mehreren Untergliederungsebenen im Maßstab 1:500.000 entwickelt (Stand Juli 1992; Bearbeiter: DOPPLER, MARTIN, SCHNELL & STREIT). Diese sei hier als räumliches Bezugsgerüst benutzt, um regionale Verbreitungsschwerpunkte bestimmter Geotoptypen zu umreißen.

Zur Entstehungsgeschichte und geowissenschaftlichen Detailcharakterisierung siehe die einschlägige Fachliteratur, zur Geotop-Inventur vergleiche den vom GLA nach und nach fertiggestellten GEOTOP-KATASTER BAYERN und die Schriftenreihe "Erdwissenschaftliche Beiträge zum Naturschutz", die demnächst auch für die Regierungsbezirke Niederbayern, Oberpfalz, Mittel-, Ober- und Unterfranken herausgegeben wird.

Die Darstellung der geologischen Raumeinheiten folgt jeweils demselben Schema: Auf einen kurzen Abriß der Entstehungsgeschichte und der georäumlichen Hauptmerkmale (aufgeteilt nach Untereinheiten wie z.B. Grundgebirgsregion/Bayerischer Wald; Schichtstufenland/Weißjura-Alb) folgen zusammenfassende Hinweise zu

- landschaftspflegerisch wichtigen Konturen des Gebirgs-/Landschaftsaufbaues (mehr linear);
- Vorrangzonen für die erdkundliche Landschaftspflege (flächig);
- charakteristischen Geotopen (-typen), aus der Sicht des LPK, nicht unbedingt mit den stärker geowissenschaftlich orientierten Auswahlprioritäten des GEOTOPKATASTERS BAYERN identisch.

In der Reihenfolge sind die naturräumlich jeweils relativ bedeutsamsten Erscheinungen nach vorne gestellt. Zur Beschränkung des Textumfangs werden morphologische und ökologische Kausalitäten zwischen Gesteinsart, Gebirgsbau einerseits und

Standortökologie/Landschaftsform/Geotoptyp/Biotopausbildung andererseits nur an einem Naturraum (Bayerischer und Böhmerwald) exemplarisch dargestellt. Vieles davon kann auf andere Grundgebirgsräume, vor allem den Oberpfälzer Wald und das Fichtelgebirge, übertragen werden. Mit dieser ökologischen Charakteristik petrographischer Einheiten ("ökologische Gesteinsgruppen") sei stellvertretend für andere Georäume Bayerns die grundsätzliche Relevanz der Substrat- und regionalgeologischen Gliederung als Naturschutz- (und Nutzungs-) Grundlage aufgezeigt.

##### A.1.6.1.1 Grundgebirgsregion

Im "Alten Gebirge" oder Grundgebirge (fälschlich auch oft Urgebirge genannt) vereinigen sich Gesteine aus etwa 600 Millionen Jahren Erdgeschichte. Es gehört zu den ältesten Landschaften Deutschlands und führt uns jenen altherwürdigen Sockel vor Augen, der alle anderen geologischen Regionen Bayerns unterlagert. Es wird im Westen von der Fränkischen- und Luhe-Linie, der Keilbergstörung, dem Donaurandbruch, südlich der Donau von der Kristallin-Tertiär-Grenze bei Vilshofen-Passau abgegrenzt. Außerhalb dieser eigentlichen Mittelgebirgsregion taucht es nur noch im südwestlichen Spessart innerhalb der bayerischen Landesgrenzen an die Oberfläche, dort aber recht unauffällig in das Formenspiel des Buntsandsteins integriert. Auf den ersten Blick ähneln sich viele Grundgebirgslandschaften in Aussehen, Nutzung, Bewaldung und Geotopausstattung. Bergbauüberreste, Silikatfelsbereiche, Verblockungsbereiche sind durchgehend typisch. Bei näherem Hinsehen tritt jedoch der Eigencharakter von

- Bayerischem und Böhmerwald,
- Oberpfälzer Wald (mit Naabgebirge und Naab-Wondreb-Senke),
- Fichtelgebirge, Steinwald und Waldsassener Schiefergebirge (Fichtelgebirgsregion),
- Münchberger Gneismasse/-Hochfläche,
- Frankenwald, Thüringer Wald und Schiefergebirge (Frankenwaldregion),
- Vogtland und Elstergebirge.

auch in Bezug auf Geotopschutz und -pflege deutlich hervor. Dabei unterscheiden sich die nichtkristallinen Tonschieferlandschaften Frankenwald-Vogtland (in denen z.B. imposante Felsfreistellungen mit Ausnahme alter Vulkanite fast völlig fehlen) deutlich von den Kristallingebirgen Bayerischer, Böhmer-, Oberpfälzer Wald und Fichtelgebirgsregion mit Münchberger Bergland.

Nicht überall stehen Gesteine des Erdaltertums (Paläozoikum) an. Kreide- und Tertiäreinlagerungen haben z.B. zwischen Fichtelgebirge und Oberpfälzer Wald (Tirschenreuther-Mitterteicher Weihergebiet), im Deggendorfer und Passauer Wald den jahrmillionenlangen Abtrag überstanden, Basaltdurchbrüche kennzeichnen den Bereich zwischen Weiden und Marktredwitz, Lößüberlagerungen die niedrigen Vorgebirge.

Die grobräumliche Verteilung wissenschaftlich wichtiger und landschaftlich prägender Geoelemente zeichnet oft die tektonischen Hauptlinien (Lineamente) dieser vielfach zerbrochenen und blockweise gehobenen, z.T. auch gefalteten Rumpf- und Rumpfschollengebirge nach. Geotop- und naturschutzfachlich z.T. überregional wichtige Standorte reihen sich insbesondere entlang der Fränkischen Linie, den Randstörungen der Münchberger Masse, des Donaurandbruches, des Pfahles und der Nebenpfähle (letztere im Passauer Wald). Neben morphologisch spektakulären Bereichen, in denen die Lithosphäre trotz Waldkleid und Intensivlandwirtschaft überall in Felsfreistellungen, Ausbissen und Blöcken ins Auge springt (Falkensteiner Vorwald, Steinwald, Saale- und Selbitztal), gibt es morphologisch eintönige Landstriche mit "geringer Geotopdichte" wie z.B. die Münchberger Hochfläche oder das Stiftland, in denen aber gleichwohl mit denkwürdigen Geoelementen zu rechnen ist.

In Relation zu den west- und südwärts anschließenden, erdgeschichtlich jüngeren und viel weniger erosionswiderständigen Regionen ist das Grundgebirge insgesamt viel "geotopreicher". Es ist ein Raum, **wo primär erdkundlich motivierter Naturschutz einen außergewöhnlich hohen Stellenwert einnehmen muß**, wo das "abiotische Schutz- und Pflege-Argument" angesichts oftmals sehr (raritäten-)artenarmer Biozönosen und verarmerter Ökosysteme (Schwerpunkt des Fichtenreinanbaues und neuartiger Waldschäden) häufig im Vordergrund steht.

Der Wirkungsbereich geoelementbezogener Landschaftspflege zerfällt hier in mehrere Ebenen bzw. **Größenordnungen**:

1. Flächenmäßig sehr begrenzte, herausgehobene Inselstandorte: Felsfreistellungen, Wanderblöcke, Blockfelder, Ausbisse und Härtlinge seltenerer Gesteine und Minerale, Steinbrüche und andere mehr.
2. Geotop-/naturschutzfachlich, landschaftlich und heimatgeschichtlich gleichermaßen erhaltenswürdige Spuren historischer Bergbau- und Verhüttungstätigkeit: Erz- und Schieferstollen, Schächte und Gänge, Pingen, Halden, Seifen etc.; mit diesem Spektrum ist der Raum so reich ausgestattet wie kein anderes Gebiet Bayerns und teilweise wie nur wenige Gebiete der Erde (z.B. Erzgebirge).
3. Kleinere bis mittlere Linearstrukturen, an denen Geotope zumindest perlenkettenartig aufgereiht sind, oder die insgesamt den "Geotop-Status" verdienen: holozäne Terrassenränder mancher Flußtäler, schlucht- und klammartige Durchbruchstäler, Pegmatitgänge, alte km-lange Abbaugänge im Hohen Fichtelgebirge u.a.
4. Großstrukturen von besonderer erdgeschichtlicher und landschaftlicher Prominenz, an denen Geotope den eingangs definierten Größenbereich (bis 5 ha) oft weit überschreiten: dominante Basaltkegel des "Oberpfälzer Hegaus", die im Nordabschnitt gewaltig hervortretende tektonische Abrißkante zum jüngeren ungefalteten Vorland (Fränkische Li-

nie), der Donaurandbruch, die über 150 km nachweisbare Pfahl-Linie, die Serpentin-Züge bei Erbsendorf/TIR und Schwarzenbach-Wurlitz/HO und ähnliches. Hier muß klassischer, räumlich begrenzter Geotopschutz durch Nutzungskonzepte und -rücksichten für den Gesamtbereich ergänzt werden.

#### A.1.6.1.1.1 Frankenwald mit Vogtland

Sockel eines ehemaligen Faltengebirges, dessen obere Stockwerke längst abgetragen sind (= Rumpfgebirge). Unterbau wie an der Oberfläche der Kristallgebirge, durch geringere Anhebung aber weniger stark abgetragen, weswegen relativ jüngere paläozoische Meeresablagerungen als nichtkristalline aber gefaltete Schiefer den kristallinen Sockel überdecken (Gotland bis Karbon). Die in Bayern einzigartige Landschaftsgestalt (sehr tief und steil eingeschnittene Paralleltäler zwischen weiträumigen Hochflächen ohne bergige Hochpunkte) beruht auf dem tektonischen Faltenbau. Nach Osten hin weniger zerschnitten und stark mit alten vulkanischen Massen (z.B. Diabase) durchsetzt, die von späteren Faltungen erfaßt und schichtig eingebaut wurden. Jüngere Durchbrüche fehlen allerdings. Der prävariskische (der Hauptgebirgsbildung vorausgehende) Vulkanismus förderte untermeerisch vorwiegend basische Magmen (Basalte), die nach einem langen Alterungs- und Vergrünungsprozeß heute als Diabase die Landschaft zwischen Rehau, Nordhalben und Kupferberg mitbestimmen. Stärker umgewandelte Magmen liegen als geschieferte Amphibolite vor. Eine Sonderrolle spielen im Frankenwald die Keratophyr-Ergüsse (z.B. Gipfelfelsen Torkel). Pikritvorkommen (ultrabasisches Endglied der Vulkanitreihe) gehören zu den Singularitäten der Frankenwaldregion, z.B. die Felspartien am Schwarzenstein bei Schwarzenbach/Wald (HO), am Landsknechtberg bei Ullitz/HO.

Der Frankenwald ist morphologisch und stratigraphisch dem Rheinischen Schiefergebirge eng verwandt. Karbonische Schiefer beherrschen den Westteil (eigentlicher Frankenwald), devonische Schiefer das Vogtland (nördlich der Linie Naila-Selbitz-Hof-Rehau). Ein Keil sehr alter Sedimente des Ordoviz und Kambrium schiebt sich zwischen Münchberger Masse und Fichtelgebirge (Rehauer Forst bis Bad Berneck). Eine Sonderrolle spielt das Perm-vorkommen des Stockheimer Beckens (im Bereich der Fränkischen Linie tektonisch versenkt und deshalb vor der Abtragung bewahrt), sowie der Diabas-Devonkeil von Berneck, den man gemeinhin aus dem Frankenwald ausklammert.

Viele z.T. syngenetisch (mit der Sedimentation) oder hydrothermal (mit Vulkanismus an tektonischen Störungen) entstandene Erzgänge durchstreichen den Schiefer in herzynischer Richtung. Historischer Erz- und Schieferbergbau, z.B. N Lichtenberg/HO, Roteisenerzgruben bei Stadtsteinach, Steben, Steinach (allein bei Tiefengrün/HO waren um 1560 27 Zechen und 10 Pochwerke auf Zinn in Betrieb), hinterließ eine Fülle kultur-, erdgeschicht-

lich und naturschutzfachlich gleichermaßen interessanter Reliktgeotope/-biotop, wie z.B. Stollen, Halden, Schürfgruben (Pingen).

Verschwinden und Überwachsen der Steinbrüche seit Beginn des 20. Jahrhunderts verschlechtert die Aufschlußsituation erheblich, z.B. gibt es von den vielen Devonkalkabbauen nur mehr drei (MÜLLER 1984).

### Charakteristische Geotope

- Natürliche Stein-, Felshänge und -freistellungen, allesamt in diesem an natürlichen Aufschlüssen armen, aber "bayerngeologisch" so wichtigen Naturraum erhaltens-, erforderlichenfalls pflegewürdig, z.B. steinige Lydithänge an der Randspitze und den Waldbergen NW Geuser bei Wallenfels sowie am Knock bei Presseck (HO, KUL), Tentakulitenkalkfelsen bei Weidesgrün bei Naila/HO, innerörtliche Granitkonglomeratfelsen in Reitzenstein/HO, Rußschieferfelsen im Wilden Rodachtal beim Gasthaus "Fels"/KC, Basistuffite an den Steinhängen W Dürrenwaid/HO, Felsen aus Poppengrüner Konglomerat S Schwarzenbach/Wald (HO), Quarzkeratophyrtürme der Steinachklamm bei Waffenhammer/KUL, Keratophyrkuppe am Torkel, Felsiger Steilhang E Berneck zwischen Stein und Schloß Stein/BT (Serie vom Ordoviz bis Devon), Forstmeistersprung bei Stadtsteinach (Oberdevon), Diabas-Schalstein mit vulkanischen Bomben an der Förmitz-/Mödlabach-Leite S Köditz/HO.
- Diabashärtlinge und -kuppen, insbesondere im Vogtland (Raum Hof) und in der Stebener Rodungsinsel, Berg W Berneck/BT.
- Felsverstürzungen, Blockschutthalde und -labyrinth, als große Besonderheit z.B. am König David, W Bad Steben und am Labyrinthberg N Hof (Diabas, z.T. sogar mit Katzenauge).
- Steinbrüche und Straßen-/Weganschnitte als Typlokalitäten, z.B. Fahrweg Guttenberg-Vogtendorf/KUL (Randschiefer), Forststeinbruch am Rauhenberg S Döbra (Kieselschiefer = Lydit), Mauthaus (Kulmschiefer und Wurstkonglomerat), Leuchtholz-Westhang bei Töpen/HO, Griffelschieferbrüche bei Ebersdorf/KC.
- Halden verlassener Schiefergruben, z.B. bei Dürrenwaid/HO, Eisenberg/KC.
- Zechen- und Stollenüberreste, z.B. Spuren des Rot- und Spateisensteinabbaues bei Presseck, Schwarzenbach/Saale, Triebenreuth/HO, Berneck/BT, Selbitz/HO, Hadermannsgrün-Tiefengrün-Köditz/HO, Flußspatabbau Spuren im Raum Lichtenberg-Höllental/HO. Diese Spuren sind heute umso bedeutsamer, als die Auffüllungstätigkeit und Flurbereinigungen der 50er bis 70er Jahre die meisten Gruben, Wälle und Pingen nivelliert und unkenntlich gemacht haben (MÜLLER 1984).
- Hohlwege mit paläontologischer und petrographischer Dokumentfunktion, z.B. Hohlweg bei Leimitz/HO (bedeutendster Fossilfundpunkt des Frankenwaldes, der seit 100 Jahren von berühmten europäischen Paläontologen aufgesucht wird),

Hohlweg zwischen Löhmar und Löharmühle (Ockerkalk).

### Vorrangzonen für die erdkundliche Landschaftspflege

- Diabaskuppenlandschaften, z.B. Frankenwarte-Geroldsgrün und N Hof;
- Zone der Fränkischen Linie;
- Felsleiten der Flußtäler, z.B. Saaletal N Hof und Selbitztal;
- Alte Bergwerkslandschaften, z.B. bei Dürrenwaid, N Issigau.

#### A.1.6.1.1.2 Münchberger Masse/-Hochfläche

Hebt sich zwar vom Fichtelgebirge, Vogtland und Frankenwald morphologisch kaum ab, erdgeschichtlich und gesteinskundlich aber völlig eigenständig. "Für kaum eine Landschaft dieser Größenordnung wurden so viele Entstehungstheorien aufgestellt und wieder verworfen. Bezogen auf den km<sup>2</sup> Ausdehnung wird von kaum einer Gegend so viel Fachliteratur vorliegen ..." (MÜLLER 1984:16).

Eine deutlich abgegrenzte Scholle der Erdkruste sank hier in große Tiefe ab, wurde dort stofflich umgewandelt und später wieder an die Oberfläche gehoben, wo sie heute als hochmetamorphe Insel (verschiedene Gneise und Metabasite) inmitten paläozoischer Schiefer eine abgehobene geologische Region bildet.

An den randlichen Aufschiebungszonen im NW und SE bildeten sich höchst eigenartige Gebirgsstrukturen und Gesteine, die sich von der Münchberger Masse genauso unterscheiden wie vom Frankenwald oder Fichtelgebirge. Kein Gebiet Mitteleuropas gleicht geowissenschaftlich der Münchberger Masse. Tektonisch sehr komplex (Sättel und Mulden, Aufbrüche, Aufschuppungen mit Aufkippungen; Vulkanismus fehlt völlig).

Mehrere petrographische und mineralogische Singularitäten, deren Dokumentvorkommen man in Bayern und Deutschland (fast) nur hier schützen kann, z.B.

- basischer Metanorit (Steinbruch Steinhügel bei Höflas/BT);
- Eklogit (z.B. Blöcke und Felsstufen am Weißensteingipfel bei Stammbach/HO; Bahnanschnitt SW Falls/BT; in Deutschland ausschließlich in der Münchberger Masse);
- Vesuvianfels bei Schwingen/HO (einziger Ausbiß in Deutschland).

Für die erdkundliche Landschaftspflege ist die Münchberger Masse mit ihren Randserien von exemplarischer Bedeutung. Hier zeigen sich in besonderer Deutlichkeit

- die "Sonderbiotopfunktion" bestimmter Inselgesteinsvorkommen: spezifische Magerrasen-, Grünland-, Trockenwaldausbildungen auf Serpentin, Amphibolit, Eklogit u.a., (sub-)jendemische Pflanzenarten;
- der Handlungszusammenhang von Geotop- und Biotop- (siehe die sowohl arten-

schutz- wie geotopschutzfachlich bedauerlichen Aufforstungen und Überwachungen am Weißenstein bei Stammbach/HO, an der Haidleite bei Wurlitz/HO, an den Prasinithängen bei Berneck/BT usw.);

- die Notwendigkeit, signifikante Erscheinungen nicht nur da und dort, sondern entlang tektonisch-petrographischer Leitstrukturen zu schützen und zu pflegen (z.B. Amphibolitzone entlang der Fränkischen Linie);
- die geowissenschaftliche Unersetzlichkeit der wenigen natürlichen Ausbisse und auch alter Steinbrüche in einem bei hoher geologischer Komplexität und internationaler Bedeutung sehr aufschlußarmen Landstrich.

### Charakteristische Geotope

- Härtlinge und Inselgesteinskuppen, z.B. Serpentinikuppen Haidberg/HO, Vesuvianfels bei Schwingen nahe Schwarzenbach/Saale, Eklogitkuppe des Weißensteins;
- Natürliche Felsen und Felshänge, z.B. Paragneisfelsen NW Grünlas bei Marktkeugast, Wajaleite bei Wurlitz, Peterlesstein/KUL;
- Natürliche Blockschüttungen und Geröllhänge, z.B. Prasinitgeröllhalden zwischen Sparneck und Benk, Hänge S Wirsberg/KUL;
- Bemerkenswerte Steinbrüche, z.B. Steinberg bei Konradsreuth (Paragneise), Amphibolitbruch bei Marktschorgast/KUL, Trichtermulde mit dem sehr seltenen Röhrenhofit beim Röhrenhof E Berneck/BT, Pegmatitgänge zwischen Tirschenreuth und Waidhaus;
- Abbauhalden, z.B. Prasiniterschüttungen bei Wirsberg/KUL;
- Bestimmte Eisenbahnschnitte, z.B. Marmorbänder an der Schiefen Ebene Neuenmarkt-Marktschorgast/KUL, Quarzit an der Bahn Oberkotzau-Schwarzenbach/HO.

#### A.1.6.1.1.3 Fichtelgebirge und Steinwald

Bis über 1000 m aufragendes, also zweithöchstes Mittelgebirge Bayerns, von älteren kristallinen Schiefen umgebene gewaltige Granitstöcke, von Vulkansystemen verschiedener Perioden an vielen Stellen durchbrochen, nur an wenigen Stellen von jungen Ablagerungen bedeckt. Der Name "Fichtelgebirge" (früher "Fichtelberg") wird auf schatzsuchende und -verwaltende Wichtelmännlein zurückgeführt, ein Verweis auf den besonderen Reichtum an Gesteinsarten und Mineralen (MÜLLER 1984).

Zum ostwärts geöffneten Hufeisen des Fichtelgebirges kann man als Südschenkel auch den Steinwald rechnen, der durch noch dominantere Basaltdurchbrüche eine eigene Note erhält. Die bemerkenswerte Gotland-/Devoninsel Fuchsmühl-Wiesau schiebt sich in den Steinwaldgranit vor. Grundzüge der Gebirgsbildung können vom Bayerischen und Böhmerwald (vgl. auch [Kap. A.1.6.1.1.5](#), S. 43) übertragen werden, so daß hier nur wenige Anmerkungen ausreichen.

Die nachweisbare Landschaftsgeschichte beginnt im Kambrium (vor 500 bis 570 Millionen Jahren). Vor allem im Oberkarbon ("variskische Gebirgsbildung") faltet sich das Gebirge auf, intrudieren die großen Granitstöcke, bilden sich im Kontaktbereich viele Mineral- und Erzgänge. Die permische Abtragsphase ist mit Rhyolith-"Porphyr"- und Proterobas-Vulkanismus verbunden (vgl. den großen Proterobasgang quer über den Ochsenkopf); Aplit- und Pegmatitgänge mit vielfältigen, z.T. sehr begehrten Mineralen bilden sich. Die erneute Heraushebung im Tertiär bringt intensiven Basaltvulkanismus, der vor allem den Osten und Süden prägt, und die vorher überdeckten Granite werden erosiv freigelegt. Die Naab-Wondreb-Senke wird eingeebnet, Braunkohlen- und Kaolinlagerstätten bilden sich. Erst im Quartär formieren sich die für das Fichtelgebirge so charakteristischen Blockmeere, -labyrinth, -ströme und Matratzenfelsen (bzw. werden freigelegt); im Vergleich zu Südbayern sehr alte Moore wachsen bis zu 8 m Mächtigkeit auf.

Singularitäten von überregionaler Bedeutung, die oftmals ganze Heerscharen an Touristen, Liebhabern, Sammlern und Fachleuten anziehen, besitzt das Fichtelgebirge in reichem Maße. Als Beispiele seien erwähnt der einmalig schöne Basaltdurchbruch im Granit des Wartberges bei Längenu, das größte Felslabyrinth Deutschlands (Luisenburg), die Milchopalfundstelle im Basaltkontakt N Pechbrunn sowie der Ignimbrit (Gluttuff, Niederschläge kristallisierter Massen) am Silberrangen bei Grochlattengrün/WUN.

### Charakteristische Geotope

- Steinfluren und Felsbereiche mit bemerkenswerten Mineralen und Inselgesteinen (z.B. Steilhang zwischen Holenbrunn und Wintersberg/WUN mit Andalusitvorkommen, einziges Vesuvianfelsvorkommen in Deutschland bei Schwingen/HO, Rhyolithgipfel Nachtberg und Schloßberg S Höchstädt), mit hoher Belegfunktion für gebietstypische oder sonstwie bemerkenswerte stratigraphische und tektonische Einheiten (z.B. Wenderner Stein, Röslal- und Thölauer Felsen/WUN), für die kambrischen Bänderschiefer der Arzberger Serie oder für die kambrischen Quarzite (z.B. Bahneinschnittfelsen Arzberg-Schirnding);
- Matratzen- und Wollsackfelsen sowie andere Felsfreistellungen, Felsenburgen mit Frostkliffen; z.B. Kösseine, Steinwald, Waldstein;
- Felslabyrinth, z.B. Nußhardt, Luisenburg;
- Blockströme, z.B. bei Kornbach/BT;
- felsige Durchbruchstäler, z.B. Röslau, Eger;
- Basaltkegel, z.B. bei Hohenberg/WUN;
- natürliche Erosionsaufschlüsse, z.B. Kersantit (Gangefolgschaft des Granits) in Bachrunse Hammerbach bei Vordorf/WUN, Steinach-Bachbett bei Warmensteinach (Steinachgranit);
- Steinbrüche mit tektonisch-petrographisch-mineralogisch denkwürdigen Aufschlußverhältnissen, z.B. Marmorbrüche bei Stemmas und Sinatengrün/WUN mit Dendriten, Grammatit, Disthen usw.; Amphibolit-Schloten bei Holen-



brunn; alter Redwitzbruch am Grabenstein bei Leutenberg; kleinere Pegmatitgänge bei Selb, am Waldstein, Epprechtstein, bei Tröstau; Proterobasgang am Ochsenkopf;

- Fördermaterial-, Stollen-, Grubenrelikte alter Zechen (mit Belegen für bemerkenswerte Schichtglieder, Gesteinsarten und Mineralen), z.B. ehemalige Hämatitgrube S Mehlmeisel, Grube "Bayerland" bei Pfaffenreuth/TIR mit seltenen Mineralen der ordovizischen Schiefer; Spuren alter Goldseifen bei Neualbenreuth/TIR; Zinnstollen am Seehügel-Osthang/WUN; Wösauer Aplitgang (mit Turmalin), Stollen bei Fichtelberg (Gleißinger Fels, "Silbereisenbergwerk");
- historische, petrographisch signifikante Schürfstellen, z.B. Waldlöcher auf der Kappel in Wunsiedel (Fichtelgebirgsogneis);
- geologisch bemerkenswerte Lockergesteinsgruben, z.B. in permischen Lockersedimenten bei Weidenberg/BT, Kaolingruben im Dreieck Selb-Thiersheim-Waldsassen;
- quartäre Staffelbrüche, z.B. SW-Fuß der Kösseneine;
- Strudellöcher (z.B. im Egerbett bei Wellertal); nicht oder nur teilabgebaute Torflagerstätten (reichen bis ins Glazial zurück);
- Kryoplanationsterrassen (Abtragung unter Schnee im Glazial), z.B. am Ochsenkopf;
- petrographisch signifikante Hohlwege und Kellergassen, z.B. Katharinenberg bei Wunsiedel;
- Karrenbildungen im Kristallin (z.B. Waldstein);
- Steinriegel- und Lesesteingebiete mit unersetzbarer Aufschlußersatzfunktion in fels- und steinbrucharmen Gebieten, z.B. bunte Flaser- und Augengneise in den Fluren Vierst, Kühlgrün, Birk, Leupoldsdorf/WUN;
- Säuerlingsquellen (postvulkanische Erscheinungen), z.B. Torflohe/WUN.

#### Vorrangzonen für die erdkundliche Landschaftspflege

- Geologisch und geomorphologisch herausgehobener Bereich an der Fränkischen Linie;
- Kalksilikat- und Marmorzüge Leupoldsdorf-Göpfersgrün, Wunsiedel-Thiersheim, Marktredwitz, Ebnatz und Röslau, gleichzeitig Bewahrungs- und Fördergebiete für calciphile Vegetation in einem reinen Silikatgebiet;
- von Basaltergüssen und -schloten geprägte Teillandschaft.

#### Landschaftspflegerisch wichtige Konturen des Gebirgsaufbaues

- Feld-Wald-Grenzen, die die dominante Scheidungslinie Phyllit (landwirtschaftlich gut nutzbar) - Granit (weniger nutzbar) nachziehen, sollten als fichtelgebirgstypische Strukturgrenze nicht durch Neuaufforstungen verwischt, sondern in Gestalt gezielt entwickelter Waldsäume fixiert werden.
- Basalt/Metabasit-Grenzen zu saurem Kristallin sollten möglichst extensiv genutzt werden (sowohl im Wald wie im Grünland), um die poten-

tiellen Vegetations- und Biozönose-Unterschiede nicht zu überprägen.

#### A.1.6.1.1.4 Oberpfälzer Wald

Mit diesem "Arbeitstitel" wird hier der ganze Grundgebirgsraum des eigentlichen Oberpfälzer Waldes, der Naab-Wondreb-Senke und des Naabgebirges zusammengefaßt. Die Störungslinien der Fränkischen Linie im Norden und des Pfahls bilden die Trennungslinie zum mesozoisch und tertiär dominierten Oberpfälzer "Hügelland" (Bruchschollenland). Ein weit nach Westen vorspringender, eher hügeländartiger Kristallinausläufer, das Naabgebirge, trennt das Oberpfälzer Hügelland in die Weidenener Bucht und die Schwandorf-Bodenwöhrer Senke. "Vorderer Oberpfälzer Wald" (ca. 360-650 m) und "Hinterer Oberpfälzer Wald" (ca. 550-900 m) sind nur undeutlich voneinander zu trennen.

Hinsichtlich Gebirgsbildung und -bau können viele Grundzüge des Bayerischen Waldes übernommen werden (vgl. Kap. A.1.6.1.1.5, S. 43). An dieser Stelle genügen deshalb wenige naturraumspezifische Anmerkungen:

Überwiegend präkambrische Ausgangsgesteine wurden im Zuge der assyntischen (Wende Präkambrium/Kambrium), kaledonischen (Altpaläozoikum) und variskischen Gebirgsbildung stark umgeformt. Der nördliche Oberpfälzer Wald bis zur Erbenborfer Linie gehört zum paläozoisch überdeckten "Saxothuringikum" (zusammen mit Fichtelgebirge und Frankenwald), der südliche Oberpfälzer Wald südlich der Luhe-Linie (Verlängerung des Naabgebirgsnordrandes nach Osten) zusammen mit dem Bayerischen und Böhmerwald zum "Moldanubikum". Östlich Tirschenreuth-Vohenstrauß dehnen sich die moldanubischen Gneise nach Norden aus, die paläozoische Überdeckung ist abgetragen und das assyntisch gefaltete Proterozoikum ("Urgebirge") tritt zutage (STETTNER 1980). Außerordentlich interessant ist die Nahtzone Moldanubikum/Saxothuringikum (Tiefbohrung bei Windischeschenbach!). In der geogenen Landschaftsgliederung am auffälligsten sind heute die variskischen, etwa 300 Millionen Jahre alten Granitmassive, oft mit Burgruinen besetzt, von Natur aus schon bastionartig aufragend und mit Felsfreistellungen bekrönt (Neunburger-, Leuchtenberger-, Flossenbürger-, Falkenberger Massiv etc.).

Die variskische Gebirgsbildung brachte hier nicht nur die gewaltigen Granitstöcke, sondern auch die Faltung und Metamorphose altpaläozoischer Sedimente und die Bildung von Mineralgängen in Zusammenhang mit der granitischen Platznahme (z.B. Pfahl-, Flußspat-, Pegmatitgänge) mit sich. Kristalline Schiefer treten hier zurück, Paragneise (Metamorphite aus Sedimentgesteinen) dagegen hervor, vor allem Cordierit-Sillimanit- und Biotitgneise. Die Abgrenzung zum Vorland entlang der Fränkischen Linie tritt viel weniger dominant hervor als weiter nordwärts. Es herrscht eine ausgeglichene Morphologie als im Böhmerwald, die im Grenzbereich aber fast 1000 m in Form vielfältiger Felsfrei-

stellungen erreicht. In verschiedenen Merkmalen muß von der Fichtelgebirgsregion und z.T. auch vom Bayerischen/Böhmerwald abgegrenzt werden:

- keine Basalte;
- Paragneise (im Vergleich zum Fichtelgebirge) dominierend;
- phosphatbetonte Pegmatitvorkommen charakteristisch;
- Pfahlverwerfung hat sich mit vielfältigen Nebenerscheinungen wie z.B. Flußspatgängen ausgewirkt;
- ausgedehnte Tertiäreinlagerungen (z.B. Naab-Wondreb-Senke, E Neustadt/Waldnaab).

Aus dem "Rahmen" fallende Besonderheiten des Oberpfälzer Waldes sind z.B. die Rotliegendebereiche um Weiden und bei Erbdorf.

Eine erdgeschichtliche Besonderheit ist die Ordoviz-Insel am Nordrand um Fuchsmühl/TIR, die man petrographisch als Frankenwald-Exklave auffassen kann. Aufschlüsse der Frauenbach-Quarzite, Phycodenschiefer und Gräfenthaler Schichten W Erbdorf/TIR bezeugen die Abtrennung dieser Scholle vom Frankenwald durch das aufsteigende Fichtelgebirge. Schwerpunkt des porphyrischen Vulkanismus (Effusivtätigkeit nach der variskischen Hauptfaltungsperiode) vor allem im Bereich der Fränkischen Linie (Rhyolith).

Auch der Oberpfälzer Wald besitzt viele bayern-, deutschland- oder gar europaweite geowissenschaftliche Singularitäten mit außergewöhnlicher Schutzverpflichtung wie z.B. die Korund- (Gneis- und Gabbro-)felsen in der Waldabteilung Point zwischen Wildenau und Plößberg/NEW, den Rosenquarzfelsen in Pleystein/NEW, den jaspishaltigen Rhyolith-Schlot bei Lenau/TIR, die Serpentinithärtlinge mit ihrer inselartigen Sonderflora (Erbdorf, Murachtal, Winklarn-Schönsee u.a.).

Im Oberpfälzer Wald ist seit dem Mittelalter eine rege Bergbauaktivität überliefert. Die besonderen geologischen Verhältnisse schufen die Grundlagen für die Gewinnung von Metallerzen und Industriemineralen (Eisen, Flußspat, Gold).

Da die Bergbaus Spuren im offenen Gelände ebenso wie im Fichtelgebirge und Bayerischen Wald weitgehend meist im Zuge von Flurbereinigungsmaßnahmen eingeebnet worden sind (LEHRBERGER et al. 1988), findet man Stollen, Halden und "Grübenfelder" (künstliche Hügel, Wälle, Depressionen und Gräben oftmals wie kleine glaziale Totkesselfelder aussehend) meist nur mehr in Wäldern (bis 1 km lange und 1 km<sup>2</sup> große Zonen).

### Charakteristische Geotope

- Felsfreistellungen in verschiedensten Formen, Wandabstürze, z.B. Steinerner Wand bei Röt/SAD, Blockheide bei Stadlern/SAD, Rote Leite/Oberpfreimd/SAD;
- Blockströme, Blockmeere in Bach- und Flußtälern, z.B. Waldnaab bei Tannenlohe, Girnitztal bei Neustadt/W., Galgenberg bei Perlhütte, Pley-

steiner Sulzberg, Doost bei Störnstein, Schwarzwöhrberg bei Röt;

- Inselgesteinshärtlinge z.T. für den Gebirgsbau und geoökologisch von außerordentlicher Bedeutung, z.B. Rhyolithkuppen bei Schadenreuth/TIR (mit Chalcedon), Serpentine bei Winklarn (Kalvarienberg), Schönsee (an der Bahn), Obermurach u.a.;
- Felshänge, mit Rippen und Abstürzen, z.B. bei Zwirnzell-Machtesberg, Brandleite bei Sitzambuch/CHA, Serpentinithang bei Voggenhof/SAD;
- kleine Fels- und Härtlingsbuckel aus "normalen" Gesteinen, z.B. Falkenberger Granitlandschaft, Leuchtenberger Massiv, bei Bergnetsreuth/NEW;
- aufgelassene Bergwerke, z.B. zwischen Erbdorf und Grötschenreuth/TIR (Talkum), Flußspatstollen bei Wölsendorf/SAD; Grübenfelder auf Gold, z.B. Braunbeergraben bei Unterlangau/SAD;
- alte Pegmatitgruben, z.B. Püllersreuth bei Windischeschenbach; historischer Abbau bei Plößberg-Wildenau (mit Beryll);
- Steinbrüche mit hervorstechender Zeugnisfunktion und Mineralienreichtum, z.B. Rhyolithschlot an der Bahn bei Lenau nahe Kulmain/TIR, Hagendorf bei Pleystein/NEW;
- Lockergesteinsabbau mit geowissenschaftlicher Einblickfunktion, z.B. Kaolingruben bei Hirschau und Waldsassen;
- Silikat-Karrenbildungen, z.B. Leuchtenberger Wald-Wolfslohklamm, Falkenberger Granit, Schloßberg bei Flossenbürg;
- relativ mächtige Torfkörper, z.T. bereits bioökologisch stark entwertet, z.B. Mooslohe-Griesbach/TIR, im TÜP Grafenwöhr, Sulzschlag bei Rosall/TIR, Hagenloh-Brentenloh bei Leßlohe/SAD;
- felsverstürzte Bachschluchten, z.T. mit Strudelkolken, Hohlkehlen usw., z.B. Wolfslohklamm bei Leuchtenberg/SAD.

### Landschaftspflegerisch wichtige Konturen des Gebirgs- und Gesteinsaufbaues, Vorrangzonen für die erdkundliche Landschaftspflege

- Pfahlzone zwischen Naab und Regen;
- Granitbuckel- und -blocklandschaften bei Falkenberg, Leuchtenberg, Flossenbürg - St. Ötz;
- Inselgesteins- und Metabasithärtlingsgebiete bei Oberviechtach, Schönsee-Eslarn, Erbdorf-Windischeschenbach - Floß (Serpentin, Gabbro, Amphibolit, Rhyolith usw.);
- felsige Flußtäler z.T. mit Blockströmen, z.B. obere Schwarzach, Waldnaab u.a.;
- Häufungszonen historischer Bergbaus Spuren, z.B. Gold-Grübenfelder zwischen Gaisthal-Schönsee-Geisheim/SAD (Oberes Murachtal) sowie bei Neualbenreuth; Flußspatganggebiet an der mittleren Naab.

### A.1.6.1.1.5 Bayerischer\* und Böhmerwald\*\* (BW)

Mit den übrigen böhmischen Randgebieten (Moldanubikum) bildet der BW das älteste kristalline Grundgebirge Mitteleuropas. Bayerischer und Böhmerwald sind das größte Glied der Böhmisches Masse, einer riesigen, nach Tschechien hineinreichenden Schüssel aus kristallinen und metamorphen Gesteinen. Von Prag nach Regensburg kommen zunehmend ältere Gesteine zutage. In der assyntischen Geosynklinale (Sedimentationstrog) lagerten sich vor 1 bis 2,4 Milliarden Jahren Grauwacken, Sande, Tone, Mergel und Kalke in einer Mächtigkeit von etwa 12 km ab. Im Präkambrium (Erdurzeit) verursachte die allmähliche Absenkung der gewaltigen Muldenfüllung eine Gegenbewegung des heißen Magmas aus dem Erdinneren. Unter sehr hohen Drücken bis 8000 Atmosphären und Temperaturen bis 800°C wurden die Sedimentgesteine aufgeschmolzen, verfaltet und zu Paragneisen bzw. Glimmerschiefern metamorphisiert.

Auch Marmor (kleinflächig im Bereich des Donaudurchbruchs), Schwefel- und Magnetkies (im Dreieck Drachselried - Bodenmais - Lindberg) und Graphit-Gneise (Kropfmühl, Langdorf und Innenried) entstanden bei diesen Umwandlungsprozessen. Im ostbayerischen Grundgebirge ist generell der höchste Metamorphosegrad erreicht. Alle Gesteine sind kristallin. Innerhalb der Gneis-Grundmasse setzen die Granitstöcke, der bayerische Pfahl, Graphit-, Kies- und Tonlagerstätten besondere Akzente. Mit Ausnahme weniger donauhafer Tertiärsedimente und der nur schleierartigen Moränen des Grenzkammes fehlen alle meso- und neozoischen Schichtglieder ("Altes Gebirge").

Schon in der Kaledonischen Phase (vor 600-400 Millionen Jahren vom Kambrium bis zum Silur) war der BW als Hochgebirge herausgehoben und verfiel damit der Abtragung und Verwitterung. In der Variskischen Ära (Devon bis Perm; vor 400-220 Millionen Jahren) trat eine erneute Absenkung mit abermaliger Hochdruck- bzw. Hochtemperaturumwandlung ein: Vorher eher einförmige Gneismassen diversifizierten sich zu vielen unterschiedlichen Gneisausbildungen und granitischen Gneisen. Die meisten dieser Gneise waren ursprünglich sandige, tonige, grauackereiche, z.T. auch kalk- und arsenreiche Sedimente (Paragneis). Da in ihnen Spuren der Assyntischen Gebirgsbildung auftauchen, wird präkambrisches Alter angenommen. Diese Gneise variieren sehr stark. Den Raum Osser-Eisenstein kennzeichnen Phyllite und Glimmerschiefer, z.T. Graphit und Pyrit führend, mit kalksilikatischen Einschaltungen. Paragneise konzentrieren sich um die Pfahlzone. Bändergneise bilden z.B. die Arber-

Gipffelsen. Den Gebietsschwerpunkt des seltenen Mischgesteins Diatektischer Cordieritgneis bildet der Raum Regenhütte-Zwieselberg. Graphitgneise finden sich nur im Passauer Wald. Den Deggendorfer Vorfeldanteil kennzeichnen Perlgneise, die im Zuge der Pfahlentstehung ihre sonderbare Struktur (perlschnurartige Feldspatanordnung) erhalten haben.

Die Winzergesteine, durch außergewöhnliche tektonische Beanspruchung gekennzeichnete Serien, begleiten den Donaurandbruch. Metabasitserien mit Gabbro, Norit, Serpentin, Eklogit, Amphibolit und Prasinit, ehemalige Vulkangesteine, treten nur kleinflächig im Raum Waldkirchen-Hauzenberg, im Nationalpark-Randbereich und am Hohen Bogen in Erscheinung. Die Graphitgneise der Wegscheider Hochfläche enthalten wie im Fichtelgebirge bis zu 10 m mächtige Marmorzüge.

Eine Singulärserscheinung ist das bekannte Magnetkieslager am Silberberg bei Bodenmais, das aus einem euxinischen\*\*\* Sediment bei der Metamorphose hervorging. Die bei der Erzverhüttung für die Vitriol- und Alaungewinnung und die Herstellung von Spiegelglaspoliermitteln entweichenden schwefligsauren Abgase vernichteten bis 1962 die Vegetation am Silberberg und hinterließen bis heute ihre Spuren in der Sukzession (z.B. sekundäre moorartige Bildungen).

Die Graphitlinsen des BW (Langdorf und Innenried bei Zwiesel, Ilz bei Tiefenbach, Kropfmühl-Pfaffenreuth) verteilen sich sowohl im Gneis als auch im Marmor, sie sind aber räumlich den Marmorzügen assoziiert.

Zu Beginn der Karbonzeit vor etwa 240 Millionen Jahren wurde die nunmehr erkaltete Gneismasse von starken tektonischen Kräften erstmals in Schollen zerbrochen. Im Zuge dieser Bruchschollentektonik erfolgten Hebungen und Senkungen einzelner Blöcke (z.B. Donau-Randbruch). Unterschiedliche tektonische Beanspruchungen (Deformation, Zerreißung, Mobilisation, Platznahme) erzeugten unterschiedlich ausgerichtete Faltenachsen (Vorderer Wald: NW-SE). Heiße Kieselsäurelösungen drangen von unten in das durch die Gleitbewegungen aufgerissene System von Scher- und Fiederspalten ein. Die Hauptfüllung der schon devonisch angelegten, 140 km langen Pfahlstörungsline geschah vor etwa 220 Millionen Jahren. Wiederholte Bewegungen in der Pfahlzone und entlang der Nebenpfähle (z.B. Aicha-Hals-Linie) verwandelten und verwalzten die Begleitgesteine des Gangquarzes zu Pfahlschiefern (Palite, Pfahl-Mylonite). Gleichzeitig drangen heiße Tiefenmagmen in die Gebirgsschwächzonen ein und kristallisierten als Granite oder Diorite aus. Je langsamer diese Intrusionen erstarr-

\* Diesseits der Regensenke, bestehend aus Wegscheider Hochfläche, Passauer Wald, Saldenburger Bergland, Sonnenwald, Regensburger Vorwald, Falkensteiner Vorwald u.a.

\*\* Jenseits der Regensenke, weitgehend mit dem hohen Grenzkamm und Arbermassiv identisch.

\*\*\* Euxinische Sedimente werden in sehr sauerstoffarmen Teilen des Meeres abgelagert; aus ihnen gehen Faulschlammimente hervor.



ten, desto grobkörniger fallen die eruptiven Gesteine aus. Nach der Verwitterung des darüberliegenden Gneisdaches in darauffolgenden Epochen traten diese Massiv-, Stock- und Ganggranite als Bergstöcke (z.B. Dreisessel), Kuppenlandschaften (z.B. Saldenburger Bergland) und Hügelzüge (z.B. Rinchnacher Hügelland) in der Landschaft in Erscheinung.

Die BW-Granite sind zwei verschiedenen petrogenen Generationen zuzuordnen: Der Kristallgranit I oder Ältere Granit kommt hauptsächlich im westlichen Wald und entlang der Wolfsteiner Ohe vor. Auffallend große Kalifeldspatkristalle veranlaßten den früheren Namen Porphygranit. Der Kristallgranit I drang während der kaledonischen Gebirgsbildung, wahrscheinlich im Devon, in die Höhe. Der Jüngere Granit oder Kristallgranit II wird der oberkarbonischen Hauptphase der variskischen Gebirgsbildung zugerechnet. Er tritt in viel mehr Varietäten als der Ältere Granit in Erscheinung. Sowohl grobporphyrische als auch feinkörnige Typen treten auf. Für die Landschaftsarchitektur ist seine an der Pfahlrichtung orientierte Lagerung von Bedeutung. Pfahlparallelität prägt sich sowohl im Streichen als auch in der Form der Intrusivkörper aus. Stockförmige Vorkommen liegen beiderseitig des Pfahls und im Raum Bischofsmäis, gangartige Körper eines fein- bis mittelkörnigen Granits sind u.a. bei Kaußing erschlossen.

Die deutlichste Abhängigkeit von den tektonischen Großstrukturen zeigen die Granite des Passauer Waldes. Diese "vornehm" fein- bis mittelkörnigen, gleichmäßig dunkelgrau bis gelblichen Granite sind z.B. im Richardsreuter Steinbruch repräsentativ erschlossen. Den Massivgranit von Eging-Fürstenstein-Tittling kennzeichnen Intrusivkontakterscheinungen, Pegmatite und Quarzglimmerdiorite. Dieser Granitstock vereinigt einen Großteil aller BW-Steinbrüche auf sich. Den Hiatus zwischen den beiden Graniten des BW bilden gangförmige Quarzglimmerdiorite.

Von den 50 Pegmatitvorkommen im Dreieck Arnbruck-Lam-Frauenau ist das Rabensteiner Vorkommen wegen seines Reichtums an Phosphatmineralien am bekanntesten. Unter den am Hühnerkobel bei Zwiesel im Pegmatit gefundenen 40 Mineralen befinden sich auch die Uranminerale Columbit und Uraninit.

Das weltweit einzigartige Phänomen des Pfahls durchzieht den BW in voller Länge, im Süden allerdings immer unscheinbarer werdend. Dieses quarzgefüllte Fiederklufsystem entstand beim Aufreißen von Gesteinsverbänden unter Druck und Überdeckung. Das regelmäßige Absetzen des Fiedersystems verursacht mehrere Abschnitte, in denen der Pfahlquarz nicht an die Oberfläche reicht. An der Buchberger Leite sind die spezifischen Pfahlneben-gesteine (Palite) und das Auffiedern am besten zu

beobachten. Hier liegen die Palite neben Kristallgranit I und Diatexiten. Ebenfalls großartige Pfahlaufschlüsse bietet die Bärnsteiner Leite bei Grafenau und der Bahneinschnitt an der Bahnbrücke bei Sumpering SE Regen. Imposant aufragende Quarz- (und sogar Rosenquarz)felsen kennzeichnen den Nordabschnitt im Bereich Moosbach, Cham, Viechtach und Regen-Weißenstein. Die Nebenpfähle, z.B. der Aicha-Halser Nebenpfahl, eine Fortsetzung des Donaurandbruches, sind nicht mit Quarz gefüllt, sondern bilden eine extrem zerriebene Gesteinszone.

Erneute gewaltige Hebungen erfolgten während der alpidischen Faltung in der Oberkreide und im Tertiär. Letztmals wurden längst auskristallisierte ältere Granite zu Orthogneisen umgeformt. Der horstartigen Emporhebung im Oligozän (vor 60 Millionen Jahren) folgte das Absinken des Donaugrabens. Im subtropischen Klima der ausgehenden Tertiärzeit bildeten sich allmählich Verflachungen (Rumpfflächen) heraus, die man an ihren bis zu 20 m tiefen Zersatzdecken vor allem im Granit (z.B. im Saldenburger-Ranfelser Bergland), der Neigung zu Tälchenbildung und Paläoböden (Gelb- und Blutlehmen) erkennt. Wohl aufgrund unterschiedlicher Hebungsbeträge während des Tertiärs sind die Hauptverebnungen auf den Niveaus 420 m, 550 m, 750 m, 830 m, 1200 m und 1340 m gestaffelt (Piedmonttreppe\*). Diese Rumpfflächenabstufung ist entlang eines Profils von den Jochensteiner Hängen über die Wegscheider Hochfläche bis zum Dreisessel bzw. Lusenkamm am deutlichsten.

Von den Meerestransgressionen in Jura und Kreide bzw. den tertiären Süßwasser- bzw. Meeresablagerungen sind heute nur mehr Kalkschollen am Donautalrand, tertiäre Tone im Gebiet Außernbrünst bei Waldkirchen und die tertiären Kiese, Sande, Tone und Braunkohlen in der Schwanenkirchner Bucht von landschaftsbildender Bedeutung.

Mit einer Temperaturabnahme bis etwa 8° C und einer Verfirnung zumindest oberhalb 1000-1100 m begann vor ca. 1 Million Jahren die Eiszeit mit der Feinmodellierung und Auffrischung der alten Rumpfgebirgsformen. Vom Böhmerwaldkamm reichten Lokalgletscher beiderseits bis auf ca. 800 m herunter (Große Ohe, Kleine Ohe, Sagwasser, Reschbach, Arberseen u.a.). Beachtliche Karnischen mit Karwänden bildeten sich heraus. Von allen Eiszeitperioden hinterließ die Würmeiszeit (vor 50.000 bis 10.000 Jahren) die heute noch augenfälligsten Spuren. Schmelzwasserabflüsse und -ströme entfernten die tiefreichenden Granit- und Gneiszersatzdecken bis auf lokale Reste. Allerdings blieben sie in größerer Entfernung von den Firnregionen und Hauptabflußzonen teilweise noch großflächig erhalten (z.B. unterhalb und in Verlängerung des Vorde-

\* Piedmonttreppe = Abfolge mehrerer Piedmontflächen (= intensiv zerschnittene Verebnungsflächen am Fuße eines sich hebenden Gebirges) hintereinander oder übereinander aufgrund mehrfacher tektonischer Hebung des Berglandes und seiner Umgebung.

ren Waldes). In höheren Lagen wurden Zersatzdecken von eiszeitlichen Ablagerungen z.T. überdeckt und konserviert. Im Tertiär angelegte Haupttäler wurden von den eiszeitlichen Flüssen zu ihrer heutigen Form ausgestaltet, kleinere Hangtälerchen neu in die Zersatzdecken gerissen. Neben tektonisch angelegten Talungen (z.B. Michelbach, Große Mühl, obere Regen- und Ohe-Abschnitte) zergliedern heute viele Quertäler die herzynisch streichenden Steilstufen bzw. Kämme, am großartigsten in der Riedellandschaft des Abteillandes. Fast alle interessanten Relief-Kleinformen des BW sind Ergebnis eiszeitlicher Ausspülungs-, Solifluktions- und Verwitterungsvorgänge. Örtliche Lößüberwehungen am Südrand des Vorfeldes trugen zur Verhüllung kleinerer Formen bei.

Im Unterschied zum Wirken der Eiszeiten sind die Abtragungs- und Aufschüttungsvorgänge der Nacheiszeit auf schmale bach- und flußnahe Auen beschränkt. Erst seit etwa 1000 Jahren, verstärkt nach dem 2. Weltkrieg, nahm der Mensch der Natur das Zepter über die Landschaftsformung aus der Hand. Die Veränderung von Gesteinshaut und Klein- bis Mittelrelief verläuft seit etwa 1950 sowohl im unbewaldeten wie im bewaldeten Bereich (Forststraßen, Steinbrüche usw.) wie im Zeitraffer - verglichen mit den Verwitterungsperioden des Tertiärs.

So wie das Baumaterial eines Gebäudes dessen Baustil, Größe und Eigenschaften bestimmt, hängen äußere Formen und innere Merkmale einer Landschaft vom Gesteinsaufbau ab. Als Analyse- und Planungsrahmen ist daher die Kenntnis der anstehenden Gesteine unerlässlich. Dabei geht es nicht um eine leicht variierte Wiederholung andernorts veröffentlichten geologischen Fachwissens, sondern in erster Linie um eine Hervorhebung der landschafts- und standortkundlich wichtigsten Gesteinseigenschaften.

In Gestalt "ökologischer Gesteinsgruppen" sollen die auf den ersten Blick fast unübersehbar vielfältigen Gesteinsausbildungen des BW zusammengefaßt werden. Allerdings sind die landschafts- und standortrelevanten Gesteinsunterschiede im kristallinen Grundgebirge geringer als etwa im Schichtstufenland. Ursprünglich sehr verschiedenartige Sedimente und Eruptiva wurden durch die paläozoische Metamorphose einander angenähert. Lediglich die Pfahlgesteine und die tertiären und quartären Ablagerungen sind deutlich abgehoben.

Die Hauptmasse moldanubischer Gneise ist relativ eintönig und leitet sich von einer Sand-Mergel-Ton-Wechselfolge ab ("Monotone Gruppe" nach BAUBERGER 1957). Lediglich in Teilen des Grenzkammes und zwischen Donauleite und Kropfmühl bilden Quarzitgneise, Graphitschiefer, konkordante Amphibolite, kalksilikatische und karbonatische Gesteine im Hangenden der monotonen Gruppe eine "bunte" Gesteinsgesellschaft. Glimmergneise nordöstlich des Rachel, am Spitzberg und nördlich Finsterau, die kleineren Erzvorkommen am Rachel, graphitführende Cordieritgneise, Quarzitgneise, Kalksilikatgneise, Amphibolite und kleine Graphit-

flöze im oberen Regental bzw. Falkenstein-Arbermassiv gehören der gleichen geologischen Einheit an, sind aber durch Gneisbereiche der "monotonen Gruppe" räumlich aufgespalten. Die eis-, wasser- und solifluktionstransportierten Ablagerungen haben oft große standortkundliche Ähnlichkeit mit anstehendem Kristallin: Aufgrund meist kurzer Transportentfernung und fehlender "Fremdgesteine" bestehen im allgemeinen recht geringe chemische Unterschiede. Die Überkleidung mit eiszeitlichen Fließerden und Schuttdecken verwischte petrographisch-orographische Unterschiede insbesondere in den höheren Lagen und im Unterhangbereich.

### Petrographische Haupteinheiten des BW

#### ZONE I GNEISZONE ZWISCHEN PFAHL UND GRENZKAMM

Matrix aus Cordierit-Sillimanit-Gneisen mit Paragneis-, Glimmergneis- und Graniteinschaltungen.

#### ZONE II GRANITMASSIVE DES BÖHMERWALDES

Großflächige Intrusionen des Finsterauer Kristallin- granits.

#### ZONE III PFAHLZONE

Entlang der Pfahl-Mittelrippe angeordnete Flasergranite, "Kristallgranit I", Mylonite, Palite, Pfahlschiefer, Diatexit, "Regenbühl-Gneise" u.a. in einem ca. 5-10 km breiten herzynisch streichenden Streifen.

#### ZONE IV PERLGNEISZONE DES VORDEREN WALDES

Gneise, die äußerlich einem sehr feinkörnigen Granit ähneln, konzentrieren sich vor allem im Deggen- dorfer Vorwald, wo sie sehr saure, erosionsbeständige Hänge zusammensetzen.

#### ZONE V GRANITMASSIVE DES VORDE- REN UND UNTEREN WALDES

Großflächige Intrusionen von Falkensteiner, Sal- denburger, Hauzenberger und Weinsberger Granit und (Quarz-Glimmer)Diorit.

#### ZONE VI DIATEXITZONE DES ABTEILANDES

Großräumig vorherrschende diatektisch geprägte Gneise, z.T. in die "Bunte Serie" mit Amphiboliten und Ultrabasiten übergehend, Quarz-Glimmer-Dio- rit-Einschaltungen, Tertiär- und Lößinseln.

#### ZONE VII TERTIÄRZONE

Nördlicher Randbereich der molassegefüllten Schwanenkirchener Bucht mit Kiesen, Sanden und Tonen.

Innerhalb der geologischen Hauptzonen prägen sich die einzelnen Gesteinsbausteine oft nur geringfügig in Landschaftsformen, Wasserhaushaltsbereichen und Standorteinheiten aus. In Abstimmung mit W. BAUBERGER (GLA) wurde versucht, das mannig-

faltige Gesteinsspektrum landschafts- und standortkundlich homogenen Gruppen zuzuordnen (vgl. RINGLER 1981 für die bayerischen Alpen). Eine kritische Durchsicht verdanken wir Herrn Dipl.-Ing. M. HAUG vom Nationalparkamt.

### "Ökologische Gesteinsgruppen" (Geologische Standortkomplexe)

Die Charakterisierung der Gruppen muß sich auf das Nötigste beschränken. Auf eine Auflistung der wichtigsten gruppenzugehörigen Gesteinsarten folgt eine Kurz-Kennzeichnung in wenigen Stichworten, darauf eine etwas differenziertere, gleichwohl stichpunktartige Charakterisierung. Berücksichtigt werden nur solche Gesteinsmerkmale, von denen ein vorrangiger Einfluß auf die Landschafts-, Boden- und Vegetationsausbildung angenommen wird. Aus Gründen der Benutzerfreundlichkeit wurden Synonyme oder Begriffsüberlappungen nicht ausgemerzt.

#### Gruppe 1 GLIMMERSCHIEFER

Schiefrig verwitternd, schärfere Geländeformen als Gneis, kluftarm.

Vom Osser bis Eisenstein, Grenzkamm N Falkenstein; südlichstes Vorkommen am Siebensteinkopf (Siebensteinfelsen). Fein- bis feinkörnig, häufig glimmerumlagerte Quarzlagen, Quarziteinschaltungen, lokal erhöhter Graphitgehalt.

#### Gruppe 2 LAGENGNEISE

Lagengneise, Paragneise (mit wenigen Ausnahmen), Cordierit- (Sillimanit-)Gneise, Granat-Cordierit-Gneis, Biotit-Plagioklas-Gneis, Graphit-Amphibolit-Gneise.

Lagengefüge, i.d.R. plattige Verwitterung, etwas tonigere Verwitterungsrückstände als in anderen Gneisen und Graniten, Vergrusung geringer als beim Granit.

Meist großflächig verbreitet ("Matrix-Gestein"), nördlich der Pfahlzone.

Meist schwer verwitternd, nicht oder nur flachgründig vergrust.

Deutlicher Lagenbau, im dm- bis mm-Bereich kleinverfaltet.

Überwiegend braune bis rostrote Verwitterungsflächen.

Helle, grünlich-blaue Lagen oder Linsen in dunkelgrauer bis bläulicher, feinkörniger Grundmasse aus Biotiten, Cordieriten, Feldspäten und Quarzen.

Häufig Quarzbänder und -knauern, stellenweise granatführend.

Im Passauer Wald km-weit streichende Kalksilikat-Marmor- und Amphibolit-Bänder und verbreitet Graphiteinlagerungen, ostwärts zunehmende Granitisation.

#### Gruppe 3 PERLGNEISE

Perlgneis, Diatektischer Cordierit-Gneis, Anatexit, Kalksilikatgneise.

Kluftfrei bis -arm, massig, etwas grusige Verwitterung, z.T. stärkere Blockbildung, im allgemeinen sehr hart und langsam verwitternd.

Lagiges Großgefüge ausgelöscht (Diatektischer Cordierit-Gneis, Perlgneis).

Kluftfrei, sehr hart und verwitterungsbeständig.

Z.T. Blockmeere bildend (Diatektischer Cordierit-Gneis).

Kalksilikatgneise bei der Faltung in Linsen zerlegt und in Geschieben und Geröllen angereichert, z.T. Lesesteine bildend.

Perlgneise: Plagioklas-Biotit-Gneise mit meist sehr undeutlichen bis fehlenden Schieferungsflächen, Quarz-Biotit-Grundmasse mit perlartigen Plagioklas-Einsprenglingen.

Südlich der Pfahlzone großflächiges "Matrix-Gestein", nördlich davon meist nur bandförmig eingeschaltet.

#### Gruppe 4 KÖRNELGNEISE

Körnelgneis, Migmatit.

Wie grobkörniger Granit verwitternd, Härtlinge und Kuppen bildend, erhöhte K-Freisetzung.

Meist nur kleinflächig (z.B. Flanitz; Klingenbrunn; Riedlhütte; Rabenstein).

Leicht verwitternd, meist tiefgründig vergrust, bräunliche Verwitterungsfarbe.

cm-große Kalifeldspat-Einsprenglinge in mm-körniger grauer Grundmasse aus Biotit/ Quarz/ Feldspäten/ Granat.

#### Gruppe 5 ORTHOGNEIS

Orthogneis, Rabensteiner Gneis, Flasergneis, Metapegmatit.

Leichter verwitternd als Granit, etwas saurer als andere Gneisarten, lagiges Gefüge, z.T. auffällige Bergrippen und Felsfreistellungen bildend.

In schmalen Zügen verbreitet (z.B. Rabenstein-Hennenkobel, S Spiegelau, Palmberg, Steinklamm), dem allgemeinen Gebirgsbau eingeschichtet.

Oft sehr einheitlich und ohne Kleinverfaltungen (Orthogneis), wenn auch lagiges Gefüge.

Auffallend hell, von feinkörnigem Granit nur durch flächiges Gefüge zu unterscheiden.

Auf tertiären Landoberflächen tiefgründig vergrust, in Bereichen junger Erosion oft Felsfreistellungen.

Mineralbestand und Chemismus entspricht Granodioriten.

#### Gruppe 6 AMPHIBOLITE UND METABASITE

Orthoamphibolit, Paraamphibolit, Redwitzit, Metabasit.

Basisches Metamorphgestein aus Sedimenten und Eruptiva, quarzarm bis -frei, rundlich (zu Lesesteinen auswitternd), etwas weniger hart als Serpentin.

Weitreichende Bänder in den Graphit-Amphibolit-Gneisen des Passauer Waldes, sonst maximal 100 m lang, oft nur linsenartig.

Amphibolit- (wie Kalksilikat-)Linsen häufig als rundliche Lesesteine herauswitternd (ebenso Metabasit-Linsen).

Dunkel, grauschwarz, dünne Hornblendenadeln zu dichtem Filz verwachsen (Härte), ziemlich homogen.

### Gruppe 7 SERPENTINIT

Härtlinge und Lesesteine bildend (verschränktes Gefüge), phytotoxisches Substrat (z.B. hoher Ni-Gehalt) mit deutlichem Einfluß auf Pflanzenwachstum und -artenzusammensetzung.

Als anstehendes Gestein nur kleinflächig Rippen oder Kuppen bildend (z.B. Nationalpark-Weststrand).

Eigenartige Bodenbildung (z.B. Pseudogley in Kuppenlage).

Vermutlich Einfluß auf Artenzusammensetzung (z.B. Pilzflora), jedoch im Oberpfälzer Wald und am Rand der Münchberger Gneismasse von viel prägnanterem Einfluß auf die Pflanzendecke.

### Gruppe 8 FEIN- BIS MITTELKÖRNIGE GRANITE

Hauzenberger Granit I, Tittlinger Granit, Flasergranit, Kaußinger Granit, Biotit-Granit, Quarzporphyr. Oft gangförmig und nicht massivbildend, stärker verwitternd und blockbildend als Gneis, Blöcke aber kleiner als bei grobkörnigen Graniten, tiefreichende Grusdecken.

Dies- und jenseits des Pfahls weitverbreitet, meist aber in Bandzonen oder kleineren Massiven.

Meist annähernd gleichkörnig (< 1 mm bis einige mm).

Kalifeldspat-Plagioklas-Einsprenglinge selten.

Blockdurchmesser (Wollsackformen) deutlich kleiner als beim Kristallgranit.

Kaußinger Granit: Massiv mit tiefgründig zersetzten Verebnungsflächen verzweigt sich gangförmig in die Umgebung.

### Gruppe 9 GROB- BIS RIESENKÖRNIGE GRANITE

Älterer und jüngerer Kristallgranit, Granodiorit, Hauzenberger Granit II, Quarzporphyr des Vorderen und Unteren Waldes.

Häufig ausgedehnte Massive (Intrusionsstöcke bildend), stärker grusig verwitternd als Gneis, Blöcke ("Wollsäcke") größer als bei Gruppe 8, tiefreichende Grusdecken.

Schwerpunktvorkommen am Grenzkamm, im Vorderen Wald kleinflächiger.

Korndurchmesser deutlich über 1 mm (z.B. Granodiorit: 2-3 mm).

Weißer Kalifeldspat-Einsprenglinge in je nach Biotit-Gehalt hell- bis dunkelgrauer Grundmasse.

Bruchflächen stets rau (Feldspat- und Quarzkörner).

Im Gegensatz zu anderen Granitarten fast immer flächiges Grobgefüge (dreidimensionale Kluffbildung), dadurch Wollsackverwitterung, Zerblockung oder auch plattige Auflösung (z.B. Großalmeyerschloß).

Oberflächlich durch Blockhalden oder Blockstreuung gekennzeichnet.

### Gruppe 10 DIORITE UND REDWITZITE

Redwitzit, Diorit, Hornblende-, Titanflecken-, Quarzdiorit, Nadeldiorit.

Verwitterungsresistenter, härter und quarzärmer als Granit, ebenfalls Wollsackverwitterung, geringe Vergroßung, Mineralkörner oft undeutlich.

Außerordentlich hart durch sperriges, verschränktes Biotitgefüge (Redwitzit, Hornblendediorit).

Z.T. siliziumarm (redwitzitische Metabasite).

Rauhe narbige Oberfläche; überwiegend sehr dunkel (Biotit), meist feinkörnig-dicht.

Z.T. auffällige Felsklippen (Quarz-Glimmer-Diorit).

Zu eigenartig rundlichen "Wollsäcken" und faustgroßen Lesesteinen auswitternd.

Meist gangförmig auftretend (bis 200 m).

### Gruppe 11 GABBROIDE GESTEINE

Gabbro

Hoher Fe-, Mg-, K-Gehalt, nur kleinflächig eingeschaltet, Lesesteine bildend.

Klein- bis mittelkörnig, sehr zäh, massig, hohes spezifisches Gewicht.

Sehr dunkel gefärbt, magmatisches Gefüge weitgehend erhalten; verschränktes Plagioklas-Gefüge.

### Gruppe 12 QUARZGÄNGE

Quarzgang, Turmalingang.

Oft glasartige tektonische Brekzien, Felsrippen oder klammartige Talverengungen verursachend, extrem wuchsfeindlicher, artenarmer Sonderstandort.

Fiederteiliges Scherspaltensystem mit hydrothermalen Quarzfüllung.

Monomineralisch (95-98 % SiO<sub>2</sub>), eng verzahnte Quarzkörner, stellenweise kantig-scherbig zerbrochen.

Meist glasartig bis milchig-weiß, stellenweise rötlich-bräunlich gefärbt.

Bei Thierlerstein/CHA, Moosbach, Viechtach und Regen hohe Quarzmauern und -türme bildend. SE Weissenstein als niedrige Quarzmauer herausgewittert (Steilabfall nach NE), sonst als Rücken hervortretend, SE-wärts morphologisch immer unauffälliger, an Straßen- und Flußeinschnitten aber mehrfach aufgeschlossen, stellenweise in Gruben abgebaut.

Durch Frostsprengung zerblockt, Quarzblöcke mit Fließerden bis zu 0,5 km seitlich abgewandert.

Im Unteren Wald und Rinchnacher Hügelland boden- und vegetationskundlich deutlich abgehoben; flachgründige Syrosee und Ranker, äußerst arme Ki-Bi-Wälder, Fi-Ta-Wälder mit Espe, Birke, Faulbaum, Wacholder, Heidekraut, Heidelbeere, Drahtschmiele; auf der Schattseite örtlich Torfmoosdecken.

### Gruppe 13 PFAHLSCHIEFER, MYLONITE

Pfahl-Nebengestein, Blastomylonite, Mylonite, Palite.

Pfahlbegleitende, bis 5 km breite Bandzone stark zerschieferter und gestörter Gesteine, großenteils sehr dicht und wasserstauend.

Gestein zerbrochen, brekziös oder verschiefert, zerschert bis zerrieben, z.T. tonschieferartig umgewandelt, im Mittelbereich meist sehr dicht und feinkörnig, keine Einzelminerale erkennbar, oft grau bis graugrün, verwittert schwach gelblich.

Chemische Zusammensetzung entspricht angrenzenden Gneisen oder Graniten, im pfahlnahen Bereich aber zunehmender Quarzanteil (bis 92 %, sonst um 65 %), Feldspat- und Glimmer-Anteil sinkt entsprechend von außen nach innen.

Viele Mylonite zeigen Quarz/Feldspat-Bruchstücke des Altbestandes in zementartiger "Mörtelquarz"-Grundmasse.

Ganz allmählicher Übergang in die angrenzenden ungestörten Kristallingesteine.

Pfahlschiefer umso mächtiger, je schwächer der Gangquarz ausgebildet.

Im Gegensatz zum Gangquarz z.T. tiefreichender Zersatz mit Kaolinisierung und Roterdebildung, bei Pfahlaufwölbung nach außen zunehmende Fließerdeüberdeckung mit eingebackenen oder aufliegenden Quarz-Wanderblöcken.

Acker- und Wiesenböden zeitweise vernässend und verhärtend, wechselfeuchte Magerrasen.

### Gruppe 14 ZERSATZDECKEN

Großflächigster Substrattyp des BW, Eigenschaften eines Porenwasserleiters (Speichergestein).

Bis über 50 m tiefe tertiäre Vergrusungsbereiche des Kristallins; Granitzersatzdecken meist mehrschichtig aufgebaut.

Auf anstehendes Gestein folgen kleinzerklüftete Übergangszonen, mächtige Vergrusungszone mit Verwitterungsrestblöcken, Kaolinisierungszone und gelegentliche Roterdebildung.

Im Gneis meist ungleichmäßigere Zersatzbildung, Mineralverband gelockert, aber ursprüngliches Gesteinsgefüge meist noch erhalten ("Fauler Fels").

Untere stark poröse Zersatzzonen als Wasserleiter und -speicher sehr bedeutsam.

Obere tonige Zersatzzonen fungieren oft als Deckschicht des Wasserleiters bzw. Stauschicht des Oberflächenwassers.

Auf Verebnungen und Zwischentalscheiden sind Zersatzprofile weitgehend erhalten, mit zunehmender Hangneigung sind sie immer stärker abgetragen.

### Gruppe 15 MORÄNEN

In Korngröße und Wasserhaushalt äußerst heterogenes Material, kleinflächiges Bodenmosaik.

Auf höhere Lagen des Böhmerwaldes beschränkt (bis ca. 800 m herunter); überwiegend aus Blöcken bestehend (ausgewaschen) oder sandig-steinige Grundmasse mit eingebackenen Blöcken.

Meist sehr buckelige schmale Wallgirlanden mit bis zu 10 m hohem, talseitigem Steilanstieg.

Einzelne erratische Blöcke vorhanden.

### Gruppe 16 VERFESTIGTER SCHUTT

Verfestigter Firngrundschant ("Firneisgrundschant").

Zementartig verfestigt, weniger porös als Zersatz, Verbreitung deckt sich mit Fichtenwaldstufe (höchste Kammlagen).

Sandig-grusige Grundmasse mit zahlreichen Steinen und Blöcken.

0,5 bis mehrere Meter mächtig, auch auf Steilhängen bis 40° bis in 800 m bzw. 1100 m herunter.

Steine hangparallel eingeregelt, blättriges Gefüge.

Mehrschichtig aufgebaut aus sandig-lehmiger, skelettreicher, lockerer Deckschicht, verfestigtem Schutt und verzogenem Zersatz mit deutlichem "Hakenschlagen" an Hängen.

Allerdings nirgendwo als Geotop i.e.S. anzusprechen.

### Gruppe 17 FLIESSERDEN

Im ganzen BW verbreitete, talwärts gewanderte Frostböden mit nach unten zunehmendem Feinkornanteil, manschettenartige Verbindung zwischen Talsedimenten und anstehendem Grundgebirge.

In Tälern, Hangmulden, auf Hangfüßen und Hangverflachungen abgelagerte Solifluktionmassen aus dem höher gelegenen Zersatz.

Lehmig-sandige bis feinsandig-schluffige Grundmasse mit unterschiedlichem Grus-, Stein- und Blockgehalt, stark umlagert.

Vorwiegend ungeschichtet, gelb- bis rotbraun und mehrere Meter mächtig.

Allerdings nirgendwo als Geotop i.e.S. anzusprechen.

### Gruppe 18 BLOCKSCHUTT

Blockmeere, Blockhalden, Blockströme, Blockstreuung.

Im Granit- und Dioritbereich besonders häufige Klein- bis Riesenblockanhäufungen im Anschluß an Felsfreistellungen und Gipfel, oft mehrere Meter mächtig, sehr hohlraumreich, Humus häufig nur taschenartig vorhanden.

Nach Zersatzabtrag freigestellte Felsbereiche wurden durch Frostverwitterung in Blockschant zerlegt.

Blockschutt überrollte tertiären Zersatz und wurde bei Solifluktion eingearbeitet (oft oberflächlich blockreicher).

Vorwiegend aus fein- bis mittelkörnigem Granit.

Bei Gneisen mehr plattig zerfallen, Härtlingsauslese.

Vorwiegend an sonnseitigen Hängen, weithin mit den steileren Geländeabschnitten zusammenfallend.

Durchwegs Vorrangstandorte im Geotop- und Naturschutz.

### Gruppe 19 EISZEITLICHE UND NACHEISZEITLICHE TALABLAGERUNGEN

Vorwiegend sandige, bachaufwärts immer grobkörnigere Kristallinsedimente mit hohem Quarzanteil, sehr stark entbast.

Schwach schluffig-tonige Grobsande und Kiese mit hohem Steinanteil und Blöcken, sandig-schluffige Tonlinsen.

Terrassengliederung im Wechsel zwischen Talauflöschung und anschließender Ausräumung entstanden.

Oft über tertiärem Zersatz abgelagert.

Im Bereich auffälliger Terrassenkanten und unruhiger Aufschüttungsreliefs von besonderer Bedeutung im Biotopschutz.

### Gruppe 20 TERTIÄRE QUARZSCHOTTER

Auffallend basenarme, durchlässige und trockene Quarz-Kiese und -Grobsande im südwestlichen Randbereich.

Karbonatarmer Quarzkiese der Hengersberg-Schwankenkirchener Tertiärbucht und im Raum Tittling.

Auf Rumpfflächen des äußeren Lallinger Winkels flache, langgestreckte Hügel aufbauend.

Hohe Porosität begünstigt Einsickerung und hemmt erosiven Oberflächenabfluß.

Auffallender Kiefernreichtum (DICRANO-PINION): "Föhrenbuckel", Quellnischen mit Hochmoorarten (sehr weiches Grundwasser).

Quellaustritte seltener als im Kristallin, stets an den Flanken der Lockersedimenthügel über ausstreichendem Tertiärton.

Hügelkuppen und Hochflächen meist bewaldet, Siedlungen in Tälern (umgekehrt wie im benachbarten Kristallinebiet).

### Gruppe 21 TERTIÄRE TONE

Spezialton

Nur kleinflächig in den Tertiärbuchten am Südrand an Flanken ausstreichend (Außernzell, Eging, Außernbrünst usw.).

Spezialton-, früher Braunkohleabbau (um 1960 aufgegeben).

Wichtige Mineralienlagerstätte (Aluminium).

Lokale Quellhorizonte (Stauschicht).

Tongruben haben unersetzliche Aufschlußfunktion.

### Gruppe 22 LÖSS, LÖSSLEHM

In kleineren Inseln und Bändern meist an leeseitigen Talhängen im äußeren Vorwald.

Lößlehme im Inneren BW weitgehend entkalkt.

Im allgemeinen ohne besondere Bedeutung im Geotopschutz.

### Gruppe 23 TORFE

Hoch-, Übergangs-, Niedermoortorf.

Einzige größerflächig anstehende organische Substanz mit völlig eigenständigen landschaftsökologischen Eigenschaften.

Moorbildungen im Vernässungsbereich von Quellaustritten, in Mulden, in breiten Kamm- und Sattellagen (bevorzugt auf der Donau-Elbe-Hauptwasserscheide), in Staulage an Talrändern, als Karseeverlandung und in flachen bewaldeten Hochtälern ("Auen").

Stellenweise bis zu 7 % Vermoorungsanteil (Grenzkamm), im Äußeren Wald immer kleinflächiger und zerstreuter, im Vorderen Wald einige ausgedehnte Moorkomplexe (vor allem Totenau bei Dösingerried).

Alle Moore des BW sind gleichzeitig wichtige Geotope.

Der Bayerische und Böhmerwald bietet geowissenschaftliche Singularitäten, die sonstwo in Bayern oder sogar in Deutschland kaum auftreten:

- Größtes Gipfelblockfeld Deutschlands (Lusen);
- reine Silikatmoränen (in Deutschland nur noch im Schwarzwald);
- die einzigen Silikatkare, gleichzeitig die einzigen außer alpinen Kare Bayerns;
- 15-20 m mächtiger Pegmatitstock am Hennenkobel/REG mit unterirdischem See und metergroßen Kalifeldspatkristallen.

### Landschaftspflegerisch besonders wichtige Konturen des Gebirgs- und Landschaftsaufbaues

- Pfahlzone Cham - Freyung, sowie Nebenpfahl Aicha-Hals;
- Bandzone des Donaurandbruches mit Mylonitzone, tektonischen Schollen, Winzergesteinen;
- Fließerdeobergrenze an Hangfüßen, Linie gehäufte Quell- und Feuchtbiotope, Vorrangzone für Biotopregeneration;
- Obergrenze des verfestigten Schuttes ("Firnegrundschutt") verbindet häufig Staunässe- und Quellhorizonte, Initiierung von Hochlagenvermoorungen;
- felsmarkierter Wasserscheidenbereich Donau/Elbe bei Philippsreut/FRG.

### Vorrangzonen der erdkundlichen Landschaftspflege

- Blockhalden- und Blockstreugebiete an vielen steilen Südhängen vor allem im Granit bei 900-1200 m, Blockzentren in Quellmulden und Bachschnitten (Feineredeausräumung);

## Teil A: Allgemeiner Teil

- Häufungsgebiete für Felsfreistellungen: Umgebung "Dreiburgensee"/FRG, PA, Saldenburger Granitgebiet um Solla/FRG, u.a. mit Wackelstein und "Steinernem Kirchl", Raum Falkenstein-Martinsneukirchen/R, CHA, Felswanderzone Nationalpark, Felsformationen um St. Oswald;
  - felsige Steilhänge der "Piedmonttreppe" (siehe Einleitungstext Bayerischer Wald) als Großzeugen der tertiären Hebungstätigkeit, z.B. Felshänge Rusel-Durchfurther Schuß/FRG;
  - Fels- und Blockgebiet Dreissessel-Massiv mit Plöckensteinkar (CR);
  - Häufungsgebiete für Wanderblöcke, z.B. N Falkenstein/R, Brennbach/R, Wald-Beuchering/CHA, Ranfels-Thurmannsbang/PA, FRG, Riedelsbach-Schimmelbach/FRG;
  - Talformen mit besonderer landschaftsgeschichtlicher Bedeutung, z.B. Aitnachtal von Rieglkopf bis Mündung (alttertiär vorgezeichnet, Pfahldurchbruch);
  - Zeugen uralter Landoberflächen in 1340 m (Gipfelflur);
  - mehrfache Moränengirlanden am Fuß des Rachel und am Bärenriegel-Schwarzbach/FRG;
  - Grübengebiete, Pingen, Halden, Gruben der historischen Quarz- und Edelmetallgewinnung an Bachoberläufen, z.B. am obersten Regensystem/REG, Seebach am Rachel/FRG.
- Charakteristische Geotope**
- Imposante Felsfreistellungen, Wandfluchten und Türme, z.T. wollsack- und matratzenartig, z.B. Habichtstein, Ludwigstein, Hessenstein, Gsengetstein bei Klingenbrunn/FRG, Büchelstein bei Grattersdorf/DEG, Plöckenstein-Dreissessel, Arber, Keitersberg, Osser, Brennberger Granit, Falkensteiner Granit, Seewände am Arber;
  - Felsschluchten, Klammern, idR. Aufschlußfunktion für ganze Schichtserien, z.B. Teufelsbachklamm/FRG, Steinklamm bei Spiegelau, Dießensteiner, Waltendorfer und Lueger Leite an der Ilz/PA, Zusammenfluß Ilz-Wolfsteiner Ohe, Buchberger Leite, Saußbachklamm, Klamm der Wolfsteiner Ohe, natürlicher Pfahlquerschnitt Elsenthaler Leite S Grafenau;
  - Pfahlgeotope (Quarzriff, Härtlingsrücken, Pfahlschieferflächen), z.B. Weißenstein/REG, Antoniuspfahl bei Viechtach, Moosbacher Pfahl/CHA, Pfahlschieferfelsen Schloß Wolfstein, Pfahlrippe S Kapfham/FRG und NW Grafenau;
  - Blockmeere, -felder, z.B. Plöckenstein, Lusen, Saulochklamm/DEG, Pfahlquarz-Blockfeld am Hofpfahl bei Kollnburg/REG;
  - Blockströme, (Solifluktsions-) Wanderblöcke, z.B. Bernhardsnagel bei St. Englmar/SR;
  - durchströmte Blockhalden, z.B. Hölle bei Rettenbach/R, Teufelsloch an der Kleinen Ohe, oberer Ginghamtinger Bach;
  - seltene Inselgesteine in Härtlings- oder Felsform, z.B. Glimmerschiefer Siebensteinfelsen-Zweheck (mit Blockfeld), Serpentin (Racheldiensthütte), z.T. wollsackartige Felsen aus Rabensteiner Gneisen bei Rabenstein/REG, Leptynit-Aufschluß Hacklberg bei Passau, Metabasitvorkommen am Hohen Bogen/CHA, Winzergesteine am Donaurandbruch (umkristallisiert);
  - seltene Inselgesteine durch Vegetation markiert, z.B. Kalkflora auf Marmorgang bei Rathmannsdorf/PA;
  - tektonische Abgleitschollen als Vollform (und Steinbruch), z.B. Burgberg Winzer, Juraschollen bei Münster (Buchberg, Helmberg)/SR;
  - Felshänge an tektonischen Leitlinien, z.B. Felshang bei Halbmeile/DEG am Donautalrand;
  - Felsbuckel ("Birkenbuckl"), z.B. Regenstauer Wald bei Grafenwimm/R;
  - Reste jungtertiärer (pliozäner) Landoberflächen mit fossilen Rotlehmen, z.B. auf 600-700 m bei Rabenstein/REG;
  - Karbildungen mit Abschlußmoränen und Karseen (Arber, Rachel, Falkenstein-Höllbachspreng);
  - Silikatblockmoränenwälle, z.B. nördliches Rachelkar;
  - Toteishohlformen, z.B. um den Großen Arbersee;
  - Gletscherschliffe, Rundhöcker, z.B. N Schustersäge im Reschwassertal als Zeuge einer Präwürm-Vereisung, Rachelseekar, Bärenriegel;
  - Erratische Blöcke, z.B. Reschwassertal;
  - Nieder- und Alluvialterrassenböschungen, z.B. Schöllnacher Ohe;
  - alte Hochmoorbildungen mit z.T. 2-4 m hohen Torfwänden (vegetations- und kulturgeschichtliche Archive), z.B. bei Kirchl, Ludwigsreuth-Haidmühle-Theresienreuth/FRG, Dösingerried/DEG, Wiesenfelden/SR, Arrach/CHA, Spiegelau-Klingenbrunn/FRG;
  - "Moorkarst" (Torfdolinen, natürliche Abflutunnels an der Moorbasis, Spaltensysteme, höhenlinienparallele Kolkssysteme mit Frostwechsel-Mikromorphologie), z.B. Zwieselter Filz - Schluttergasse N Rachel;
  - Niedermoorzone mit besonderer Zeugnisfunktion für die geologische Umgebung, z.B. Schuttholzer Kalkquellmoor auf karbonatreicher Tertiärisel/DEG;
  - Bergbaurelikte mit hoher erdgeschichtlicher Zeugnisfunktion (Halden, Stollen, Schächte, Pingen), z.B. Silberberg bei Bodenmais/REG, Hennenkobel/REG, Kellerberg bei Theresienthal-Glashäuser/REG;
  - Pegmatitgänge (mit Stollen, Schächten, alten Brüchen), z.B. Birkenhöhe und Hennenkobel bei Zwiesel/REG, NW Ziegelstadel bei Passau, Poschingerhütte NE Arnbruck/REG, Stollen Blotz W Bodenmais;
  - Steinbrüche mit geologischer Zeugnisfunktion oder landschaftsarchitektonisch bedeutend (imposante Naturkulissen mit Wänden, Schalengranit, Bankungen), z.B. Fürstensteiner Intrusivgebiet/PA, bei Kaußing/DEG, bei Egg/DEG, bei Tittling/PA, Thurmannsbang/FRG, (alte) Pfahlbrüche bei Viechtach/REG, bei Kirchdorf und Haugrub/REG;
  - Kies-, Sand-, Ton- und Lehmgruben mit Aufschlußfunktion für Paläoböden (z.B. E Zwiesel), Tertiäreinlagerungen (z.B. N Tittling, SE Röhren-

bach/PA, W Dingstetten/DEG), für Kristallinzersatz und Glazialdecken bzw. Wanderschutt (z.B. Sandgrube Waldhäuser Riegel/FRG, Schustersäge/FRG).

#### A.1.6.1.2 Schichtstufenland

Von mesozoischen (erdmittelalterlichen) Sedimenten beherrschter Raum, erstreckt sich von der Donau über ganz Mittel- und Nordbayern mit Ausnahme der Grundgebirge. Teil des großen west-mitteleuropäischen Hebungsbereiches mit dem Rheingraben im Zentrum. Die vier Hauptglieder Buntsandstein, Muschelkalk, Keuper und Jura bilden jeweils eigenständige Hauptnaturräume mit jeweils eigenartigem Formenschatz und Geotopspektrum. Kreideaufgaben blieben nur stellenweise über Jura und Trias erhalten.

Großgliederung der Landschaft in Schichtstufen "treppen" mit linearen oder durch Abtrag (Stirnbäche) eingebuchteten, oft mehrfach hintereinander gestaffelten Traufzonen (am klarsten in der Keuper-Dogger-Region bzw. am Albtrauf). Solche linearen Landschaftskonturen (Lineamente) wie z.B. die west-exponierten Böschungslinien harter Keupersandsteine oder des Malmkalkes spielen hier im Geotopschutz eine dominanter Rolle als in allen anderen Räumen Bayerns.

Relativ geringe tektonische Störung, der Schichtverband ist meist lediglich schräg gestellt (Ausnahme: Bruchschollenland); ostwärtiges Schichtfallen bedingte stärkeren Abtrag im Westen, so daß dort (z.B. Spessart - Odenwald) viel ältere, ja sogar kristalline Gesteine anstehen als im Osten, wo sogar noch Zeugen der Kreide-Überflutung landschaftsbestimmend sind. Die Landoberfläche wird von Schöllkrippen bei Aschaffenburg, Amorbach im Odenwald oder Burgbernheim in der Frankenhöhe bis Regensburg oder Schwandorf "immer jünger".

Das Schichtstufenland gliedert sich stark vereinfacht in:

- Meteoritenkrater des Rieses (siehe Teil H);
- Weißjura-Alb (vgl. auch Teil E);
- Keuper-Dogger-Region (Keuperlandstufe, Keuperbergland, Keuperbecken, Albvorland);
- Mainfränkische Platten (Gäulandschaften, Muschelkalkplatten, Grabfeldgau);
- Unterfränkische Mittelgebirge (unterfränkische Buntsandstein- und Grundgebirgsregion, Vulkanrhön);
- Rhein-Main-Ebene bei Aschaffenburg (Aschaffenburg Becken);
- Grundgebirgsvorland (Oberpfälzisches Grundgebirgsvorland = Hügelland, Obermainisches Bruchschollenland).

Selbstverständlich befinden sich darin viele Teilräume, die nicht unter das eingangs skizzierte Grundschema einer mesozoischen Abtragslandschaft passen (Basaltdurchbrüche, große Strom- und Flußtäler, Untermainische Ebene usw.).

#### A.1.6.1.2.1 Meteoritenkrater des Rieses

Aus der Juratafel durch einen gigantischen Meteoriteneinschlag vor knapp 15 Millionen Jahren herausgeschlagener Riesenkater trennt Schwabenalb (vorwiegend in Baden-Württemberg) und Frankenalb. Vielfältige Auswurf-, Rückfall-, Zerschierungs- und Nachsackungserscheinungen überprägen eine Zone von rund 50-80 km Durchmesser in den Landkreisen DON, WUG, ND, DIL (und Ostalbkreis/Baden-Württemberg), die hier aber großenteils zur Alb bzw. zum Albvorland geschlagen wird. Auswürflinge (z.B. die Reuterschen Malmblöcke) haben sogar den Raum Aichach - Augsburg - Krumbach erreicht und tauchen dort in der Oberen Süßwassermolasse auf. Möglicherweise können auch kraterartige Depressionen und oberflächennahe Tuffite (Anemonite) im Kelheimer Jura noch dem Riesereignis zugeordnet werden (RUTTE 1981). Auch der Bentonit-Vulkanismus bei Landshut-Mainburg, der seinerseits erratische Auswürflinge aus dem Jura produzierte, sowie Großbergstürze in den Alpen können indirekt mit der Erschütterung durch die Rieskatastrophe in Zusammenhang gebracht werden (LEMCKE 1988).

Globale gesehen ist die gesamte Ries-Zone ein "einziger singulärer Geotop". Mit Rücksicht auf die allgemeine Raumentwicklung und die "Gleichwertigkeit der Lebensbedingungen" des Menschen muß sich die geotoporientierte Naturpflege jedoch auch hier zunächst auf besonders wertvolle Teilausschnitte konzentrieren.

Dem Riesbereich ist ein eigener Hauptabschnitt in diesem Band gewidmet (H). Weitere Charakterisierungen und Begriffserläuterungen können also an dieser Stelle entfallen. Da die "charakteristischen und seltenen Geotope", "Singularitäten" und "landschaftspflegewichtigen Zonen" hier weitgehend identisch sind, erfolgt im Unterschied zu anderen Räumen eine zusammengefaßte Aufzählung.

#### Singularitäten, charakteristische Geotope, Vorrangzonen der erdkundlichen Landschaftspflege

- Gesamte Formenkonfiguration dieses Bereiches, insbesondere aber:
- gesamte "Kraterrand"-Zone;
- alle Erhebungen des Inneren Kristallinen Waldes;
- morphologisch und/oder als ökologische Inselstandorte wirksame Bunte Trümmersmassen (Auswürflinge in z.T. beträchtlicher Ries-Entfernung); "Inselgesteine" besonderer Art (vgl. Teil F);
- Griesbuckel, morphologisch und ökologisch wirksame "parautochthone Schollen" (nur wenig verlagerte, aber z.T. zertrümmerte und vergrieste Malmschollen);
- Standortmosaik und -catenen, die auf riesspezifische Substratkombinationen und Quellhorizonte zurückzuführen sind (z.B. Sickerflur/Trockenstandort-Komplexe);
- Härtlinge aus postriesischen Süßwasserkalken;



- **Abbaustellen** mit riesischen Gesteinsausgrägungen und Strukturen (Suevit, Grundgebirgsschollen, Schliffe usw.).

#### A.1.6.1.2.2 Weißjura-Alb

Die Weißjura-Alb oder "Frankenalb" i.w.S. (einschließlich eines kleinen Anteiles der Schwäbischen Alb SW des Rieses) umfaßt nicht den gesamten Jurabogen, sondern nur die Malm-Tafel aus hartspröden und verkarstenden Massen- und Riffkalken und dem Frankendolomit samt deren jüngeren Auflagen (Kreide, Decklehme, z.T. Molasse u.a.). Jura-reste N des Mains und im Keuper-Lias-Land und Juraausbisse am Nordrand des Tertiärhügellandes (vgl. Kap. 1.6.1.3.2, S. 61) werden hier dem Geotopinventar der Nachbarräume zugerechnet.

Die landschaftsbestimmenden Weißjurakalke, abgelagert im fränkischen Schelfmeer der alpinen Tethys (der Vindelizische Rücken war inzwischen überflutet, alpine und germanische Fazies näherten sich einander an), sind heute im Norden nur mehr maximal 200 m, bei Neuburg dagegen 500-600 m mächtig. Vor allem im zentralen Riffgürtel des Frankenjuras, der von Kelheim, Parsberg, Kastl, Hirschbach, Rupprechtstegen bis an die Wiesent reichte, wuchsen Kieselschwammriffe kuppelförmig maximal 50-80 m hoch und maximal auf 500 m Breite über den Meeresboden empor. Auf den toten Schwämmen wuchsen dicke Blaugrünalgenüberzüge, Foraminiferen, Moostierchen, Brachiopoden und Seelilien. An Felsstufen der Velburger Alb, in Steinbrüchen und in Gestalt unzähliger **Knocks** der nördlichen Alb sind die **Riffkuppeln** heute noch landschaftsprägend. Sie sind eine überregionale Besonderheit der Frankenalb.

In der Unterkreide hob sich die Trias östlich der Alb (siehe Grundgebirgsvorland). Hier wurde eisenreicher Dogger freigelegt, von dem eisenreiche Schwarzwasser nach Westen abströmten und dort in großen Hohlformen des Oberjuras durch Neutralisation mit kalkreichem Karstwasser die Amberger Erze absetzten (Geototyp **Bergwerksrelikte**). Parallel dazu überzog sich die verkarstete Albfläche wahrscheinlich bis zum heutigen Ries mit Fluß- und Seenablagerungen, bunten Tonen und Quarzsanden, die **Schutzfelsschichten** (benannt nach einem frühen geschützten Felsgeotop bei Regensburg). Diese blieben wie die Erze nur in tieferen Karsthohlformen (z.B. den Poljen der Velburger Alb; siehe Teil E) vor späterer Ausräumung bewahrt.

Das Oberkreidemeer drang von Süden auf die absinkende Alb (sowie das Oberpfälzer Hügelland bis zum randlichen Oberpfälzer Wald) vor und setzte in verschiedenen Phasen u.a. Regensburger Grünsandsteine, Eibrunner Mergel, Neuburger Kieselkreide bzw. Fränkische Vesicularkreide ab. Davon künden heute u.a. die Neuburger Kieserdegruben, **Quarzitblöcke** als letzte Verwitterungsreste der ehemaligen Oberkreidedecke auf der Alb ("Kallmünzer", Hartmannshofener Sandsteinblöcke zwischen Amberg und Hersbruck, muschelreiche Vesicularquarzitblöcke in der Gegend zwischen Neumarkt und Am-

berg). Marine Kreideeinlagerungen reichen von Regensburg bis gegen Hollfeld in der Weismainalb.

In der Tertiärzeit ging die Weißjura-Verkarstung auch unter der Kreidedecke weiter. Kreidesedimente sackten in die Hohlformen nach. Aus der Dicke des Residuallehms (Verwitterungsrückstand des Malmkalks) läßt sich heute grob der Anteil der Unterkreide- und Tertiärverkarstung des Weißjuras abschätzen (Aufschlüsse! MEYER et al. 1987).

Im Tertiär bildeten sich auch die vielen flachsohligten Hochflächentäler heraus (**Alttäler**). Erst ihre eingekerbten Verlängerungen zu den heutigen Hauptvorflutern Altmühl, Laaber, Pegnitz, Wiesent usw. sind glazialen Alters.

Die starke Verkarstung unterband jedoch weitgehend den oberflächlichen Abtrag in jüngerer Zeit. Lediglich im Periglazialklima, als die unterirdischen Karstwege plombiert waren, erfolgten gewisse Überformungen (Bodenfließen, Löß, Kryoturmbation = Frostverwürgung). Die Kuppenalb ist also eine durch **Verkarstung fossilisierte Landschaft aus wechselfeucht-warmer voreiszeitlicher Zeit**. So gesehen wäre sie ein einziger Riesengeotop von besonderer Erhaltungswürdigkeit.

Für die **Geotopstruktur und -pflege fundamentale Naturraum-Merkmale** sind:

- 1) Gebietsweise **außerordentlich hohe Geotopdichte** (Spitzenwerte in Bayern, z.B. in der Pegnitzalb, in der Forchheimer Albraufzone);
- 2) vom Hahnenkamm im SW bis zum Staffelberg bei Lichtenfels +/- durchgängiger **Steilabbruch** zum ausgeglichenen Schwarzjura-Vorland, welches morphologisch zur Keuperregion überleitet; alle morphologischen Teilstufen dieses Traufes sind landschaftlich wie ökologisch von Bedeutung (Opalinuston/Eisensandstein, Werkkalkbank/Opalinuston usw.);
- 3) **Verkarstung**, einzige durchgängig mit naturschutzwichtigen Karsterscheinungen durchsetzte Großlandschaft Bayerns (vgl. Teil E);
- 4) außeralpiner Schwerpunkt für **Karbonatfelsen** und Klettergebiete (Traufzonen und Täler, im Kuppenalbbereich auch auf der Hochfläche);
- 5) außerordentlich enge **Verflechtung erhaltungs- und pflegewürdiger Biotope und Geotope** (Steppenheiden/Trauf-Felsen, Karsthohlformen/Feuchtbiotope und Quellen, Riffelsen/naturnahe Reliktwälder etc.);
- 6) karstbedingt außergewöhnliche **Empfindlichkeit** für Landnutzungen, die mit Stoffausträgen verbunden sind (Landwirtschaft, Siedlung, Verkehr);
- 7) außergewöhnliche **Dynamik des naturschutz-wichtigen Formenschatzes** (ständige Verfüllung, aber auch Neuentstehung von Hohlformen).

Regionalbezeichnungen wie Monheimer Alb, Altmühljura, Velburger Jura, Birgland, Hersbrucker Schweiz, Fränkische Schweiz/Wiesentalb und Weismainalb sind zwar z.T. künstliche, fremdenverkehrsorientierte "Locknamen", benennen aber nach Oberflächenform, Gesteinsfazies und Karsterschei-

nungen oft sehr verschiedene Gebiete. In der Reihenfolge der genannten Teilräume können solche Eigenarten beispielsweise sein: Überdeckung mit Monheimer Höhensanden und riesischen Trümmern, weltberühmte Solnhofen Plattenkalke mit charakteristischen Haldengebieten, große fossile Poljenlandschaften (siehe Teil E), erzeiche Mulden, Felsbastionen auf der Hochfläche, Felstürme und Schauhöhlen am Talrand, weite Hochflächen.

Zu den **Singularitäten** des Jurazuges sind zu rechnen:

- Die gesamte Kuppenalplandschaft entlang des zentralen Schwammriffzuges (einmalig in Europa);
- Tropfsteinhöhlen (Zeugen verschiedener karsthydrographischer Entwicklungsniveaus der Landschaft);
- Bach- und Flußtunnels durch das Gebirge, z.B. an der Pegnitz;
- bizarre Felsnadeln und -türme (z.B. Leinleiteral/BA, Tüchersfeld/BT);
- "Schwefelquellmoore", d.h. Schichtquellen mit Calciumsulfatablagerung und Schwefelausblühungen (Sippenauer Moor/KEH).

Die folgenden räumlichen Angaben können kürzer als sonst ausfallen, weil der Formenschwerpunkt Karst in Teil E und Kalkfelsen in Teil F näher behandelt wird. Dort auch Erläuterung von Fachbegriffen.

#### Landschaftspflegewichtige Hauptkonturen der Landschaft

- Kastentäler mit Felsketten und Schutthalden, ihr Verlauf und ihre oft erstaunlichen Umbiegungen bezeichnen häufig herzynisch streichende tektonische Störungen (z.B. Außseß - Wiesent);
- Abstufungen des Albraufs (z.B. Eisensandstein- und Werkkalkstufe, Ornatenterrasse), besonders schön z.B. Giechberg, Gügel und Schammelsberg/BA, Eisensandstein-Sporn Geisfelder Schloßberg/BA;
- linear der Weismainer Störungslinie folgender Plateaurand, z.B. Kahlberg - Göräuer Anger - Zultenberg/LIF, KUL;
- Posidonienschiefer-Terrasse im Liasvorland, z.B. Kremmeldorf - Schammeldorf - Geisfeld/BA;
- tektonisch bedingte Schichtstufe am nordöstlichen Albrand, z.B. am Rand des Kirchahorner Beckens/BT.

#### Vorrangzonen der erdkundlichen Landschaftspflege

- Knocklandschaften, Typuslandschaften für Schwammriffe und große Hohlformen, (besonders attraktive Schwerpunkträume für Felsbastionen und Knocks der Hochfläche), z.B. Pegnitzal (LAU, AS, BT), südl. Veldensteiner Forst/BT, Sperrgebiet Hohenfels, Siegritz - Voigendorfer Kuppenalb/BA, BT, FO;
- Schwerpunkträume für Talrandfelsen, Höhlen, Abriß und Schuttfluren, z.B. Wiesental, Altmühltal, Schwarzlaabertal, Kleinziegenfelder Tal;

- prominente, vom geschlossenen Albrauf abgetrennte Zeugenberge wie Staffelberg und Kordigast/LIF, Walberla/FO, Hetzles/ERH, Moritzberg S Lauf/LAU;
- verkarstete Auffingerungszonen der Juratäler beim Erreichen der Hochfläche, (Formenserien Kastental - felsiges Schluchttal - Trockenrinne - Karstwanne - Dolinenreihen), z.B. Talanfänge des Bärenales/LIF;
- fossile Stromtalsysteme, Zeugenlandschaften für den Werdegang der heutigen Flußsysteme im Wechselspiel von Hebung und Senkung, z.B. Wellheimer Trockental/Altmühltal/Urmain-, Urrednitz- und Urdonaulabschnitte im Raum Treuchtlingen - Nagelberg-Pappenheim-Dollnstein;
- Dolinenhäufungsgebiete (z.B. Frauenforst N Kelheim, Veldensteiner Forst/BT, um Gelbensee/EI, Wunkendorfer Delle/LIF, E Würgau/BA): solche Zonen sind häufig durch besonders dolinenreiche Trockentalsohlen umgrenzbar, z.B. bei Finsterhaid-Breitenberg/NM;
- Schwerpunkträume für Tuffbildungen und Steinerne Rinnen am Albrauf, z.B. Hahnenkamengebiet/WUG, Gebiet Sengenthal - Sulztalhänge/NM;
- Hochflächen mit frühgeschichtlichen bis mittelalterlichen Trichtergrubenfeldern (z.B. Donau - Altmühl-Sporn/KEH, bei Hemau/R, NM).

#### Charakteristische und seltene Geotope (Beispiele vor allem für die nicht unter B - I vertieften Kategorien)

- Talrandfelsen, Wandfluchten, Felsengärten (siehe Teil E und F), z.B. Würgauer Felsengarten/BA;
- Hochflächen-Riffelsen, Knocks, Stotzen (siehe Teil E und F);
- Dolinen, Erdfälle (siehe Teil E);
- Poljen, Uvalas (siehe Teil E);
- Trockentäler und -talnetze (siehe Teil E und D), z.B. E Ludwag/BA, W Hohenpözl/BA;
- Bachschwinden, Hungerbrunnen, Speier (siehe Teil E), z.B. oberer Schambach bei Laubenthal-Suffersheim/WUG, Hungerbach und -brunnen N Langenaltheim/WUG, Trainmeuselbrunnlein SE Streitberg/FO);
- Karstquellen, z.B. Krassach-, Weismain-, Brunnbachquellen/LIF, Weihermühle/Altmühltal/KEH;
- Karren, Schlotten (siehe Teil E);
- Kreide-Blockfluren auf der Hochfläche (siehe Teil E);
- Hohlkehlen, z.B. Püttlachtal/BT, Vorra-Trockental/BT, Altmühltal, Ofnethöhle beim Schulerloch/KEH; weitere Beispiele siehe Teil F;
- Höhlen, Grotten und ihre Eingangsbereiche, z.B. Zoolithenhöhle mit eiszeitlichen Säugetierresten bei Burggailenreuth/BT, Hohler Stein bei Schambach/EI, Schulerloch/KEH, Ofnethöhlen/DON (älteste Besiedlungsspuren); viele weitere Beispiele siehe Teil E;
- Rutschbuckelhänge ("Buckelwiesen"), z.B. S Stublang/LIF (vgl. Keuper-Dogger-Region);

- Bergströme, Rutschhänge, z.B. Feuerstein-Ebermannstadt/FO;
- Ur-Talformen und Altschotterrelikte, Zeugnisse der Flußentwicklung von Donau und Main, z.B. Urdonau-Böschung bei Oberelchingen/NU, Tertiärschotter bei Bergnershof SE Treuchtlingen als Zeugen des alttertiären Urmäinverlaufes, alpigene Urdonauschotter im Wellheimer und Altmühl-Tal, Umlaufberge bei Wellheim (Galgenberg) und Treuchtlingen; mittelglaziale Schotterterrassen bei Rennertshofen/ND, oberes Schuttertal/EI, ND als Teil einer rißeiszeitlichen Donau;
- Rippelmarken (marine Sedimentstrukturen) im Eisensandstein, Schrägschichtungen durch Schüttung, Grabspuren durch marine Bodendrücker;
- Basaltgänge, nur nördliche Fränkische Schweiz (oberstes Leinleiertal), heute z.T. als ausgebeutete Wannern erkennbar;
- Kalktuffablagerungen, z.T. mit alten Abbauen, z.B. W Streitberg/Wiesenttal/FO, SO-Hang des Rothenberges bei Schnaittach/LAU;
- Halden der Kalkbrüche (vor allem W und S Solnhofen/WUG, Mörsheim/EI, N Eichstätt, S Tittling/EI);
- Bergbaurelikte, z.B. Eisenabbauspuren bei Vora und Pegnitz/BT, LAU, Nachfolgebiootope des gefluteten Eisenerzbergbaues bei Sulzbach-Rosenberg, z.B. Großenfalz/AS;
- Steinbrüche, z.B. bei Wintershof/EI (quartäre Karstspaltenfüllung);
- Ton-, Lehm-, Sandgruben mit spezieller Information, z.B. Großenholz E Neumarkt (Dünensande auf Werkkalk!), Tongrube S Mistelgau/BT (fossilreicher Dogger, Posidonienschiefer);
- Trichtergrubenfelder des historischen kleinbäuerlichen Branntkalkabbaues entlang der Bankkalkstufe (z.B. Dornig/LIF, Spielberg/WUG, S Thalmässing/RH).

#### A.1.6.1.2.3 Keuper - Lias - Dogger - Region

Gemeint ist hier der Großraum zwischen dem WeißjuraTrauf im Osten und den Mainfränkischen Gäuplatten im Nordwesten, also vor allem

- das Albvorland,
- das Sandsteinkeuper- und Flugsand-/Terrassensandgebiet des Mittelfränkischen Beckens einschließlich der Aisch-Zenn-Abdachung,
- die Frankenhöhe,
- die Keupergebirge Steigerwald (mit südlichen Vorländern) und Haßberge.

Der Schichtaufbau der tektonisch wenig gestörten Sandsteinkeuperregion folgt zwar überall demselben Schema, die unterschiedliche Ausräumungsarbeit seit dem Tertiär hat allerdings nach Plateauform, Talform und Plateau/Talflächen-Relation sehr unterschiedliche Teilräume geschaffen. Entsprechend dem Ost-Einfallen des Schichtstufenlandes blieben aber abwärts immer höhere Schichtglieder vom hebungsausgelösten Abtrag verschont (Burgsandstein, Feuerletten, Lias- und sogar Weißjura-Inseln). Grob

vereinfacht nimmt die Reliefbewegung vom Albvorland und Mittelfränkischen Becken (Ebenheiten im Feuerletten - hier zu Teichplatten Anlaß geben - und Schwarzjura) bis zum morphologischen Höhepunkt der Steilstufe zum mainfränkischen Tiefland zu. Gleichsinnig schieben sich "Morphotope" innerhalb des Geotop-Inventars in den Vordergrund.

Unzerschnittene Schichtabfolgen über viele Kilometer bilden den großartigen Westtrauf des Steigerwaldes und der Haßberge, auf dem Reste jungtertiärer Rumpfflächen dank der widerständigen Sandsteinabdeckung erhalten geblieben sind (z.B. Zabelstein, Stollberg, Landsberg, Saatwald, Kehrenberg). Die Ostabdachung des Steigerwaldes zum Regnitzbecken ist durch etwa parallel verlaufende, vielfach asymmetrische Täler zwischen z.T. schmalen Riedeln (Landrücken) geprägt.

Eine talmorphologische Besonderheit insbesondere des mittleren Weststeigerwaldes sind die "geköpften Hängetäler" bzw. Paßmulden: Täler ziehen in fast unverminderter Sohlenbreite von SE bis zum Randtrauf herauf und brechen dort unvermittelt ab, dabei ihre Quellen zurückverlegend. Verantwortlich ist hierfür die gegengerichtete rückschreitende Erosionsarbeit der Traufbäche und ein gewisses Zurückweichen des Traufes im Laufe des Quartärs. Beispiel: Birklinger Paß (Oberes Bibarttal). Auch die Zeugnisse eines im obersten Pliozän von Westen nach Osten durch die Iphöfer Pforte laufenden Mainvorläufers sind hervorhebenswert (oberpliozäne, muschelkalkreiche Schotter zwischen Breitbach und Bibart, vermoorte Rumpfflächen im Mönchsondheimer Holz/KT).

Morphologisch und morphogenetisch einmalig in Bayern sind die Zeugenbergländschaften am West- und Südrand der Sandsteinmittelgebirge mit ihren charakteristischen "Sargdeckel"-Silhouetten und keltischen Höhensiedlungen, z.B. Schwanberg, Iffigheimer-Bullenheimer Berg, Nordumrahmung der Windsheimer Bucht, gewissermaßen ein vom tertiären und quartären Abtrag "skelettierter" Steigerwald.

Morphologisch weniger auffällig sind die Lias- und Doggerinseln N des Rotmaintales und E des Itztales, die sich in den Banzer- und Eierbergen zu der einzigsten, in sich geschlossenen Lias-Dogger-Landschaft Bayerns zusammenschließen, die also nicht dem WeißjuraTrauf vorgelagert ist. Eigenständige Formen sind hier z.B. Felsgruppen des Doggersandsteins.

Vor allem am West- und Nordwestrand ist an vielen Stellen folgende Schichtstufentreppe landschafts- und biotopbestimmend: Lettenkeupervorland - die beiden Steinmergelterrassen Acrodus- und Corbula-Bank - die dominanter bodensaure Schilfsandsteinterrasse - der letzte Steilanstieg zur Blasensandsteinstufe, die den mächtig über Mainfranken aufragenden Trauf bekrönt.

Die Schwarzjuraplatte vor dem Albtrauf ist ältestbesiedeltes Ackerland und relativ "geotoparm". Im Kontrast dazu ist das nordwärts anschließende Sandsteinkeuperland waldbetont und "mager" (ehemalige Heiden, Beerstrauch-Kiefernforsten).

Einen besonderen Charakter auch im Geotopschutz trägt das **Spalter "Hügelland"** (besser: Bergland): Beträchtliche Massenerhebungen (Massenberg N Spalt: 512 m) und Höhenunterschiede bis über 100m, Zeugenberge mit Jura-(Lias-)Decken weit außerhalb des Albraufes (z.B. Großweingarten - Enderndorf, Absberg), vor allem aber imposante Rhätsandsteinschluchten.

Der klassische Zeugenberg Bayerns überhaupt ist wohl der fast 700 m hohe Hesselberg, eine beherrschende Landmarke, "insgesamt ein Geotop". Seine im Naturraum ungewöhnlichen, sehr trockenen Kalkheiden verraten die mächtige Weißjura-Auflage, 13 km vom Malm-Trauf des Hahnenkammes entfernt.

### **Landschaftspflegewichtige Hauptkonturen der Landschaft, Vorrangzonen der erdkundlichen Landschaftspflege**

- Zonen der Schichtstufen mit vielfältigem Mittel- und Kleinrelief; insbesondere sind dies:
  - der Blasensandstein-Plateaurand, die mauerartig steile Keuperstufe des Frankenhöhe-, Steigerwald- und Haßbergerandes (z.B. Kleinbardorf - Aub/NES mit Quellhorizont der Lehrbergschichten);
  - die Schilfsandsteinstufe (besonders ausgeprägt vor dem Haßberge-Trauf Hohe Wann - Rappberg - Königsberger Schloßberg, am Steigerwald-Trauf Falkenberg - Rothberg - Kirchberg zwischen Zell und Falkenstein/HAS, vor der Frankenhöhe bei Rothenburg, z.B. Schweinsdorf - Neusitz - Kimberg/AN); diese Stufe bestimmt an vielen Stellen seit Jahrhunderten in etwa die untere Waldgrenze und damit einen charakteristischen Gesichtszug Mainfrankens, bei Waldumverteilungen sollte hier besonders sorgsam vorgegangen werden;
  - die Corbula-, Acrodus- und Bleiglanzبانکه als kleinere Stufen (z.B. im Hofheimer Umland/NES);
  - Rhätsandsteinstufe über Burgsandstein und Feuerletten parallel vor dem Albrauf (Grenze Liasvorland/Sandsteinkeuper); z.B. Langfurth - Matzmannsdorf - Beyerberg - Großlellenfeld/AN, im Hauptmoorwald E Bamberg, Jägersburg N Forchheim, Rathsberg bei Erlangen, Kalchreuther Höhe N Nürnberg;
  - steile südseitige Längsstufen entlang der Abdachungsbäche des Steigerwaldes (z.B. Apenbach, Schwarzbach/NEA);
  - Linie der Quellbalkone auf Opalinuston unter der Eisensandsteinstufe (am Albrand, auch am Hesselberg);
- Dolomitarkoseبانکه und -rücken im Mittelfränkischen Becken (kalkreiche Inselstandorte mit ungewöhnlichem Biotopentwicklungspotential);
- Zeugenberge (Hesselberg/AN, Eiselberg SW Mögersheim/AN, Großweingartener Höhenzug/RH, Bullenheimer Berg/KT, Zeugenberglandschaft des südlichen Vorsteigerwaldes W und N Bad Windsheim/NEA usw.);
- geomorphologisch vielfältige steile Flußein-schnitte (insbesondere Maintal zwischen Haßbergen und Steigerwald);
- Flugsandfelder mit Dünenausbildung, z.B. Hauptmoorwald N und S des Sendelbaches/BA, Börstig E Hallstadt/BA;
- Terrassenränder und stark reliefierte Auwiesen-gebiete an Main und Regnitz, z.B. Eltmann - Staffelbach - Trosdorf/HAS, BA, Terrassentreppe bei Staffelstein/LIF, Hernwiesen NW Hochstadt/LIF, Fürth - Erlangen - Baiersdorf/FÜ, ERH.

### **Charakteristische und seltene Geotope**

- Gipshügel- und terrassenartige Kanten des Grundgipses, z.B. S Nordheim (Sieben-Hügel), Sulzheim, Hirtenhügel, Külsheim, aber auch außerhalb des Grundgipses: z.B. Kapellenberg bei Alsleben im Grabfeld;
- Gipshöhlen (z.B. S Marktnordheim/NEA) und Gipsschlotten ("geologische Orgeln" im Grundgips, die in Abbauen anstehen oder bei Bodenabhub flächig von oben aufgeschlossen werden), z.B. N Sulzheim/SW (vgl. Mainfränkische Platten);
- z.T. wassergefüllte Auslaugungssenken, Gipskarstdolinen, z.B. Gräfhof/NEA, N Wiebelsberg, bei Ahlstadt/CO (Ostausläufer des Grabfeldes), Wolfsee, Badersee- und Judensee am Iffigheimer Berg/NEA, SE Helmitzheim/KT;
- Schluchtartige Einrisse der Stirnbäche des Steigerwald- und Haßbergertraufes, mit Aufschlußfunktion, z.B. Heinbach bei Abtswind, Sambach, Breitbach/KT;
- Sandsteinschluchten, Klammen, tiefe Bachkerben, z.T. mit Blockverstürzmassen, z.B. Röthenbachschlucht bei Nürnberg, Gsteinackklamm der Schwarzach bei Feucht (canyonartiger Burgsandsteindurchbruch), Schnittlinger Loch W Spalt/RH;
- Rhätsandstein-Härtlingszüge, z.B. im Reichswald, bei Tennenlohe;
- Sandstein-Felsgruppen, z.T. mit Wabenverwitterung (z.B. Altenstein - Lichtenstein/ HAS), bei Sesslach/CO, Doggersandstein-Felsstufen, z.T. wollsackartig und mit Höhlenbildungen (z.B. W Ebneith/LIF), Sandstein-Wasserfälle (z.B. Pfersagwasserfall S Küps/LIF, KC);
- Umlaufberge, z.B. Görlitzen E Michelau/LIF;
- Dünen(felder), z.B. Oberjägermarter im Hauptmoorwald/BA;
- "Scharren" (natürliche, manchmal durch frühere Weidenutzung begünstigte Blattanbrüche und Runsen), vor allem im Gipskeuper mit Aufschluß- und Biotopfunktion, insbesondere am Steigerwaldfuß, Umrahmung der Windsheimer und Nordheimer Bucht, Marktbergel - Leutershausen;
- Fließhänge, Rutschbuckelwiesen, Rotationsanbrüche, z.B. auf Opalinuston und Lias, so bei Dorsbrunn/WUG, S Stublang/LIF, auf Feuerletten bei Mürsbach/BA, Bergschlipfzone am SE-Hang des Osternoher Tales/LAU (im Eisensandstein über Opalinuston);

- natürliche Bach- und Fluß-Anschnitte, z.B. an der Aisch, Aurach, Zenn, Bibert, Schwabach, Rezat, Wieseth, Sulzach, Würnitz (Lehrberg-schichten, Sandstein- und Gipskeuper);
- Flußterrassenböschungen, z.B. Hausen bei Banz/LIF, bei Unnersdorf, Kösten und Schney/LIF;
- Auwiesenkleinrelief, z.B. bei Viereth/Main, Sassanfarth/FO;
- Basalte der Heldburger Gangschar (Haßberge) und einzelne, z.T. durch Abbau "geköpfte", in Krater verwandelte kleine Basaltkegel, z.B. Hügel SE Hofheim/HAS, Bramberg, Zeilberg bei Maroldsweisach/HAS;
- Hohlwege als unentbehrliche Aufschlüsse haben in diesem Großraum, ähnlich wie im Bruchschollenland, mangels sonstiger Aufschlüsse und wegen der Erosionsfreudigkeit der meisten Keuper- und Lias-/Doggermaterialien eine besondere Bedeutung), z.B. Stauf/RH (Eisensandstein), SW Großweingarten/RH (Lias);
- alte Rebterrassensysteme mit Trockenmauern, z.B. Ziegelanger - Steinbach/HAS;
- bedeutende Steinbrüche, z.B. des Untersten Lias mit berühmter Flora und Fauna bei Sassendorf-Ebing/BA, Lias-Sinemurien-Aufschlüsse zwischen Wassertrüdingen und Allersberg/WUG, AN, RH;
- historische "Steinbruchlandschaften", weniger paläontologisch-stratigraphisch als kulturhistorisch-landschaftlich von Bedeutung, z.B. Werk-sandsteinbrüche im mittleren Burgsandstein, z.B. zwischen Heppstädt und Klebheim/ERH;
- Gipsgruben, z.B. die alten Abbautrichter bei Gypshütte/AN;
- Stollen und Bergbaurelikte, z.B. Schwefelkies-flöze im Lias alpha 2 bei Dambach, N Beyerberg, Hüttlinger Buck im Hesselbergvorland;
- Felsenkeller (z.B. im unteren Burgsandstein);
- Sandgruben mit besonderer Aufschlußfunktion, z.B. Fossildünen W Weißenbrunn am Lorenzer Reichswald/LAU, Vorderer Griesberg bei Dechendorf/ERH (Kieselhölzer, Windkanter), W Kleinseebach bei Möhrendorf/ERH (Burgsandsteinwände, Grenze zum Basisletten, präwürmzeitliche Erosionsrinne);
- Ton- und Lehmgruben, z.B. Amaltheenton/Posidonienschieferaufschluß NW Unterstürmig/FO, Posidonienschieferaufschluß W Unnersdorf/LIF.

#### A.1.6.1.2.4 Mainfränkische Platten

Dieser Großraum zwischen Steigerwald - Frankenhöhe und den Buntsandsteingebirgen ist zwar durchgehend durch eben-hügeliges Relief, Ackerbau und geringen Waldanteil gekennzeichnet, in Bezug auf den Geotopschutz aber recht inhomogen.

Die Keuperregion des Grabfeldes ist durch Mulden und Wannen, aber auch kleinere Schichtstufen und Rippen bestimmt, die lößüberdeckte Muschelkalk- und die Gipskeuperregion des Ochsenfurter-, Offenheimer- und Gerolzhofener Gäues durch weite und ebene Flächen. Insbesondere in den mainnahen Muschelkalkplatten stechen die steil eingetieften Kerbtäler heraus, im Grabfeld dagegen die Vollformen

(z.B. Muschelkalkrippen als Zentren des Verbundsystems der Trockenstandorte).

Die Muschelkalkplatten haben sich in drei Reliefgenerationen entwickelt, deren unterschiedliche Eintiefungsniveaus heute noch gut erkennbar sind:

- 1) Die tertiäre, noch weitgehend talfreie Landoberfläche, deren Reste heute als Hügelkuppen und an mit Paläoböden gefüllten Karstschlotten erkennbar sind (z.B. Fanggrund und Weingartner Höhe W Laudenbach/MSP, Rehnützberg und Saupürzel NE Karlstadt);
- 2) Reliefgeneration mit beginnender Talbildung im Übergang Pliozän/Pleistozän;
- 3) Reliefgeneration mit starker Zertalung, gebildet während der Eiszeiten.

Die Flußtalgeschichte des heute bis zu 200 m eingeschnittenen Mains ist sehr wechselvoll. Terrassensysteme und hoch über dem Main hängende Alt-schotter- und Terrassensandreste (z.B. Romberg bei Lohr) ganz verschiedenen (unterpliozänen, günz-bis würmkaltzeitlichen) Alters dokumentieren Urmainverläufe aus der südlichen Frankenalb, den Anschluß des Obermaines im Ältestpleistozän etc. Die Gäuplatten sind in Wasserscheidennähe (z.B. im Raum Giebelstadt zwischen Main und Tauber) fast unzerschnitten, entsprechen also noch den tertiären Altflächen (und mit Ausnahme einzelner Dolinen, tertiärer Rotlehmfüllungen in Karstschlotten und interessanter Steinbrüche "geotopfrei"), gegen die tief eingeschnittenen Hauptvorfluter zu immer mehr durch Kerb- und Kastentäler geteilt.

Der Zechstein erreicht im Naturraum an ganz wenigen Stellen die Oberfläche (z.B. eine Klemmscholle W Urspringen/NES), verursacht aber auch andernorts wesentliche Geotope, z.B. die im Muschelkalk nachgebrochene Auslaugungssenke des Frickenhäuser Sees/KG und die Austritte von Salzwässern S Bad Neustadt im Saaletal (Salzwiesen). Beides sind **Singularitäten** innerhalb Bayerns.

Pleistozäne Ausräumungsdellen kennzeichnen vor allem den westlichen Randbereich der Marktheidenfelder Platten.

Ein in sich geschlossenes Sondergebiet mit besonders reicher Geomorphologie ist die Feuerthaler Muschelkalkinsel N Hammelburg (ungleich stärkere Zertalung als in der Gäulandschaft, keine Hochflächen).

#### Landschaftspflegewichtige Hauptkonturen der Landschaft

(erfordern zwar nicht immer eine flächige Pflege oder Inschutznahme, sollten aber zumindest im Nutzungsgefüge erkennbar gehalten oder betont werden, z.B. als Wald/Feld-Grenzen, Grünland/Acker-, Hutungs/Acker-Grenzen usw.)

- Schilfsandsteinstufe, häufig der hohen Keuperstufe vorgelagert, z.B. bei Gabolshausen, Unter-eßfeld, Völlburg und Dörfleinshöhe/NES, Hohe Wann - Königsberg/HAS (vgl. Keuper-Dogger-Region);
- Corbula-, Acrodus- und Bleiglanzbank, im Grabfeld oft als niedere Terrasse ausgebildet, z.B. bei Hofheim/NES;

- Wellenkalk-Schichtstufen, z.B. Dettingen - Lengfurt - Marktheidenfeld;
- Böschungslinien der Maintal-Niederterrassen (z.B. Schweinfurt - Oberndorf - Bergrheinfeld).

### Vorrangzonen der erdgeschichtlichen Landschaftspflege

- Markante Mainschleifen und "Fast-Umlaufberge" mit ihren Hängen, z.B. Volkacher Schleife mit ihrer klassischen Prall-/Gleithang-Ausformung und ihrem extrem engen Isthmus;
- Serien klassisch ausgeformter asymmetrischer Tälchen und Hangdellen, z.B. bei Karbach/MSP (Dicklingsgrund, Mauerraingraben u.a.);
- Flugsandgebiete mit vielfältigen äolischen Formen, z.B. Spitalholz und Kapitelwald bei Grafenrheinfeld/SW;
- Maintalbereiche mit noch erhaltenem Auenrelief und Altarmkonturen, z.B. Unkenbachmündung - Schweinfurt, bei Grafenrheinfeld und Sennfeld/SW;
- Reste von Torfaufgaben und noch aktive Torfbildungen (wichtige Klima-, Vegetations- und Kulturgeschichtsarchive in einer sonst sehr torfarmer Landschaft), z.B. Zeubelrieder Moor/WÜ.

### Charakteristische und seltene Geotope

- Felsige Talhänge, Felsbänder im Wellenkalk und Hauptmuschelkalk, z.B. Kalmut/MSP, Gambacher Hänge, Steinberg bei Würzburg, Kalbenstein mit Klettergarten/MSP, Saaletalhänge Hammelburg - Bad Kissingen/KG, unteres Taubertal/WÜ;
- Fossile Prallhänge, z.T. mit Wellenkalk-Felsbändern, z.B. "Ursaale-Hänge" um Fuchsstadt und N Westheim/KG, Maintalleite Escherndorf - Eisenheim/KT;
- markante Trockentäler, torrente-artig eingesägte, nur periodisch wasserführende Bachkerben im Plateaubereich (z.B. E des Streutales);
- modellartig ausgeformte Kastentäler, die in der lößüberdeckten Gäulandschaft den Oberen Muschelkalk, z.T. den überlagernden Letten- und Gipskeuper deutlich werden lassen, z.B. Breitbachtal bei Marktbreit/KT;
- Dünen und -hohlformen, z.B. nördl. Spitalholz SE Schweinfurt, Klosterforst NE Kitzingen, Riedholz W Grettstadt/SW;
- Gipshügel, z.B. Kapellenberg bei Alsleben/NES, Sulzheimer Hügel (siehe auch Keuper-Dogger-Region);
- Gips- und Muschelkalkdolinen, manchmal wasser- und moorerfüllt, z.B. Eichelsee NW Sommerach/KT, N Wiebelsberg/KT (Grenze zum Keuper-Dogger-Land), E Bettwar/AN;
- Niederterrassenböschungen, z.B. Untereuerheim - Wonfurt/SW, KT;
- gut erkennbare Böschungen flußgeschichtlich wichtiger Altterrassen, z.B. am Mönchberg NW Weyer, NE Obereuerheim, Kronleite zwischen Ottendorf und Untertheres/SW (Belege für den Haßberge-Durchbruch, da hier erstmals Fichtelgebirgs- und Frankenwaldschotter);

- Rötschluchten ("Gräben"), z.B. zum Thulbatal bei Erthal/KG, z.T. anthropogen in historischer Zeit eingetieft;
- Muschelkalk-"Rosseln" (große Lesesteinwälle in der Hangfalllinie), z.B. Taubertal, oberes Wern- und Aschbachtal;
- Klingen und Hohlen (tiefe Hohlwege) im Löß, z.T. im Gipskeuper und Muschelkalk, z.B. W Althausen/NES, Marienberg bei Volkach/KT;
- Höhlen im Muschelkalk, im Naturraum sehr selten, z.B. Stefanshöhle W Ostheim/NES;
- Bachschwinden, Versitzstellen, z.B. Wehrbach bei Iphofen/KT und einige andere Stirnbäche des Steigerwaldtraufs;
- Steinbrüche, z.B. Frickenhausen - Zeubelried/KT;
- alte Weinbergterrassensysteme mit "geologischem Querschnitt" in den Trockenmauern.

#### A.1.6.1.2.5 Unterfränkische Mittelgebirge

Dieser reliefbewegte, im Norden sogar die montane Stufe (900 m) erreichende und insgesamt außerordentlich walddreiche Gebirgsraum ist sehr heterogen. Das entsprechend vielfältige Geotopspektrum variiert von Teilregion zu Teilregion beträchtlich.

Spessart, Odenwald und Vorrhön (einschließlich des Neuwirtshauser Forstes) und Hochrhönsockel sind vom Buntsandstein (BS) geprägt, im östlichen Spessart und in der Rhön entsprechend der Schichtstufenfolge vom Unteren, mehr grobkörnigen und blockig zerfallenden BS, im mittleren Spessart vom feinkörnigeren bis tonigen Mittleren BS.

Der verglichen mit dem Sandsteinspessart auffällig kleinreliefierte und waldärmere Westspessart ist ein großes, tiefgründig zersetztes Grundgebirgsfenster (Granit, Gneise, Glimmerschiefer), gesteinskundlich eine der ältesten Landschaften Bayerns mit algonkischen und kambrischen Anteilen ("Uraltgebirge" in der Faltenzone Schweinheim - Keilberg - Hain/AB mit Glimmerschiefern, Gneisen, Amphiboliten usw., Quarzitrücken des Hahnenkamms).

Das Grundgebirge tritt im Vorspessart als Teil einer ehemaligen Schwellenzone im Aufwölbungsscheitel des Spessart - Rhön - Schildes an die Oberfläche, seitdem es vom permotriassischen Deckgebirge freigelegt ist.

Viele variskisch streichende (NE - SW) Störungen zergliedern den Raum. Entlang einer der bayernweit dominantesten Bruchstörungen und Überschiebungslinien (Alzenau - Lützelhausen) stößt der Spessart an die Mainebene. Seinen Abschluß bildet der harte, stark zerschlungene Quarzitrücken des Hahnenkamms.

Der Vorspessart ist auf Grund seiner gebirgsbaulichen Komplexität und seiner ungewöhnlichen Altersspanne bzw. "Schichtvielfalt" vom Algonkium bis zum tertiären Basalt besonders reich an "Inselgesteinsvorkommen". Die petrographische Vielfalt ist außerordentlich. Diesbezüglich liegt hier einer der Schwerpunkte des Geotopschutzes in Bayern. Bemerkenswert sind z.B. Inseln bzw. schmale Ein-

schaltungen aus Zechsteinkalken und Stinkdolomiten (z.B. E Feldkahl, N und SE Schöllkrippen/AB; hier auch karbonatbeeinflusste Vegetation), Basalt- und Phonolit-Schlote (z.B. zwischen Aschaffenburg und Hörstein), Schwespat- (Kupfererz-) Gänge (z.B. NW Oberbessenbach/AB), Quarzporphyr-Schlote (z.B. NE Oberseilauf und E Eichenberg, auffällig azidophile Vegetation), Pegmatit-Gänge (z.B. zwischen Aschaffenburg und Unterbessenbach), Marmorgänge in der Paragneis-Serie im Raum Elterhöfe - Keilberg - Hain (Kalkzeiger).

Die Morphologie im **Buntsandstein-Spessart und bayerischen Odenwald** ist relativ gleichförmig. Einige Grundzüge sind aber landschaftspflegerisch, das heißt im Waldgebirge vor allem waldbaulich, von Bedeutung:

**Rhön und Rhönvorberge** sind zusätzlich durch Basaltdecken, Basaltkegel und auf Grund des basaltischen Abtragsschutzes vor der Ausräumung bewahrte Muschelkalk-Sockel geprägt. In der südlichen Vorrhön überragen einzelne, dafür umso auffälligere Basaltschlote die aus Hauptbuntsandstein und Plattensandstein gebildete Rumpffläche.

**Erdwissenschaftliche Singularitäten** dieses Großraums begegnen uns beispielsweise in Form

- des einzigen Kermi-Hochmoores Bayerns (konzentrische Flarke und Bultwälle), dem Schwarzen Moor in der Rhön;
- des einzigen natürlichen Sees Bayerns außerhalb des Jungglazials und der Stromaltwässer (Frickenhäuser See in einer Auslaugungsmulde über Salzionen des Perms);
- der einzigen noch erkennbaren Binnensalzstellen Bayerns am Rand der Saaleaue bei Neustadt/NES.

#### **Landschaftspflege- (vor allem waldpflegerische) wichtige Hauptkonturen der Landschaft**

- Geländestufen am Rand der tertiären Altflächenreste aus Platten- und Felssandstein, z.B. Klosterkuppel - Steinerne Bühl, Karlshöhe - Bauhöhe/MSP;
- auffällige Talknicke als Folge tektonischer Störungslinien, vor allem im Odenwald, z.B. Weibach und Otterbach/MIL, merkwürdiger Mündungsverlauf des Waldbaches in den Ottorfzellerbach/MIL.

#### **Vorrangzonen der erdkundlichen Landschaftspflege**

- Eindrucksvolle Basaltkegel-Landschaften, z.B. Mettermich, Schildeck, Lindenstumpf, Kreßberg, Südabschnitt des Wildfleckener Übungsgeländes, Basaltstiele zwischen Hausen und Oberelsbach an der Ostabdachung der Langen Rhön/NES;
- Reste präbasaltischer miozäner und mittelpiozäner Landflächen mit Basaltdecken, z.B. isolierte Muschelkalk-Rumpfflächen der Schwarzen Berge und des Kreuzberges, Rother Kuppe/NES, tertiäre Buntsandstein-Altflächen mit steilen Abdachungen, z.B. Beuchener Plateau/Odenwald/MIL, Wolkmannsberg bei Amorbach/MIL, Steinerne Bühl - Klosterkuppel/MSP;

- vereinzelte Muschelkalkschollen als Zeugen der tertiären Tieferlegung der Landfläche, z.B. Kapellenberg bei Fladungen;
- Umlaufberge im Maintal (das Schotter-Alter ihrer Sattelzonen läßt auf die Abschnürungszeit der alten Mainschleifen schließen), z.B. Breitenbrunn, Achtersberg bei Hafenlohr und Romberg bei Lohr/MSP;
- "Fast-Umlaufberge", d.h. besonders eindrucksvolle rezente Stromschleifen (z.B. Urpharer Schleife);
- sehr steile (fossile) Prallhänge im Felssandstein, z.T. blocküberstreut, z.B. Maintalhänge Rodenbach - Plochsbad, Rothenfels;
- Buntsandstein-Zeugenberge mit Zechsteinfuß im Vorspessart;
- Abfolgen talgeschichtlich wichtiger Terrassen- und Altschotterreste, z.B. N und W Rothenfels, S Rodenbach, Achtersberg bei Hafenlohr.

#### **Charakteristische und seltene Geotope**

- Kleine und kleinste Basalt-Stiele, als z.T. säulenbasaltische Härtlinge herausgewittert, z.B. Pilster;
- Blockstreunungen, Blockströme, Felsenmeere im/aus Felssandstein und Basalt, z.B. Feuerberg-Westhang bei Oberbach/KG, Kreuzberg-Süd- und Nordhang/KG, Lösershag/KG, Platzer Kuppe-Südhang/KG;
- kataraktartige blockverstürzte Wildbachabschnitte (direkte Mainzuflüsse im Mainviereck);
- Basaltblockströme in Bachschluchten mit unterirdischem Abfluß, z.B. Dörnergraben oberhalb Sondheim/NES;
- Bachschwinden, Versitzstellen, Speier als Zeugen der basalen Muschelkalkverkarstung, z.B. Oberelsbacher Graben am Hangfuß, Bachsprung in Urspringen/NES;
- Terrassenreste (Böschungen) alter Flußtalniveaus (wichtige Zeugen der Tal- und Glazialgeschichte), z.B. bei Zimmern - Erlach - Wombach/MSP;
- "Sohle" (Sing. das Sohl; ca. 1 m tiefe versumpfte oder wasserführende, geschlossene Hohlformen auf den Hochflächen, die als Nachfolgeform periglazialer Frosthügel interpretiert werden; z.B. "Großsohl" im Waldaschaffer Forst/AB);
- isolierte Flugsanddecken und Dünenfelder, z.B. Klosterforst/KT, Volkacher Mainschleife/KT, Saupürzel bei Karlstadt/MSP;
- moormorphologisch und entstehungsgeschichtlich bedeutsame Hochmoore;
- Bergbaurelikte, z.B. N Partenstein, W Rechtenbach/MSP, Stollen und Gruben auf tertiäre Braunkohle am Bauersberg bei Bischofsheim/NES (hochgelegene Kohleflöze sind Zeugnisse der späteren Ausräumung und Tieferlegung umliegender Landschaften im Zuge der Heraushebung der Rhön);
- Sandstein-Lesesteinwälle (z.B. Sinntalhänge des oberen Sinntales/KG), Basalt-Steinriegel (z.B. Lange Rhön, Eubacher Viehweide/NES);
- Steinbrüche, z.T. mit Säulenbasalt, z.B. Lindenstumpf ("Krater"), Steinernes Haus/Lange Rhön.

#### A.1.6.1.2.6 Rhein-Main-Ebene bei Aschaffenburg (Untermainebene)

Die Untermainebene ist der nordöstlichste Teil des im Tertiär eingebrochenen und später zugschwemmt Oberrheingrabens und der tiefstgelegene Naturraum Bayerns (120-130 m). Die für die ganze Rheinebene typischen Kiese und Sande sind so durchlässig, daß die vom Hahnenkamm herabströmenden Kleinbäche meist vor Erreichen des Maines versitzen (Bachschwinden). Jungglazial angewehrte und teilweise zu Sicheldünenfeldern angehäufte Flugsande sind hier - wie auch am Oberrhein und mittleren Main - relativ kalkreich (Floreneinschlag!).

Unter den glazialen Sanden und Kiesen lagern bei Kahl auch pliozäne (spättertiäre) Braunkohlen, von deren 1932 eingestelltem Abbau die Seen N Kahl künden.

Sehr bemerkenswert sind einzelne Grundgebirgsausbisse zwischen Aschaffenburg und Alzenau. Einen Sondercharakter trägt die flachhügelige Rotliegendlandschaft NE Alzenau (Trages bis Großenhausen, S Niederrodenbach). Geologisch Vergleichbares gibt es nur an wenigen Stellen Bayerns.

Für Geotopschutz und -pflege stellen sich in den weiten untermainischen Nieder- und Alluvialterrassenfeldern recht eingengegte Aufgaben: Sorgfältige Erhaltung und Zustandsverbesserung der teilweise abgebauten und überprägten Binnendünenfelder (im engen Zusammenwirken mit parallelen Biotopverbundsystemen für Sandfluren; siehe LPK-Band II.4 "Sandrasen"), Sicherung und Nutzungsberücksichtigung der z.T. bereits erheblich zivilisatorisch überformten Terrassenränder und alten Strombettkonturen, Übernahme interessanter Gruben in eine profilerhaltende Renaturierung.

#### Vorrangzonen für die erdgeschichtliche Landschaftspflege

- Flugsanddecken mit ihrem Kleinformenschatz

#### Charakteristische und seltene Geotope

- Dünen(felder), z.B. im Unterwald ESE Kahl, Einzeldüne bei Punkt 115 SW Alzenau, Alluvialdünen der Kahl-niederung (z.B. bei der Sandmühle), N Kahl, Schäferheide(AB);
- Trockentälchen und Auswehungsmulden in den Flug- und Terrassensanden, z.B. in der Schäferheide/AB;
- Main-Randterrassen, z.B. Kleinostheim - Dettingen/AB, zwischen Dettingen und Großwelzheim/AB;
- z.T. versumpfte Altrinnen in den Terrassensanden, z.B. Lindig N Kleinostheim;
- flache Wiesenmulden mit (periodischen) Bachschwinden, z.B. NW Hörstein;
- Lößhöhlen und -hohlwege am Hangfuß des Hahnenkammes, z.B. S Kälberau, Hörstein.

#### A.1.6.1.2.7 Grundgebirgsvorland (Obermainisches Bruchschollenland, Oberpfälzisches Hügelland)

Zieht entlang der Grundgebirgsrandstörung (Fränkische Linie usw.) ca. 200 km vom Thüringer Wald bis zur Bodenwöhrer Bucht. Im Westen durch die Weißjura-Tafel (wenn auch bei gemeinsamer Kreideüberdeckung nur unscharf) abgegrenzt. Ganz im NW in die Keuper-Lias-Region und das Grabfeld (Mainfränkische Platten) übergehend. Von mesozoischen (erdmittelalterlichen) Schichten dominiert. **Alle aus der Keuper-Lias-Region bekannten Schichtglieder kehren hier wieder, dies allerdings in tektonisch bedingt anderer Positionierung und Höhenrelation zueinander.**

Denn während der alpinen Faltung zerbrach das mesozoische Schichtpaket des Obermainischen "Hügellandes" am Widerlager des Grundgebirges. An zahlreichen, der Fränkischen Linie parallelen Brüchen wurden Einzelschollen gegeneinander verstellt, so daß die verschiedensten, westlich der Alb **untereinander** angeordneten Gesteine **nebeneinander** anstehen. Beispielsweise steht heute der Buntsandsteinzug N Bayreuth in gleicher Höhe wie die Muschelkalkoberfläche - auf Grund einer Verwerfung von 400 m Sprunghöhe. Nur innerhalb einer Scholle herrscht noch die ursprüngliche Schichtfolge.

Generell herrscht ein vielfältiges unübersichtliches Relief. Mit Ausnahme der beiden Maindurchbrüche oberhalb Kulmbach und S Trebgast gehorchen auch die Talverläufe tektonischen Gesetzen: sie verlaufen entlang der Bruchlinien. Mit am besten präsentiert sich die reliefteilige Bruchschollenstruktur im Sonnefelder Hügelland NE Coburg (sehr individuell ausgeformte Muschelkalk-Schollenberge Plestener-, Birkiger Berg, Stiefvater, Kemmnater Berg usw., Buntsandstein-Inselberg des Muppberges). Stark vom Umland abgehoben ist der Muschelkalkzug der Langen Berge, der sich im Thüringischen entlang der Werra fortsetzt (Karsterscheinungen z.B. bei Drossenhausen/CO).

Das **Oberpfälzische Hügelland** ist im Prinzip ähnlich aufgebaut wie das Obermainische. Durch erhebliche Überdeckungen mit tertiären und Kreide-Sedimenten tritt aber sein tektonisch gestörter Charakter zurück. Auffälligstes Zeugnis der Überlagerungen sind die Braunkohlen des Wackersdorf - Schwandorfer Tertiärs.

Auch die zu eindrucksvollen Kegeln herausgewiterten Basaltschlote kennzeichnen vor allem den oberpfälzischen Teil dieses Großraumes (Rauher Kulm, Parkstein usw.).

Eine tektonische Sondereinheit ist das **Hahnbacher Becken**, eigentlich eine gehobene Sattelzone, von der nur die harte Umrahmung stehen geblieben ist (z.B. Burg- und Blasensandstein, hier sogar kleine Felsformen und Sandsteinhohlwege).



### Vorrangzonen der erdgeschichtlichen Landschaftspflege, Hauptkonturen

- Basaltkegellandschaften "Oberpfälzer Hegau" (Kemnather Land), Neustädter Kulm, Parkstein;
- landschaftlich hervorragende tektonische Zeugenformen, z.B. am Schrotberg und Herrgottsberg bei Kulmbach, wo senkrecht gestellte Muschelkalkschollen durch Parallelverwerfungen zwischen Keupervorland und Buntsandsteinberge eingeklemmt sind;
- Landschaft der Rhät-Schluchten und -felsen, z.B. SW Bayreuth;
- Reliktgebiete für reliefierte, flutrinnenreiche Auwiesen, z.B. Schwarzenfeld - Deiselkühn an der Naab/SAD.

### Charakteristische und seltene Geotope

- Basaltkegel, z.T. mit Säulenbasalt, z.B. Parkstein;
- Sandsteinfelsformen, z.T. wabenartig, z.B. Coburger Sandstein am Hohensteiner Schloßberg SW Coburg, Rhätsandstein-Blockmeere (z.B. Buchstein/BT) und Sandsteinwände;
- Rhät-Schluchten mit Wasserfällen und Felsen, z.B. Fantaisie-Park bei Donndorf/BT, Teufelsloch N Oberwaiz/BT;
- Flußhochufer mit Anbrüchen, Prallhänge, z.B. Rotmainufer E Forsthaus Kamerun bei Entmannsberg/BT (Corbulabank, Benker Sandstein, Saurierfährten), Rotmairdurchbruch durch Unteren Keuper zwischen Neuenreuth und Neunkirchen/BT);
- bemerkenswerte Inselgesteinsvorkommen (z.T. geologische Fenster), z.B. Granit-Fenster im Buntsandstein W Kricklhof/AS;
- Dolinen (sehr selten), z.B. Donnerloch im Muschelkalk der Langen Berge/CO;
- Keuper-"Scharren" (immerwährend abbröckelnde Dauerbläiken), z.B. bei Weitramsdorf/CO;
- Steinbrüche von besonderer Bedeutung, z.B. SW Benk/BT (Typlokalität Benker Sandstein, Saurierfährten);
- bemerkenswerte, sich selbst überlassene Sand- und Kaolingruben, Abraumhalden des Kaolinabbaues, z.B. Hirschau/AS;
- "Rosseln" (Lesesteinwälle), z.B. Weißmaintal bei Treggast/BT, KUL;
- erdgeschichtlich bedeutsame Quellen, z.B. Schwefelquelle bei Schwandorf als Hinweis auf tektonische Störungen im Eisensandstein.

#### A.1.6.1.3 Schwäbisch - bayerisches Alpenvorland

Dieser Großraum zwischen dem Alpenrand und dem Donautal (genauer: Albrand/Grundgebirgsrand) besteht aus:

- Donautal (mit seinen beckenartigen Erweiterungen Donauried, Donaumoos, Dunggau usw.);
- Tertiärhügelland (Donau-Isar- und Isar-Inn-Hügelland einschließlich der breiten Täler der Alpenflüsse);

- Altmoränenregion (mit Iller-, Lech-, Isar- und Inn-Schotterplatten, Hochterrassen- und Altmoränenengebieten, Schwäbische Riedellandschaft);
- Jungmoränenregion (Endmoränen, Grundmoränen, Zungen- und Stammbecken der Rhein-, Allgäu-, Isar-Loisach-, Inn-Chiemsee- und Salzachvorlandgletscher).

Der Gesamttraum entspricht dem großen Molasse-Trog vor den sich heraushebenden Alpen, der im Zuge einer Absenkung um bis zu mehrere Tausend Meter den Abtragungsschutt der Alpen, im Norden auch des Grundgebirges aufnahm. Generell werden die für den heutigen Formenschatz bestimmenden Ablagerungen von Norden nach Süden immer geringmächtiger. Die jungglaziale Überdeckung schrupft vor den Alpen oft auf wenige Zehner Meter Mächtigkeit, bestimmt aber trotzdem den Klein- und Mittelformenschatz.

So unterschiedlich die Formungsprozesse der einzelnen Regionen (Donautal, Tertiärhügelland und Altmoränenregion vor allem durch Sedimentation, periglaziale und fluviale Tätigkeit; Jungmoränenregion und Teile der Altmoränenregion auch durch Gletscherakkumulation sowie Schürf- bzw. Staucharbeit des Eises), so stimmen diese doch in einigen für die Geotop-Pflege wichtigen Merkmalen überein:

- Ein Großteil des heute anstehenden Materials entstammt den Alpen;
- Festgestein mit seinen spezifischen Formen tritt zurück, Lockermaterial dominiert die Morphogenese;
- die Landschaft trägt mit Ausnahme weniger Bereiche vor den Alpen Hügellandcharakter;
- die Alpenflüsse mit ihrem vom Alpenrand bis zur Donau etwa gleichbleibenden Formenschatz durchziehen den Gesamttraum;
- geomorphologisch wichtige Geotope ("Formen") spielen aus landschaftspflegerischer (nicht unbedingt aus geowissenschaftlicher!) Sicht die Hauptrolle, petrographische (gesteinskundliche), mineralogische, tektonische oder geohistorische Gesichtspunkte treten in den Hintergrund.

#### A.1.6.1.3.1 Donautal

Das Donautal mit seinen moorerfüllten Weitungen und den hier mitangeschlossenen Mündungstrichtern der alpinen Zuflüsse Iller, Lech und Isar ist eigentlich kein "geotophöffiges" Gebiet. Auf den ersten Blick gibt es keine nennenswerten Voll- und Hohlformen, besonderen Gesteine, tektonischen Erscheinungen. Trotzdem hat der erdgeschichtliche und relieforientierte Naturschutz auch hier - in einem wirtschaftlich und infrastrukturell besonders dynamischen Entwicklungsachsengebiet - wichtige Sorgfaltspflichten zu erfüllen:

Ein ehemals bewegtes, vom fließenden Wasser gestaltetes Auenrelief nivelliert sich zusehends unter dem Einfluß intensiver landwirtschaftlicher und verkehrlicher Nutzung. Seitdem die über 150 Jahre degradierten Niedermoore nur mehr sehr begrenzte biotische Regenerationsmöglichkeiten bieten, ver-

bleibt immerhin das wichtige Ziel der Erhaltung derzeit immer weiter schrumpfender Niedermoor-torflager und interessanter sonstiger Moorablagerungen wie Quellkalk und Ocker (vgl. LPK-Band I). Die Randbereiche enthalten aber auch Objekte für den klassischen Geotopschutz: Tektonische Abgleitschollen als Hinterlassenschaft des großen Donau-Randbruches, Relikte alter tertiärer Küstenlinien, äolische (windangehäufte) Formen bis hin zu kleinen Dünen, Talterrassenböschungen verschiedener glazialer und postglazialer Generationen, ja sogar einige der großartigsten Stromdurchbruchlandschaften Bayerns, die Jochensteiner, Vilshofener und Weltenburger Enge, letztere sogar mit Europadiplom, nicht zu vergessen aber auch die biotopbedeutsamen Steilufer und fossilen Prallhänge vor Regensburg (z.B. Mattinger Hänge), des Finkensteins und Antoniberges bei Neuburg, bei Donauauf, Wörth und Deggendorf-Winzer. Durch die spät- und postglaziale Eintiefungsarbeit der Donau abgeschnittene, manchmal sogar felsige "Jurazipfel" (z.B. Steppberg/ND) werden hier zum Donauraum gerechnet.

#### Vorrangzonen der erdkundlichen Landschaftspflege

- Reliefgebiet alter Donauarme zwischen Rohrenfeld und Hagau/ND, Manching und Vohburg/PAF, Gaden - Neustadt/PAF, KEH, Reliefgebiet alter Isarmündungsarme N Moos/DEG;
- typische "Seigen"-(Aurinnen-)Gebiete, z.B. bei Oberzeitldorn/SR, Schüttwiesen/DEG.

#### Charakteristische und seltene Geotope

- Kristalline Restschollen am Donaurandbruch als Vollform (z.T. mit Steinbrüchen), z.B. Natternberg und Winzerer Schloßberg/DEG;
- Jura-Restschollen am Donaurandbruch (letzte Reste der mesozoischen Bayerwaldüberdeckung und Brückenglieder zwischen germanischem und alpinem Jura), z.B. Buch- und Helmburg bei Münster/SR (siehe auch [Kap. A.1.6.1.1](#), S. 37);
- markante, z.T. aufschlußreiche Hochufer zum Jura, z.B. bei Mehning - Dünzing - Wackerstein/PAF, EI;
- markante Terrassenränder, z.B. Niederpöring - Tabertshausen - Aholming/DEG;
- Relikte tertiärer Küstenfazies am Donautalrand, z.B. auf dem Jurasporn Hohenloheberg W Ingolstadt;
- Flugsand- und Düneninseln im Alluvial- und Niedermoorbereich, z.B. Nazzibühl NW Karlsruhl/ND, S Neustadt/KEH, S Manching und Baumannshof/PAF, Parkstetten/SR;
- Kalktuff- und Almlager im Donauried und -moos, z.T. als Kleinkuppen- und Pseudodolinlandschaft ausgeprägt (z.B. N Riedheim/GZ, Aschelsried/ND);
- artesische Wasseraufstöße im Donauried (z.B. Langenauer Ried);
- glaziale Driftblöcke (in Eisbergen und auf Eischollen transportierte Gletscherblöcke, tauchen bisweilen in Kiesgruben auf);
- Kiesgruben.

#### A.1.6.1.3.2 Tertiärhügelland

Nach Substrat, Oberflächenformung, Talnetzform, aktueller Bodennutzung, Biotop- und Geototypenspektrum vergleichsweise homogene Großlandschaft. Erstreckt sich zwischen Altmoränen/Schotterebenen im Süden (etwa die Linie Mering - Dachau - Freising - Ampfing - Simbach), Donautal bzw. Grundgebirgsgrenze im Norden und Lechtal (bzw. dem Teilnaturraum "Aindlinger Terrassentreppe") im Westen. Westlich des Lechs verhüllen quartäre Ablagerungen die Molasse zum erheblichen Teil (siehe [Kap. A.1.6.1.3.3](#), S. 63).

Das Tertiärhügelland neigt sich geringfügig von SW nach NE (ca. 530 auf ca. 400 m), in derselben Haupttrichtung orientieren sich die Hauptvorfluter (Paar bis Inn). Ein fiederteiliges Gewässer- und Talnetz zerschneidet das Land in unzählige Rücken und Sporne, die sich nur an den größeren Wasserscheiden auf viele Kilometer verlängern (z.B. Inn-Rott-Landrücken N Mühldorf sowie der außerordentlich schmale und prägnante Forst-Hart-Landrücken zwischen Landau und Vilshofen). Trotz der morphologischen Einheitlichkeit ist die Geländewirkung unterschiedlich tiefer Erosionsbasen (tief einschneidende, z.T. sogar schluchtartige Täler nahe dem Isar- und Innthal) und der ostniederbayerischen "Nördlichen Vollschotter" (Grobgerölle, weniger leicht ausräumbar, Quarzitkonglomerate als plateaubildender Erosionsschutz) nicht zu übersehen.

Vom Beckentiefsten nahe den Alpen (5000 - 6000 m) zu den Beckenrändern (Mainburg: 300 m, bei Neuburg, Abensberg, Ortenburg - Fürstzell oftmals nur noch wenige m) nimmt die Molassemächtigkeit ab. In den flach ausstreichenden Randzonen schlägt das Grundgebirge bzw. der Jura in der Morphologie und Zertalungsstruktur durch, Ausbisse der Basisgesteine bzw. Abbaustellen, die die Molassebasis und die Brackwasser- bzw. Küstenfazies (z.B. Oncophora-Schichten im Raum Ortenburg - Uttlau - Weng - Haarbach - Steinkart/PA, PAN) aufschließen, werden hier für den Geotopschutz besonders wichtig.

Durchgängig stehen Sande, Kiese und Tone der miozänen Oberen Süßwassermolasse an, die seit dem Pliozän im Zuge langsamer tektonischer Hebung allmählich zertalt wurden. Vor allem am Nordoststrand - etwa östlich der Linie Markt-Aidenbach kamen unterlagernde Küstensedimente (Glaukonitsande, Neuhofener Schichten usw.) der Oberen Meeremolasse dadurch an die Oberfläche. Sie bilden zu den hier überlagernden Grobschottern und Quarzkonglomeraten einen besonderen Kontrast. Die miozänen Grobschotter hoben sich im östlichen Niederbayern noch stärker heraus, verwitterten bei zunehmender Austrocknung zum tiefgründig kaolinisierten Quarzrestschotter und verfestigten sich an der Oberfläche zu Quarzkonglomerat, das heute vor allem im Raum Griesbach - Birnbach - Eggldham - Triftern landschaftsprägend auftritt (bemerkenswerte präquartäre Altflächen mit alten, extrem sauren, vegetationkundlich deutlich herausgehobenen Verwitterungsböden). Weiter westlich hat der Natur-

raum den Charakter eines Sandhügellandes, in dem mäßige Versteilungen auf Quarzkieslagen zurückgehen.

Zwar fehlen basische calciumkarbonatreichere Bodenbildungen, ja sogar kalkreiche und kalktuffbildende Quellhorizonte insbesondere an Talrändern und im Bereich kalkreicher Lößaufwehungen sowie jurassisch mitgeprägter Schüttungen keineswegs (z.B. Pleintinger Lößterrassen, Paar-Donau-Dreieck, Isarleite Langenpreising - Landau), doch überwiegt der nur mäßig basenreiche bis basenarme Standortcharakter. Die grundgebirgsbeeinflussten und stärker ausgewaschenen Quarzschotter am Ost- und Nordostrand des Naturraumes gehören sogar zu den bodensauersten Naturräumen Bayerns. Ausgesprochene Weichwasserquellen treten hier auf (Trinkwasserversorgung Simbach).

**Bentonite** (vulkanische Glasaschen, "Weißerde", seifige Tone) werden insbesondere westlich und südöstlich Landshut abgebaut. Sie zeugen vom tertiären Hegau-Vulkanismus. Weitere Sondererscheinungen sind **riesische Trümmermassen**, z.B. bei Gallenbach/AIC, eingebettet in die Obere Süßwassermolasse.

Quartäre und rezente Kräfte formen das Relief und prägen das Geotopspektrum mit: Stufenränder (Quarzrestschottergebiet), abtragsaktive Talflanken und Prallhänge. Kerb- und Schluchttäler, asymmetrische Talbildungen (vgl. Teil D), Quellmulden, Dellen, Hangschleppen und Rutschzonen spielen im Geotopschutz dieses an auffälligen Formen gemeinhin armen Raumes neben signifikanten Aufschlüssen die zentrale Rolle.

Obleich kein Konzentrationsgebiet für schutzwürdige Geotope, besitzt der Raum sogar einige **Singularitäten**:

- Muschelschill-Bergwerksrelikte, z.B. Hinterholz, Steghub und Franzmühle-Högl bei Simbach/PAN;
- die größte steinerne Rinne Bayerns, der "Wachsende Stein" von Usterling/DGF;
- unvollkommene Erdpyramiden an Steilabbrüchen (Dachlwand/AÖ).

#### **Für die Landschaftspflege maßgebende Konturen der Landschaft**

- Plateauränder der Quarzkonglomerate im Restschottergebiet bei Griesbach-Birnbach-Eggmühl/PAN, PA, SR und im Triftern Hügelland/PAN;
- Steilabstürze mit Quellhorizonten, Fossil-Lagerstätten, wandartigen Abstürzen, Rutschungen, Staffelanbrüchen und Schluchten, z.B. Lechtalleite Derching - Rehling - Thierhaupten (AIC), Ebing - Mühlendorfer Innufer, Isar-Hochufer Freising - Marzling - Oberhummel, Isar-Hochufer Dingolfing - Gottfrieding - Zulling sowie Landau - Ettlring - Bürg (DGF, DEG), Isen-Hochufer bei Winhöring - Ampfing (AÖ, MÜ);
- durch Hangnischen, viele kleine Sandgruben und Kleintälchen ausgeagte Traufzonen der Haupttäler, z.B. Isarleite Großköllnbach - Met-

tenbach (DGF, LA), Paartalleite Deimhausen - Freinhausen - Reichertshofen/PAF;

- Terrassenränder, z.B. Niederterrassenränder im unteren Paar- und Immtal.

#### **Vorrangzonen der erdkundlichen Landschaftspflege**

- Zonen mit Serien typischer (W- bis SW-seitig versteilter) asymmetrischer Täler (z.B. Parallelbäche zwischen Dingolfing und Landau, Tälchenserie Niederhausen - Kröhsdorf (südliche Vilszuflüsse/DGF); ebenso bemerkenswert sind allerdings auch Täler mit umgekehrter Asymmetrie (Steilhang auf der E- bis NE-Seite; z.B. Pfettrachtal bei Altdorf/LA), die zu einer Erweiterung der eingeführten Entstehungshypothesen asymmetrischer Täler zwingen (siehe Teil D);
- epigenetisch angelegte "Urtäler", z.B. Hopfental S Kelheim;
- Zonen mit großflächig noch erhaltenem Auwiesenrelief (fossile Flutmulden- und Schotterstrangegebiete der Flußtäler), z.B. Isartal Gottfriedinger - Mamminger Schwaige/DGF, Vilstal Mettenhausen - Exing /DGF;
- Dünenfelder, und Flugsandhohlformen, z.B. Siegenburger-, Offenstettener-, Neustädter Flugsandgebiet/KEH, Gröbern - Königslachener Flugsandgebiet bei Schrobenhausen (ND, PAF);
- Blockgebiete am Rand der Quarzkonglomeratplateaus in Ostniederbayern (z.B. Steinkart, Buchet/PA, Triftern Hügelland/PAN);
- Verzahnungsgebiete aus Tertiärsanden und Jura-Durchragungen, z.B. Steinbuckel bei Holzharlanden, Igelsberg S Obersaal und Sandharlandener Heide/KEH.

#### **Charakteristische und seltene Geotope**

- **Binnendünen**, z.B. Daßfeld/KEH, Sandhof/ND, Weidhofen/Paartal (PAF);
- **Kleindünen- und Dellenfelder**, z.B. Mühlhausen - Uhlham/KEH, Gröbern/ND;
- steil ausgerandete **Quellmulden mit Quellarenen**, z.B. Schnepfenlucke N Thürnthening/DGF, Quellgalerie um St. Salvator und am obersten Kemadinger Bach am Steinkart/PA;
- offene **Erosionshänge** der Talflanken, z.B. Weiße Wand bei Hangenham/FS, Dachlwand/AÖ, Fluß- und Bachprallhänge mit Aufschlußfunktion, z.B. Isenufer bei Aresing/MÜ, Innufer bei Ebing/MÜ, Isarhochufer unterhalb Landau, Muschelschillmergel am Türkenbach bei Simbach/PAN;
- **Hangrutschzonen** von geologischer und biologischer Bedeutung, z.B. am Kollbach bei Rembach/PAN (ausgelöst durch Windwurf, wichtiger Fossilaufschluß), S Strohberg/DGF, Höhenberg und Schösselberg bei Niederaichbach/LA;
- **Blöcke, Blockverstürzungen und Blockströme aus Quarzkonglomerat**, z.B. Krokodilfelsen NE Asenham/PAN, Steinkartforst bei Freiling - Gries/PA, Südhang Buchet/PAN, Plateauränder des Lugens bei Birnbach/PAN, "Steinstuben"

- SW Voglarn bei Triftern/PAN (mit periodischem Bachlauf);
- blockverstürzte, naturnahe Bachläufe (PAN, PA), z.B. Hitzlinger Bach bei Birnbach (z.T. blockstromartig, mit kleinen Wasserfällen), Klam S Pelkering bei Triftern/PAN;
  - Geländestufen des Quarzkonglomerats, z.B. NE Amsham/PA, S Pelkering bei Triftern/PAN;
  - glaziale und postglaziale Terrassenränder in den Flußtälern, z.B. Paartal Waidhofen - Hohenwart - Weichenried/PAF;
  - Kristallin-/Jura-Ausbisse mit morphologischer Ausprägung, z.B. Gneise bei der Hackmühle N Ortenburg/PA (südwestliches Auftauchen des Grundgebirges in Bayern);
  - scharf eingeschnittene, z.T. klingenartige Kerbtälchen in Lößauflagen (z.B. W Ortenburg/PA), in Miozänsanden, Mergeln und Schottern (z.B. Forst NE Deimhausen/PAF, SW Weihmörting/PAN, Adelzhauser Wald/AIC); Schwerpunktgebiet: Restschotterhänge in Ostniederbayern, z.B. Sturzholz bei Kößlarn/PAN;
  - präquartäre Altflächenreste mit alten Verwitterungsböden, z.B. Lugensplateau bei Birnbach/PAN;
  - Nagelfluhfelsbereiche an Talrändern, z.B. Hofgarten in Landshut, bei Mettenbach/LA (Nördl. Vollschotter);
  - besonders schöne Talschwemmkegel, z.B. SW Karpfham S Griesbach/PA;
  - Resttorfkörper, z.B. (z.T. derzeit intensiv genutzte) Talmoore an der Amper/FS, Laaber und Abens/KEH, Kemodinger Bach/ED;
  - Quellmoore an Schichtquellen und in Quellmulden (z.B. Walburgskirchen/PAN, Giesebach/FS); vgl. auch LPK-Band II.9 "Streuwiesen";
  - Kalktuffbildungen, Steinerne Rinnen, z.B. Leite bei Aich - Kronwinkl/LA, FS, Schönbrunner Isarleiten/LA, Wachsender Stein in Usterling/AÖ;
  - Weichwasserquellen, offene Quarzkieselsickerfluren (z.T. mit hochmoorartigen Bildungen), z.B. Schellenberg-Nordhang N Simbach/PAN, Schöllnacher Hügelland/DEG (vgl. Naturraum Bayerischer Wald);
  - Kies-, Sand-, Mergel-, Ton- und Lehmgruben mit Aufschlußfunktion, z.B. Mergelgrube S Oberschwärzbach bei Tettenweis/PA (einziger nahezu vollständiger Aufschluß der Neuhofener Schichten des Untermiozän), Sandgrube Krenn bei Holzbach/PA (fossilreicher Küstenaufschluß des Untermiozän), alte Grube Dangelöd bei Kößlarn/PA (Litoral des untermiozänen Brackwassermeeres, Schillhorizont), Grube bei Loderham S Anzenkirchen/PAN (Typlokalität), Gruben im Amshamer Gemeindeholz (zwei Quarzkonglomerathorizonte mit Vererzung), Tongruben SE Herrnwahlthann/KEH (Typlokalität der Herrnwahlthanner Schichten, einziger Ausbiß von Jungtertiär, älter als Obere Süßwassermolasse am Nordrand der Molasse);
  - Steinbrüche am Naturraum-Nordrand mit Kristallin-/Jura-Aufschluß, z.B. Kalkberger Bruch bei Fürstzell/PA (einziges Juraprofil an der

moldanubischen Südgrenze), Maierhofbruch bei Ortenburg/PA (Malm/Molasse-Grenze, Transgressionsfläche des Untermiozänmeeres), Ofenstettener Forst/KEH (Flugsand über Malm), Granitbruch Neustift bei Ortenburg/PA.

#### A.1.6.1.3.3 Altmoränenregion

Umfaßt den Gesamttraum zwischen der Jungmoränengrenze im Süden und dem Tertiärhügelland (Abgrenzung siehe Kap. A.1.6.1.3.2, S. 61) südlich der Donau. Im Formen- und Geotopinventar heben sich folgende Teilräume z.T. deutlich voneinander ab:

- 1) Tiefgründig verwitterte, in rund 50.000 Jahren Abtrag und Umlagerung abgeflachte und (löß)lehmüberdeckte Moränenrelikte der Donau- bis Rißeiszeit,
- 2) ebenfalls tiefgründig verwitterte und lehmüberdeckte Deckenschotter- und Hochterrassen (Günz- bis Rißeiszeit),
- 3) würmeiszeitliche (Niederterrassen) und nacheiszeitliche Schotterebenen und -tälern

Am vielfältigsten gestaltet ist die **Schwäbische Riedel- und Schottertäler-Landschaft** ("Iller-Lech-Schotterplatten") im Westen einschließlich der Aindlinger Terrassentreppe E des Lechs. Nur wenig an Breite zunehmende Niederterrassen- oder Schottertäler ziehen von den Iller-Lech-Jungmoränen zur Donau. Hier wurde von PENCK und anderen die klassische Vier-Gliederung der Eiszeiten erarbeitet, die Terminologie "Deckenschotter", "Hoch- und Niederterrasse" geprägt. EBERL, SCHAEFER u.a. fanden hier wichtige Indizien für ihre Erweiterung der Eiszeitenfolge. Biber, Günz, Mindel und Riß sind inzwischen weltberühmt.

Warum erreichte man den wissenschaftlichen Durchbruch ausgerechnet hier, weit vor dem Gletscherrand?

In die Schotterebene der jeweils älteren Kaltzeit schnitt die darauffolgende interglaziale Ausräumung breite Täler ein. Die nächstfolgende Eiszeit füllte sie mit Schottern auf. So entwickelte sich im Laufe von vier und mehr Eiszeiten ein ineinander eingeschachteltes Terrassensystem, in dem die ältesten Ablagerungen auf den verbliebenen Restplateaus ("Deckenschotter"-Riedeln) liegen und die jüngsten auf den heutigen Talböden (Niederterrasse). An den Erosionshängen wurde vielfach (vor allem im Norden) die sandige Süßwassermolasse freigelegt, die hier als "Flinz" Quellhorizonte, Tuffbildungen und viele, z.T. fossilienführende Sandgruben verursacht. Die darüberliegende Deckenschotterplatte tritt bisweilen in Nagelfluhwänden mit geologischen Orgeln, stets aber als Steilstufe hervor. Die Landschafts- und Geotopstruktur ist durch die parallelen Nord-Süd-Konturen der Fließgewässer (Iller, Roth, Günz, Kammlach, Mindel, Lech-Schmutter usw.) und der Talränder geprägt. Nach Süden hin sind die Riedel mit Rißmoränen und -schottern bedeckt, da die vorhergehenden Aufschüttungsgenerationen hier weitgehend ausgeräumt wurden.

Zusätzliches Kennmerkmal sind die vielen kleinen seitlichen Kerbtälchen, eine Folge weit zurückreichender Solifluktuions- und Erosionsarbeit in einer im Ost-West-Profil von vielen steilen Geländesprünge geprägten Landschaft (z.B. Staudenplatte).

Landschaftsgeschichtlich und geomorphologisch verwandt ist die **Alzplatte** zwischen Chiemsee/Salzachmoränen und unterem Inn. Mit Ausnahme des Traun- und Alztales sind die Schottertäler aber viel weniger eingetieft, nur wenige von ihnen reichen bis zur Jungmoräne zurück. Molasseanschnitte gibt es nur im Salzach- und Alztal. Die Hochflächen werden aus verlehmteten ribeiszeitlichen Hochterrassen und nicht aus alteiszeitlichen Deckenschottern (welche aber als Nagelfluhe mit geologischen Orgeln immer wieder an Talhängen anstehen) gebildet.

Die wülm- und nacheiszeitlichen **Schotterebenen** (Münchener Ebene, Lechfeld, Illerebene, Unteres Inntal) sind nur auf den ersten Blick eben und monoton. Auch hier gibt es geomorphologische und sedimentologische Besonderheiten, z.B. Trockentäler mit spezieller landschaftsgeschichtlicher Weiserfunktion (z.B. Teufelsgraben), vegetationsgeschichtlich wichtige Torfagerstätten, Kalktuffhügel u.a.m.

#### Landschaftspflegewichtige Hauptkonturen der Landschaft

- Steile Talränder der Schottertäler mit oft mehrfachen Terrassenstufen, z.B. Hochterrassenränder N und S Krumbach im Kammlachtal;
- Hochterrassenkante zwischen Alzplatte und Unterem Inntal;
- Trockentalzüge, z.T. mit Bachschwinden und Quellen, z.B. oberes Mörntal/AÖ, Teufelsgraben und Fellacher Tal/M, TÖL, MB, Eglinger Tal/LL.

#### Vorrangzonen der erdkundlichen Landschaftspflege

- In sich geschlossene Altmoränen-Kleinlandschaften, z.B. Eschl- und Hechenberg bei Burghausen/AÖ;
- Gebiete mit hoher Dichte fossiler Kerb- und Trompetentälchen, z.B. Streitheimer Forst NE Zusmarshausen/A, Krosenwald SE Rechbergreuthen/GZ (naturnahe Waldentwicklung);
- Talabschnitte mit markanten Terrassensystemen und -treppen, z.B. Wertachtal Schlingen - Stockheim/OAL;
- präwürmglaziale Landschaftsreste inmitten wülmzeitlichen Schotterebenen, z.B. Tertiärintsel der Aubinger Lohe/M, Hochterrasseninsel Kempfinger Lohe im Erdinger Moos;
- Zonen mit großflächig markantem Alluvialrelief (Seigen, Rinnen, Rücken, Kolke), z.B. Lechfeld im Fluggelände Klosterlechfeld/LL, A und SE Oberottmarshausen in Auwaldnähe/Al, Restgrünland S Neuhimmelreich/DAH;
- relativ mächtige Niedermooraufgaben (Torfbewahrungsgebiete), z.B. im Dachauer und Erdin-

ger Moos (geowissenschaftlicher bzw. paläoklimatischer Aspekt des Moorschutzes).

#### Charakteristische und seltene Geotope

- Nagelfluhwände mit geologischen Orgeln, z.B. "In der schönen Halde" W Bossarts N Wolfertschwenden/MN, Deckenschotternagelfluh mit Schlotten, W Buxheim/MN, Oberschroffen im Alztal/AÖ, Gleibental und Pullacher Isartalabschnitt/M, TÖL, Stoffersberg/LL;
- Nagelfluh-Trümmerhalden, z.B. Kracherberg-leite S Landsberg;
- Trompetentälchen an den Terrassenrändern, z.B. entlang der Hochterrassenkante Guttenburg - Kraiburg - Neukirchen/MÜ, AÖ;
- Fluß- und Bachanschnitte, Erosionshänge, z.B. Iller-Prallhang bei Illerkirchberg S Ulm an der Landesgrenze (Süß-/Brackwassermolasse, Typlokalität Kirchberger Schichten);
- Rutsch- und Anbruchzonen an Flußtalhängen (soweit nicht siedlungsbedrohend), z.T. als Staffelbruch- und Rutschbuckel-Kleinlandschaften ausgeprägt, teilweise auch neue Quellhorizonte und natürliche Kleingewässer ("Nackenseen") bildend, z.B. Salzachleite S Tittmoning/TS und bei Raitenhaslach/TS, AÖ, Isarleite Icking - Grünwald/TÖL;
- Tertiärausbisse in sonst glazial überdeckten Landschaften, z.B. Wertachtalleite bei Pforzen/OAL, Altensteiger Leite/MN;
- Terrassenränder, z.B. Niederterrassenrand Prittriching - Unterbergen - Mering/AIC;
- fossile und "lebende" Stau- und Schichtquellmoore mit Kalktuff- und Almlagern, z.T. als trockene Tuffhügel geformt, z.B. Benninger Ried/MN, Kalktuffe im Eglinger Tal NE Landsberg, Tuffhügel bei Wörth/ED, Flossinger Quellhänge/MÜ;
- Quellkuppen, z.B. Bucher Moos/AÖ;
- Quellaufstoßgebiete mit Limnokrenen (z.B. Schwillachquellen/ED, Alzgerner Bach/AÖ);
- Niedermoortorfkörper (auch außerhalb von 6d1-Flächen), z.B. Beckstettener Moos/OAL, Pfaffenhauser und Salgenmoos/MN, Gröbenzeller, Pullinger, Notzinger, Funsinger Moos/FFB, M, DAH, FS, ED;
- weit nach N vorgeschobene Hoch- und Zwischenmoorkörper;
- Erratische Blöcke, Irrblöcke, Findlinge (aus landschaftsgeschichtlichen Gründen nur sehr selten natürlich aufgeschlossen, meist in Abbaustellen und Straßeneinschnitten erschlossen), z.B. Riesenblock in einem Stadel in Ottenhofen/ED;
- markantes fossiles Auenrelief, z.B. Dietersheim/FS, E Moosburg/FS;
- geologisch wichtige Kies-, Sand-, Ton- und Lehmgruben, z.B. Lehmgrube N Witzighausen bei Senden/NU (Lehm auf Deckenschotter), Tongrube W Autenried/GZ (Obere Süßwassermolasse unter Deckenschotter und Lößlehm).

#### A.1.6.1.3.4 Jungmoränenregion (incl. Molasse-Vorberge vor der morphologischen Alpengrenze)

Dieser von der jüngsten Erdgeschichte so verschwenderisch mit Formen und wertvollen Biotopen ausgestattete Raum zwischen den äußersten Würmmoränen und der morphologischen Alpengrenze gliedert sich in die einzelnen Vorlandgletschergebiete Rhein, Iller, Lech, Ammer, Loisach, Kochelsee, Isar, Inn, Achen, Salzach mit den darin integrierten, am Alpenrand "steckengebliebenen" kleinen Eisströmen wie Weißach bei Pfronten, Leitzach-Schlierach, Prien, Traun. Eine erdgeschichtliche und regionalgeologische Einführung kann hier im Hinblick auf die ausführliche Behandlung unter B unterbleiben.

#### Erdgeschichtlich wichtige Landschaftskonturen, Vorrangzonen der erdkundlichen Landschaftspflege

- Modellhafte Drumlinfelder, z.B. Eberfinger und Wagegger Drumlinfeld/WM, OAL;
- steile Zweigbeckenränder, z.B. Asslinger-, Brucker-, Attel-Zweigbecken/EBE;
- Talrandhänge der Alpenflüsse (mit vielen Naturaufschlüssen, Tertiärausbissen, Nagelfluhwänden, Quellhorizonten usw.);
- alpenparallele Molasserippen (und ihre Härtlingskleinlandschaften), z.B. Rottachbergvorland/OA, Senkele - Zwiesel - Eschenberg/OAL, Penzberger Molassezug/TÖL, WM;
- prägnant geformte Wallmoränenzüge verschiedener Vorrückungs- und Rückzugsstadien, z.B. Issing - Hofstetten - Finning/LL, Schnaitsee/RO, Tyrlaching - Asten/TS, AÖ;
- Eiszerfallslandschaften, Kamesgebiete, z.B. Osterseen/WM, Reutberger Toteisgebiet/TÖL, Burggener Toteisfelder/WM, Kragenkamesgebiet um Elkofen/EBE;
- Häufungszonen kleinerer Toteisformen, z.B. Söckinger Forst/STA, Wildenroth-Gilchinger Forst/FFB, Großhaager Forst/EBE, MÜ;
- Molasse-, Flysch- und helvetische Inselberge in Beckenlandschaften am Alpenrand, z.B. Wester- und Osterbuchberg/TS, Högl/BGL, Köchel im Murnauer Moos/GAP (vgl. auch Alpenraum);
- Molasserippenlandschaften (alpenrandparallele Höhenzüge mit Konglomeratrippen), z.B. Eschelberg-Senkele-Zug (OAL), Sameisterweiher - Roßhaupten/OAL, Penzberg - Tölz/WM, TÖL, Murnauer Mulde/GAP, WM.

#### Charakteristische und seltene Geotope

- Auffallende Endmoränenformen;
- Oser, z.B. Eglburger Os/EBE;
- Nagelfluhhärtlinge, linear herauswitternde Rippen, z.B. Buchberg-Nordseite W Bad Tölz;
- Flußprallhänge, -canyons, z.B. Traunserie N Siegsdorf/TS, Ammerdurchbruch zwischen Peustelsau und Schnalz/GAP (vgl. WINTERHOLLER 1983), WM, Wertachdurchbruch/OAL (vgl. STROHWASSER 1985), Isarabbruch beim Staubachhof und am Kalvarienberg nahe Bad Tölz (Obere Meeresmolasse, Übergang gefaltete/un-

gefaltete Molasse, Molasse/Deckenschotter-Grenze), Seetonaufschluß Rehgraben in Bad Tölz;

- Felsschwellen in Flußbetten, z.T. mit Strudeltöpfen, z.B. Lech in Lechbruck/WM;
- Bachschluchten, Gräben, Tobel mit Aufschlußfunktion, z.B. Eistobel/LI, Achendurchbruch an der Ratzinger Höhe/RO (u.a. Austernbänke), Prienhänge bei Dösdorf-Umrathausen/RO (u.a. Tertiärfloora), Molasserunsen W Maistättenweiher bei Pähl/WM, Bachschlucht bei Höglau am Högl/BGL (Flyschserien mit Wurmsspuren = Fucoiden), Bachrunsen NW Heilbrunn sowie bei Mittelstallau N Stallauer Weiher/TÖL (Untere Meeresmolasse gefaltet, Kohleflözchen);
- Steinbrüche und Kiesgruben mit spezieller Information, z.B. alte Brüche am Högl/BGL (Wurmsspuren = Fucoiden in Flyschmergeln und Mürbsandsteinen);
- geologisch signifikante Inselberge und Härtlinge, z.B. Deckenschotterrelikte (Hügel) S Bad Tölz (RW 4466100, HW 5288700), Biberhügel bei Brannenburg/RO;
- Stollenrelikte, z.B. Kalvarienberg/TÖL;
- alte Pechkohle-Abbauhalden und, z.B. bei Penzberg und Hausham, z.T. artenschutzwichtige Sonderstandorte (z.B. Bienenragwurz *Ophrys apifera*).

#### A.1.6.1.4 Alpenraum

Im Hochgebirge tritt uns das unüberschaubar vielfältige, trotz immerwährender Forschungen nach wie vor geheimnisumwitterte Wirken der Gebirgsbildung (Orogenese) und Tektonik, der Sedimentation unter verschiedensten marinen bis terrestrischen Bedingungen, der Gletscherarbeit und rezenten Verwitterung auf Schritt und Tritt entgegen. Man muß nicht erst zu bestimmten Aufschlüssen oder spektakulären Punkten wandern, um Erdgeschichte zu erleben. In jedem Bachriß verweisen Katarakte und Wasserfälle auf Schichtwechsel und Hartgesteinsschwellen, häufig sind ganze Schichtserien oder gar Überschiebungsflächen (Harnische) zu bewundern; klassisch ausgeformte Gletscherkare mit Moränenschwellen sind keine Sondererscheinung wie im Böhmerwald, sondern prägen ganze Bergketten; die großartige Rhythmik der oligozänen Molasse-Sedimentation (Wechselfolge aus Nagelfluhrippen und mergeligen Einsenkungen) ist am Gesamtbau der Allgäuer Nagelfluhketten (z.B. Sipplinger Kopf, Hochgrat - Stuiben) abzulesen, nicht aber an Geotopen von 5 ha Größe oder gar in Steinbrüchen; der Faltenbau wird zwar auch in kleineren Aufschlüssen augenfällig, umfassender aber an ganzen Steilwänden und Bergflanken (z.B. im Hauptdolomit-Nordabsturz des Hochvogels/OAL); Deckenbau und Schichtenbau offenbaren sich am besten im Erscheinungsbild ganzer Bergstöcke wie z.B. am Grünten (Helvetische Mulde, Molasse), am Nord- und Westabsturz des Göllmassivs bei Berchtesgaden (Verzahnung der Bank- und Riffkalke im



Dachsteinkalk samt überschobener roter Juragesteine), im Benediktenwand- und Wendelsteinmassiv.

Für die Berglagen der Bayerischen Alpen gilt in gesteigertem Maße, was schon in bestimmten Gegenden des Rieses, der Frankenalb, des Böhmerwaldes, der eisgeformten oder der Basaltlandschaften angeklungen ist: der ganze Naturraum ist eigentlich ein Geotop!

Zwar lassen sich auch hier viele "besonders interessante" Stellen und Formen angeben, es gibt aber dazwischen kaum monoton geformte, "uninteressante" Bereiche. Naturaufschlüsse gibt es zuhauf, ganze Landschaftspartien bestehen daraus (Wände, Felskämme, Schluchten usw.). Das isolierte Schützen und Pflegen von Einzelflächen und -bestandteilen würde sich hier meistens ad absurdum führen - ähnlich wie im biotischen Naturschutz. Nicht von ungefähr wird im Hochgebirge eine insuläre durch eine flächendeckende Biotopkartierung abgelöst.

Trotzdem können die Alpen nicht völlig aus dem Handlungsbereich von Geotopschutz und -pflege ausgespart werden. Denn auch hier liegen unersetzliche Relief-, Gesteins- und Naturaufschlüsse in Zonen mit relativ intensiver, diese Erscheinungen oftmals gefährdender Nutzung.

Allerdings sei hier im Unterschied zu den vorgenannten Naturräumen auf eine Skizze des erdgeschichtlichen Werdeganges, des Gebirgs- und Gesteinsaufbaues verzichtet. Die enorme Komplexität kann nicht sinnvoll auf einer Seite eingefangen werden. Geologisch-landschaftskundliche Wanderführer wie LEUCHS (1921), BODEN (1935), SCHERZER (1927, 1930, 1936), GANSS & GRÜNFELDER (1973), VOIGTLÄNDER (1976), SCHOLZ & SCHOLZ (1981) stehen neben einer vielfältigen Fachliteratur reichlich zur Verfügung.

### Für die Landschaftspflege besonders wichtige Landschaftskonturen

("Pflege" hier vor allem im Sinne des pfleglichen Umganges und der Schadenssanierung, nicht des Etwas-Tuns!)

- Überschiebungs- oder morphologische Grenzen zwischen tektonischen Einheiten, z.B. zwischen Flysch und Allgäudecke, Allgäu- und Lechtaldecke (z.B. Brauneckgebiet-Garlandalm-Probstenwand-Achselköpfe/TÖL, Rappensee-Mädlegabel-Kratzer/OA), Flysch-Molasse-Grenzen (besonders im Allgäu);
- Bandzone mit helvetischen Fenstern, z.B. Stallau - Bichl/TÖL, Rohrdorf-Neubeuern/RO.

### Vorrangzonen der erdkundlichen Landschaftspflege

("Pflege" hier vor allem im Sinne von "pfleglich behandeln", nicht im Sinne von Etwas-Tun!)

- Buckelflurenzonen in der Talregion, z.B. Ringang-Freibergsee/OA, Mittenwald - Wallgauer

Becken/GAP, TÖL, Hintersee - Schwarzbach - Loipl/BGL, Oberjoch - Unterjoch/OA, Graswangtal/GAP, Ammertaler und Eschenloher Wiesmahdhänge/GAP;

- Buckelflurenzonen in der Bergregion, z.B. Almen zwischen Traun und Saalach/TS, Almen im Watzmannordhang/BGL, Oberaudorfer Almen am Trainsjoch/RO, Euzenauer und Heubergalmen/RO;
- Karstlandschaften von geschlossenem Charakter, z.B. Laubenstein-Abereck-Oberwiesenalm-Riesenberg/RO (vgl. TREIBS 1962), Bischofsfellnalm-Eschmoos/TS, Steinernes Meer/BGL, Gottesackerplateau und -wände/OAL, Estergebirgsplateau/GAP;
- große Karstkessel mit Kältelochökologie, z.T. in komplexen Schichtserien, z.B. Scheinbergkessel/Ammergebirge, Grubalm-Polje (Eiskeller) am Laubenstein/RO, Funtensee-Uvala/BGL;
- tektonisch bedeutsame Fensterzonen (überschobene Einheit ist bereichsweise fensterartig "aufgedeckt"), z.B. Gschirrkopf/BGL (Tirolikum steht zwischen Berchtesgadener und Hallstätter Einheit an); Allgäudeckenfenster am Brauneck/TÖL und Teufelstättkopf/GAP, Transfluenzlandschaften\*;
- Rundhöckerlandschaften, geologisch bedeutsame Köchel und Inselberge, Refugialgebiete für gefährdete Waldgesellschaften und magere Steilhangwiesen, z.B. Neubeurer Hügel/RO, Köchel im Murnauer Moos, um Tiefenbach-Sesselalp/OA, Pfronten-Weißbach/OAL, Riedberg Nußdorf-Windshausen/RO, Haldenwanger Alpe/OA;
- alte Bergsturzlanschaften, z.B. Melköde/Ifen, Gilgenhöfe bei Lenggries ("Tumuli"), Achental Marquartstein - Raiten/TS, E Hintersee (Bergsturz aus dem Blaueiskar, "Zauberwald"), Urschlautal SW Ruhpolding/TS ("Märchenwald"), Mühlhörndl/RO, Breitenstein-Nordhang/MB, unterhalb der Rotofentürme bei Hallthurm/BGL, Sturzblöcke am Nordfuß des Stuiben-Rindalphan/RO;
- aktive Bergsturzzonen, Bergströme und Fließhänge ohne Bedrohungspotential, aber mit Bedeutung als einmalige Primärsukzessionsstandorte, z.B. Klebalpstrom aus dem Cenoman-Konglomerat mit Moor-Aufstauchung/Ammergebirge/OAL, Hintersteiner Bergsturz/OA, Schrofen-Bergsturz/RO.

### Charakteristische und seltene Geotope

- Buckelfluren, z.B. Gerstruben/OA;
- klassisch geformte Wallmoränengirlanden von Rückzugsstadien in den Alpentälern (z.B. Gschnitz-Stadium), z.B. Schliersee-Moränen bei Hausham/MB, Leitzach-Moränen bei Fischbachau-Hundham/MB;

\* Glaziale "Eispässe" mit besonders eindrucksvollen Zeugnissen der Schürfarbeit des Gletschereises.

- Rundhöcker, offene Gletscherschliffe, z.B. Weißbach bei Inzell/TS, SE Ruhpolding/TS, Fischbach/RO;
- Rutschbuckelhänge, z.B. Allgäudecken- und Flyschbereich W Wackersberg/TÖL, Teisenberg-Nordfuß/TS, BGL;
- Klammern, Bachtobel mit Rippen, Strudelkolken, Wänden, Tuffbildungen, unersetzlicher Aufschlußfunktion, z.B. Ostrachklamm bei Gunzesriedersäge, Breitachklamm (einmalige helvetische Serie, azidophile Spezialflora auf Quarziten und sauren Sandsteinen), Starzlachklamm am Grünten/OA (dito), Almbachklamm/BGL (einmalige Strudelkolke mit Kristallinblöcken), Gießenbachklamm/RO, Priendurchbruch an der Kalkalpingrenze bei Aschau/RO, Tristramschlucht bei Bischofswiesen (alpine Glazialgeschichte), Wimbachklamm/BGL (Grenze Berchtesgadener/Tirolische Einheit);
- Bachgräben mit bemerkenswerten und wichtigen Aufschlüssen, z.B. Gräben im Kirchholz bei Bad Reichenhall mit Haselgebirge, Lainbach, Kot- und Schmidlaine SE Benediktbeuern/TÖL (Flyschserien mit Lebensspuren und Verfaltungen, Flysch-Kalkalpingrenze), Schellenbachgraben S Heilbrunn/TÖL (helvetische und Flyschserien sowie Flysch/Helvetikum-Grenze, Schichtwechsel verursachen Engstellen und Wasserfälle), Liasfleckenmergel im Lahngraben S Reiseralm W Lenggries/TÖL;
- Wasserfälle, z.B. 20 m-Fall in der Schmidlaine bei Benediktbeuern/TÖL;
- Inselgesteinsvorkommen, tektonische Schubfetzen und Scherlinge, morphologisch und ökologisch manifest, z.B. Buntsandsteinhöcker mit säureliebender Sonderflora am Iseler-Nordhang bei Hindelang/OA, Deckschollenreste der Hallstätter Zone auf Tirolikum (als kleine Felskuppen mit Haselgebirge an der Basis den weichen Roßfeldschichten aufgesetzte Hallstätter Kalke am Ahornbüchsenkopf/Roßfeld bei Berchtesgaden bei ca. 1600 m, Karbonatrasen inmitten bodensaurer und almwirtschaftlich intensivierter Mattenvegetation, Musterbeispiel für den Überschiebungsmechanismus der Hallstätter Trias auf die Kreide des vorherrschenden Tirolikums; vgl. GANSS & GRÜNFELDER 1974);
- bizarre, auffällige oder stratigraphisch-petrographisch isolierte Felsformen, z.B. Eozän-Riff-Felsen Eisenrichterstein (795 m) S Hallthurm/BGL, Steinere Agnes im Lattengebirge/BGL S Keilkopf (Felsnadel mit Pilzhut im Ramsaudolomit);
- Brandungshohlkehlen, z.B. Nierentalschlucht SE Hallthurm/BGL (Zeugen des Gosaumeeres, Typlokalität der Nierentaler Schichten);
- Erratische Blöcke, z.B. Diabasporphyritblock auf ca. 900 m im Moränengelände der Sillberg-NE-Seite bei Bischofswiesen (Herkunft: wohl Zeuge des Vulkanismus in den Werfener Schichten südlich des Lattengebirges, GANSS & GRÜNFELDER 1974);
- Höhlen und ihre Eingangsbereiche, z.B. Kastensteinhöhle bei Bischofswiesen/BGL; Spielberg- und Schlüssellochhöhle am Laubenstein/RO;
- tektonisch-stratigraphisch-petrographisch signifikante Steinbrüche, z.B. Zinkenköpfl am Roßfeld/BGL (Oberalmer = Oberjura-Schichten der Roßfeldmulde), alter Gipsbruch SE Bayerisch Gmain/BGL; Alabasterbruch am Hochfelln/TS, Mühlsteinbruch bei Hinterhör/RO;
- Steinerne Rinnen aus Kalktuff, z.B. Baualm/TÖL;
- Bergbaurelikte, z.B. alter Gipsstollen im Mühlthal oberhalb Nußdorf/RO, Manganerz-, Zinkblende- und Bleiglanzabbau-Stollen am Jenner und bei der Königsbergalm/BGL, Erzabbauhalten am Riedboden bei Mittenwald/GAP, alte Schächte bei den Knappenhäusern/GAP.

#### A.1.6.2 Landkreisbezogene Schwerpunkträume einzelner Geotoptypen

Ohne Anspruch auf Vollständigkeit vermittelt die Tabelle A/1 (S. 68) einen gewissen Überblick zur Bedeutung einzelner Landkreise für die Erhaltung bemerkenswerter geologisch-geomorphologischer Erscheinungen. Landkreise, in denen einzelne Elemente am besten, landschaftsprägendsten und typischsten ausgebildet sind, übernehmen eine Schwerpunktverantwortung für die pflegliche Erhaltung dieses Typs innerhalb Bayerns. Oftmals reicht die Repräsentanz weit über Bayerns Grenzen hinaus: Beispielsweise ist die Schwammriff- und Dolomittuppenlandschaft der bayerischen Nordalb mit Schwerpunkt in den Landkreisen Nürnberger Land und Amberg-Sulzbach mitteleuropaweit einzigartig. Die Tabelle weist darüberhinaus jene Landkreise aus, in denen bestimmte Geotoptypen zwar für den gesamt-bayerischen erdkundlichen Naturschutz bedeutsam sind, aber in bedrängter oder extrem bedrängter Lage sind ("Alarmsituation", "Notstandssituation").

Dargestellt wird nur eine begrenzte Auswahl vor allem morphologisch wichtiger Geotope mit nicht allgemeiner Verbreitung. Beispielsweise werden Aufschlüsse nicht aufgeführt, weil sie in allen Landkreisen vorkommen und von Bedeutung sind. Andererseits werden hier Erscheinungen angeführt, für die es keine Spezialteile gibt. Detailliertere Verbreitungs- und Beispielangaben liefern die Parallelkapitel in den Teilen B - I. Landkreise, in denen ein Geotop in singulärer Weise oder viel häufiger großräumiger als in allen anderen Landkreisen ausgeprägt ist, werden unterstrichen. Landkreise, in denen die Geotopkategorie lediglich kleinflächig und/oder in weniger typischer Ausprägung vorhanden ist, werden in Klammern gesetzt.

#### A.1.7 Bedeutung der Geotope für Naturschutz und Landschaftspflege

Geotope im Sinne des LPK Bayern sind hervorragende Dokumente und Indikatoren erdgeschichtlicher Vorgänge, häufig aber auch Höhepunkte landschaftlicher Szenerien sowie Träger gefährdeter Le-



bensräume und Arten. Die nachfolgende Reihung der Bedeutungsaspekte signalisiert keine Gewichtung, sondern folgt im wesentlichen dem Grundschema aller LPK-Bände. Das Kapitel versteht sich als Argumentationshilfe, bisher damit nicht befaßten Bevölkerungsgruppen den Sinn und die Wichtigkeit des Geotopschutzes einsichtig zu machen.

### A.1.7.1 Arten- und Biotoperhaltung

Wo Geotope (weitgehend) mit schutzwürdigen Biotopen zusammenfallen oder Kernbereiche innerhalb solcher bilden, ergibt sich die Bedeutung für Arterhaltung und Lebensraumschutz von selbst. Geläufige Beispiele sind:

- Gesteinsausbisse, die wegen ihrer extremen pflanzenökologischen Eigenschaften Refugien für seltene Arten und Pflanzengesellschaften bilden (z.B. Serpentinstandorte, Pfahlfelsen, Dolomitfelsen, endemische Habichtskräuter auf Wellenkalkfelsen des Kalmut/MSP und des Wiesentalsystems/FO);

- morphologisch extreme und deshalb nutzungsabweisende Standorte (Felsen, steile Kuppen und Abbrüche usw.);
- hydrologisch und hygrisch extreme und deshalb nutzungsfeindliche Standorte (z.B. vermoorte Toteiskessel und Dolinen, Gischzonen an Schluchtbächen, Klammern, Quellbereiche);
- Buckelfluren und voralpine "Tumuli", deren morphologisch beste Vorkommen gleichzeitig wertvolle Kalkmagerrasen tragen.

In solchen Fällen werden die Belange des erdkundlichen Naturschutzes von Biotopschutz und Biotoppflege mit abgedeckt. Dies ist nicht der Fall, wo bestimmte Geotope Arten und Pflanzengemeinschaften mit Rückgangstendenz beherbergen, ohne gleichzeitig "kartierter Biotop" oder "6d 1-Fläche" zu sein. In solchen Fällen füllt der geotopbezogene Naturschutz empfindliche Lücken des Arten- und Biotopschutzes. Teilaspekte werden angesprochen.

#### A.1.7.1.1 Geotope als Rückzugsinseln seltener und gefährdeter Waldtypen

Die verringerte Wertholzproduktivität und die Bringerschwernis morphologisch extremer oder

Tabelle A/1

Landkreisspiegel ausgewählter Geotoptypen"; (ohne Anspruch auf Vollständigkeit, teilweise unsystematisch; siehe folgende Seiten). Quellen: Einschätzungen basierend auf regionalgeologischer, -morphologischer Literatur und eigenen Beobachtungen.

<b>ZEUGNISSE DER GLETSCHERARBEIT (siehe Teil C)</b>	Landkreise mit besonderer Ausstattung und Verantwortung
Prägnante Kuppen- und Wallmoränen(züge)	OAL, WM, LL, STA, TÖL, MB, EBE, RO, MÜ, TS, AÖ, LI
Drumlins, -felder	WM, OAL, TÖL, OA, (RO), (TS), (BGL)
Typische Zweigbecken	EBE, RO, TÖL, STA, FFB, (OAL), (WM), (LL)
Eiszerfallsgebiete mit in sich geschlossener Spezialmorphologie	<u>WM, RO, TS</u> , TÖL, EBE, (BGL)
Toteishohlformen, Kesselfelder	EBE!, <u>RO!</u> , TÖL!, STA!!, LL!!, LL!, TS!, WM!, FFB!, AÖ!!, MÜ!!, LI!, (M!)
Schmelzwasserrinnen, Gletscherumfließungsrinnen	MÜ, <u>MB, OA, OAL, M, MN</u> , TS, RO, TÖL, AÖ
Oser, Netzoser	WM, GAP, EBE!, RO!, (TS!)
Gletscherschliffe, Rundhöcker	OA!, OAL!, TS!, GAP, BGL, RO!, (FRG), (REG), (STA!)
Außerlpinne Kare	REG, FRG
Findlinge, erratische Blöcke	<u>OAL</u> , OA, LI, WM, TÖL, MB, STA, RO, TS, (ED), (MÜ), (AÖ)
Buckelfluren	GAP!; TÖL!, OAL!!, BGL!, OA!, MB, RO, TS!, WM!!, LL!!, (FRG)
Altmoränenstöcke, deutliche Altmoränenformen	<u>MN, AÖ, OAL</u> , EBE, OA, LL, FFB, OAL, (ED), (MÜ), (REG)
Molasse-Rundhöcker an Zweigbeckenschwellen	EBE, STA
Molassestufen an Gletscherbeckenrändern	TS, STA, TÖL

<b>FLIESSWASSER-, AUSSPÜLUNGS-, TALFORMEN (siehe Teil D)</b>	Landkreise mit besonderer Ausstattung und Verantwortung
Flußgeschichtlich bedeutsame fossile Talsysteme	MB, WUG, ND, MSP u.a.
Canyonartige Flußdurchbrüche	KEH, FRG, HO, GAP, WM, OAL, WUN, NEW
Klammern, Sandsteinschluchten	RH, WUG, LAU, NM, OA, GAP, RO, BGL u.a.
Wildbachartige Bachrisse und Tobel mit Aufschlußfunktion	OA, OAL, LI, STA, TÖL, AÖ, MÜ, RO, MB
Trockentäler im gletscherfernen Bereich	LAU, BT, LIF, BA, FO, NM, AS, EI, KEH
Trompetentälchen (Terrassen-Einmündungsformen, oft trocken)	MÜ!, AÖ!, GAP!, MN!!, OAL!, TÖL!, A!!, (M!)
Asymmetrische Täler	DGF, LA, FS, AÖ, MÜ, AN, NEA, WÜ, MSP
Klingen, Mergelschluchten	MSP!, NES!!, WÜ!!, KT!!, KG!, SW!!, HAS!, AN!, NEA!!, AB!!, KEH!!, ED!!
Seigensysteme, subrezent Hochflutrelief der Fluß- und Stromtäler	<u>SR!</u> , <u>DEG!</u> , R!, PAF!, ND!, DLG!, DON!, HAS!, FO!, SW!, KT! (BA!), (FS!), (LA!), (LL!), (A!), (ED!)
Terrassenränder, Terrassentreppen	<u>MÜ!</u> , <u>TÖL!</u> , LL!, TS!, OAL!!, MN!, BGL!!, NU!, A!, AÖ!, FS!, AIC!, (BA!), (HAS!), (SW!) u.a.
Erosionsrelikthügel in Schotterterrassenfeldern	M, ED
Erdpyramiden, scharfe Hangrippen	GAP, AÖ, RO
Rüllen (natürliche Torferosionsrinnen), Untermoorkanäle, (Torftunnels), Moortrichter	OA, OAL, TS, TÖL, REG
<b>KARSTERSCHEINUNGEN (siehe Teil E)</b>	
Dolinen und sonstige Karsttrichter	EI!!, <u>KEH!</u> , <u>BT!</u> , <u>FO!</u> , <u>NM!</u> , <u>LIF!</u> , <u>BA!</u> , <u>OAL</u> , LAU!, AS!, R!, WUG!, DON!!, (MSP!), (NES!), (KG!), (WÜ!), (AN!), (SW!), (ND!), (DLG), (SAD!), OA!, GAP!, TÖL!, MB!, RO!, TS!, BGL!, LI!,
Gipsschlotten	KT, SQ, NEA
Geologische Orgeln	MN, AÖ, M, TÖL, OAL, (MÜ)
Karren(felder), Schratzen	OA, BGL, GAP, RO, TS, TÖL
Große Karsthohlformen, z.B. Poljen, Uvalas	AS, NM, LAU, RO, BGL, (MB)
Höhlen, Grotten	FO, <u>BGL</u> , BT, BA, LIF, LAU, NM, KEH, R, AS, RO, GAP
Karstquellen, Schlinger, Bachschwinden, Speier, Hungerbrunnen	LAU, BT, BA
Karstseen	GAP, BGL, OA, (RO), (TS), (OAL)
<b>FELSEN, INSELGESTEINE, HÄRTLINGE (siehe Teil F)</b>	
Dolomitriffkuppeln, Knocks	LAU, <u>NM</u> , AS, BT, LIF, FO
Süßwasserkalkkuppen	DON
Quellkalkformen, Almhügel	WM, TÖL, LL, DLG, WUG, DGF, MN, NM, TS, AÖ, LA, FFB!!, ED!!, DAH!!, M!!, (ERH), (FO), (BA), (LIF), RO!, MÜ!, (R!), (NU!), (DON)
Steinerne Rinnen, Wachsende Steine	LA!, DGF!, WUG!, RH, ERH, TÖL
Quellkuppen	TÖL!, OAL!, (RO!), (TS!), (SAD), (SR), (AÖ!)

<b>FELSEN, INSELGESTEINE, HÄRTLINGE (siehe Teil F)</b>	<b>Landkreise mit besonderer Ausstattung und Verantwortung</b>
Talrand-Karbonatfelsen	FO, <u>LIF</u> , <u>BA</u> , <u>EI</u> , <u>KEH</u> , <u>BT</u> , R, LAU, WUG, RH, ERH
Hochflächen-Karbonatfelsen	LAU, <u>BT</u> , <u>FO</u> , LIF, BA, AS, NM, (SAD)
Kallmünzer, felsige Erosionsrelikte auf Hebungsflächen, fossile Molasseriffe	LAU!, NM!, BT!, ND!, EI!, NU!
Isolierte Juraschollen, -zeugenberge und -ausbisse	AN, SR!, KEH, ND, R
Pfahl-Geotope (incl. Nebenpfähle)	REG!, <u>CHA</u> !, <u>SAD</u> !!, FRG!!, PA!
Grundgebirgs-Abgleitschollen, Kristallinausbisse in Nachbarräumen	DEG!, SAD!, AB!!, SR!
Diabashärtlinge, -felsen	<u>HO</u> !!, <u>KC</u> !!, <u>KUL</u> !, BT!
Eklogithärtlinge	<u>HO</u> !, <u>KUL</u> !
Serpentinithärtlinge, -felsen	<u>KU</u> !!, <u>HO</u> !!, TIR!!, SAD!!, NEW!!, (CHA), (REG!)
Granitkuppen	R!, NEW!, TIR!, <u>CHA</u> !, DEG!, SAD!
Blöcke, Blockfelder, -ströme	FRG, REG, WUN, TIR, CHA, SAD, NEW, DEG, SR, R, BT, PAN, PA
Kristalline Felsfreistellungen, Wollsack- und Matratzenformen, Wackelsteine usw.	WUN, BT, TIR, CHA, R, REG, SR, FRG, (PA)
Nagelfluhruppen	OAL, OA, LI, (MW), (TÖL), (GAP)
<b>VULKANISCHE GEOTOPE (siehe Teil G)</b>	
Basaltkegel, -schlote	NES, KG!, NEW!, TIR, WUN
Basaltgänge, z.T. ausgebeutet	BA!, HAS!, WUN!
Säulenbasaltvorkommen	NES!, TIR, WUN!, NEW!
Basaltblockhalden	NES, KG, WUN, TIR, NEW
Zeugen des paläozoischen Vulkanismus: siehe Teil F	
<b>METEORITISCHE ERSCHEINUNGEN (siehe Teil H)</b>	
Griesbuckel, parautochthone Schollen	DON!, (DLG!)
Kraterrandformen	DON!
Innerer Kristalliner Wall	DON!!
Morphologisch ausgeprägte Bunte Trümmersmassen (Härtlinge)	DON!, DLG!, WUG!, AN!
In Aufschlüssen zutage tretende Trümmersmassen	A!, AIC!, GZ! u.a.
Trassaufschlüsse	DON!, DLG!
<b>SONSTIGE ERSCHEINUNGEN</b>	
Binnendünen(felder); vgl. Teil I	LAU!!, <u>KEH</u> !!, KT!!, ERH!!, BA!!, AB!!, MSP!!, NM!!, FÜ!!, ND!, (PAF!!), (SR!!)
Ungefährliche Bergströme, Fließhänge, Anbruchszonen mit Biotop- und Aufschlußfunktion	FO, BA, DGF, LA, OAL, M u.a.
Rutschbuckelhänge, außeralpine Bergschlipfe	LIF, BA, FO, ERH, NM, WUG, RH, AÖ, TS, GAP, OAL, OA, BGL
Moorbrüche, -zonen	WM!, OAL!, OA!!, TÖL
Fossile und rezente Bergstürze (ohne Gefahrenpotential)	OA, RO, TS, TÖL
Grübenfelder (historische Schürfrichter), Trichtergrübenfelder	SAD!!, REG!!, WUN!!, FRG!!, BT!!, A!!, NM!!, KEH!!, R!!, AS!!

stark verblockter Sonderstandorte ließ hier letzte Fragmentbestände zonaler natürlicher Waldgesellschaften oder auch azonale Waldtypen mit spezieller Artenkombination und Physiognomie überdauern. Nur der trocken-warme Flügel dieses vielfältigen Spektrums wird durch Biotopkartierungen und Veränderungsverbote wenigstens teilweise erfaßt. Geotope im Wald sind im allgemeinen typische "Sonderstandorte".

Die Erhaltung und Begünstigung der natürlichen Vegetationsausbildung wird hier zum verpflichtenden Inhalt der geologisch-morphologisch orientierten Landschaftspflege, weil sich auf diese Weise die geochemischen und bodenkundlichen Merkmale des Sonderstandortes am feinsten ausprägen. Viele Basaltgänge, manches Marmor-, Amphibolit- und Metabasitband sind nur an den von der bodensauren Umgebung abgehobenen basiphilen Waldgesellschaften erkennbar. Umgekehrt verraten sich die Buntsandstein-Schubfetzen am Iseler-Nordhang/OA weniger morphologisch, sondern nur durch säuretolerante Rasen inmitten kalktypischer Vegetation.

In manchen Naturräumen haben Geotope eine außerordentliche Bedeutung als "Arche Noah" für naturschutzwichtige Waldtypen:

- In den ostbayerischen Grundgebirgen ist die Verbreitung von Blockfeldern und Felsfreistellungen ein vorzüglicher Führer zu wertvollen Naturwaldresten.
- Edellaubholz-Blockschuttwälder (z.B. der Drahtschmielen-Sommerlindenwald in der Rhön und der Eschen-Ahorn-Wald im Oberpfälzer Wald) sind auf Blockfluren mit ihren hochspezifischen Standortmerkmalen (nährstoffreiche, gut wasserhaltende Böden, ausgeprägtes Kleinstandortmosaik usw.) beschränkt.
- Auch bestimmte nährstoffreiche Buchenwaldtypen, wie der Waldschwingel-Buchenwald, finden sich im Oberpfälzer Wald nur mehr auf blockreichen Sonderstandorten (AUGUSTIN 1991).
- Der lichte Flechten-Besenheide-Kiefernwald stockt im Falkensteiner Vorwald/R, CHA und im Steinwald/TIR fast ausschließlich auf den Felsbasionen.
- Ähnlich konservierend wirken auffallende Verteilungen für die Naturwaldtypen des Alpenvorlandes. Reste von Waldmeister-, Hainsimsen-, Orchideen-Buchenwäldern finden sich in vielen Waldgebieten nur mehr an den wildbewegten Stellen, auf besonders steil aufragenden Kuppen oder Härtlingsrippen (z.B. Südrand des Ebersberger Forstes, Senkele/OAL, Adelegg/OA). Dies gilt auch für Anflüge von Schneeheide-Kiefernwäldern auf Molasserippen, an Isar-Loisach-Moränen, ja sogar an der frühholozänen Uferkante des Würmsees (z.B. bei Allmannshausen/STA).
- Sogar die steilen Einhänge von Toteiskesseln können gefährdete Waldtypen beherbergen, so etwa im Naturraum seltene Ahorn-Eschen-Linden-"Schluchtwälder" an Kesselhängen südöstlich Moosach/EBE oder intakte bodensaure Buchenwälder an den Böschungen hier ungewöhn-

lich tief eingesenkter Kesselmoore bei Mernham östlich Wasserburg/Inn.

- Auch die Dolomitriffe (Knocks) der nördlichen Frankenalb sind waldsoziologisch wichtige Refugien. Oftmals haben sich naturnahe Eichen- und Buchenwaldgesellschaften sowie Lindenschuttwälder nur mehr an den Knocks und ihren umgebenden Blockfeldern halten können, während die Verebnungen weitgehend von Kiefern- oder Fichtenforsten erobert sind (z.B. Südteil des Veldensteiner Forstes/BT).

#### A.1.7.1.2 Geotope als Refugien für extensive Grünlandtypen und gefährdete Grünlandpflanzen

Bereits in [Kap. A.1.4](#) (S. 34) wurden einige Aspekte angesprochen. Auch im "biotopfreien" Grünland finden sich immer wieder Reliktinseln relativ magener und bunter Glatthaferwiesen und Kammgrasweiden, deren Tier- und Pflanzenartenzahl die der umgebenden Flächen deutlich übersteigt. Fast durchgehend sind sie an auffallende Reliefelemente mit verringerter Erreichbarkeit für die mechanisierte Landwirtschaft gebunden. Vielfach sind dies auch aus geologisch-geomorphologischer Sicht besonders pflegwürdige Elemente des Eiszeit-, Karst-, Tal- oder Härtlingsformenschatzes. Da eigene Erhaltungsprogramme für derartige Kulturbiotope kaum realisierbar sind, muß hier die auf das Landschaftsbild und Relief ausgerichtete Landschaftspflege als Schrittmacher dienen. Typische Vorkommen liegen z.B. an flachen Böschungen der Karsttrockentäler, die weit in die Ackerhochflächen hineinziehen, an Talrandböschungen von Bachtälern, auf übersteilen Glazialformen, an Einhängen zu Erdfällen und Toishohlformen.

Auch für Magerrasen bilden Geotope häufig den letzten Überdauerungsort (vgl. [Kap. A.1.4](#)). So befinden (befanden) sich die letzten Frühlingsenzian-Schillergras-Halbtrockenrasen des außeralpinen Landkreises Rosenheim an sehr steilen Kamesböschungen des Hemhofer Seengebietes (vgl. BRAUN 1961). Regional bedrohte Kennarten "historischen" Extensivgrünlandes, wie Krokus *Crocus albiflorus*, Meerträubel *Muscari botryoides*, Meerzwiebel *Scilla bifolia*, Körnchensteinbrech *Saxifraga granulata* und Akelei *Aquilegia vulgaris*, mußten vor dem landwirtschaftlichen Intensivierungsdruck auf Terrassenböschungen, herausragende Moränenkuppen, seigenreiche Stromtalwiesen oder Karstböschungen zurückweichen.

#### A.1.7.1.3 Geotope als tierökologisch bedeutsame Trittsteine und Sonderlebensräume

Natürlich verleiht der "Geotop-Status" nicht automatisch tierökologische Bedeutung. Die vom Umfeld abweichenden Substrat-, Geländeklima-, Einstrahlungs-, Feuchte- und kleinmorphologischen Bedingungen, z.T. auch die charakteristische Abtrags-, Umlagerungs- und Oberflächendynamik be-

stimmter Geotope bedingen jedoch hochspezifische Lebensbedingungen, die die Gebietsfauna um stenotope Spezialisten erweitern. Die Fauna mancher Geotope wie Stollen, Höhlen, Quellen, Felsen, bewegte Schutthalden, Blockhalden, Schluchten, vielleicht auch der tiefen Schratzen und Karren setzt sich sogar weitgehend aus hochspezialisierten Organismen zusammen, die der betreffenden Landschaft sonst fehlen würden. Spezifische Faunenelemente können auch in Hohlformen mit besonderem Kleinklima (siehe z.B. die Spinnenfauna in den Dolinen des Veldensteiner Forstes; BAUCHHENSS mdl.) vorhanden sein.

Das Zirpen der Feldgrille (*Gryllus campestris*) hört man in den bayerischen Intensivlandschaften oft nur noch von nutzungshinderlichen übersteilen Sonnhängen, die häufig zu besonders schonbedürftigen Geotopen gehören. Ähnliches gilt für die schnarrend aufliegende Heuschrecke *Psophus stridulus* (z.B. an den Härtlingsrippen der Ostallgäuer Molasse inmitten von Fettweiden), mehrere Tagfalter- und Erdhummelarten. Die Südwesthänge asymmetrischer Täler, west- bis südseitige Terrassenböschungen sind oft die insektenartenreichsten Standorte, wenn sie nicht aufgeforstet wurden.

Für das Heer der wärmebedürftigen Arthropoden ist oft das spezifische Boden- und Oberflächenklima herausgehobener Reliefelemente ausschlaggebender als der offizielle Status als "Trockenbiotop" oder das Fehlen intensiver Nutzung. Im Lebensraum- und Trittsystem vieler Insektenarten spielen daher prägende Reliefelemente auch ohne "Biotop-Status" eine wichtige Rolle. Auch bei kaum von der Umgebung unterschiedener Nutzung befriedigen der diffuse Bodenabtrag, eine gewisse Auflockerungstendenz der Rasenvegetation, der Hitzestau und die starke Austrocknung eine Reihe von Habitatansprüchen gefährdeter Kulturlandbewohner.

**Geotope berücksichtigen primär unveränderliche geogene und orographische Eigenschaften eines Standorts. Sie umreißen daher den vor allem mikroklimatisch und edaphisch bestimmten Lebensraumbereich einzelner Tierarten oft besser als die vegetationskundlich determinierten Biotop- und 6d1-Kartierungen.**

Die spezifische tierökologische Bedeutung bestimmter Geotope teilt sich dort am unmittelbarsten mit, wo die schutzwürdige Vegetation durch Nutzungsintensivierung im Geotopbereich teilweise verlorengeht, ein beträchtlicher Teil der standortspezifischen Fauna aber trotzdem weiterlebt. Beispiele: Die Sichenhalde bei Schongau, ein Teil des Lechterrassensystems, war einst vollständig mit äußerst pflanzenartenreichen Heidewiesen bedeckt, von denen nur mehr ein Fragment existiert. Aber auch auf den restlichen, in gedüngte Jungviehweiden umgewandelten sommerheißen Böschungsfächen, die heute nicht mehr den 6d1-Kriterien genügen, ist ein bedeutender Teil der Trockenfauna immer noch anzutreffen.

#### A.1.7.1.4 Geotope als Orte der Evolution (Sippenbildung) und als Artrefugien

Insbesondere die isolierten Felsbiotope der Mittelgebirge und des Jurabogens dienen kälte- und wärmezeitlich weit verbreiteten Arten kontinentaler, submediterraner oder arktisch-alpiner Verbreitung als Zufluchtstätten (Refugien). Einige der wenigen Endemiten oder Subendemiten Bayerns (z.B. *Hieracium harzianum*, *Hieracium kalmutianum*, *Hieracium franconicum*) haben sich wahrscheinlich auf solchen isolierten Extremstandorten herausgebildet. Rechnet man auch die kalktuffbildenden Quellmoore zu den Geotopen, so verlängert sich diese Liste um einige illustre Arten, wie die Riednelke *Armeria purpurea* oder das Bayerische Löffelkraut *Cochlearia bavarica*.

#### A.1.7.2 Geotope im abiotischen Landschaftshaushalt

Reliefbewegte Landschaften und auffallende Formen prägen auch die physikalischen Prozesse, Stoff- und Energieströme (KUGLER 1974, LESER 1976). Sie lenken die bodennahen Luftmassen (GEIGER 1961), den oberflächlichen, oberflächennahen, ja sogar unterirdischen Abfluß, gestalten die Wasserspeicherfähigkeit, drosseln oder beschleunigen die (Hoch-) Wasserspende in die Gewässer, bestimmen das Ausaperungsmuster und verzögern den Schmelzwasserabfluß, determinieren die Verteilung von Kaltluftseen und auch das phänologische Muster (d.h. die Ungleichverteilung von Austriebs-, Aufblüh- und Fruktifikationsterminen). Über die Transportmedien Schwerkraft, Wasser und Wind beherrscht das Georelief natürlich auch den (diffusen) Boden- und Gesteinsabtrag, die Akkumulation und Sedimentation, die verschiedenen Arten von Massenbewegungen.

Geomorphologisch eindrucksvolle Landschaftsformen sind daher im Haushalt der abiotischen Ressourcen (im administrativen Sprachgebrauch oft als "Naturgüter" bezeichnet) von großer Bedeutung. Am deutlichsten sichtbar wird dies im Gebietswasserhaushalt. So wirken Karsthohlformen als Speicher und Abflußregulatoren, wenn sie abgedichtet sind bzw. nur in den Untergrund entwässern (Beispiele: Großtiefental-Uvala/MB, Grubalm-Polje/RO, Grün- und Schwarzensee/BGL, Moserboden/RO, Nordkare der Benediktenwand/TÖL, Krumbachalpe/OA, viele dolinenbesetzte Mulden der Albhochfläche, natürliche Hülsen/NM, EI, AS, DON). Mit fossilen Verwitterungslehmen abgedichtete Karren (Schratzen) und Schlotte im alpinen Kalk bzw. in alteiszeitlichen Schottern speichern Niederschläge und Schmelzwasser.

Periodische Wasseransammlungen oder kleine Seen mit starken Spiegelschwankungen machen die Speicher- und Rückhalteleistung von Hohlformen augenfällig. Man denke etwa an die vorübergehende Überstauung des Schuhbräu-Almbodens bei Branenburg/RO, an den oszillierenden See auf der Seoner Alm/RO, an Gipshohlformen Nordwestmittel-

und Unterfrankens, an Juradolinen bei Maierhofen/KEH, südlich Eichstätt und bei Gelbelsee/EI. Tonige Schutzfellschichten (Kreide) kleiden große Karstwannen z.B. im Velburg-Hohenfeller Jura aus und verleihen ihnen die Funktion periodischer Wasserreservoirs.

Zisternenfunktion übernehmen auch die ungezählten Hohlformen der Jungmoränengebiete. Stark zerstückelten Stirnmoränengebieten (z.B. bei Harpfetschham/TS, im Söcking-Leutstettener Isarmoränenbogen/STA, im Grafrath-Gilchinger Forst/FFB, im Ebersberg-Garser Innmoränengelände/EBE, MÜ) oder kesselreichen Schotterfeldern (z.B. Burggen-Bernbeuren/WM, OAL, Iffeldorfer Terrassen/WM, Kragenkamesgelände bei Elkofen/EBE, Tüttenseegebiet/TS) fehlen oberirdische Fließgewässer fast ganz, weil der Niederschlagsgewinn weitgehend an das Grundwasser ab- oder per Verdunstung an die Atmosphäre zurückgegeben wird. Geomorphologisch besonders schutzwürdige Gebiete sind also häufig besonders wichtige Grund- und Trinkwassergewinnungsgebiete. Nicht umsonst konzentriert sich das Interesse kommunaler Trinkwassererschließung gegenwärtig auch auf geowissenschaftliche "Vorzeiglandschaften", wie das Eggstätter Eiszerfallsgebiet/RO, das Urschlach-Quellgebiet/RO, das Seeoner Eiszerfallsgebiet/TS. Rückhalte- und Grundwassereinspeisungsfunktionen kommen auch jenen Hohlformen zu, die nicht den Charakter wertvoller Biotope aufweisen, z.B. grünlandausgekleideten Toteislöchern, ruderalisierten Dolinen. Noch bedeutsamer sind hierin natürlich naturnahe Geotope, wie z.B. Kesselmoore, Bruchwälder, Quellfluren, Dolinen mit Magerrasen oder Feldgehölzen. Die meteoritenbedingte Zerrüttung der Malmschollen im Riesgebiet erzeugt ein feines grundwasserführendes Spaltensystem und Quellhorizonte über verdichteten Bunten Brekzien.

Unter landschaftsökologischen Vorzeichen muß die Landschaftspflege über die biotopschutzwürdigen Geotope hinaus auch die vorrangig für den abiotischen Ressourcenschutz wichtigen Formen einbeziehen. So darf beispielsweise Dolinenpflege in der Beilngrieser oder Hemauer Alb/NM, EI nicht bei den kleingewässerartigen und/oder gehölzartigen Trichtern haltmachen, sondern hat sich genauso der halberfüllten, derzeit unansehnlichen Ackerdolinen anzunehmen. Zu den unverzichtbaren Optimierungserfordernissen von Eiszerfallslandschaften (z.B. in den Reutberger Moränen/TÖL, den Asten-Tyrlachinger Salzachmoränen/AÖ, TS, den Schwabsoiener Terrassen/WM, den Ising-Hofheimer Lechmoränen/LL oder dem Kesselgebiet Dietramszell-Habichau/TÖL) gehören auch die randlichen, trockenen, von Fettweiden oder gar Äckern erfüllten Toteislöcher.

Kleinreliefierte Geotope, insbesondere alpine und alpenrandliche Buckelfluren, Rutschbuckelgebiete des Liasvorlandes, der Opalinus-, Ornatenton- und Feuerlettenbalkone (z.B. Dörnig/LIF), der voralpinen Flyschgebiete, der Partnachmergelzone/GAP oder der an südbayerischen Flußleiten anstehenden Tertiärmergel und Seetone (z.B. bei Tittmoning und

Raitenhaslach), karren- und schlotreiche Karstgebiete des Kalkalpins, des Gipskeupers, ja sogar der Flaserkalke bei Stadtsteinach verkörpern geradezu mustergültig, was die Hydrologen als Muldenrückhalt bezeichnen.

Ohne Unterbrechung kleingebuckelte Landschaften - vielleicht noch mit Dolinen (z.B. Tennseegebiet und Geisschädel/GAP, Oberjocher Buckelwiesenflur/OA) oder Seekreide-Karstkanälen (z.B. Tonihofer/GAP) versehen - belegen überzeugend die abfluß- und hochwasservermeidende Wirkung von periglazial gestalteten Moränenlandschaften mit sehr differenzierten Bodenverhältnissen (ENGELSCHALK 1971). Bezeichnend für intakte Buckelwiesengebiete ist die enge Verzahnung mit Kalkquellfluren (z.B. Schmalenseegebiet/GAP) oder Kleinmooren (z.B. südlich Klais/GAP, am Weißensee/OAL), die von den Grundwassergewinnen der Buckelfluren profitieren.

Bei den Seigen (Flutmulden und Flutrinnensysteme fein- bis mittelkörnig sedimentierender Flüsse und Bäche) kommt zur Abflußbremsungs-, Rückhalte- und Verdunstungsfunktion noch ein Filtereffekt. Hochwasserströme setzen am unruhigen Auenrelief einen Teil ihrer Laststoffe ab. Aus den unzähligen Hochwasserpflützen ins Talgrundwasser bzw. den Vorfluter einsickerndes Wasser wird in den Sedimenten vorgefiltert.

### A.1.7.3 Landschaftsbild

Geotope im Sinne des LPK bestimmen das Gesicht einer Landschaft. Sie steigern das orographische Gesamtbild durch einzelne Dominanten, wie das "Tüpfelchen auf dem i" (z.B. prominente Kulminationspunkte innerhalb von Wallmoränenzügen, einzelne Dolomitriffe auf der Forchheim-Lichtenfelder Albhochfläche, Felskämme des Keitersberg- und Osserkammes/CHA, REG, die Pfahllinie), können aber auch den optischen Gesamtcharakter bestimmen (Drumlinfelder, Kames- und Toteisgebiete, Felsstotzengebiete der östlichen Hersbrucker und Königsteiner Alb/LAU, AS, "Vulkane" des Oberpfälzer Hegaus/NEW, TIR usw.) oder bestreiten das filigrane, nur bei intensiverer Erkundung erfahrbare "Zubehör" einer Landschaft (z.B. Doggersandsteinabbrüche in den Waldhängen bei Burgkunstadt/LIF, Wabensandsteinformen im Altenstein-Lichtenstein-Seßlacher Wald/CO, HAS, Gletscherfindlinge in Oberbayern und Schwaben, versteckte Toteiskessel im Wald, quarzitischer Überreste der Kreideüberdeckung in der nordöstlichen Frankenalb, Kalktuffbildungen in Quellbereichen).

Drei visuelle Dimensionen machen einen Raum für den Betrachter unverwechselbar (Abb. A/1, S. 74) :

- Die Horizontlinie als abschließende und damit beherrschende Kontur (vgl. SCHULTZE-NAUMBURG 1916);
- Zwischenkonturen des Mittel- bis Hintergrundes unterhalb der Horizontlinie;
- nur im Nahbereich des Betrachters erfahrbare Kleinmorphologie, "die man greifen oder beim Gehen spüren kann".

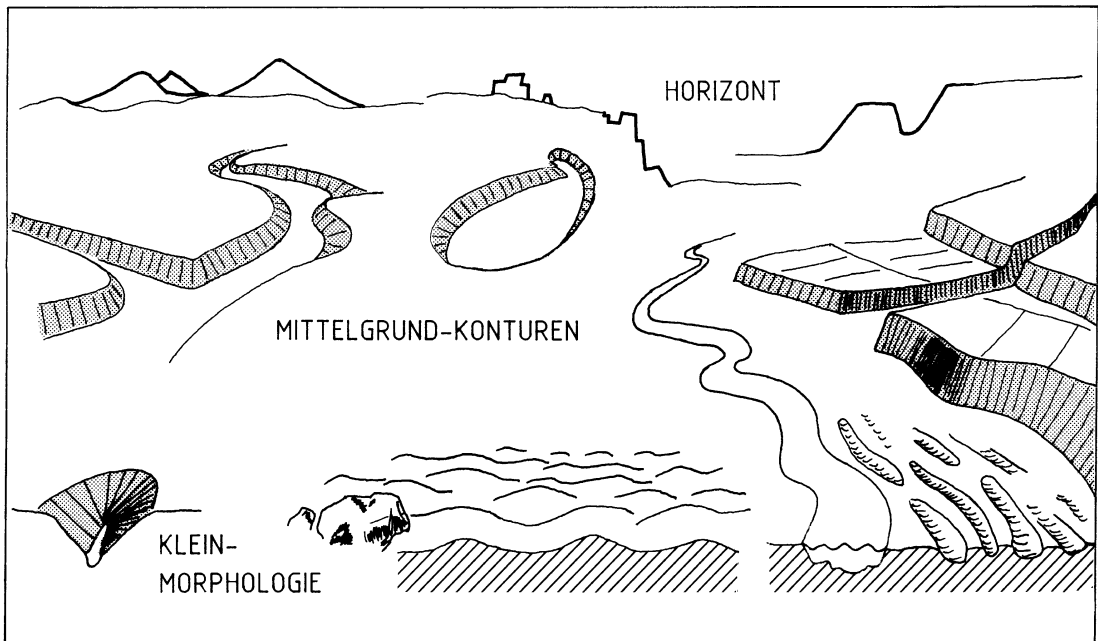


Abbildung A/1

### Geotope im Landschaftsbild

Im allgemeinen gilt: Je jünger eine Landschaft, je mehr sie auch von rezent fortwirkenden Formungsprozessen geprägt ist, desto differenzierter ist die Kleinmorphologie, desto vielfältiger die Palette schon- und pflegebedürftiger Kleingeotope. Einmal durchdringt der besonders erhaltungswürdige Formenschatz den Gesamttraum (z.B. Buckelwiesengebiete), ein andermal beschränkt er sich auf einzelne Inseln oder Leitlinien (z.B. Trockentäler der Schotterebenen, Bleiglanzstufe im Keuper, Eisensandsteinbalkon im Albvorland). Höchste Anforderungen an die Geotoppflege stellen Landschaften, wie die Jugendmoränen, die Kuppenalb oder die Sandripfelgebiete nordbayerischer Flußauen (z.B. Sassanfahrt/FO, Viereth/BA), in denen auf Schritt und Tritt morphologische Qualitäten mit Nutzungstendenzen in Konflikt geraten. Hier kann die Eigenart des Landschaftsbildes nicht durch Schonung einzelner Reliefmonumente, sondern nur durch relief-schonende Nutzung auf größerer Fläche gewahrt werden.

Welche Note bestimmte Geotoptypen ganzen Landschaften verleihen können, hat O. KRAUS (1958) am Beispiel der Mittenwalder Buckelwiesen anschaulich beschrieben: "Erhebungen, Erosionsrinnen und Ebenen dieser Landschaftsinsel sind von Tausenden und Abertausenden von kleinen flachen Hügeln bedeckt; ihr Oberflächenbild erinnert deshalb an die plötzlich erstarrte Wellenbewegung, wie sie eine Momentaufnahme des wogenden Meeres zeigt. Und dieses lebhaft gegliederte Bodenrelief, das da und dort von einzelnen Bäumen, Büschen und Waldinseln bestanden ist, trägt im Frühling, so weit das Auge reicht, einen unvorstellbar reichen und bunten Blütenessenzian, Mehlprimel, Alpenmaßlieb, Felsenhei-

de, Akelei, Silberwurz, Kugelblume, Bergamander ...". Ähnlich preist MATTERN (1983:580) die Riesseekalk- und Griesbuckel des Rieses: "Wer an den Kalkheiden in ihrer kargen, baum- und strauchfreien Variante keinen Gefallen finden kann, der möge die Hügel am Rande des Rieses besuchen und über ihre Heiden ziehen, im zeitigen Frühjahr, wenn sie sich mit Enzianen und Küchenschellen schmücken, im späten Mai oder Juni, wenn Kugelblumen und 'Katzenpfötle' blühen oder an klaren Tagen im Spätsommer und Herbst, wenn Silberdisteln aus dem kurzen, aber noch blütenreichen Rasen leuchten, die Enziane wiederkehren ... Ich bin überzeugt davon, jeder stimmt in ihren Lobpreis ein."

#### A.1.7.4 Erd- und Heimatgeschichte, Umweltdidaktik

Im Grunde sind Geotope im Sinne des LPK nichts anderes als jene äußerlich sichtbaren Erscheinungsformen der Erdgeschichte, die sich als auffällige, z.T. spektakuläre Anschauungsobjekte auch für den Laien besonders eignen, an denen erd- und heimatgeschichtliche Bildung "aufgehängt" werden kann. Nur aus dem Erleben ausgewählter Formen und Aufschlüsse lassen sich erdkundliche Inhalte festigen. Studierenden - auch einschlägiger Disziplinen, wie Geographie, Geologie, Landespflege oder Landwirtschaft - und Schülern wird erdgeschichtliches Wissen oft losgelöst von ihrem gewohnten Erlebnisbereich vermittelt. Es bereitet Schwierigkeiten, schulmäßig erlernte Grundtatsachen der Tektonik, Stratigraphie, Petrographie, Oberflächenformung und Bodenkunde im eigenen Lebens- oder berufli-



chen Wirkungsbereich wiederzuerkennen. Wurde einem Bürgermeister, Gemeinderat oder Landwirt schon in der Jugend nahegebracht, daß

- ein alter Pegmatitbruch im Wald kein aufzufüllendes Loch ist, sondern einmalige Einblicke in die Bildung und Umformung von Mineralien sowie das Geschehen der Gebirgsbildung gewährt und zu den vielfältigsten "chemischen Fabriken" der Natur gehört,
- ein natürliches Terrassensystem oder eine auffallende Hügelkette wichtige Wendepunkte und Zäsuren der Eiszeit- bzw. Klimageschichte bezeichnet,

so wird er die landschaftsplanerischen Vorschläge zur Freihaltung von Eingriffen besser nachempfinden und akzeptieren können.

"Lieben und erhalten kann man nur, was man kennt."

Dieser triviale Satz gilt in hohem Grade für das Verhältnis der Bevölkerung zu ihrer Heimat. Lebensraum des Menschen sind nicht nur Wohnung und Haus, sondern auch die Landschaft, in der er aufwächst. Das natürliche Werden der Heimat anhand greifbarer Erscheinungen zu verstehen, wirkt der Entwurzelungstendenz unserer Mobilitätsgesellschaft entgegen.

Hier können auch die "Geotope" ein wichtiges Scherflein beitragen. Wichtig ist dabei, solche Erscheinungen an vielen Stellen zu erkennen und zu schonen - möglichst in jeder Gemeinde und nicht nur an spektakulären Punkten in der Ferne. Mancher Kommunalpolitiker hat den Stromboli bewundert und auf Elba sich von Pyritstufen begeistern lassen, nach Hause zurückgekehrt aber manche Entscheidung zur weiteren Nivellierung des landschaftstypischen Reliefs getroffen.

### A.1.8 Gefährdung, Verluste, Zustand

Die unterschiedlichen Geotoperscheinungsformen sind den verschiedensten Gefährdungen und Zustandsveränderungen in sehr unterschiedlichem Grade ausgesetzt. Kaum etwas steht "ewig festgefügt in der Erden". Der Mensch neigt dazu, Erhebungen abzutragen und Vertiefungen aufzufüllen. Er schafft zwar viele neue Kleinreliefelemente (Verkehrseinschnitte, Dämme, Ackerterrassen, Hohlwege etc.), diese sind aber fast durchweg linearer Natur und damit kein Ausgleich für den Abbau von Kuppen, Kegeln und Rücken, für das Ausnagen von Terrassenböschungen, das Verfüllen von kleineren Hohlformen, das Abziehen von kleinen Bodenwellen usw.

Erst mit dem erhöhten Energie- und Großmaschineneinsatz im 20. Jh. erreichte die menschliche Aktivität bei der Reliefumgestaltung ein Ausmaß, das stellenweise ganze Landschaftsilhouetten veränderte und geologisch singuläre Reliefeinheiten verschwinden ließ. Der Moosberg, eine helvetische, auch archäologisch bedeutsame Insel im Murnauer Moos, wurde völlig abgebaut; der dahinterliegende "Lange Köchel" verschwand zur Hälfte, ebenso der helvetische Fadenberg bei Rohrdorf und der alteiszeitliche Nagelfluhhärtling der "Biber" bei Brannen-

burg/RO. Aus der Vulkankuppenlandschaft des "Oberpfälzer Hegau" brach der Basaltabbau einige Kegel und Kegelspitzen heraus, desgleichen in der Rhön (z.B. Lindenstumpf/KG). Die großen Basaltgänge des Keuper-Jura-Muschelkalkbereichs wurden und werden ausgekoffert (z.B. Bramberg/HAS).

Vormals aufragende Quarzkeratophyrstotzen bieten sich heute als wassergefüllte Löcher dar (z.B. im Lkr. TIR). Die Marmor-Kalksilikat-Rippe des Fichtelgebirges ist durch Abbau stellenweise arg zernagt. Nicht einmal der Pfahl blieb von Teilerstörungen der schönsten Quarzriffe (z.B. bei Cham und Viechtach) verschont. Ebenso erging es den größeren Serpentin-Härtlingszügen (z.B. bei Schwarzenbach/Saale, am Galgenberg bei Winklarn/SAD, Rippen bei Hardt/Floß/NEW) und einigen Amphibolitrippen (z.B. bei St. Quirin/NEW). Zahlreich sind die weitgehend oder völlig abgebauten markanten End- und Grundmoränen des Alpenvorlandes.

Gerade die auffälligsten Steilformen innerhalb der glazialen Serie luden zum Abbau ein. So verschwanden ganze Drumlins (z.B. westlich des Bäckerbichl/STA) und Wallmoränenabschnitte (z.B. bei Hochhaus/MÜ). Bemerkenswerte Oser wurden teilabgebaut (z.B. Egglburg/EBE), Kameslandschaften mit ihrem hervorragenden Kleinformenschatz ausgekoffert (z.B. nordwestlich Unterkofen/EBE), in sich geschlossene Toteisgroßformen durch seitlich angelagerten Kiesabbau einseitig ausgeweitet (z.B. Buchsee nördlich Eggstatt/RO, Pfaffinger Holz/RO, südlich Rechtmehring/MÜ).

Nicht wenige der die Bewirtschaftung und Flurarrondierung störenden kleineren Knocks und Dolomitriffe der nördlichen Albhochflächen (LIF, BT, FO, BA) wurden im Zuge der Flurbereinigung abgetragen. Auch die verblockten Granitkuppen des Falkensteiner Vorwaldes, Regensburger Vorwaldes sowie Flossenbürger und Falkenberger Granitstockes gibt es bei weitem nicht mehr in der in den älteren Karten eingetragenen Anzahl. Weitere Beispiele für irreversible Eingriffe in die Großform der Landschaften finden sich in den Teilen B - I.

Dem steht die flächenmäßig noch ausgreifendere Nivellierung der Kleinformen gegenüber. Erratische Blöcke ragen bevorzugt im Walde aus dem Boden (wie z.B. in den blockgespickten Inn-Endmoränenkuppen bei Blankenberg und Kirchensur/TS); im Kulturland beseitigte man sie oft samt ihrem spezifischen Flechtenbesatz (WIRTH & FUCHS 1980).

Kleinformen des oberflächennahen Gipses konnten nach der Intensivierung ehemaliger Feuchtniederungen und Trockenflächen den modernen Acker-techniken nicht mehr standhalten (z.B. Unkenbachniederung/SW), z.T. wurden sie in Gipsgruben (Gypshütte/AN, Kilsheim/NEA u.a.) umgewandelt.

Ähnlich erging es den früher in den Schotterplatten und Donau-Niedermooren weitverbreiteten Querkalk-(Alm-)hügeln (z.B. Brennermühle und westlich Zengermoos/M, FS, Günzburger Donaurieder,



Donaumoos bei Aschelsried/ND). Durch flache Niedermoore hindurchgepauste Wellungen der Fluvialsedimente, die insbesondere den Auen-Niedermoor-Kontaktzonen (z.B. Erching-Goldach/FS, Himmelreich/FFB, Feldgedinger Moos/DAH) eine auch pflanzensoziologisch und faunistisch bedeutsame "Dünung" verliehen, wurden durch die moderne Pflugarbeit ebenso verschliffen wie die Saigensysteme der Strom- und Flußtäler.

Am leichtesten und raschesten weggeräumt waren die nordbayerischen Dünen (siehe Teil I), die nur noch partiell überkommen sind.

Unersetzliche Buckelfluren fielen großen Kiesgruben zum Opfer (z.B. südöstlich Klais/GAP, bei Seeshaupt/WM); noch größere Buckelflächen verfielen der systematischen meliorativen Planierung (im Alpenvorland nahezu total, in den alpinen Talräumen zum großen Teil). "Pseudo-Buckelfluren" des Bayerischen Waldes (durch rasenüberzogene Blöcke gegliederte Fließerdebereiche) wurden während der Odlandkultivierungen der 20er bis 60er Jahre eingeebnet (vgl. Kap. 1.7 im LPK-Band II.3 "Bodensaure Magerrasen"). Das gleiche Schicksal erfaßte die einst über die ganze Landschaft "ausgestreuten" Blöcke und Felsköpfe des Bayerischen Waldes. In den ostbayerischen Grundgebirgslandkreisen wurden in den 30er bis 50er Jahren pro Jahr oft mehr als 1.000 ha Agrarfläche entblockt und entsteint; anfangs in Handbetrieb und mit Schwarzpulversprengung, später durch rationalisierte Dynamit-Sprengverfahren.

Vorher meist nicht einkalkulierbar sind die Zerstörungen der boden- und vegetationsüberdeckten Kleinformen und bemerkenswerten Bodenerscheinungen (z.B. der hektargroßen Gipsschlottenflächen bei Sulzheim/SW, der Kleinverkarstung alteiszeitlicher Schotterflächen, wie etwa im Stadtgebiet von Traunstein, der fossilen Böden und organogenen Horizonte). Ihre Existenz wird meist erst im Moment ihrer Zerstörung wahrgenommen.

Das Verschwinden der Albdolinen setzte mit der Baukonjunktur der ländlichen Siedlungen ein. Im Durchschnitt der Fränkischen Alb ist in der offenen Flur mit einer Verlustquote von 50-60% der Dolinen zu rechnen. Stellenweise liegt sie niedriger (z.B. nördlich Eichstätt), vielfach auch viel höher (z.B. in den Lkr. NM und FO, Muschelkalkdolinen der Unterfränkischen Platten). Analog verschwanden viele der kleinen Glazialhohlformen aus dem Landschaftsbild Südbayerns. Abraum und Abbruchmaterialien dezimierten auch manche kleine Kerbtälchen und Kleinst-Quellmulden, die die Ränder der Schwäbischen Riedel reizvoll aufgliederten (vgl. ZETTLER 1981).

Bachräumungsmaterial und anderer Aushub wurde in vielen Bachtälern zur Verfüllung der Hochwasserflutrinnen und Kolke benutzt. Moorbruchzonen, die man ebenfalls zu den hochinteressanten Geotopen rechnen kann, wurden mit Abraum verfüllt, wenn Erschließungswege vorhanden waren (z.B. Guts-wieser Tal/OA, Schönberger Moorbruch/WM).

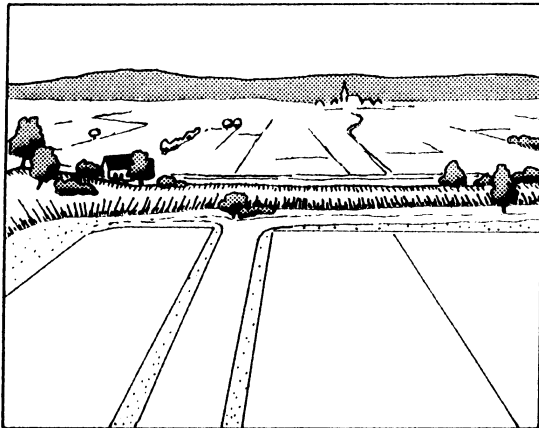
Reliefdeformationen lassen sich oft mit Händen greifen, dagegen werden Verkleidungen charakteristischer Oberflächenkonturen nur demjenigen bewußt, der sie noch im unverstellten Zustand erleben konnte. In der Hauptsache handelt es sich um Vegetations- und Baukulissen, die sich einhüllend vor oder über markante, nicht zu voluminöse Geotope schieben. Das ästhetische Ordnungsgefüge des Reliefs gerät insbesondere dort aus den Fugen, wo Fichtenblöcke, Neubausiedlungen oder Gewerbegebiete den Rahmen eines Hanges oder einer Erhebung sprengen. Nicht sehr hohe, in ihrem Verlauf und ihrer Kontinuität aber den Blickraum prägende Randterrassen und Kanten können durch unsensible Hang- und Hangfußaufforstung optisch völlig unterdrückt werden (Abb. A/2, S. 77).

Im Georelief wirkt der Mensch jedoch nicht nur zerstörend, abflachend und verhüllend, sondern auch bereichernd und hervorhebend. Manche Abbaustelle nagt Vollformen so von unten an, daß diese nicht "einstürzen", sondern durch Übersteilung noch markanter wirken. Als Beispiele seien einige wörtnitznahe Rieser Griesbuckel, der Flossenbürger Burgberg/NEW und der Epprechtstein/WUN genannt.

Durch Menschenkraft begrenzter Erz- und Gesteinsabbau früherer Jahrhunderte tat dem "Gesamtkunstwerk" der natürlichen Morphologie nur selten Gewalt an, er fügte ihm vielmehr viele bereichernde Elemente hinzu. In manchen Ecken Bayerns ist hier ein ganz eigenständiger, den natürlichen Rahmen nicht sprengender Formenschatz entstanden: die Pingen- und Stollenlandschaft des Kressenberges/TS, die z.T. kilometerweit eingegrabenen Erzgänge des Fichtelgebirges, die Schieferhalden des nordöstlichen Frankenwaldes, die Erzabraumkegel des Riedbodens bei Mittenwald, die Branntkalk-Wanderabbau der Albränder, die Grubenfelder (Goldwaschstellen) der Böhmerwaldbäche und des Hinteren Oberpfälzer Waldes, die anthropogenen Eisenerzschluchten des Neubeurer helvetischen Sandsteins/RO, die alten vernarbten Wetzsteinbrüche bei Hinterhör/RO, Unterammergau/GAP und Schwangau/OAL, der Alabastersteinbruch im Hochfellengebiet/TS, die Talränder säumenden alten Buntsandstein- und Keupersandsteinbrüche der südlichen Haßbergetäler und des Spessart-Maintales verleihen diesen Naturräumen ganz neue landschaftliche Züge.

Auch die technogenen Morphotope unserer Zeit müssen nicht immer den Gestaltwert der Naturlandschaft mindern. Die Flußtalhänge verschonenden Großsteinbrüche und Halden der Alb können die Morphologie und Biotopstruktur eher bereichern (Mörnsheim-Pappenheimer Steinbruchlandschaft/WUG, EI, Petersbucher "Marmor"-Brüche und -Halden/EI). Infolge des industriellen Granitabbaus sind bei Fürstenstein/PA und Metten in sich geschlossene Steinbruchlandschaften von eigenartigem Reiz entstanden. Dem Beispiel der schonenden Hochflächensteinbrüche sind andere Steinbruchbetriebe leider nicht gefolgt. Talflanken mit bedeutsa-

RICHTIG



Prägende Talrandterrasse

FALSCH

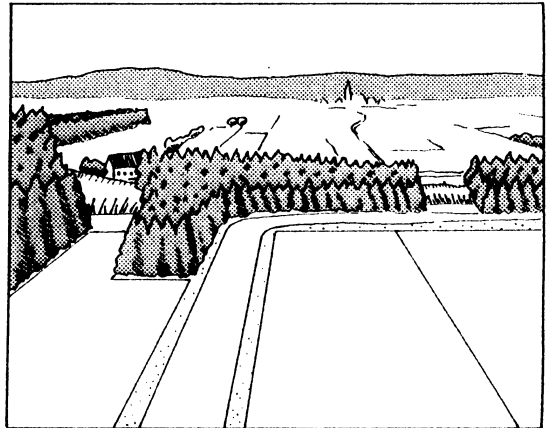
Aufforstung unterdrückt  
bestimmende Relief-Leitlinie

Abbildung A/2

Für viele südbayerische Randterrassen typische Fehlentwicklungen (z.B. mittleres Lechtal, mittleres Wertachtal, Schottertal bei Friesenried/OAL)

men Biotopen werden z.T. einschneidend unterbrochen (z.B. Karlstadt/MSP, Kupferberg/KU, Keilstein/R, Heuberg bei Nußdorf/RO, Vogllug/TS, Burgberg/OA, Etterzhausen im Naabtal/R).

Alle bisher genannten Veränderungen betreffen das schutzwürdige Geoelement selbst. Daneben gibt es aber eine Fülle indirekter Beeinträchtigungen, die das Objekt selbst unangetastet lassen, nicht aber dessen harmonische Einbettung in die Gesamtszenerie. Als Beispiele seien angeführt: Große Kiesgrube neben einer mittelgroßen Vollform oder Hohlform, die morphogenetisch nur in relativ ebene fluvioglaziale Flächen integriert sein kann (z.B.

Weitholz südlich Rechtmehring/MÜ), große Sandgrube bis an den Fuß markanter Binnendünen (z.B. Leinburg-Altdorf/LAU, Matthesmühle/DON).

Weniger auffällige nachgeordnete Zustandsbeeinträchtigungen, wie z.B. Intensivbeweidung, Verwachsenlassen und Verfüllung wichtiger Aufschlüsse, werden in den Teilen B - I erläutert.

Insgesamt ergibt sich in bayernweiter Sicht eine durchaus alarmierende Bilanz. Die Tatsache, daß die tektonisch-morphologische Großform der Landschaften kaum wegplaniert werden kann, entbindet nicht von einem sorgfältigen Umgang mit dem Klein- und Mittelformenschatz.

## A.2 Möglichkeiten für Pflege und Entwicklung

Im Zusammenhang mit "Geotopen" oder "geowissenschaftlich bedeutsamen Objekten" ist bislang fast ausschließlich von hoheitlichem "Schutz" die Rede (z.B. GRUBE 1993, LAGALLY 1993, HÄNDEL 1993, MEIBURG 1993). Fast unbemerkt bleibt, daß bei vielen, nicht bei allen, Geototypen der landschaftspflegerische Aspekt, d.h. eine adäquate Gestaltung und Nutzungsoptimierung sowie eine aktive Einbindung in das landschaftliche Umfeld von mindestens ebenso großer Wichtigkeit ist.

Geotope sind zwar klassische Objekte der "Naturdenkmalpflege" im alten preußischen Sinn (CONWENTZ 1904), aber nicht der Biotop- und Landschaftspflege von heute. Sie verkörpern nicht nur **eine** Schicht der Landschaft (z.B. das Gehölzsystem, die Vegetationsschicht), sondern sind mehrdimensionale "Baukörper" der Erdoberfläche mit allen geo- und biosphärischen Eigenschaften. Gefordert ist die **Landschaftsarchitektur** im umfassenden

Sinne. Vor allem anderen kommt es auf die Berücksichtigung solcher hervorgehobener Landschaftsteile in der Nutzungsentwicklung, Eingriffs- und Raumplanung an, erst in zweiter Linie auf objektbezogene Pflege- und Gestaltungsmaßnahmen. Morphologisch hervortretende Geotope dürfen nicht als speziell hingetrimmte Präsentationsobjekte aus dem Nutzungs- und Landschaftszusammenhang "herauspräpariert" werden. Ihre Gestaltungsziele sollten möglichst vielen Interessenlagen, landschaftsökologischen, erholungs- und fremdenverkehrsbezogenen wie agrar- und forstwirtschaftlichen, entsprechen. Der Idealfall wäre der völlige Verzicht auf ein von außen angestoßenes Management - so wie eine Feldkapelle oder ein Kreuzweg oftmals von den Dorfbewohnern **aus eigenem Antrieb** in Ehren gehalten und angemessen gestaltet und umpflanzt wird. Pflege und Entwicklung dürfen nicht von der notwendigen Motivierung, Informie-

rung und Mit-Engagierung der Anwohner gelöst werden.

Die Möglichkeiten für Pflege und gestalterische Optimierung erwachsen also zuvörderst aus der Kenntnis und Anerkennung einschlägiger Belange seitens der Landbewirtschafter, Kommunen, Eingriffsträger und Planer. Der gegenwärtig in der Bevölkerung erreichte Bewußtseins- und Kenntnisstand reicht dafür noch nicht aus. Wie bei allen heute eher nutzungshemmenden oder nutzlos erachteten Landschaftselementen (vgl. z.B. alte Kulturbiotope und gefährdete Arten) sind auch hier fachliche Anstöße und finanziell untermauerte Angebote zumindest vorläufig unverzichtbar. Einige Möglichkeiten der angemessenen Erhaltung und Folgegestaltung werden im folgenden in allgemeiner Form angesprochen.

**Kapitel A.2.1** diskutiert Pflegealternativen für einzelne Geotoptypen, **Kapitel A.2.2** (S. 82) stellt die Spielräume und gegebenenfalls auch Notwendigkeiten für das Sich-Selbst-Überlassen heraus. Inwieweit eine "Wiederherstellung und Neuanlage" beeinträchtiger Geotope möglich und sinnvoll erscheint, erörtert **Kapitel A.2.3** (S. 83). **Kapitel A.2.4** (S. 84) schlägt den Bogen zum biotischen Naturschutz: Es fragt nach der Vereinbarkeit und Maßnahmenübereinstimmung zwischen Geotop- und Biotopschutz. Auf das landschaftspflegerische Handeln bezogen empfiehlt es sich, drei unterschiedliche Wirkungsbereiche zu unterscheiden:

**Formen** (Reliefelemente, geomorphologisch ausgezeichnete Strukturen, morphologisch herausragende großtektonische Leitlinien) wirken aus der Nähe wie aus der Entfernung. Sie sprechen nicht nur den Wissenschaftler und Fachmann, sondern jeden Sehenden und auf Form Reagierenden an. Angesprochen sind alle Maßnahmen, Planungen und Nutzungsvorgänge, die die Architektur der Landschaft tangieren. Die betroffenen Flächen sind oft klein (z.B. Dolinen, Höhlen, Felsen), häufig aber auch beträchtlich (z.B. Eiszerfallsgebiete, "Vulkane"). Denn oft entscheidet das Vorfeld über das Erscheinungsbild eines interessanten morphologischen Objektes oder ganze Landschaftsteile bilden ein "Gesamtkunstwerk" mit besonderer Gestaltungsverpflichtung.

**Mineralogisch-petrographische, stratigraphische und feintektonische Besonderheiten** (z.B. seltene Mineralien und Gesteine, Gangmineralisationen, Klüfte, Verwerfungen, Überschiebungsgrenzen, Falten, Schubfetzen) sind vor allem ein fachliches Anliegen. Sie wirken in der Regel nicht aus sich selbst heraus auch auf den Laien, sondern erschließen sich meist erst unter kundiger Führung in bestimmten künstlichen oder natürlichen Aufschlüssen. Wissenschafts- und umweltdidaktische Überlegungen spielen bei Erhaltungs- und Pflegemaßnahmen eine größere Rolle. Die betroffene Fläche, oft besser "Stelle", ist häufig gering (Aufschlüsse) und optisch unauffällig. Viel weniger als bei den "Formen" kommt es auf den Einbezug des Umfeldes an.

Auch **Fossilfundstellen** (paläontologisch wichtige Objekte) sind Anlaufpunkte für einschlägig Interessierte (und durch blinde Sammelleidenschaft oft noch mehr gefährdet). Sie bedürfen als unersetzliche Naturarchive für die mittel- und langfristige Landeserkundung und geowissenschaftliche Forschung einer zuverlässigen Sicherung und zweckmäßigen Verwendung. Hier am ehesten begibt sich die Geotop-Pflege in die Nähe einer "Gestaltungssatzung". Man sollte dabei aber auch das nur unbedingt Nötige tun, denn das freudespensende Sammeln von Fossilien (wie Mineralien) bietet nicht nur die Urerlebnisse Suchen und Finden, sondern auch Naturkontakt und kann vertieftes Naturverständnis auslösen (LEITZ 1992).

Vielfalt und Heterogenität der Erscheinungsformen, ihre Gestaltungsdefizite und -möglichkeiten können erst in den Teilen B - I angemessen berücksichtigt werden. Im Folgenden werden lediglich zusammenfassende Hinweise gegeben.

### A.2.1 Pflege

"Pflegevorschriften" für gestalthafte Naturdenkmale wären den Pionieren des Naturdenkmalschutzes, so etwa R. GRADMANN, E. RUDORFF, H. CONWENTZ, O. FEUCHT, H. SCHWENKEL, A. MICHELER oder K. KRONBERGER noch kaum in den Sinn gekommen. Unter Naturdenkmalpflege verstanden sie im wesentlichen Erfassung, Schutz, Fürsorge, Weckung des Verständnisses und nicht Pflege mit Sense und Beil, Bagger und Mähraupe (MATTERN 1983). Sie begnügten sich mit hoheitlichen Sicherungsvorkehrungen und appellierten meist ohnmächtig an die Eingriffsparteien, doch sorgsam damit umzugehen. Diesen Wegweisern des geomorphologischen Naturschutzes war aber unvorstellbar, wie viele der ehemals ganz selbstverständlich gepflegten Geotope dereinst in einem "ungepflegten Winkel" landen und immer mehr aus dem Blickfeld entschwinden würden. Nur im traditionellen Bodennutzungsgefüge wurde den verblockten Wiesen, Steilhängen, auffälligen Kuppen und Kulminationspunkten, Buckelfluren und Schichtstufen eine form- und wirkungsgerechte Bewirtschaftung zuteil. Der Agrarumbau mit seinen Flächenstrukturveränderungen und seiner Arbeitsrationalisierung rückte sie aufs Abstellgleis, stempelte sie zu störenden und nutzlosen "Restflächen", wenn nicht gar zu Entsorgungsstandorten. Geotope sind/waren Standorte für die händische, nicht für die maschinelle Bewirtschaftung. So kam es, daß viele der einst prägenden Steinfluren, Felsbuckel, Buckelfluren, Terrassenkanten u. dgl. durch Aufforstung völlig den Blicken entzogen sind (vgl. KLEMENT 1950), daß kleine Hohlformen, ja sogar imposante Karstschächte, wie z.B. bei Gößweinstein/FO, (teil-)verkippt sind, daß seltene Geotope, wie die kleinen ackerumgebenden Serpentinithärtlinge (z.B. bei Hardt/NEW), die Gipshügel (z.B. Siebenhügel bei Marktrodheim und Hirtenhügel/NEA) oder die Kalktuff-Fluren (z.B. Grünbacherschwaige und Wörth/ED) auch als Deponien für gesteinsfremde Lesesteine oder Abraum dien(t)en.

In diesem Stadium befindet sich ein Großteil der Geotope Bayerns. Eine Suche nach neuen, passenden Bewirtschaftungs- und Pflegeformen oder eine Wiederbelebung früherer Gestaltungsweisen ist dringend angezeigt. Sicherung als flächenhaftes Naturdenkmal oder Landschaftsbestandteil ist also heute kein Ruhelassen für die erdkundliche Heimatpflege mehr. Pflege und Re-Integration in das moderne Landnutzungs mosaik ist gefordert.

Geeignete Vegetationspflege- und Grüngestaltungsmaßnahmen können "Morphotope" in ihrer Nah- und Fernwirkung steigern und von anderen Nutzungsbereichen abmarken. Zu unterscheiden sind dabei:

- direkte Pflege- und Gestaltungsmaßnahmen (auf dem erhaltungswürdigen Geotop selbst);
- indirekte Gestaltungsmaßnahmen (landschaftsplanerische Vorkehrungen und grüngestalterische Maßnahmen im Umfeld in bezug auf das Geoelement).

Dabei darf der Pflege-Eifer aber nicht auf jene Elemente übergreifen, bei denen es vor allem auf die Abwendung jeglicher Störung der natürlichen Dynamik ankommt, wo Landschaftspflege also auf Nutzungsverdünnung oder -freistellung hinwirken sollte (z.B. Canyons, Klammen, Quellkuppen, Tuffkaskaden, unbedrohliche Hangbewegungszonen, Grieße und Umlagerungsstrecken, Deltas). Siehe dazu auch [Kap. A.2.2](#) (S. 82).

#### A.2.1.1 Direkte Pflege- und Gestaltungsmaßnahmen

Geotopgerechte Gestaltung umfaßt sowohl die klassischen Pflegeweisen der auf dem Geotop befindlichen Biotoptypen als auch eine durchaus "normale" Landnutzung, die allerdings gewisse Rücksichten nimmt. Unter Umständen kann sogar Ackernutzung in einem bestimmten Schlagzuschnitt mit den speziellen landschaftsästhetischen Belangen eines Geotops vereinbar oder sogar förderlich sein. Einschlägige Fälle sind schmale Terrassenäcker an der Sonnseite eines Drumlins (z.B. bei Haunshofen/WM) oder am Unterhang eines Jura-Tales (z.B. Deuerlinger Hang/R, obere Anlauter/EI), rain-unterteilte Roggenäcker um granitische Zyklopenblöcke herum (wie z.B. W Beucherling/CHA). Bedeutsame Schicht- und Gesteinslokalitäten finden sich an vielen Stellen Bayerns nur in Äckern (z.B. die "Flädles"-Äcker des Rieses, "Belemniten"-Äcker der Albhochfläche, Bergkristall-Gänge quer über Ackerfluren des Fichtelgebirges bei Grünberg-Brandt/TIR). Wer die Erläuterungen zu Geologischen Karten von Bayern 1:25.000 liest, weiß, daß die Gebietsgeologen in Hunderten von Fällen ihre Gesteinsansprache ausschließlich auf Ackerleesteine, Hohlweganschnitte, Lesesteinhaufen am Rain und dgl. gründen konnten. Für solche Lesesteinbereiche ist extensiver Ackerbau empfehlenswert.

Zwar dient nahezu jede biotisch optimale Pflegemaßnahme (siehe andere LPK-Bände) auch der Geotop-Pflege, nicht zulässig ist jedoch der Um-

kehrschluß: Den erd- und heimatkundlichen Belangen angemessene Mindestgestaltung muß noch lange nicht lückenlos die Arten- und Biotopschutzerfordernisse erfüllen. So etwa kann eine mäßig intensive Beweidung unter Düngerverwendung durchaus zu einer formschönen Kuppe passen, dem Parallelziel "Erhaltung oder Entwicklung eines Trockenrasens" aber entgegenstehen.

Nur großzünftig geschnittene Geotopformen sind tragfähig für Bodennutzungsformen und -umwidmungen, die zu einer Veränderung der Oberflächenform führen können (z.B. starke Beweidung mit Viehtreppen- und Schlipfbildung, Grünland-Acker-Umwandlung, Flurstücksumlegung mit Veränderung der Erosionsverteilung). Terrassenkanten werden bei zu heftiger Beweidung sehr leicht abgetreten, Blaikenbildungen können die Folge sein (z.B. an der schönen Simssee-Randterrasse bei Thalkirchen/RO, verstärkt an den kleinen Seeton-Kerbtälchen im Salzburger und Rosenheimer Becken, so etwa bei Vogtareuth-Laiming/RO, Kirchanschörling/TS). Moderne Tiefpflugverfahren können reich und kleingliedrig bewegte Rückzugsmoränenstafeln Südbayerns zerstören. Landwirtschaftliche Kleinplanierungen verschleifen an unzähligen Stellen die landschaftstypische Klein- und Mittelmorphologie. Die durch Parzellenplanung unweigerlich entstehenden Ackerstufen können die natürliche Morphologie empfindlich querschneiden (z.B. südlich Haag/MÜ, bei Perchting-Landstetten/STA), wobei ihre agrarökologische Bedeutung als moderne "Agrotrope" nicht geleugnet werden soll (vgl. LPK-Band II.11). Angemessene Bewirtschaftung solcher Geotop(gesellschaften) kann Dauergrünland oder "Biotop" (Magerrasenwiederherstellung, extensive Streuobstwiese) bedeuten (vgl. LPK-Band II.1 "Kalkmagerrasen").

**Je kleinteiliger die zu sichernde Reliefform, desto enger wird die Palette geeigneter Nutzungen.** Reliefflegliche Bewirtschaftung kann in Buckelfluren, Flutrippelgebieten, Rutschbuckelhängen eine Beschränkung auf Mahd im Handbetrieb oder mit leichten Geräten bedeuten. (Zumindest mechanisch belastende) Beweidungsformen können hier die klassisch-regelmäßige Skulpturierung durch ein unregelmäßiges Weide-Kleinstrelief ungünstig überprägen. Trittschäden, z.T. als Trittschlipfe in Naßperioden und als Gangelbildungen, flachen allmählich das Wellenrelief ab. So geschehen im Buckelweidegebiet bei Hintersee-Antenbichl/BGL, an den Drumlins neben dem Roßhauptener Speicher/OAL, auf den ehemaligen Stierweiden bei Buching/OAL). Kleinerosionen nivellieren im Gefolge das schutzwürdige Kleinstandortgefüge (durch "Kryoturbation" = Frostverwürgung, Kleinverkarstung oder Fließerscheinungen hervorgerufene Mosaik in Bodenart, Humusform, Azidität und anderen Faktoren). Fleckenweise vernäbte Kleinformengesellschaften (z.B. die Anmoor-durchsetzten Buckelwiesen des Freibergsgebietes/OA oder des Ammergebirgsvorlandes/GAP, WM, OAL) reagieren nicht nur auf Rinderbeweidung, sondern auch auf Schlepper-Ladewagen-Befahrung mit unvermeidbaren Schäden in den vermoorenden Mulden. Schwere bodennah ar-



beitende Schlegelgeräte und Mähwerke können die kleinen "Bichela" (Buckel) regelrecht abscheren. Liegenlassen wäre hier immer noch die zweitbeste Lösung, falls Mahd mit Handgeräten nicht realisierbar ist.

Noch empfindlicher sind Quellschichten mit ausströmenden "Artesern" in unseren kalkreichen Schichtquellgebieten (z.B. E Stötten am Auerberg/OAL, Aichet/RO, Diesenbach im Surtal/TS, Mettenhamer Moos/TS, Bucher Moos/AÖ), bemerkenswerterweise aber auch in den Grundgebirgen (z.B. NE Dautersdorf/CHA, bei Münchzell nahe St. Englmar/SR). Hier kann nur noch händisch gemäht werden. Beweidung ist dagegen sehr geeignet in grünländlich durchsetzten Block- und Steinfluren, in denen ein Weide-Mikrorelief sich bestens in das natürlicherweise sehr unregelmäßige Georelief fügt (z.B. bei Diepoldsreuth und Bergnetsreuth/NEW). Gut und schadlos mähbar sind dagegen jene Streublockfluren, in denen die mühsame Entsteinung vieler Bauerngeschlechter zwischen den Riesenblöcken ebene Flächen geschaffen hat. Nirgendwo wird die Kraft periglazialer Verlagerungsprozesse besser erlebbar als in Gestalt dieser wuchtigen Erratika inmitten einer gepflegten Kulturlandschaft (z.B. Hagenau-Ettmannsdorf/R, Eidsberg und E Bernried/DEG, zwischen Obermühlbach und St. Englmar/SR, N Zell/CHA). Freilich tut hier auch Schafhüte- und -koppelhaltung der Geomorphologie keinen Abbruch (z.B. um den Teufelsstein bei Napfberg/TIR, blockreiche Grundstücke im Saldenburger Bergland/DEG, FRG, PA). Nur halbhoch aus dem Boden ragende Großblöcke werden durch hohe Grasbrachen und Verbuschungen sehr leicht verschleiert, wengleich der Biotopwert dadurch sicherlich nicht sinkt (Beispiele: zwischen Brennberg und Frankenberg/R). Ähnlich wirkungsmindernd ist die Verfilzung und Verbuschung bei nur 2-5 m hohen, gleichwohl markant aus Mooren aufragenden "Gletscher-Tumuli". So geschehen z.B. am Stockerweiher-Moor/TÖL, Nußberger Weiher/WM, bei den Gilgenhöfen/TÖL, im Wampenmoos/TÖL, am Hirschberg bei Pähl/WM, E Issing/LL). Nur eine Entfilzung und Wiederaufnahme der Mahd kann deren Reliefwirkung restituieren.

Besondere Relevanz haben Geotope für die **Bewaldungs- bzw. Neuaufforstungsplanung**. Über Geschmack läßt sich auch in der Landschaft streiten. Ein Minimum landschaftsästhetischer Rücksichten ist jedoch unabdingbar:

- "Filigran-Geotope" und Kleinformengesellschaften, wie z.B. fossile Flutkolk-Systeme (z.B. im Restgrünland bei Grüneck/FS), Buckelwiesen, Kleinstdolinenfelder, außeralpine Karren, Karstschlote (z.B. Staffelberg/LIF), Karstgrotten und Halbhöhlen (z.B. an den Griesbuckeln Heroldingen-Appetshofen/DON), grotesk ausgewitterte Klein-Dolomitriffe (z.B. im Trautmannshofener Hutanger/NM) und Rauhwacken-Felsköpfe (an vielen Stellen der Kalkalpen), Kleinkarst in paläozoischen Kalken an der Fränkischen Linie/KU oder Kalktuffhügelfluren vertragen keinerlei Aufforstung.

- Dasselbe gilt von bedeutsamen Naturaufschlüssen aller Art, also beispielsweise von auffällig ausstreichenden, lehrbuchhaften Schicht- und Formationsgrenzen und tektonischen Linien (z.B. Schwemmsand/Kalkstotzen-Grenze bei Ebermergen/DON, Tertiärkonglomerate auf Jura SE Egweil/ND, EI und am Hohlohberg/IN, Klifflinien des Molassemeeres), sowie von anthropogenen Aufschlüssen von besonderer Bedeutung (vgl. Teil B).
- Geotope, die ohne ein direkt anschließendes freies Vorfeld optisch verschwinden (z.B. fossile Flußhohlkehlen beim Schulerloch/KEH, bei Schirradorf/BT und im Wellheimer Tal/ND), vertragen keine Vorpflanzung oder massive Gehölzsukzession am Talrand.

**Je massiger eine Form, desto verträglicher ist sie für Raumstrukturveränderungen auf der Nutzungs- und Bewuchsebene**, falls diese sich dem geomorphologischen Rahmen unterordnen. Im Bereich schutzwürdiger orographischer Landschaftsgestalten ist aber bei Veränderungen der Waldgrenze stets größte Zurückhaltung und Behutsamkeit geboten. Verbindliche Gestaltungsrichtlinien würden allerdings zu weit gehen. Sie wären nicht nur unvollziehbar, sondern leisteten einem unerwünschten landschaftsplanerischen Schematismus Vorschub.

Prominente Großformen können auf verschiedenste Weise angemessen gestaltet werden/sein. Morphologiegerechte Bewuchs- und Gehölzmuster stimmen lediglich darin überein, daß sie die Verteilung der Reliefenergie nicht "vernichten" und "einebnen", sondern markieren und steigern sollten:

Kappen- oder halbkappenartig **aufsitzende** Waldstücke und Gehölze überhöhen eine Großform ebenso wie kulminationsnahe Einzelbäume, Baumgruppen oder durchsichtige Haine. Waldränder sollten abschnittsweise - aber nicht schematisch durchgehend! - auf die Höhenlinien abgestimmt sein. Ungünstig sind Neubewaldungen ausschließlich am Hang mit freier Kuppe, die den Hügelschwerpunkt rucksackartig "herunterziehen". Die Höhenwirkung bleibt am ehesten erhalten, wenn die Übergangsbereiche zwischen Ebene und Steilhang weitgehend frei bleiben (Abb. A/3, S. 81).

Im Folgenden werden noch einige zusammenfassende Hinweise zum Einsatz einzelner Pflege- und Gestaltungsweisen gegeben.

### Beweidung

Grundsätzlich sinnvoll, wo mit geringem finanziellem Aufwand eine stark reliefierte Landschaft offengehalten werden soll, wo Kleinrelief und bestimmte Untergrundeigenschaften sichtbar bleiben sollen (Gesteins- und Bodenfenster in Trittstellen, substrattypische Rasenvegetation). Im Extensiv- und Magergrünland (sowie in Extensiväckern) prägen sich Gesteins- und Bodenunterschiede in der Regel klarer aus als unter Forst oder intensiven Agrarkulturen. Beweidung ist unerlässlich, wo abrupte Kleinreliefgrenzen (z.B. Blockfüße) gut zur Wirkung kommen, d.h. sauber ausgefressen werden sollen.

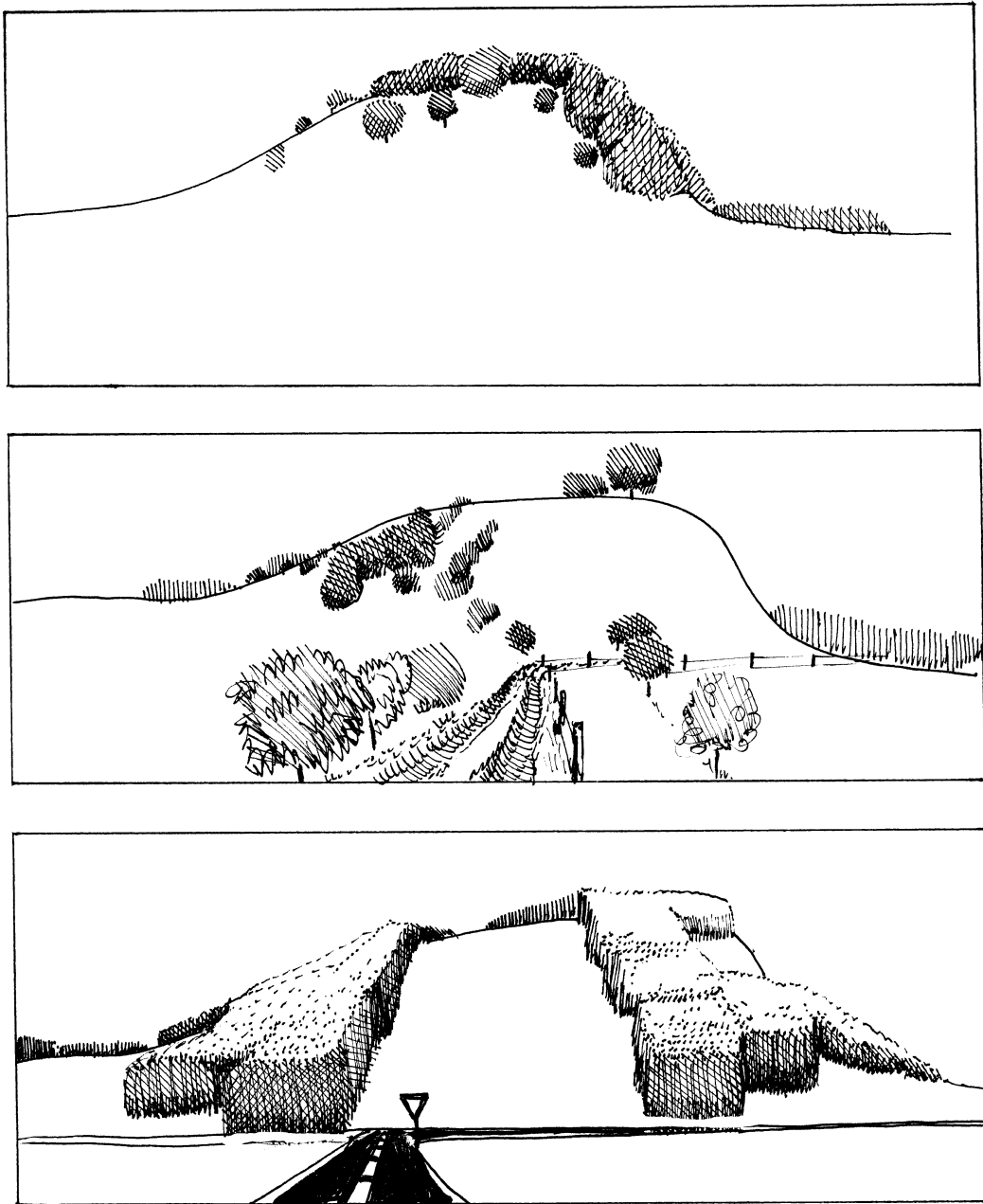


Abbildung A/3

Gehölz- / Bewaldungsstruktur überhöht (oben, Mitte) oder übertönt die Reliefenergie

### Abbrennen

In Bayern ist das Abbrennen sämtlicher naturnaher Flächen mit Rücksicht auf die Tierwelt generell verboten (Bekanntmachung des StMLU v. 30.07.90, Nr. 7879-618-23490). Zur ausführlichen Erläuterung siehe LPK-Band II.1 "Kalkmagerrasen".

### Anlage von Gehölzstrukturen (Feldgehölze, Hecken, Wald)

Zur reliefbewußten Anlage und Verwendung von Hecken und Feldgehölzen siehe LPK-Band II.12 "Hecken und Feldgehölze".

Wo größere Vollformen keine besonderen Felsbildungen oder andere aufsitzenden Kleinformen aufweisen, kann die "Erhabenheit" durch geschickt angeordnete zusätzliche Gehölzelemente und Bewaldungen erheblich gesteigert werden (siehe auch Kap. 4 im LPK-Band II.5 "Streuobst"). Damit können sowohl flache Höhenzüge (z.B. Oser) oder Geländekanten hervorgehoben, als auch eine Kontrastverstärkung zum Offenland hin erzielt werden.

Ein Kunstgriff zur Reliefüberhöhung ist die allmähliche Verdichtung und Vergrößerung der Gehölzelemente nach oben. Wo Strukturunterschiede des

Kleinreliefs betont werden sollen, ist allerdings von Gehölzvermehrung Abstand zu nehmen (z.B. schöne Kulturterrassierungen an Drumlins und Karsttälhängen, Hangbuckelfluren wie z.B. bei Marbach/WM und südlich Roßhaupten/OAL).

### Windwurf und Gehölzmanagement

Siehe LPK-Bände I "Einführung und Ziele der Landschaftspflege in Bayern", II.1 "Kalkmagerrasen", II.4 "Sandrasen", II.6 "Feuchtwiesen", II.9 "Streuwiesen", II.12 "Hecken und Feldgehölze".

Die Landschaft überragende Kuppen und Kanten sind besonders windwurf- und windbruchgefährdet. Ehemals naturschutzbedeutsame Heide- und Hutungsbiotope mit förderungswürdigen lichtliebenden Reliktartern können unter Umständen durch ein Sturmereignis wieder freigestellt werden (z.B. die Basalkuppen "Heidberg" und "Heiligenberg"/WUN). Eingewachsene, unsichtbar gewordene Felsgruppen (z.B. im bayerisch-sächsischen Grenzgebiet bei Ullitz/HO, im Inneren Oberpfälzer Wald bei Gleißenberg/CHA) können plötzlich wieder einsehbar sein. Wo sich entsprechende Vereinbarungen mit den Waldbesitzern bzw. Forstbehörden treffen lassen (wie z.B. bei Hohenberg/WUN geschehen), ist in Einzelfällen eine die Geotop-Wirkung verbessernde Erweiterung des Offenbiotopanteiles möglich und wünschenswert. Schaufauftrieb kann die Magerrasenregeneration, wie derzeit auf freigestellten Basalkuppen bei Hohenberg, fördern (FROHMADER mündl.).

Umfassendere Verbesserungsmöglichkeiten des geomorphologischen Erscheinungsbildes bietet die **Renaturierung von Sturmschadensflächen**. Bloßer Aufforstungsverzicht auf waldentkleideten Moränenkuppen, Jura- und Kristallinknocks sowie Bergkegeln aufsitzenden Felsfreistellungen (insbesondere südlicher Oberpfälzer Wald, Vorderer Bayerischer Wald) bringt ohne jeden Pflegeeingriff farblich abgehobene "Weißwälder" (birkenreiche Vorwälder) hervor, die die Auftragungswirkung unterstützen können.

#### A.2.1.2 Indirekte Gestaltung

Die landschaftsästhetische (und damit auch erholungs- und tourismusförderliche) Wirkung läßt sich in der Regel durch Landschafts- (und Vegetations-) Gestaltung im zugeordneten Sichtraum deutlich steigern. Neuangelegte Bewuchselemente können den Blick des Betrachters leiten, Formen abgrenzen, den ungeschulten Besucher auf wenig markante Reliefstrukturen hinweisen und anderes mehr.

Über die Regulierung der Bewuchshöhe können Reliefelemente visuell zusammengebunden oder separiert werden. Die Gemeinden können über die Instrumente "Landschaftsplan" und "Flächennutzungsplan" (Siedlungsentwicklung) ihren Geotopbestand sichern und optimieren.

#### A.2.2 Natürliche Entwicklung

Der Idealfall aus naturschutzpraktischer, landschaftsökologischer und wissenschaftlich-doku-

mentarischer Sicht ist es grundsätzlich, wenn ein erdkundlich hervorragender Landschaftsteil ohne Einbuße seiner geofachlichen und -didaktischen Wirkung der natürlichen Entwicklung überlassen werden kann, also auf geotopspezifische Sonderpflege oder Nutzung verzichtet werden kann. Dieses Ziel ist selbstverständlich bei Elementen wie Flußprallhängen, Schluchten, Blockhängen, Felsen, nassen Toteislöchern, Schuttfächern, Deltas, also Landschaftsteilen, deren Gestalt oder Aufschlußfunktion die ungelentete natürliche Dynamik geradezu voraussetzt. Die Herstellung von Rahmenbedingungen, die einen Nutzungs- und Eingriffsverzicht ermöglichen oder näherbringen, ist allerdings ebenfalls eine landschaftspflegerische Aufgabe und wird daher in den Spezialteilen B - I angesprochen.

Wie bei allen vom LPK behandelten Landschaftsausschnitten muß auch für Geotope der Grundsatz gelten: Soviel Pflegeverzicht wie möglich, soviel Pflege wie nötig. **Die Legitimation für geotopgerechte Nutzung/Pflege bzw. ungelentete Entwicklung ist indessen bei den einzelnen Geoelement-Typen völlig unterschiedlich.**

Bei "Geotopen" spielt neben der ungestörten Vegetations Sukzession auch das Gewährenlassen natürlicher Massenbewegungen, Auftrags-, Abtrags- oder Umlagerungsvorgänge eine große Rolle, soweit unabwendbare Gefahrensicherungsmaßnahmen nicht im Range vorgehen. Deutlicher als bisher ist zu unterscheiden zwischen

- (expansiv fortschreitenden) "Schadérosionen" bzw. gefahrdrohenden, progressiven Hangbewegungen und
- natürlicher Hang- oder Umlagerungsdynamik mit Fließgleichgewichtscharakter.

Letztere hält Aufschlüsse "frisch" (Anbruchflächen in "Dauerrutschzonen", Prallhänge usw.), zeigt Bewegungsmechanismen und kleintektonische Vorgänge (z.B. über viele Jahrzehnte aktive Moorbrüche). Geotopschutz hat neben statischen Elementen wie Felsen, Vulkankegeln usw. eben auch geodynamische Systeme zum Gegenstand, in denen morphogenetische Abläufe, Stoffverlagerungen und beschleunigte tektonische Prozesse ständig beobachtet werden können. Wie beim modernen Biotopschutz muß das Anliegen des Prozeßschutzes neben der statischen Status-Quo-Konservierung größeres Gewicht bekommen (vgl. SCHERZINGER 1991).

Geoökologischer Prozeßschutz ermöglicht aber auch die Neubildung von Geotopen bzw. verhindert deren Beseitigung und "Rekultivierung". Als Beispiele seien genannt:

- Dolinen, Karstschächte und Erdfälle, die sich im Jura und in den Bayerischen Alpen immer wieder neu bilden können (z.B. Karstschacht auf der Abergalm/RO);
- stetig sich emporwölbende Quellkuppen in Quellmooren und Quellhorizonten;
- sich neu bildende "Steinerne Rinnen" und Wasserfälle am Rand von wachsenden Kalktuff-Balkonen;

- durch Erdbewegungen aktivierte Bitumenaustritte (z.B. beim Tennisplatz in Bad Wiessee);
- durch außerordentliche Hochwasserereignisse neugebildete Flutkolke, -mulden und Aufsandungsbänke;
- Bergstürze und Hangabsatzungen, deren weitere Aktivität i.d.R. viel weniger Gefahren bringt als das Erstereignis;
- nach plötzlichen Hangausbrüchen am Hangfuß neugebildete Schwemmkegel (z.B. Rand des Murnauer Mooses bei Grafenaschau, Aualpe im Gunzesrieder Tal);
- immer wieder in den Alpen abgehende Sturzfelsen.

Gewisse Konflikte zwischen Geotoppflege und Biotopsukzession können sich an künstlichen Aufschlüssen ergeben. Will man aus geowissenschaftlicher Sicht Aufschlußwände und/oder Grubenböden möglichst vegetations- und verwitterungsdeckenfrei halten, so können aus biologischer Sicht mitunter die Sicherungsbelange seltener Steinbruchbesiedler wie Uhu, Wanderfalke oder wertbestimmender Pflanzenarten sekundärer Felsspalten-, Rasenband- oder Schuttgesellschaften entgegenstehen. Hier bedarf die Entscheidung "für oder gegen natürliche Sukzession" einer besonders sorgfältigen Prüfung im Einzelfall. Hilfestellung können die Hinweise über die zu erwartenden Sukzessionsabläufe in den Lebensraumtyp-Bänden (jeweils Kap. 2.2) geben. Zur Lösung des Konflikts wird sich vielfach die Differenzierung in Teilflächen (mit und ohne Sukzession) anbieten.

### A.2.3 Wiederherstellung und Neuanlage

Landschaftsprägende Reliefstrukturen und der geologische Untergrund haben sich in Jahrtausenden (z.B. Erdfälle, Terrassensysteme, Mäander, Dünen) bis Jahrmillionen (Vulkankegel, Felsenburgen, Wollsackformen) herausgebildet. Eine Wiederherstellung geschädigter oder zerstörter Objekte in menschlichen Zeiträumen ist daher im Regelfall nicht möglich. Vielmehr ist alles daran zu setzen, derart unersetzliche Naturgüter nicht weiter zu schmälern sowie gegebenenfalls ihre natürliche Weiterbildung zu ermöglichen.

Eine gewisse Chance bietet indessen das Laufenlassen rezenter morphodynamischer Prozesse, die irgendwann einmal zu Oberflächenformen führen können, die den Geotop-Status verdienen. In Ergänzung zu [Kap. A.2.2](#) (S. 82) sei hier daran erinnert, daß sich auf ehemals planierten Buckelwiesen allmählich durch Karbonatlösung eine sekundäre Buckelung herausbilden kann, daß in unseren Karstgebieten praktisch alljährlich neue Hohlformen entstehen, daß auch über alten Erzstollen gelegentlich heute noch Einsturzlöcher auftreten (z.B. bei Auerbach/AS) und daß Hangrutschungen immer wieder interessante Geotope verursachen.

Morphogenese, Hebung und Senkung, Ab- und Auftrag gehen, wenn auch meist unmerklich, weiter. Wo die menschliche Sicherheit nicht gefährdet ist, sollten aktuelle Ereignisse der Oberflächenformung, wie z.B. akute Hangbewegungen in seit jeher labilen

Zonen, neue Blattanbrüche, Uferanbrüche und Schwemmkegel, nicht **grundsätzlich** als Landschaftsschäden oder Katastrophen hingestellt werden, sondern als das genommen werden, was sie in vielen Fällen sind: unausweichliche Äußerungen einer langfristig angelegten natürlichen Dynamik.

#### A.2.3.1 Wiederherstellung

In bestimmten Fällen lassen sich Deformationen, Auffüllungen und andere Beeinträchtigungen von Geotopen (wenigstens teilweise) wieder beseitigen und die ursprüngliche Geländeform annähernd wiederherstellen. Überaus sinnvoll erscheint dies bei Elementen,

- die "lediglich" verschüttet, nicht aber in ihrer "subterranean Gestalt" zerstört sind (z.B. verfüllte Einsturzdolinen, Toteislöcher, interessante künstliche Aufschlüsse);
- deren ursprünglich wichtige Funktion im Landschaftshaushalt und Ressourcenschutz durch Fremdmaterialüberdeckung bzw. technogene Störung blockiert ist, aber mit vertretbarem Aufwand wiederhergestellt werden kann (z.B. zur Sicherung von Mühlenwasser plombierte Bachschwunden, abraumverfüllte wasserschluckende Dolinen, durch Wegebaumaterial teilweise überschüttete Karren in den Bayerischen Alpen, verfüllte kleinere Toteishohlformen).

In vielen anderen Beeinträchtigungsfällen scheint zwar die Morphologie rekonstruierbar, der typspezifische Untergrund und Landschaftshaushalt und das geökologische Beziehungsgefüge zu umliegenden Landschaftsteilen läßt sich aber nur schwer wiederherstellen, so daß Skepsis geboten ist. Solche Beispiele sind Rekonstruktionsversuche

- glazialmorphologisch bemerkenswerter teilabgebauter Esker (= Oser), so z.B. in Schleswig-Holstein und Mecklenburg bereits durchgeführt (GRUBE 1993, WANDSLEB mdl.);
- abgebauter Moränenkuppen (z.B. bei Bernhaupten/TS und Pienzenau/MB);
- eines durch Kiesabbau weggebaggerten bzw. verfüllten Toteisloches bei Wildsteig/WM;
- von "Ersatzdünen" im Sohlbereich einer Sandgrube (z.B. Offenstetten/KEH).

Die Grenze zur selbstzweckhaften fragwürdigen Spielerei wird indessen hier sehr bald erreicht. Ein formal noch so vorbildgetreu aufgeschütteter "Moränenbuckel" ist nur ein gutgemeintes Versatzstück, wenn das verwendete Aufschüttmaterial nichts mit dem Originalsubstrat und der spezifischen glazigen Schichtung zu tun hat und wenn die ursprüngliche morphologische Verbindung zu den stehengebliebenen Primärformen in der Umgebung verlorengegangen ist. Was durch unbedachte Abbaustandortplanung geopfert worden ist, kann nicht mehr durch Formenimitation bei der Rekultivierung gutgemacht werden. Dasselbe gilt in noch höherem Grade für Felsfreistellungen, Talwände, Abrißspalten am Weißjurauf und andere Elemente.

Bei der Räumung (teil-)verfüllter Hohlformen ist darauf zu achten, eventuell vorhandene natürliche



Dichtungsschichten, die den Wasserhaushalt vor der Verfüllung bestimmten, nicht zu verletzen oder zu durchstoßen. Dies betrifft Hülsen und ursprünglich wasser- oder moorerfüllte Dolinen, Toteislöcher, alte Bohnerzgruben (Jura), periglaziale Pingos (Vertiefungen, z.B. Spessart, Rhön) u.ä.

Räumungsaktionen sollten allerdings nicht nur, wie bisher, auf punktuelle Hohlformen beschränkt bleiben, sondern auch Klingen, Tälchen (vor allem deren oberste Endigungen im Ackerbereich) und kleine Bachquellmulden einschließen. Beispiele: bei Wald/MÜ, westlich Wifling/ED, Oberrothan/A, südlich Ottobeuren/OAL, Tälchen der Riedelplateaus bei Obergünzburg/OA.

Dort wo Übersättigungen von Quellhorizonten, Quellaufstößen und Kalktuffentstehungsgebieten wegen Vernässung des Schüttkörpers nicht die erhoffte landwirtschaftliche Nutzungsfähigkeit brachten, kann und sollte die Wiederabräumung der Deckschicht und die Regeneration des Quellgebietes erwogen werden. Beispiele: komplett abraumüberfülltes Tuffquellmoor bei Stetten nahe Bernau/RO, Druckquellmoor bei Schonstett/RO.

**Verbuschte** oder inzwischen verwaldete Geotope (z.B. Aufschlüsse, auffällige Reliefformen und Felsen, Dünen) können "wiederhergestellt" werden, indem störender Gehölzaufwuchs bzw. sonstige Vegetation entfernt wird. Dies setzt jedoch das Einverständnis aller betroffener Grundstücksbesitzer und Nutzer (z.B. Landwirte, Jäger, Fischer, Forstverwaltung) voraus. Maßnahmen und Hinweise finden sich in den LPK-Bänden II.1 "Kalkmagerrasen" und II.12 "Hecken und Feldgehölze".

### A.2.3.2 Neuanlage

Während die Anlage neuer Biotope aufgrund ihrer meist geringen historischen Bildungsdauer in vielen Fällen möglich erscheint, ist eine Neuanlage von Geotopen (Ausnahme: Aufschlüsse) nicht diskutabel. Es handelt sich um Formen mit oftmals langer, an Ort, Lage und Substrat gebundener Entwicklungsgeschichte. Eine einfache Nachbildung der äußeren Reliefform kann nicht als Neuanlage gewertet werden, sondern lediglich als Imitation.

Aus der Sicht der Landschaftspflege ist das Wiederzulassen dynamischer Prozesse oftmals sehr wünschenswert. Dies setzt die Neuanlage morphologischer Strukturen voraus und ermöglicht damit eine natürliche Weiterentwicklung der Landschaft.

Die Neuanlage von künstlichen Aufschlüssen kann an wissenschaftlichen und heimatkundlichen Gesichtspunkten ausgerichtet werden. Gezielt kann dies besonders in Bereichen mit wenig interessanten Lagerstätten gefördert werden. Durch gezielte Profilabgrabungen kann auch an interessanten Reliefstrukturen der interne Aufbau gezeigt werden.

Mit Hilfe einer gut geplanten Strategie zur Aufschlußsicherung und -anlage könnte ein geowissenschaftliches Informationsnetz geschaffen werden,

das den raumzeitlichen Wandel unseres Lebensraumes dokumentiert. Es wäre wünschenswert, Aufschlüsse an geowissenschaftlich interessanten Punkten gezielt anzulegen und mit einem "heimatkundlichen Lehrpfad" anhand typischer Einzelobjekte (Felsen, Magerrasen, Terrassen, Bäume etc.) eine Darstellung sowohl von Geotopen als auch von Biotopen gemeinsam zu versuchen.

### A.2.4 Geotope und Biotopvernetzung

Viele Geototypen spielen dank ihrer oft kettenförmigen oder linearen Anordnung auch im Biotopverbund eine Rolle. Markante Terrassenkanten, Schichtstufen, Wallmoränen, Fels- und Härtlingszüge und Taleinschnitte sind Rückgratstrukturen im Verteilungsbild vieler Arten und Pflanzengesellschaften. Als Trittsteine bei der Ausbreitung von Arten können aber auch inselförmige oder inselgruppenartig situierte Geotope Bedeutung erlangen.

Oft muß das "Vernetzungspotential" morphologisch und edaphisch herausgehobener Strukturen, ihre Eignung, räumliche Lücken in Populationssystemen und Art-Aktionsräumen zu überbrücken, erst durch bestimmte Maßnahmen geweckt werden. Als Beispiele seien genannt:

- Viele (Trocken)Täler der Frankenalb sind diejenigen Leitlinien der Karstlandschaft, an denen die Abstände zwischen Restheiden, Steinfluren, xerothermen Gebüsch und Trockenwäldern am geringsten sind. Gleichzeitig lassen sich aus den vormaligen Hutungen der Talhänge viel leichter und erfolgreicher artenschutzwürdige Trockenstandorte entwickeln als außerhalb der Täler. Was liegt also näher, als die Restitutionsstrategie für gefährdete Trockenstandorte und ihr Artenpotential auf solche Täler zu konzentrieren? Ähnliches gilt für viele Trocken- und Bachtäler der unterfränkischen Muschelkalkgebiete, für die Trockentäler der Alzplatte, je sogar für manche tiefgelegenen Grundgebirgstäler (z.B. Pfreimdtal bei Pfreimd, Schwarzachtal).
- Im Unterallgäu sind steile Schotterterrassenhänge mit naturnaher Bestockung (Fichte, Tanne, Buche) die letzten Relikte der potentiell natürlichen Vegetation. An den stellenweise austretenden Schichtquellen (Eschen- und Erlenstandorte) liegen auch nahezu alle Wuchsorte von *Cochlearia bavarica* (Bayerisches Löffelkraut). Beispiele hierfür finden sich im Tal der Oberen Mindel (westlich Reichartsried, nördlich Ronsburg/OAL), bei Ollarzried östlich Ottobeuren/OAL oder bei Katzbrui/MN (STROHWASSER 1993).

Die Revitalisierung der vielfach stark verlichteten Talhangwälder und der ebenfalls oft verlichteten sauberen Kaltwasserquellen wird sich sinnvollerweise an den genannten, auch als Geotope bedeutsamen Leitlinien orientieren.

### A.3 Situation und Problematik von Pflege und Entwicklung

Nahezu alle einschlägigen Bestrebungen geowissenschaftlicher Gremien sind bislang auf die Bestandessicherung geowissenschaftlich bedeutsamer Objekte gerichtet (FÖRSTER & FRANZ 1993, ANL 1982, LAGALLY et al. 1994 usw.). Die bei vielen Geotoptypen unter mitteleuropäischen Verhältnissen oft ebenso wichtige Pflege, Nutzungsanpassung und Nutzungsrücksichtnahme wird kaum angesprochen (vgl. aber z.B. BRONNER 1988, GERMAN 1982, MATTERN 1983). Diese Vernachlässigung des geotoppflegerischen landschafts- und nutzungsplanerischen Aspektes wird gefördert durch eine Verengung des Geotopschutzes auf geowissenschaftlich singuläre Einzelobjekte und ein Hintanstellen prägender größerflächigerer, nicht unbedingt einzigartiger Formen (vgl. die länderspezifisch recht unterschiedlichen Auswahlkriterien und Kartierschlüssel). Zwar ist die Bemühung geowissenschaftlicher Institute und Anstalten um die fachliche Zuständigkeit für den Geotopschutz zu unterstützen, dies entbindet allerdings nicht von der notwendigen Kooperation mit den Naturschutz- und Forstbehörden, den Wasserwirtschafts- und anderen Vollzugsorganen der Landschaftspflege sowie der naturschutzorientierten Landnutzungsförderung, insbesondere auch der Landwirtschaftsämter und Direktionen für Ländliche Entwicklung. Sonst besteht die Gefahr, daß man sich mit der bloßen In-schutznahme nach dem BayNatSchG zufriedengibt und notwendige Impulse für Nutzungsmodifikation, Pflege oder Nutzungsverdünnung unterbleiben.

In der derzeitigen Naturschutzpraxis haben explizit geotopbezogene Maßnahmen zwar bei weitem nicht die Bedeutung wie die Biotoppflege, doch laufen in allen Landesteilen Gestaltungs- und Pflegeaktivitäten, die vornehmlich das erdkundlich-morphologische Erscheinungsbild verbessern und zur Geltung kommen lassen. Aufwendige Räumungsaktionen in teilverfüllten Dolinen führte z.B. der Lkr. Eichstätt durch (STRASSER mdl.), ebensolche in Toteislöchern der Lkr. Mühldorf (KRAUSE mdl.).

Im Anschluß an die eingehenden Dolinen(zustands)aufnahmen der Wasserwirtschaftsämter Ingolstadt, Amberg und Bamberg wurden auch abwassertechnische Dolinensanierungen in Angriff genommen. Dazu gehören bessere Vorklärungen und die Erhöhung des Selbstreinigungsvermögens des Abwasserzulaufes vor Einleitung in das Karstloch.

In der Fränkischen Schweiz stellen die Landkreise Bamberg, Bayreuth und Forchheim wenigstens einen kleinen Teil der seit der Jahrhundertwende eingewaldeten oder eingeforsteten Felsen wieder frei. Ähnliche Maßnahmen wurden und werden auch in Block- und Felsfreistellungsgebieten der Grundgebirgsregion durchgeführt (z.B. Felsheide bei Stadlern/SAD, Serpentinithelhänge und -härtinge bei Grötschenreuth/TIR, an der Haidleite/HO, am Peterleinstein/KU).

Öffnungsaktionen verfichteter Wiesentäler, beispielsweise im Frankenwald (THOM mdl.), zielen eher auf das landschaftsmorphologische Erschei-

nungsbild als auf die Biotopwiederherstellung. Fast unzählbar sind die Säuberungs- und Abschirmungsaktionen in Jura- und Alpenhöhlen, sehr oft freiwillig von speläologischen Vereinigungen durchgeführt. Auch einzelne Erzstollen der Grundgebirgsregion waren Objekte praktischer Sicherungsmaßnahmen.

Nicht wenige Biotoppflege- und -gestaltungsarbeiten dienen gleichgewichtig oder zumindest im Mitnahmeeffekt auch der Geotoppflege. So etwa die Pflege der Buckelwiesen bei Mittenwald, Berchtesgaden und Pfronten, die Magerrasenpflege an Flußterrassen, auf Moränenkuppen, an markanten Schichtstufen (z.B. Hohe Wann/HAS, Marktbergel/NEA), die Pflege relativ kleiner, durch Sukzession rasch optisch verschwimmender Rundhöcker, Gletschertumuli oder fossiler Bergsturzüberreste (z.B. Hirschberg und Eichberg bei Pähl/WM, STA, Gilgenhöfe bei Lenggries/TÖL), das saubere Ausmähen bzw. Beweiden landschaftsgeschichtlich und morphologisch hervorstechender Tälchen (z.B. an der Würm S Gauting/STA, einzelner Trocken-tälchen bei Klais/GAP, am Weißensee/OAL, Trokentalrinnen bei Bechthal/EI), die aufwendige Mahd trockener Quellkalkbuckel und -wannen (z.B. Tuffhügel bei Wörth/ED, Langenauer Ried/GZ).

Angesichts des immer noch großen Pflegedefizits in Magerrasen, Streuwiesen und Feuchtwiesen spielen bei der aus finanziellen Gründen unumgänglichen Pflegeflächenauswahl auch geogene Ausstattungsmerkmale eine Rolle. So werden landschaftlich eindrucksvolle, felsbankdurchsetzte Talhangheiden häufiger gepflegt als Hochflächenheiden; durch Zyklopleinblöcke attraktive Zergstrauchheiden und Borstgrasrasen bieten offensichtlich größere Pflegeanreize als morphologisch einförmige Flächen. Unter den durch Vertragsnaturschutz begünstigten Feuchtwiesenresten befinden sich viele durch ein bewegtes Auenrelief herausgehobene Vorkommen (z.B. bei Deggendorf).

Unzählige wertvolle Geotope erhalten deswegen heute schon "die richtige Pflege", weil ihre morphologisch-edaphischen Besonderheiten naturschutzvorrangige pflegeauslösende Arten begünstigen, die anderen Biotopen desselben Typs fehlen. Hier beruhen die Managementkriterien also indirekt auch auf geogenen Merkmalen. Hierzu nur wenige Beispiele:

Alle Vorkommen des seltenen Steppen-Heideröschens (*Fumana procumbens*) in Bayern befinden sich in Trockenrasen mit speziellem Geotopwert: markante Juraschollen (z.B. Hutberg/R), steile Kastentalflanken und auffallende Felsleiten (z.B. Altmühltal), auffällige Aufschüttungsformen (z.B. Rosenu/DGF, Pürnnastheide/A).

Ähnliches läßt sich im Alpenvorland z.B. von der hier seltenen Küchenschelle (*Pulsatilla vulgaris*), von der Steppenaster (*Aster amellus*), vom Alpenquendel (*Calamintha alpina*) sagen: Die für diese und viele andere notwendigen extremen Standorteigenschaften sind nur auf Steilkuppen, Terrassenböschungen und Schmelzwasseralflanken gegeben,

die ausnahmslos dem hervorstechenden Geotopinventar zugerechnet werden müssen. Hier ließen sich viele weitere Beispiele auch aus dem Tierreich anschließen, z.B. Frankenapollo, Libellenhaft, Italienische Schön- und Deutsche Ödlandschrecke, Regensburger Heufalter, Äskulapnatter und Mauereidechse, Rotschenkel u.a.

Nur am Rande dem Naturschutz dienen Fremdenverkehrserschließungs- und Besucherlenkungsmaßnahmen in Felslabyrinthen, Felsburgen, Blockmeeren Nordost- und Ostbayerns, die oftmals auch mit Schäden verbunden sind (z.B. Luisenburg, Waldstein, Lusen, Arber). Vgl. hierzu auch die Erschließungsmaßnahmen in Klammern und Gletscherschliffen (z.B. Fischbach/RO, Weißbachtal/TS).

Eine von Jahr zu Jahr wachsende Aufgabe des Naturschutzes in den Mittelgebirgen und im Jura ist die Begrenzung, Steuerung und Zonierung des Sportkletterns an den Felsen (siehe Teil F). Ergänzend sei auf Steuerungsmaßnahmen für Fossilien und Mineraliensammler, auf Herrichtungsmaßnahmen in Aufschlüssen und Präparierungen wissenschaftlich interessanter Gesteinsoberflächen hingewiesen, die aber eher zur wissenschaftsinternen Betreuung von Dokumentstellen als zur Landschaftspflege gehören.

Die Ausweisung und Gestaltung geologischer Lehrwanderpfade und -routen, die mehrere auffällige Geotope und geogene Erscheinungen miteinander verknüpfen (WIEDENBEIN 1993 b), fällt im allgemeinen eher in den Bereich der Fortbildung und Fremdenverkehrsförderung. Beispiele: Geologischer Lehrpfad am Wendelstein/RO, MB, geologische Lehrroute im Naturpark Haßberge, Alpiner Steig im Laabertal/NM, höhlen- und felsverbindende Wanderrouen in der Fränkischen Schweiz, landchaftsgeschichtlicher Lehrwanderpfad um Issing/LL mit eigenem Führer (MICHELER 1959) und am Lechufer S Schongau.

Dieses vielfältige Tätigkeitsspektrum kann aber nicht über erhebliche **Handlungsdefizite** hinweg-

täuschen, die hier nur überschlägig und typübergreifend, in den Spezialteilen B-I eingehender gekennzeichnet werden sollen.

Viele markante Vollformen (Auftragungen), Kleinmorphologien und Hohlformen (Depressionen, Talformen) verlieren zunehmend an landschaftlicher Wirkung, weil

- die Rationalisierung der Landnutzung in den letzten Jahrzehnten zu immer größeren, homogen genutzten Flächeneinheiten führte, die immer weniger auf kleinere Reliefelemente zugeschnitten waren;
- prägende Versteilungen und bewegte Reliefabschnitte wegen ihrer arbeitswirtschaftlichen Hemmnisse und geringen Maschineneinsatzbarkeit immer mehr aus der Nutzung heraus und damit der Verbuschung oder Aufforstung anheimfielen;
- die Ablösung ehemaliger Handmäh durch Weidenutzung schutzwürdige Kleinreliefelemente nivellieren kann (z.B. Buckelwiesen);
- die Eigeninitiative von Landwirten, Verschönerungs- und Gartenbauvereinen und anderen Heimatschutzgruppen für die Pflege prägender Einzelschöpfungen, die Offenhaltung von Aussichtspunkten u. dgl. insgesamt eher nachläßt.

So kommt es, daß einstmals kulissen- und silhouettdominierende Reliefelemente wie Felsen, Moränenkuppen, Kessel, Trompetentälchen, kleine Basaltschlote, Inselgesteinshärtlinge, kleine Diabas-kuppen, Schichtstufen kleinerer Dimension vielfach immer weniger optisch hervortreten, daß Blockstreufuren immer weiter einwachsen, Buckelhänge verwalden, Buckelwiesen in einem hohen Grasfilz ihre berücksichtigende Reliefwirkung einbüßen, Steinriegel und Terrassenhänge unsichtbar werden.

Dort, wo die Biotoppflege nicht nebenbei auch zur Reliefverdeutlichung beiträgt, sind erhebliche Pflege-defizite aufgelaufen.

## A.4 Pflege- und Entwicklungskonzept

Wie sollen wir künftig mit unseren erdgeschichtlichen Naturmonumenten umgehen? Wo sind Pflegemaßnahmen erforderlich? Welche Fehler der Vergangenheit sollten auf keinen Fall wiederholt werden?

Darauf versuchen dieses Sockelkonzept und die Teilkonzepte für einzelne Geotoptypen bzw. Formengruppen eine Antwort zu geben. Die Konzeptteile der Teile A - I ergänzen sich. Für mehrere oder alle Geotoptypen gültige Empfehlungen werden nur im nachstehenden Sockelteil behandelt, sind aber natürlich auch für die Einzeltypen wichtig, obwohl sie dort nicht mehr gesondert dargestellt werden.

Am Beginn stehen einige Grundsätze für den geowissenschaftlich orientierten Naturschutz und die Berücksichtigung bemerkenswerter Reliefeile und Aufschlüsse in der Landschaftspflege und -planung

(Kap. A.4.1). Über einzelne Geotoptypen hinausreichende Gestaltungsleitbilder werden im darauffolgenden Kap. A.4.2.1 (S. 91) umrissen. Sie sollen nicht indoktrinieren, sondern geben lediglich Anstöße, die im Rahmen der charakteristischen Nutzungsdynamik eines jeden Teilraumes jeweils unterschiedlich umgesetzt werden können und sollen. Keinesfalls sind sie als verpflichtende Standards zu nehmen.

Die Konkretisierung der Pflege- und Gestaltungsmaßnahmen als Ausfluß der Grundsätze und Ziele ist Aufgabe der Spezialblöcke B - I. Im Sockelteil A sind nur verallgemeinerbare und knapp gehaltene Hinweise sinnvoll (Kap. A.4.2.2, S. 95). Dasselbe gilt für den Handlungsbedarf bei der Wiederherstellung (Kap. A.4.2.3, S. 97). Vorschläge zur Pufferung und Erweiterung sind zwar in den Biotoptypenbän-

den, nicht aber in bezug auf Geotope sinnvoll, da sie ausschließlich auf den biotischen Gehalt eines Erdoberflächenausschnittes bezogen sind. Freilich kann die Pufferung eines mit einer Geotopeinheit zusammenfallenden Biotops dem Geotop nicht schaden.

Wichtiger sind Aussagen zu "flankierenden Maßnahmen", die die Erhaltungs- und Pflegetätigkeiten auf dem wissenschaftlichen, administrativen und raumplanerischen Sektor umrahmen sollten.

#### A.4.1 Grundsätze

"Geotope" im Sinne des LPK sind punkt-, linien- oder inselhafte Landschaftsteile von besonderem geologisch-geomorphologischem Anschauungswert. Besonderheiten bzw. Grundzüge der Formbildung, des Gesteinsaufbaues, der Gebirgsbildung, teilweise auch frühindustrieller, mittelalterlicher und frühgeschichtlicher Abbauweisen werden hier leicht faßlich. Der Bedeutungs- und Informationsgehalt von Geotopen liegt also auf orographischem, petrographisch-stratigraphischem, tektonischem, paläontologischem und bergbaugeschichtlichem Gebiet.

Geotope sind Schulbeispiele für das Verstehen abiotischer Wirkkräfte und die Entstehung der heimatlichen Landschaft. Sie ragen oft prägnant und dominant aus ihrer Umgebung heraus (Naturmonumente), können aber auch recht unauffällig sein (z.B. hängende Altschotterreste im Main- und Altmühltal, geologisch bedeutsame Lesesteinäcker, Schubfetzen der Aroser Zone im Allgäu). Ihre visuelle und Zeugenfunktion setzt oft eine adäquate Gestaltung und Pflege des Geotop- (umfeld-) bereiches voraus.

Am meisten sperren sich wohl die glazialen Aufschüttungslandschaften mit ihrem weithin "interessanten" Formenspektrum gegen die Herauslösung von Einzelgeotopen. Aber auch hier schälen sich markante, d.h. bei relativ geringer Ausdehnung relativ hohe bzw. tiefe Voll- und Hohlformen, wie Kames, Kessel und Rundhöcker, klassisch geformte Endmoränen, Drumlins usw., aus dem Gesamtreilief heraus.

Selbst die morphologisch einförmigen, "geotoparmen", gealterten Erosionslandschaften aus weichem, gut ausräumbarem Material, wie z.B. das Tertiärhügelland, die Iller-Lech-Platten oder das Obermainische Bruchschollenland, enthalten da und dort auffällige Einzelerscheinungen wie etwa "Wachsende Steine" (z.B. DGF, LA), asymmetrische Seitentäler (z.B. ND, FS, LA), Quarznagelfluhbänke oder Blockfluren der Quarzrestschotter (PA), nagelfluhbewehrte Steilabbrüche und Talrisse (z.B. A, GZ, MN) oder geologische Orgeln (z.B. AÖ, M, MN, TS).

Weitere typische Geotoptypen sind in Bayern: prägende Basaltkuppen, meteoritische Einschlags- (z.B. Griesbuckel) und Verwitterungsformen (z.B. auffallende Härtlingsrippen, Felsfreistellungen, Blockhalden), isolierte bzw. erratische Gesteinsvorkommen (z.B. der Eklogit des Weißensteins/KU, Quarzkeratophyr- und Porphyriseln an der Fränki-

schen Linie und im Kemptner Land, Serpentinrücken, Amphibolit-Lesesteinfelder, isolierte Buntsandsteinbalkone bei Hindelang, Granitblockfelder im Wildfluschn bei Balderschwang), eiszeitliche Driftblöcke und Findlinge (die sich z.B. in Gestalt der "Nagelsteine" am Rottachberg und bei Schwarzenberg-Görisried/OA, OAL landschaftsprägend verdichten können), tektonisch-lithologisch oder paläontologisch bedeutsame Aufschlüsse und Leitlinien (z.B. der Pfahl), Karstformen (z.B. Gips- oder Nagelfluhschlotten, Dolinen und Höhlen) und Fließwasserbildungen (z.B. die Burgsandsteinschluchten des Spalter Hügellandes und des Reichswaldes, fossile Trompetentälchen, Kalktuffkaskaden).

Geowissenschaftlich herausragende Landschaftsteile sind nicht immer - wie etwa bei den fränkischen Gipshügeln oder Grenzdolomitbänken - mit wertvollen Biotopen deckungsgleich. Trotzdem verschrieb sich der Naturschutz schon vor dem Ersten Weltkrieg ihrer Erhaltung, Gestaltung und Pflege (CONWENTZ, SCHULTZE-NAUMBURG). In Oberbayern führten vor allem E. EBERS und A. MICHELER die erdgeschichtlichen Belange in den Naturschutz ein. Neben dem immer bedeutsameren Artenschutz muß die Pflege der erdgeschichtlichen Zeugen heute wieder stärker ins Bewußtsein gerückt werden. Gebietsweise zahlreich ausgewiesene geologische Naturdenkmale (z.B. in den Landkreisen BT, LL, WM, WUG; vgl. hierzu aber Baden-Württemberg, Sachsen und Thüringen!) können fehlende Leitbilder für geotopgerechte Gestaltung und Pflege nicht aufwiegen.

Die Abgrenzung schutz- und pflegewürdiger "Geotope" erfordert Mut zu nicht immer wissenschaftlich objektivierbarer Normierung - ebenso wie die Festlegung schutz- und pflegewürdiger "Biotope". "Geotop" wird ähnlich wie "Biotop" nicht als fachwissenschaftlicher, sondern naturschutzpraktischer Begriff gebraucht.

Neben den eigentlichen Geotopen (bis zu einer Größe von etwa 10 ha) weisen auch Naturraumeinheiten einen im Grunde unteilbaren Formenschatz mit erdgeschichtlichem Zeugencharakter (z.B. Drumlinfelder, Vulkanlandschaften, Eiszerfallgebiete, Schicht- oder Piedmonttreppen) auf. In diesen Fällen erfordert die **gesamte Landschaftseinheit** aufgrund eines durchgehend feingliedrig-bewegten Formenschatzes speziell angepaßte Landnutzungsformen. Zu den Reliefschongebieten zählen beispielsweise bestimmte Karstlandschaften (z.B. das gesamte Dolomitknockgebiet im oberen Pegnitzgebiet, die Hersbrucker Schweiz), klassische Jungmoränenausschnitte (z.B. die zerkesselten Issinger Randmoränen des Ammerseegletschers/LL, der Hohenfurcher WürmIIb-Moränenbogen/WM, die Reutberger Moränen/TÖL, das Kragenkamesgebiet Doblergraben und Wildenholzen/EBE), in sich geschlossene Nagelfluhrippenlandschaften der Faltenmolasse (z.B. Sulzberg-Ottacker-Rottach/OA, Senke-Illasberg/OAL, das Zyklopenblockgebiet von Brennbach/R oder die kerbtalzerfurchten Garser

Innleiten/MÜ und Adeleggabhänge/OA). Sowohl für Geotope als auch für Reliefschongebiete ergeben sich daraus die nachfolgenden Grundsätze.

Besonders bei Formen, die gegenwärtig einer Weiterbildung unterliegen, muß langfristig gewährleistet werden, daß der Bereich, der ihre Entwicklung ermöglicht, beeinflußt oder steuert, bei Planungen, Eingriffen und Veränderungen Berücksichtigung findet. Typische Beispiele dafür sind natürliche Instabilitätsbereiche von Hängen und Wänden, Auenbereiche, Moore, fluviale Akkumulations- und Erosionsbereiche (Flußbettdynamik).

**(1) Dem Verfall des Kleinformenschatzes Einhalt gebieten! Reliefschutz verstärken.**

Zerstörte Reliefqualitäten sind unwiderbringlich verloren. Wer vermöchte jahrmillionenlange Abtragungsprozesse, die Frostarbeit des Periglazialklimas oder gar die Eiszeiten zu imitieren?

Frühere Landnutzer entschädigten für bescheidene Geländeingriffe (z.B. den händischen Abtrag der "Bichela" im Ammergau oder der Felsbuckel im Vorwald) durch neugeschaffene Kleinreliefelemente an anderer Stelle (z.B. Ackerberge und -terrassen, Weidegangeln). Seit den 50er Jahren überwiegt aber der Verlust von Reliefqualitäten immer mehr. Tiefpflug, Abraumverfüllung, großmaschinelle Entsteinung, Sprengung von Knocks, zunehmende Kleinplanierung in Eigenleistung der Landwirte, aber auch Fichtenaufforstung mit Windwurf-Spätfolgen für das Kleinrelief und Abbau haben schon viel morphologisches Filigran entfernt (vgl. GERMAN 1975, HERINGER 1980, WALTER 1984).

Kleindünen wurden allein durch Pflugarbeit bis zur Unkenntlichkeit verschliffen (z.B. bei Neustadt-Mühlhausen/KEH) oder abgebaut (Parkstetten/SR), Schichtgrenzen ihrer Terrassenwirkung beraubt (z.B. Bleiglanzbank im Grabfeld), Flußsedimentationsterrassen und Altrinnen eingeebnet (z.B. Isental bei Ampfing/MÜ, Hagau/ND, Grüneck-Dietersheim/FS), Gips- und Querkalkhügel eingeeckert bzw. überbaut (z.B. südlich Nordheim/NEA, Gröbenzell-Lochhausen/FFB, Wörth/ED); ungezählte Tälchen, Quellmulden, Toteislöcher und Strudelkolke wurden zugefüllt.

**(2) Erdgeschichtliche Bildungsarbeit erleichtert Schutz und Pflege!**

Terrassenkanten, Nagelfluhruppen, Diabaskuppen, Granitköpfe und Endmoränenkuppen sind zwar für jedermann erkennbar. Interesse und Verpflichtung erwecken sie aber erst, wenn man um ihre spezielle Entstehungsgeschichte weiß. Dies gilt erst recht für "unansehnlichere" Erscheinungen, wie z.B. Aufschlüsse, Ausbisse seltener Gesteine oder tektonische Schichtgrenzen.

Entscheidende Grundsteine für eine wirksamere Pflege des erdgeschichtlichen Naturerbes legen Heimat- und Erdkundeunterricht, Erwachsenenbildungseinrichtungen, vor allem aber Führungen im Gelände. Wo entsprechende Aktivitäten von Naturwissenschaftlichen Vereinen, Volkshochschulen

und Einzelfachleuten fehlen, sollte die untere Naturschutzbehörde anregend wirken. Voraussetzung hierfür sind landkreisbezogene Inventarisierungen und eine gezielte Fortbildung der Naturschutzfachkräfte und Landschaftspflegeverbände, um einschlägige Studiendefizite auszugleichen.

**(3) Geotope und Reliefschongebiete landkreisweise inventarisieren!**

Mit erweiterten Erfassungskriterien sollte der GEOTOPKATASTER raschestmöglich auf ganz Bayern ausgedehnt werden (vgl. LAGALLY et al. 1994). Neben klassischen Inselementen, wie Aufschlüssen und erratischen Blöcken, sollten künftig auch Landschaftseinheiten mit durchgängig hochsensiblen Formenschatz (**Geotop-Verdichtungszonen** (= Geotop-Ensemble), **Reliefschongebiete**) ausgeschieden bzw. nachkartiert werden (vgl. RINGLER et al. 1979). Damit könnte ein dringend benötigtes Gegenstück zum ABSP im geowissenschaftlichen Naturschutz geschaffen werden. Angemessene Gestaltungsleitbilder ergeben sich aus der geowissenschaftlichen, morphologischen und landschaftsgestalterischen Inwertsetzung meist von selbst.

**(4) Geotope planerisch berücksichtigen! Erfassungsmaßstäbe weiterentwickeln.**

Unkenntnis, mangelnde geologische Vorbildung der Planer und mangelnder Kontakt zu Lokalexperten bzw. erdwissenschaftlichen Fachstellen ist die häufigste Ursache für die oft unzureichende Erfassung und Berücksichtigung erdkundlicher Zeugnisse in kommunalen und regionalen Planungswerken. Trotz teilweise mühsamer naturschutzfachlicher Vorarbeit (z.B. in der Region 18) herrscht leider auch in den bereits verabschiedeten Landschaftsrahmenplanungen erheblicher Nachholbedarf. Auch ein erweitertes GEOSCHOB-Programm kann nicht alle aus kommunaler Perspektive bedeutsamen Geotope ausweisen. Naturraumdifferenzierte Kriterienkataloge sind daher eine unerläßliche Ergänzung der Planungsgrundlagen.

Eine landesweit angemessene Berücksichtigung aller Geotope und Reliefschongebiete in den Flächennutzungs-, Bauleit- und Flurbereinigungsplanungen würde eine obligatorische naturschutzrechtliche Sicherung erübrigen (vgl. z.B. den Konflikt zwischen Dünenerhaltung und Baugebietsausweisung am südöstlichen Stadtrand von Neumarkt/Opf.). Ziel ist die Erhaltung der Landschaftsstruktur und der natürlichen Eigenart.

**(5) Der Wirkungsbereich "Geotope" reicht über Naturdenkmale hinaus!**

Geotopbezogene Gestaltung und Pflege erschöpft sich keineswegs in den bestehenden oder künftig auszuweisenden punktuellen oder flächenhaften geologischen Naturdenkmalen oder Klein-Naturschutzgebieten (vgl. RUDOLPH 1975). Insbesondere in den Reliefschongebieten, die keineswegs immer hoheitlich gesichert werden müssen, sind die Entwicklungsziele vor allem über größerflächige Ausgleichszahlungen an die Landnutzer anzustreben.

Geotope müssen durch einen ausreichenden Umgriff in ihrer Erscheinungsform erhaltungsfähig sein. Ein flaches Ackersoll (Mulde infolge Auswehung) ist beispielsweise erst durch seine Lage in einer größeren homogenen Fläche mit niedrigem Bewuchs oder aus der Luft (Luftbilder) infolge seiner unterschiedlichen Vegetationsvitalität erfaßbar. Das Soll allein gewinnt an Bedeutung erst durch seine Lage im lokalen Rahmen!

**(6) Formen vergesellschaftungen sollten als zusammengehöriges Ensemble gewertet und erhalten werden werden!**

Viele Einzelformen hängen in ihrer Aussagemöglichkeit und Wertstellung von ihrer näheren Umgebung (Formen, Lage) ab. Es drängt sich, wie im architektonischen Bereich, der Begriff eines Ensembles auf. Wie in Städten ein einzelnes historisches Gebäude möglicherweise noch nichts Bedeutendes an sich darstellen muß, so kann doch ein architektonisch einheitlich geprägter Straßenzug oder Platz etwas ganz Besonderes darstellen. Es gilt: Die Summe ist mehr als ihre Einzelteile. Realisiert ist dieser Gedanke in Bayern bereits an den Osterseen (Eiszerfalllandschaft) oder im Nationalpark Bayerischer Wald (Mittelgebirgsvergletscherung). Hier fehlen jedoch weitgehend noch auf die Geotopsituationen abgestimmte Pflegemaßnahmen. Auch wichtige Aufschlußsituationen fallen unter diesen Gesichtspunkt.

**(7) Repräsentative Teile von erdgeschichtlich stark geprägten Landschaften in zusammengehöriger Lage sind zu schützen und zu pflegen (Vorrangbereiche)!**

Ein Beispiel für derartige Ensembles sind die eiszeitlichen Glaziallandschaften von den Karen über die Trogtäler bis zur Zungenbeckenlandschaft sowie die sie umgebenden Endmoränenstapfeln und Schotterebenen. Es geht um die im Zusammenhang zu sehende Sicherung und Erhaltung von Teilen, die der eiszeitlichen Serie zugerechnet werden, wie Endmoränenstapfel, Seitenmoräne, Grundmoräne, sowie interessanter Reliefausschnitte und Aufschlüsse; zudem Schutz und Pflege von Sonderformen, z.B. Köchel, Molasseriegel (Faltenmolasse) und -reste (Hoher Peißenberg), sowie die Sicherung von Einzelobjekten, z.B. Toteislöcher, Drumlins, Kamesterassen, Eiszerfallsseen (Osterseen, Eggstätter Seenplatte), Schutt- und Schwemmschutfächer.

**(8) Geotope als Präferenzonen der Waldrenaturierung vorschlagen!**

Ein Großteil einschlägiger Objekte liegt im Wald. Die Forstverwaltung geht bei der Bewirtschaftung solcher Sonderstandorte teilweise bereits mit gutem Beispiel voran (z.B. laubwaldbegünstigende, zurückhaltende Nutzung im Bereich von Felsgruppen am Ebnetter Berg/LIF, am Hohenstein bei Coburg, am Altenstein-Lichtenstein/HAS, im Veldensteiner Forst/BT, südlich Hirschbach/LAU, AS). Bei sämtlichen Waldbewirtschaftern sollte für eine angemessenen naturnahe Bewirtschaftung der Kontaktzonen von Felsgruppen, Blockfeldern, Höhleneingängen u. dgl. geworben werden.

Grundsätzlich sollten die ohnedies wenig ertragreiche geowissenschaftlich wichtigen Waldsonderstandorte bei renaturierenden Umbau- und Neubeigungsmaßnahmen bevorzugt werden. Durch große Schneebrüche und Fichtenwindwürfe freigestellte Felsen und (Basalt-) Blockfelder (z.B. 1981 im ehemaligen Grenzstreifen bei Birx/NES, Februar 1990 zwischen Hof und Plauen) sollten keinesfalls wieder mit Fichte umpflanzt, sondern über Laubholznaturverjüngung zu relativ durchsichtigen Lockerbeständen entwickelt werden. Forstämter sollten auf solche Geotop-Standorte aufmerksam gemacht werden.

**(9) Staatliche Förderprogramme für die Geotop-Pflege nutzen!**

Die staatlichen Förderprogramme sollten künftig auch genutzt werden, um die Erschwernis bzw. Mindererträge durch eine geotopgerechte Bewirtschaftung auszugleichen. Insbesondere die grünlandbetonte und reliefchonende Pflege wildbewegter und gleichzeitig ackerfähiger Fluren, wie z.B. der Falkenberger und Flossenbürger Granitkuppengebiete/NEW, TIR, kleinzertalter, tertiärer Rumpfflächen wie im Kaussinger Granitmassiv/DEG, Stromtal-Saigengebiete (z.B. Obermotzing/SR, Eching-Kronwinkl/LA, Main-Regnitztal bei Viereth und Sassanfarth/BA, FO) oder Jungendmoränengebiete östlich Wasserburg/RO, Gars-Haag/MÜ und St. Christoph-Ebersberg/EBE, verdient Förderzuschläge. Förderfähig ist dabei nicht der Geotop als solcher, sondern der Mehraufwand für die Bewirtschaftung der darauf entwickelten Lebensräume (z.B. Magerrasen, Feuchtfelder usw.). Andernfalls folgt der Einebnung fast aller Bodendenkmale eine unaufhaltsame Nivellierung des kleinmorphologischen Formenschatzes in Acker- oder Acker-Grünlandgebieten. Sie ist z.B. im kleinkupierten Jungendmoränengelände und bei Kerbtälchen des Tertiärhügellandes oder der Lech-Iller-Platten schon in vollem Gange, bei Auenrinnensystemen und Buckelfluren schon fast abgeschlossen.

Flurumlegungen, Wege- und Gewässerpläne sollten den geomorphologischen Formenschatz respektieren!

**(10) Geotope und Reliefschongebiete sind Entwicklungsinitalien eines künftigen Biotopnetzes!**

Steilheit ist ein Naturschutzwert an sich. Auftragungen, Einsenkungen und Kleinreliefierungen hemmen intensivere Landnutzung, bilden edaphisch-kleinklimatische Sonderstandorte und sind für spezifische Biotopentwicklungen und viele gefährdete Organismen geradezu prädestiniert.

Über 6d 1- und Biotopkartierungen nicht erfaßte Artenpotentiale konzentrieren sich oft auf stark skulpturierte Zonen (z.B. blumenreiche Überbleibsel von Halbfettwiesen und Magerrasen auf Versteilungen jedweder Art, Kammseggen- und Meersimsenbänder in Flutrinnen innerhalb intensiver Fettwiesen). Flußferne Kalktrockenrasen gibt es in Südbayern fast nur noch auf Steilböschungen und auffallend steilen Vollformen, die auch erdgeschichtli-

chen Signalwert haben. Die Kartierung der "Steppeidewälder" in den Isar-Endmoränen durch HAFFNER (1941) zeigte deren strikte Bindung an besonders prägnante Kuppen, Toteishohlformen und Wälle.

Auch im Wald beherbergen die Geotope in der Regel relativ naturnahe, artenreiche, oft azonale Lebensgemeinschaften (z.B. Blockfluren und Felsformationen mit oft reichhaltiger, z.T. dealpin-subarktischer Moos- und Flechtenflora, die Balmenv egetation der Frankenalb, Inseln oder Bänder mit autochthoner Kiefer, Schneeheide, Mehlbeere und Orchideen-Buchenwäldern auf steilen Jungmoränenkuppen oder entlang der Terrassenkanten am Starnberger See oder im Osterseegebiet).

**(11) Steile und kleinreliefierte Flächen als effiziente Extensiv- und Ausmagerungsstandorte nutzen!**

Noch mehr als früher fallen heute die Steilhänge, die blockreichen und kleinreliefierten Flächen aus einer produktionsorientierten Agrarnutzung heraus. Sie sollten künftig der Entwicklung zu ungedüngtem Dauergrünland bzw. artenreichen Mager- und Trockenstandorten, teilweise in Verbindung mit Streuobst und eingestreuten Sukzessionsflächen, vorbehalten werden. Beweidung sollte hier möglichst über extensive Triftweidesysteme oder kurzzeitig hohe Besatzdichten erfolgen. Düngung würde die Erosionsanfälligkeit der Weidenarbe erhöhen. Wichtig ist die Ausmagerung aller Talrandversteilungen in extrem verarmten Ackerbaugebieten, z.B. im Gollachgau, im Unterbayerischen Hügelland, auf der Wern-Lauer-, der Landsberg-Meringer und der Alz-Platte.

**(12) Mit landschaftlichen Leitstrukturen im Siedlungsbereich besonders sorgsam umgehen!**

Walhalla und Befreiungshalle/R, KEH, die Kirchenhügel von Wollaberg/PA, Andechs/STA, Ruhpolding/TS und Holzhausen/TÖL, die Schloßberge von Niederhaus/DON, Donaustauf und Brennb erg/R, Hohenstein/LAU, Prunn/KEH, Kling/RO, Stampfl und Kraiburg/MÜ, der Rauhe und Kleine Kulm bei Neustadt/TIR, der Basaltkegel über Waldeck/TIR, der Rosenquarzfelsen in Pleystein/NEW, die Riffelsen in Tüchersfeld/BT und Kallmünz/R oder der Peters- und Schlüßberg bei Marktbergel/NEA sind hervorste chende Beispiele für Reliefelemente, die nicht nur die Landschaft, sondern ein kulturelles Ensemble prägen. Natur- und kulturbürtige Erlebnis inhalte überlagern sich in Kapellenhügeln, Kalvarienbergen, Burgställen, Burgbergen zu besonderen Höhepunkten der Landschaft. Nicht zuletzt die erdgeschichtlichen Kulissen machen manche Ortsbilder unvergeßlich (wie z.B. die Wasserburger Innleite, die Sichenhalde um Schongau, die Altmühlleite um Eichstätt, die Naturarena von Dombühl/AN, das über der Tauber thronende Rothenburg oder die reliefbekrönende Ausstrahlung von Virnsberg und Schillingsfürst/AN).

Was wäre Parkstein/NEW ohne seine "vulkanische Lage", Wartenberg/ED ohne seinen Nikolaiberg,

Falkenstein/R und Velburg/NM ohne seinen granit- bzw. dolomittfelsbewehrten Schloßberg, Köttel/LIF, Großenohr/FO, Pottenstein und Kleinziegenfeld ohne seine Wacholderhänge? Ortsbildprägende Geländeformen sollten gegen Verdeckung, Überbauung und Abbau geschützt und nach siedlungsästhetischen Leitbildern im Rahmen kommunaler Pflegepläne sorgfältig gepflegt werden. Alle freien vorgelagerten Sichträume um solche Reliefdominanten sind möglichst bebauungsfrei zu halten (wie es z.B. in Sulzbach-Rosenberg/AS, Flossenbürg/NEW oder Altmanstein/KEH zum großen Schaden der örtlichen Eigenart versäumt wurde).

**(13) Reliefbetonte Landschaften vertragen keine ungesteuerte Neuaufforstung und Sukzession!**

In markant geformten Geotop- oder Reliefschonbereichen sollten Neuaufforstungsanträge besonders sorgfältig unter Würdigung biologischer und erdkundlich-landschaftsästhetischer Erfordernisse geprüft werden. 6d-Flächen genügen hier keinesfalls als Ausschlußkriterium für Erstaufforstungen. Andernfalls drohen Sichtbarrieren den Blick auf visuelle Erlebnisräume und erdgeschichtliche Zusammenhänge zu verstellen (wie z.B. durch Fichten-Aufforstungen nördlich Pessenhausen/LL).

Aufforstungen am falschen Ort verzerren charakteristische Silhouetten. Beispielsweise leidet die typische Basaltkegel-Symmetrie des Waldecker Schloßberges/TIR unter einer gipfelnahen einseitigen Aufforstung.

Einzigartige Voll- und Hohlformen sollten vor endgültigem Zuwachsen bewahrt werden, z.B. Tumuli (= Hügelgräber) bei den Gilgenhöfen oder am Kogler Weiher/TÖL, Rundhöcker bei Pfronten/OAL und Tiefenbach/OA, Buckelwiesen südlich Klais/GAP, Keuper-Rinnensysteme nordwestlich Oberntief/NEA, Blockgebiete bei Stadlern/SAD, Brennb erg/R und im Girtnitztal/NEW. Verwaldete und damit "unsichtbare" Geotope sollten zumindest in regional bedeutsamen Einzelfällen wieder freigestellt werden (wie z.B. der obere Teil der Blockstromheide bei Kornbach/BT, die Serpentinikuppen Peterlesstein/KU und Kalvarienberg bei Winkelarn/SAD oder der Eklogitkopf des Weißenssteins/HO).

**(14) Dokumentation der erdgeschichtlichen Landesentwicklung!**

Dies setzt ein Konzept für die Erhaltung, Anlage und Pflege eines räumlichen Netzes von Aufschlüssen (natürlich und künstlich) voraus, das die gesamte Palette der Landschaftsentwicklung widerspiegelt. Diese Arbeit kann nur in einer gemeinschaftlichen Anstrengung von GLA, Universitäten und Einzel fachleuten (interessierte Laien, Hobbygeologen, -paläontologen etc.) geleistet werden. Auf wertvolle Aufschlüsse können keine allgemein akzeptierten ästhetischen Grundsätze Anwendung finden. Hier sind für Pflege, Erhaltung und Neuanlage vielmehr die fachlich-wissenschaftlichen Gründe entscheidend.

Es sollten drei Kriterien beachtet werden:



- Die Aufschlüsse sollen die geologische Entwicklung widerspiegeln;
- die Aufschlüsse sollen die biologische Entwicklung - soweit das vor Ort möglich ist - erfahrbar machen;
- die Aufschlüsse sollen die Entstehung der heutigen Landschaftsstrukturen und den inneren Aufbau von Formen (z.B. Drumlin) erkennen lassen.

Aufschlüsse müssen offen zugänglich sein; die Entnahme einzelner geologischer Handstücke oder Bodenproben ist in erforderlichem Umfang zulässig. Gelten spezielle Entnahmebeschränkungen (Fossilien, Mineralisationen), müssen diese vor Ort ausgewiesen sein. Besuchern sollte durch eine geologische Erläuterung zwar die Situation am Standort allgemeinverständlich dargestellt werden, Fossilfunde und Mineralisationen sollten jedoch nur allgemein angesprochen und deren Fundlage nicht näher bezeichnet werden, um einen umfangreichen "Abbau" zu vermeiden.

Bei Nutzungskonflikten im Bereich wertvoller Aufschlüsse muß zwischen erdgeschichtlichen und artenschützerischen Prioritäten abgewogen werden, wobei die Kriterien "Einmaligkeit" und "Ortsgebundenheit" besonders zu berücksichtigen sind. Dazu sollten mit der lokalen Situation vertraute Fachleute angehört werden.

Bei zeitlichen Einschränkungen des Zuganges zu Formen oder Aufschlüssen muß ein Katalog, ähnlich wie bei Kletterfelsen im Klettersport, dies allen Interessierten ausweisen.

#### **(15) Keine automatische Rekultivierung künstlicher Aufschlüsse!**

Künstliche Aufschlüsse im Verkehrswege- und Tagebau sollten nicht automatisch rekultiviert oder verfüllt werden. Hier gibt es teilweise Einblicke in den Gesteinsuntergrund, die nirgends sonst erschlossen sind.

#### **(16) Bei der Wiederherstellung von Geotopen keine unerfüllbaren Hoffnungen wecken!**

Grundsätzlich entziehen sich zerstörte Reliefelemente einer Wiederherstellung. Rekonstruktionsversuche früherer Voll- oder Hohlformen nach beendetem Bodenabbau wurden zwar da und dort unternommen oder geplant (z.B. ein künstlicher "Tot-eiskessel" südwestlich Wildsteig/WM, künstliche "Dünen" in Sandgruben nordwestlich Offenstetten/KEH, Pseudo-Seigen in den umgestalteten Runstwiesen an der kanalisierten Donau/SR). Meist bleibt es jedoch bei einer nicht vorbildgetreuen Auffüllung von Abbaustellen, die weder das alte Relief noch die Substratverhältnisse wiederherstellt.

Wie bei vielen alten Bauerngruben dürften derartige morphologische Relikte künftig interessanter wirken als z.B. völlig abgebaute Drumlins, die man notdürftig bis zur Hälfte wiederaufgefüllt hat.

Keinesfalls darf der Rekonstruktionsversuch ursprünglicher Geländeformen als Alibi für die Vernichtung aktuell oder potentiell wertvoller Sekundärlebensräume oder morphologischer Formen in Abbau- oder Haldenbereichen dienen.

### **A.4.2 Ziele und Leitbilder**

Wo die Pflege und Gestaltung erdkundlich bedeutsamer Landschaftselemente über den Biotoppflegebereich hinausreicht, betritt sie in der Regel Neuland. Geotopschutz und -pflege lassen sich meist nicht auf spezielle Naturschutzflächen mit geringen Nutzungskonflikten zentrieren, sondern durchdringen alle Ebenen raumwirksamer Nutzung, Planung und Gestaltung.

Der Umgang mit solchen Landschaftselementen und -teilen vollzieht sich in:

- angemessener äußerer Gestaltung des Elementes selbst, insbesondere der Vegetationsdecke;
- der Gestaltung des Vor- und Umfeldes;
- raum- und nutzungsplanerischen Rücksichten in Reliefschongebieten von größerer Ausdehnung.

#### **A.4.2.1 Leitbilder, Gestaltungs- und Pflegeziele für den eigentlichen Geotopbereich**

Eine wesentliche Vorgabe ist hierbei die "Dimensionierung" des erdkundlich wichtigen Ausschnittes. Klein-, Mittel- und Großformen bedingen unterschiedliche **Spielräume für die Bewirtschaftung und für Nutzungsveränderungen** (Abb. A/4, S. 92). Schutzwürdige **Kleinformengesellschaften**, wie z.B. Rutschbuckelflächen, Buckelfluren, Karst-dellenflächen und Flutrinnenfächer, sollten weitgehend offen bleiben und so bewirtschaftet werden, daß auch geringfügige Oberflächenveränderungen unterbleiben. In vielen Fällen bedeutet dies Mahd; im Falle unregelmäßig kleinstrukturierter Felsbuckelflächen, Blockstreuungen und Kleinkarstgebiete auch Extensivbeweidung. Gehölzsukzession und Erstaufforstung sind sehr sorgfältig zu prüfen. Intensive Bodennutzungsformen werden den spezifischen Anforderungen nicht gerecht. Alle angemessenen Bewirtschaftungsweisen haben "Pflegecharakter" und sollten nach Möglichkeit honoriert werden.

**Mittelgroße Geotopbereiche**, wie z.B. Flußterrassen, kleine Moränenkuppen, Felsbuckel, erfordern bei Veränderungen der Wald-Flur-Verteilung ebenfalls große Behutsamkeit. Falls mit den jeweiligen Biotop-Entwicklungszielen vereinbar, ist die Toleranz gegenüber mikroreliefverändernden Nutzungen (insbesondere Beweidung) aber größer.

Noch mehr Spielräume erlauben die geologisch und geomorphologisch besonders bedeutsamen **Großformen**, wie z.B. die Ries-Umrahmung, der Innere Kristalline Wall des Ries-Kraters, klassisch ausgeprägte Drumlins und asymmetrische Täler, arenaartige Wallmoränenzüge, Schichtstufentreppe, Zeugen- und Inselberge mit Jura-Resten (z.B. Hesselberg, Banzer Berge) oder Karsttäler. Aber auch hier ist bei anstehenden Bewirtschaftungsänderungen oder Umwidmungen größte Umsicht geboten (Zonen besonders sorgfältiger Prüfung von Aufforstungsanträgen, Relief- und Landschaftsschongebiete innerhalb der Landschafts- und Flächennutzungsplanung).



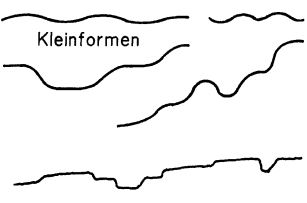
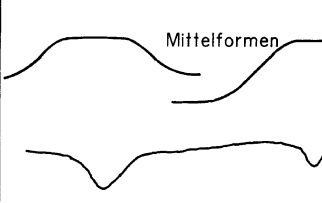
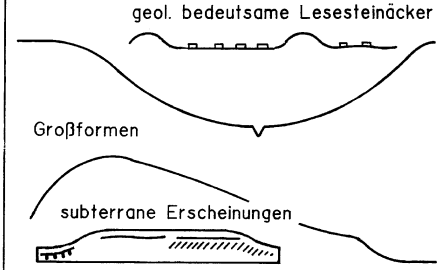
BEWIRTSCHAFTUNGSSPIELRAUM TOLERANZ FÜR NUTZUNGSDYNAMIK		
schmal	mittel	breit
 <p>Kleinformen</p>	 <p>Mittelformen</p>	 <p>geol. bedeutsame Lesesteinacker</p> <p>Großformen</p> <p>subterrane Erscheinungen</p>
<p>Ausschliesslich völlig Oberflächenstabile Bewirtschaftung (vor allem Mahd)</p> <p>Bewaldungsspielräume äusserst gering</p> <p>Schwerpunkt für "Pflege," Brache kann stören</p>	<p>Spielraum für Bewirtschaftung mit geringer Bewirtschaftung (z.B. Extensivbeweidung)</p> <p>Bewaldungsspielräume gering</p>	<p>Spielraum für Bewirtschaftung mit einer gewissen Oberflächendynamik (z.B. Beweidung, u.U. Schmalstreifen-Ackerbau)</p> <p>Behutsame kleinflächige Bewaldung möglich</p>
TABU FÜR BODENEINGRIFFE UND ÜBERBAUUNG		

Abbildung A/4

#### Unterschiedliche Bodennutzungsspielräume

Für alle drei Größendimensionen gilt: Der Erhaltung und Pflege traditioneller Extensivformationen (Hutungen, Heidewälder, Parklandschaften, Wiesmahdhänge, kleinparzellierte heckenreiche Ackertruppen, Hohlwegsysteme, streuwiesenartig genutzte Schichtquellhorizonte usw.) ist noch größeres Gewicht beizumessen als in anderen Landschaftsteilen. Vorhandene Wälder sind hier bevorzugt über die autochthone Naturverjüngung in optimal standortangepasste Bestände umzubauen. Im Falle charakteristischer **geologischer Schichtzonierungen** (insbesondere Keuper-, Keuper-Jura-Schichtstufentreppe, Molasse-Alteiszeit-Jungeiszeit-Schichtfolgen an Flußtal- und Beckenleiten) ist die traditionelle standortsensible Nutzungszonierung zu stabilisieren und gezielt zu fördern. Dies bedeutet unter anderem:

- neue Aufforstungen sollten nicht unregelmäßig über morphologisch ausgeprägte Schichtgrenzen hinwegspringen;
- Magerwiesen- und Magerrasenbewirtschaftung einschließlich Streuobst sollte wie eh und je die steiler und flachgründiger ausgeprägten Schichtglieder markieren;
- Bewirtschaftungs- und Pflegekonzepte sollten die horizontale Kontinuität entlang eines Schichtgliedes betonen;

- charakteristische Stufen, Balkone und Hangknicks sollten optisch betont werden;
- geologische Unterschiede abbildende Waldnutzungsweisen (z.B. Mittelwaldschwerpunkt auf schweren nährstoffreichen Gipskeuper-Schichtgliedern, magerer Eichen-Niederwald auf Schilf- und Blasensandsteinplateaus, Hutänger auf Estherientonen) sollten in ihrer charakteristischen Konfiguration gefördert werden.

Nicht nur die Dimensionierung, auch die Form-Ausprägung läßt sich nicht nach einzelnen Geototypen (Teile B - I) differenzieren. Bestimmte **morphologische Grundformen** kommen quer über die verschiedenen entstehungsgeschichtlichen Formengruppen hinweg vor (sie stellen also gestalterische Anforderungen, die nicht an bestimmte erdgeschichtliche Entstehungsweisen gebunden sind):

- markante Einzelerhebungen (z.B. steile Moränenkuppen, Vulkanformen, Griesbuckel im Riesbereich);
- große Geländeriippen (z.B. Pfahl, Härtlingszüge der Vorlandmolasse);
- einzelne markante Eintiefungen (z.B. Dolinen, Toteishohlformen);
- Stufen (z.B. Terrassenränder, Schichtstufen);
- kleinmorphologisch bewegtes Gelände (z.B. Buckelfluren, Rutschbuckelhänge, Seigenfächer in Hochwassergebieten).

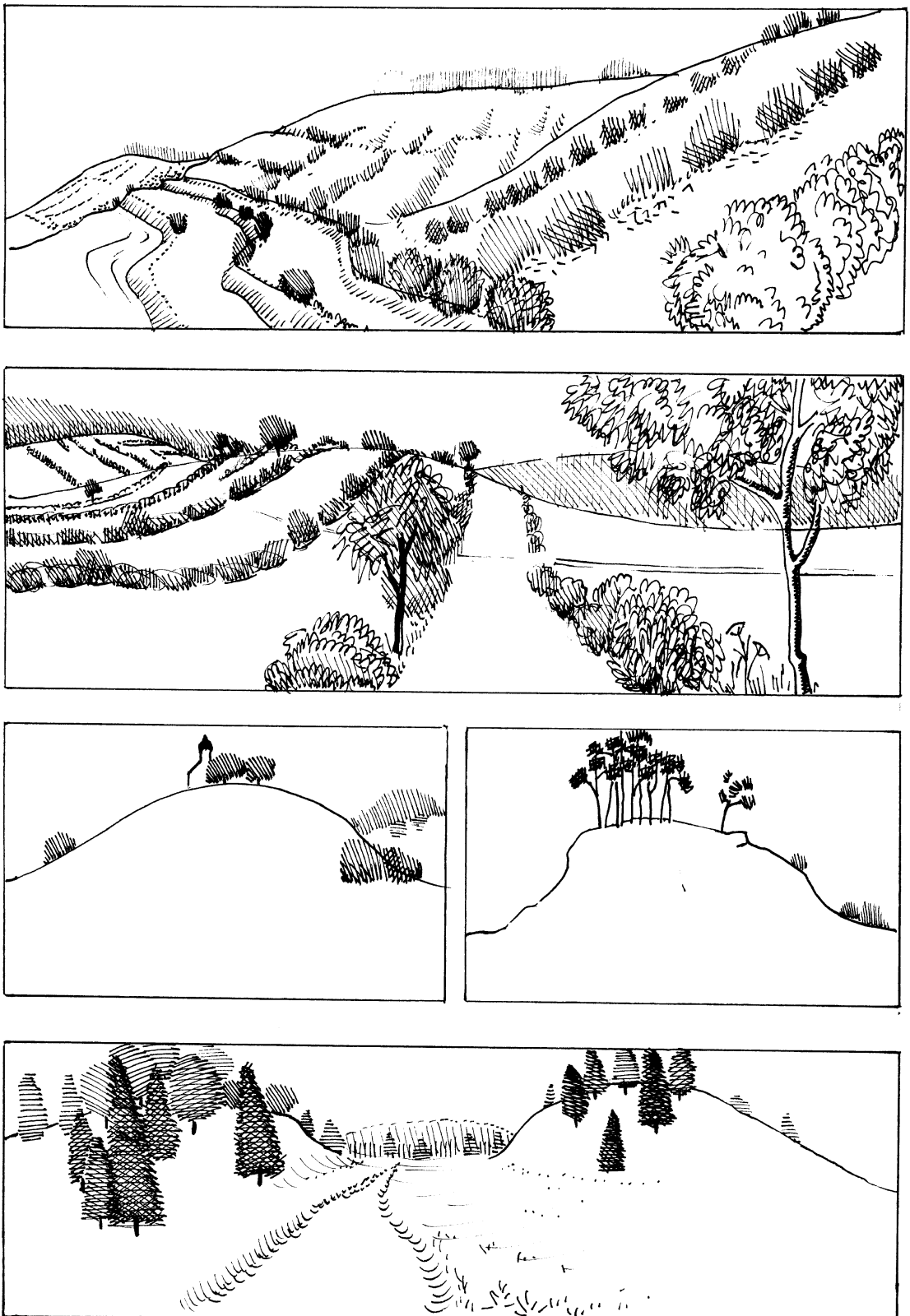


Abbildung A/5

#### Leitbilder für die Gehölzstruktur auf markanten Erhebungen.

Diese "Leitbilder", wie Gehölze die Landschaftsform hervorheben, sind nicht als Bepflanzungsrezepte zu verstehen. Wo eine derartige Stimmigkeit noch herrscht, ist äußerste Behutsamkeit in Planung und Flurbereinigung geboten. Die Darstellungsbeispiele gehen über klassische Geotope deutlich hinaus.

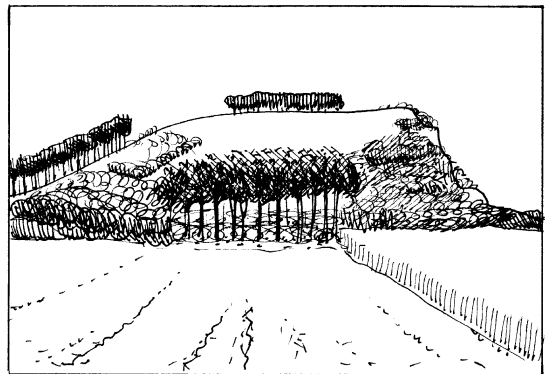
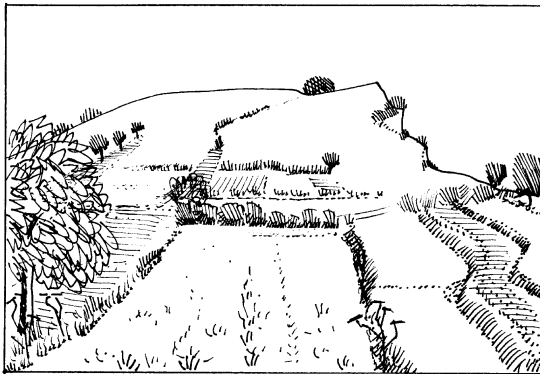


Abbildung A/6

### Nutzungsverzahnung zwischen Vollform und Umgebung

Größere, landschaftsprägende Härtingsformen der Schichtstufenlandschaft sollten in Form eines Kulturgradienten mit der umgebenden Nutzlandschaft verzahnt sein (links). Beseitigung der Kleinparzellierung und Aufgabe extensiver Nutzungen haben dieselbe Vollform von der Kulturlandschaft isoliert (rechts).

Markante Einzelerhebungen wirken am prägendsten, wenn sie einerseits in ihrer Vegetationsgestaltung von der Umgebung abgehoben, andererseits aber in ihrer Konturlinie nicht vom Bewuchs (völlig) verdeckt sind. Wälder bzw. Neuaufforstungen steigern die Reliefwirkung am meisten, wenn sie nicht deckungsgleich mit dem Hangfuß abschließen, sondern Teile der Konturlinie freilassen. Abb. A/5 (S. 93) faßt einige Gestaltungsleitbilder, wie sie an vielen Stellen seit altersher verwirklicht sind, anschaulich zusammen.

Die horizontale Konturierung einer Aufragung gewinnt beispielsweise durch:

- locker über die Kuppe (den Bergkegel) verstreute Gehölze, die die Silhouette zumindest durchschimmern lassen;
- bebuschte Rankensysteme;
- markante Solitäräume auf dem Kulminationspunkt;
- nicht zu dichtmaschige Hage und Hecken, die sich über die Ristlinie hinwegziehen.

Die Flur- und Schlagstruktur sollte prägnante Vollformen nicht völlig vom landschaftlichen Sockel isolieren, sondern möglichst verzahnen (s. Abb. A/6). Es empfiehlt sich, das (Mager-)Grünland des Kuppenstandortes möglichst etwas ins Vorland "hinauszuziehen".

Herausstechende Aufragungen verdienen nicht nur eine ihrer morphologischen Prominenz angemessene Grünstrukturierung, sondern sind auch meist für die im jeweiligen Naturraum magersten und wärmebedürftigsten Vegetationseinheiten prädestiniert.

Im Wald sind dies basische oder bodensaure azonale Trocken- oder Heidewaldstandorte (z.B. Besenheide-Kiefern-Birken-Eichenwald auf den stark verharteten Kuppen der Granitzersatzgebiete/PA, DEG, SR, NEW, TIR, Orchideen-Buchenwald und Schneeheide-Kiefern-Buchenwald auf Moränenkuppen in den Wäldern des Isar-Loisach-Hügellandes/TÖL, WM, STA, FFB, lichte Eichen-Kiefern-Birkenwälder auf den

Burgsandsteinkuppen des Nürnberg-Erlanger Reichswaldgebietes).

Im Offenland sind die auffallenden Kulminationsstandorte Vorzugsstandorte für die Wiederherstellung naturraumgemäßer Felsheiden, Magerrasen und Magerwiesen, einschließlich magerer Streuobstwiesen.

In den letzten Jahrzehnten zugewachsene, aufragende Dünen, Insel- und Sondergesteinsstandorte mit Relikten ihrer früheren schutzwürdigen Heidevegetation sind vordringlich freizustellen (z.B. Eklogit des Weissensteins/HO, Serpentinikuppen, Kalvarienberg bei Winklarn, Peterlesstein/KU - siehe Abb. A/7 - Dolomitarkoserücken im Raum Nürnberg-Fürth, Dünen bei Neustadt/KEH und Sandzell/ND.

Große Geländerippen können manchmal über viele Kilometer das Landschaftsbild dominieren (z.B. Eschenberg-Illasberg-Senkele-Molassezüge/OAL, Serpentinithärtlinge bei Schwarzenbach/HO, Pfahl bei Viechtach/REG). Im Prinzip können alle Gestaltungsleitbilder für Aufragungen (s.o.) Anwendung finden. Wichtig ist aber hier eine gewisse durchgängige Einheitlichkeit der Nutzung und Gestaltung entlang der geologisch-morphologischen Leitlinie.

Abschließend wird der räumliche Zusammenhang von Orographie und Waldverteilung an einer fiktiven Moränenlandschaft veranschaulicht (Abb. A/8). Sicherlich sind intensiv genutzte Hügellandschaften kein freies Gestaltungsterrain des Landschaftsarchitekten.

Trotzdem eröffnet die agrarstrukturelle Dynamik unserer Zeit, die auch die alten Wald-Freiflächen-Muster wieder in Bewegung bringt, neue Spielräume für eine morphologiebewußte Landschaftsgestaltung. Einige einfache Grundregeln der Landschaftsästhetik, die die Unverwechselbarkeit und Attraktivität von Erholungs- und Fremdenverkehrslandschaften betonen, sind in diese Abbildung integriert.

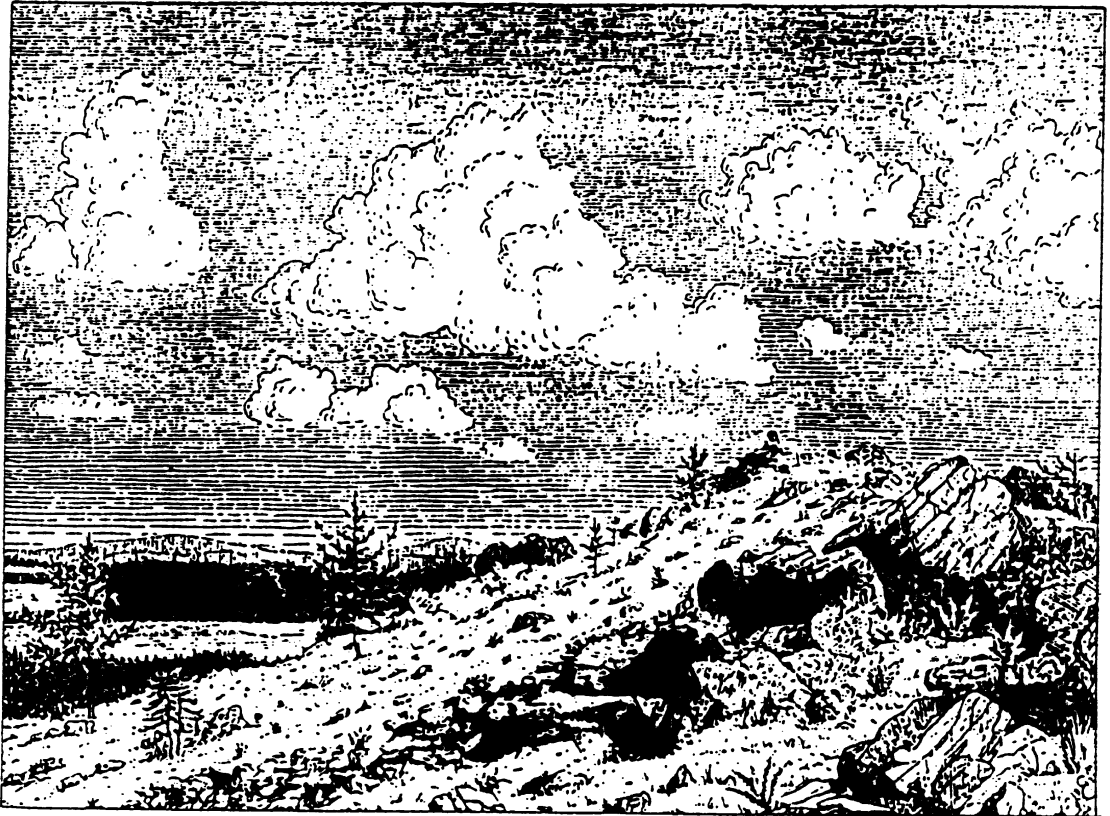


Abbildung A/7

Der Vorkriegszustand des Peterlessteins bei Kupferberg/KU als Leitbild für die künftige Gestaltung

#### A.4.2.2 Pflege- und Sanierungsmaßnahmen

Geotope erfordern nicht unbedingt von der Umgebung abgehobene Pflegemaßnahmen. Sie unterliegen oft den im jeweiligen Natur- und Bewirtschaftungsraum traditionell und aktuell gebräuchlichen landschaftsgestalterischen Aktivitäten der Land- und Forstwirte, der Straßen- und Gewässerpflege, ja sogar der Dorfrand-, Siedlungs-, Park- und privaten Gartengestaltung (Buckelwiesenreste, Findlinge, Silikatblöcke, Felsen, ja sogar Basaltkegel und Erzpingen befinden sich regelmäßig innerhalb von größeren Gartengrundstücken, von Schloßanlagen und im Weichbild von Siedlungen!).

Nur in Ausnahmefällen sind ausschließlich auf den erdkundlichen Tatbestand bezogene Maßnahmen, wie z.B. das Freilegen wichtiger Aufschlüsse, die Verwitterungsimprägnierung von Gletscherschliffen (z.B. Fischbacher und Weißbacher Gletscherschliff) oder das "Abkratzen" von Felsen, angezeigt. Grundsätzlich sollte das Präparieren und punktuelle Ausgestalten gegenüber der Integration in allgemein landschaftsschonende Nutzungen zurückstehen. Sogar die "Aufschlußpflege" würde durch ein Mehr an dezentralen Kleinsteinbrüchen und -kiesgruben an landschaftlich unbedenklicher Stelle nach früheren Vorbildern weitgehend entbehrlich. Das Netz geologischer Informationspunkte würde sogar verdichtet.

Bei vielen Geotopen geht es andererseits nicht um das Etwas-Tun, sondern eher um den Verzicht auf bzw. Rückzug bestimmter beeinträchtigender Nutzungen (naturnahe Täler, Durchbrüche, Sedimentationsflächen, Auen, Schutthalden usw.).

Nachfolgend werden Behandlungshinweise gegeben, die sich jeweils auf mehrere Geototypen verallgemeinern lassen. Dabei schreitet die Darstellung vom Ausnahmefall zur typischen Situation, von der ausschließlich geotopbezogenen Handlungsweise zum integralen Nutzungskonzept fort.

##### A.4.2.2.1 Freilegung des Untergrundes, Entfernen der Vegetation

Freistellungsmaßnahmen sind auf besonders begründete Sonderfälle (siehe unten) zu beschränken und stets unter fachlicher Anleitung auszuführen ("geologische Pinzetten-Pflege"). Sie sind punktueller Natur und streng auf das Objekt zu begrenzen. Das Abschrubben ist grundsätzlich - selbst an den für Mineralien- und Gesteinsbewunderer verführerischsten Stellen - abzulehnen, weil es stets Mikroorganismen (z.B. Steinalgen), Flechten- und/oder Moosvereine zerstört. Dagegen kann das händische Abtragen von Streuauflagen und Grasfilzen notwendig werden, insbesondere an Felsgeotopen mit hoher artenschutzfachlicher Bedeutung (z.B. zur Restitu-

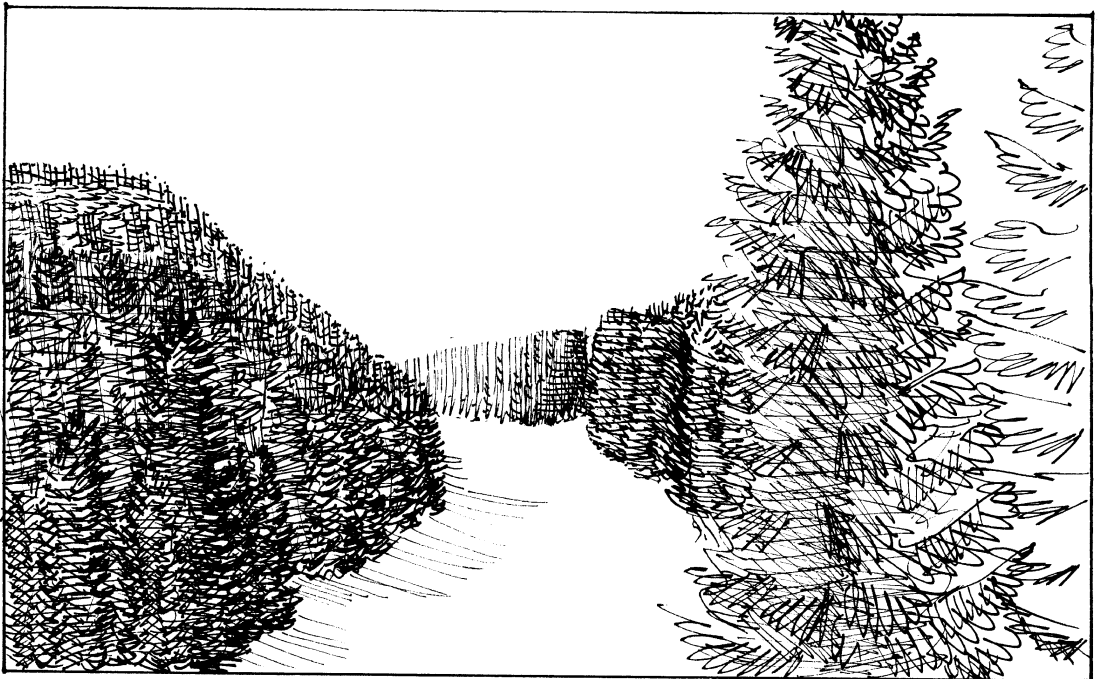
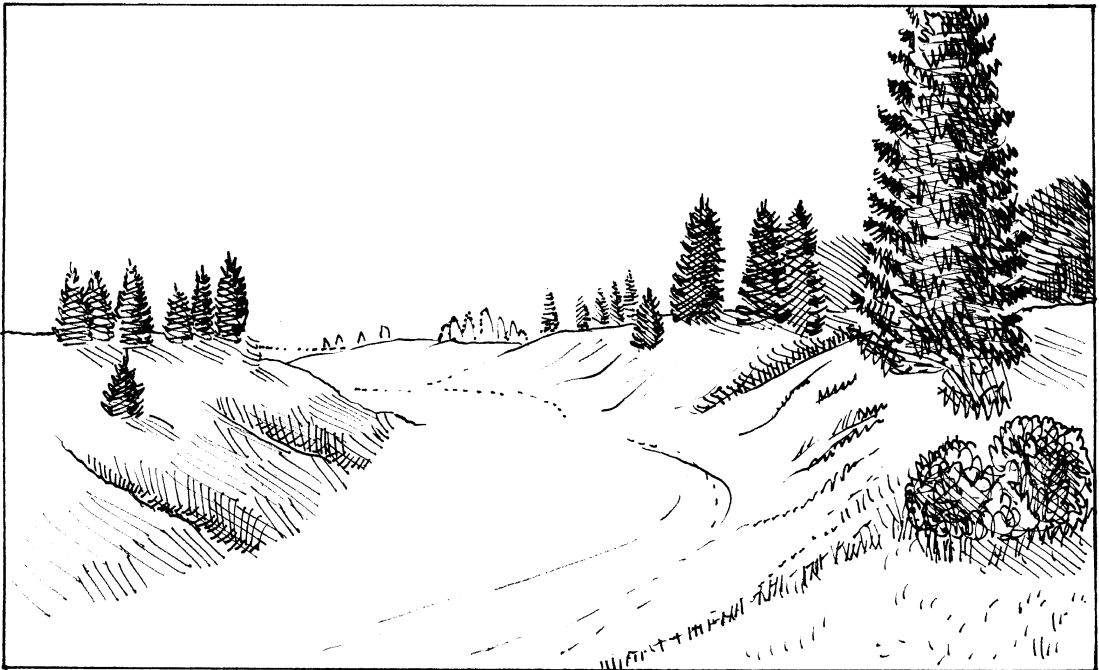


Abbildung A/8

**Leitbild für Hohlformen am Beispiel der Schmelzwassertäler in den schwäbischen Schotterplatten.**

**Oben:**

Lockere Baumstrukturen mit plateauwärts zunehmender Verdichtung lassen die Reliefkonturen erkennen, zumindest durchschimmern. Das vielfältige Kleinrelief (Hangrinnen) bleibt weitgehend frei und das Magerrasempotential der Taleinhänge erhalten. Für extensive Weidehaltung ideale Landschaft.

**Unten:**

Falsch verstandene bollwerkartige Aufforstung verhüllt alle Kleinformen. Zwar ist die Wiesentalsohle noch offen, doch könnte es sich nun um ein x-beliebiges Tal in den verschiedensten Naturräumen handeln. Die spezifische Zuordnung zum Schwäbischen Alpenvorland anhand des Hangreliefs ist nicht mehr möglich.

tion der durch Gehölzsukzession und Überwachsung bedrohten Serpentinflora am Peterlesstein/KU, am Föhrenbühl/TIR). Auch zumindest über wenige Wochen sehr scharfe Ziegen-Schafbeweidung kann schutzwürdige Naturaufschlüsse und Felskopfgeotope freiputzen. Zu warnen ist indessen vor vorschnellen Eingriffen bei natürlichen Aufschlüssen, die aufgrund ihrer oft wachstumshemmenden Eigenschaften ohnehin nur sehr langsam zuwachsen.

Freilegungsmöglichkeiten durch Sprengung, gezielte Abstiche und Abgrabung, Hochdruck-Abspritzen, Entfernen von Sediment- und Schuttüberdeckungen, gezielten Abbau mögen in Einzelfällen aus Sicht der geologischen Erkundung bzw. innerörtlicher Gestaltung durchaus sinnvoll und mit Abbaunehmern bzw. sonstiger technischer Unterstützung realisierbar sein, haben aber mit erdkundlicher Landespflege im umfassenden Sinne dieses LPK-Bandes nichts mehr zu tun. Naturschutzbehörden sind allerdings zu involvieren, wenn Zielkonflikte mit dem Schutz wertvoller Lebensräume und gefährdeter Arten nicht auszuschließen sind. "Prospektionseingriffe" dürfen außerdem nicht das prägnante und erhaltungswürdige Relief beeinträchtigen.

Anwendungsfälle:

- Oberflächlich sichtbare Zeugnisse eines fossilen Materialtransportgeschehens (z.B. Lydite am Main, Urdonauschotter im unteren Altmühltal, Neubeurer Nummulitenkalke, Amphibolitschiefer und Granatglimmerschiefer als Gletscher-Eratika im Alpenvorland);
- seltene Gesteine und Mineralvorkommen ohne besser zugängliche Alternativvorkommen;
- an besonders interessanten Verwitterungsspuren und Ausspülungs-Kleinformen (z.B. Gletscherhöpfe, fossile Strudelhöpfe, Tafoni, Gletscherschrammen), die andernfalls überwachsen würden, ist eine Entfernung des Aufwuchses und eine gewisse Freistellung der Umgebung notwendig.

In Toteislöchern, Hülben (wassergefüllten Dolinen und Karstwannen) und Gipserdfällen ist prinzipiell eine Entlandung und Erweiterung freier Wasserflächen denkbar. Hier ist jedoch große Vorsicht am Platze. Der erdgeschichtliche Informationsgehalt solcher Formen wird durch Beseitigung einer Verlandungszone nicht größer! Maßnahmen sind stets an die Bestandsaufnahme des Tier- und Pflanzenbestandes zu knüpfen. Grundsätze und Maßnahmen dazu sind detailliert im LPK-Band II.8 "Stehende Kleingewässer" erläutert.

#### A.4.2.2.2 Management der vorhandenen Offenlandvegetation

Auf Geotopen können mehrere pflegebedürftige Trocken-, Feucht- und Waldlebensraumtypen vorhanden sein, deren biotisch angemessene Behandlungsweisen auch dem Geotopschutz dienen. Die jeweils gängigen und geeigneten Techniken und Wirtschaftsweisen erschließen sich aus folgenden Bänden:

### LPK-Band Geototyp

#### II.1 Kalkmagerrasen

Terrassenböschungen, Moränenkuppen, Griesbuckel (Ries), Karsttäler, Trockentäler, Marmor-/Kalksilikatgänge

#### II.3 Bodensaure Magerrasen

Felsfreistellungen des Alten Gebirges, Birkenbuckel, Diabaskuppen, Serpentinithärtlinge

#### II.4 Sandrasen

Dünen, Sandfelder

#### II.5 Streuobst

Schichtstufen

#### II.8 Stehende Kleingewässer

Hülben, Toteisformen, Gipsdolenen, Seigen

#### II.17 Steinbrüche

künstliche Aufschlüsse

#### II.18 Kies-, Sand- und Tongruben

künstliche Aufschlüsse

#### A.4.2.2.3 Management der vorhandenen Waldvegetation

Alle gängigen Methoden des naturnahen Waldbaues können zum Einsatz kommen. Hilfreiche Aufschlüsse zu geologisch bedeutsamen Standorteinheiten des Schichtstufenlandes vermittelt der LPK-Band II.14 "Nieder- und Mittelwälder". Allgemein sollten die Waldbauverantwortlichen bestrebt sein, geo- und topogene Sonderstandorte im Wirtschaftswald durch besonders vorsichtige oder ganz eingestellte Nutzung aus den Forsten hervorzuheben, der natürlichen Dynamik (z.B. nach Windwurf) gerade hier ihren freien Lauf zu lassen, vermeidbare Beeinträchtigungen im Zuge der Holznutzung (Befahrung mit Bringungsgerät, Durchschleifen und Lagerung von Stämmen, Wegebau, Einlagerung von Holzabfällen und Astwerk) fernzuhalten. Sünden der Vergangenheit wie Wegebau durch Blockfluren (Böhmerwald, Bayerische Alpen), Beeinträchtigung von Hangwasserströmen durch Rückegassen (z.B. Falkensteingebiet, Ammergebirge), Holzlagerung in wertvollen Hang- und Talmooren (z.B. Rohrmoostal/OA) oder Entwässerung von Waldmooren und Fichtenauen müssen heute verpönt sein.

#### A.4.2.3 Wiederherstellung, Neuanlage

Zu einem schutzwürdigen Geotop gehört außer der oberflächlichen Erscheinung auch das stratigraphische Gefüge. Zwar ist die äußere Grobform manchmal imitierbar, nicht wiederherstellbar ist jedoch der inwendige Aufbau. Zumindest kurz- und mittelfristig nicht restituierbar ist das Feinrelief, das durch jahrhundert- bis jahrtausendelangen Verwitterungs- und Erosionsangriff geprägt ist. Trotz dieser

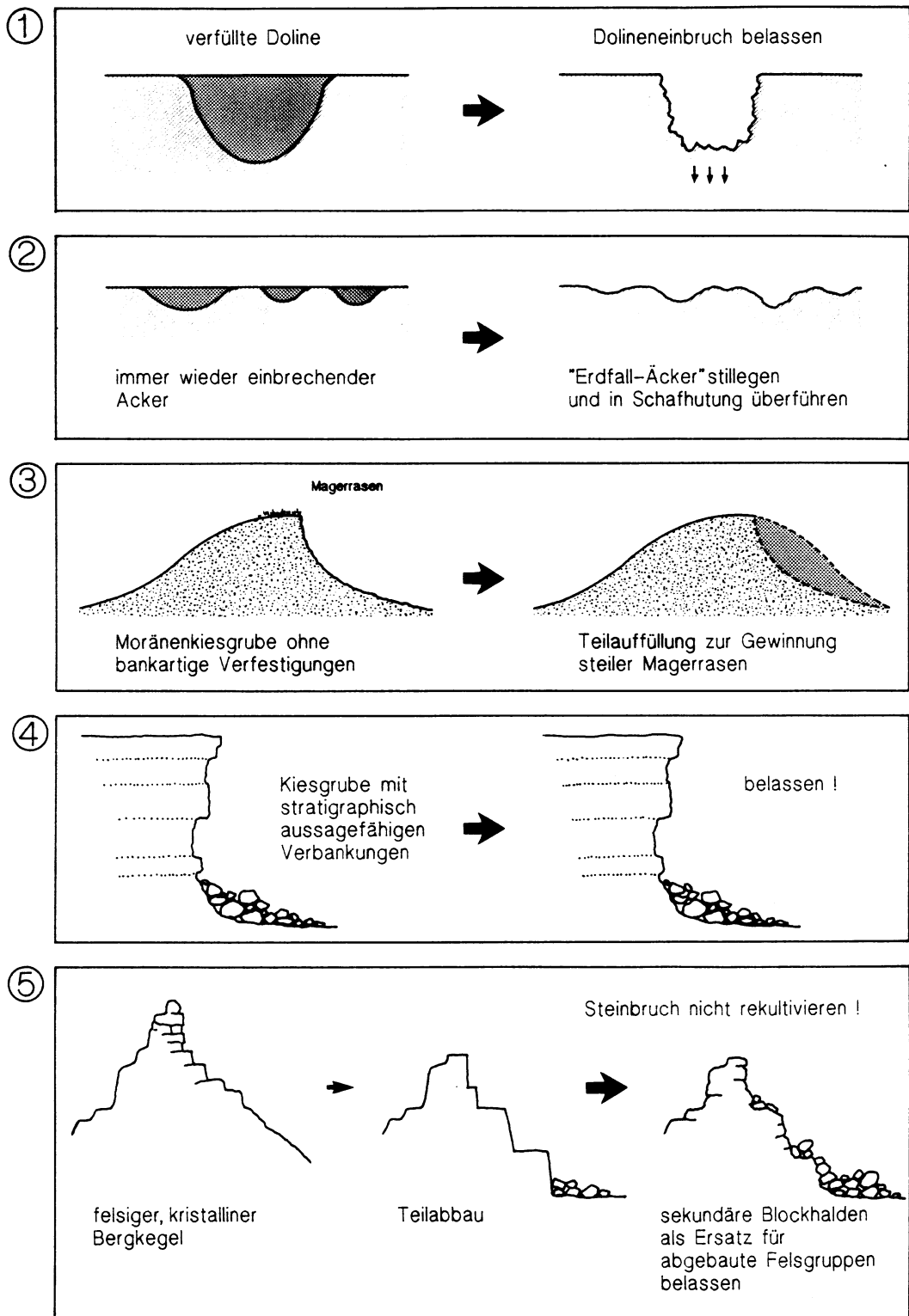


Abbildung A/9

Einige Wiederherstellungs- und Neuanlagemöglichkeiten für Geotope



Einschränkungen werden vielfältige Anstrengungen der "Reparatur" eingetretener Reliefveränderungen unternommen (vgl. Kap. A.3, S. 85). Einiges davon ist sinnvoll, anderes nicht. Da sich die Vielfalt der Individualsituationen hier nicht gebührend einfangen läßt, werden im folgenden einige häufiger anzutreffende Entscheidungsfälle als Führer benutzt (Abb. A/9). Dabei spielt auch die Neubildung von Geotopen durch "Baumeister" Natur eine wichtige Rolle.

#### **Fall 1: Erneut einbrechende Karsthohlform**

Dann und wann brechen längst verfüllte Dolinen im Frankenjura nach. Der wiederholte Versuch, diese Risikostandorte immer wieder der Nutzung zurückzugeben, gleicht oft einer Sisyphusarbeit. Künftig sollte man solche Sekundäreinbrüche belassen und als Wiedergutmachung für die großen Dolinenverluste in einen landschaftsökologisch wirksamen Biotopzustand überführen (vgl. Leitbilder Teil E).

#### **Fall 2: Großflächig sackende "Erdfalläcker"**

In der Forchheimer und Lichtenfelser Alb neigen Teile der Ackerhochflächen zu großflächiger karstbedingter Nachsackung. Auch hier paßt der vergebliche Versuch, die vielen Dellen immer wieder einzufüllen und nachzuplanieren, nicht mehr in die agrarpolitischen Rahmenbedingungen unserer Zeit, zumal intensiver Ackerbau auf den Karsthochflächen ohnehin auf erhebliche wassergütemwirtschaftliche Bedenken stößt (STOIBER 1988). Solche "Erdfalläcker" können als natürlicher Wegweiser für die Lokalisierung von Stilllegung und Extensivierung benutzt werden. Vorzuschlagen ist eine völlige Ackerstilllegung und dauerhafte Umwandlung in extensives Grünland, am besten als Schafhaltung.

Ein Parallellfall sind die in den 30er bis 50er Jahren geplanten Buckelwiesen (v.a. bei Mittenwald und Weißensee-Pfronten), die heute durch jahrzehntelange Auslaugung und Nachsackung in abgeschwächter Form "zurückkehren". Auch hier sollte man die Bewirtschaftung extensivieren und blütenreiche Kalkmagerwiesen (z.T. sogar Kalkmagerrasen) anstreben.

#### **Fall 3: Teilabgebaute Moränenform mit Magerrasenrest**

Angenagte oder teilabgebaute Lockergesteinsvollformen (z.B. Drumlins, Oser, Endmoränen) sollten nicht zwanghaft zu ihrer ursprünglichen Form rekultiviert werden, da dabei oft wertvolle Sukzessionsstandorte in den Gruben verloren gingen. Eine Ausnahme sind Vorranggebiete für die Wiederherstellung von Kalkmagerrasen (vgl. LPK-Band II.1 "Kalkmagerrasen"). Hier kann die Teilanböschung mit geeignetem Material eine bessere Voraussetzung für die Re-Etablierung von Magerrasenarten aus den in unmittelbarer Nähe noch vorhandenen Reservoirs (Kiesgrubenrand, Waldrand) bedeuten.

#### **Fall 4: Tal- und Beckenrand-Kiesgrube mit Nagelfluhbänken**

Hier wird das Anschnittprofil der Grube durch Nagelfluhbänke und Sekundärverbackung gefestigt. Die Morphologie der Abbaustelle zeigt eindrucksvoll die eiszeitliche Stratigraphie und Genese. Das

Ziel der Wiederherstellung einer ehemals durchgängigen Terrassenböschung oder Talflanke sollte hinter der erdgeschichtlichen Informationsfunktion und dem höheren Biotopwert einer standfesten, kleingliedrigen Abbauwand zurückstehen.

#### **Fall 5: Abgebaute Felskuppe des Alten Gebirges, abgebauter Basaltschlot**

Würde eine wertvolle Fels- oder Gipfform bei der Rohstoffgewinnung abgebaut, so würde jegliche Wiederherstellung an unüberwindbaren technischen Problemen und Materialmangel scheitern. Sinnvolle Gestaltungsmöglichkeiten wären: Verzicht auf eine Steinbruchrenaturierung, Belassen bzw. Schaffung ansehnlicher Blockanhäufungen und Abbauwände in verschiedenen Expositionen und Höhenlagen. Die technogenen Sekundärstandorte können aus faunistischer, bryologischer und lichenologischer Sicht die Bedeutung der primären Felsbiotope erreichen. Sogar seltenste Flachbärlapparten können sich dort ansiedeln.

### **A.4.2.4 Flankierende Maßnahmen**

#### **Umzäunungen**

Dort, wo aus Haftungsgründen eine Umfriedungsmaßnahme notwendig ist (z.B. steil abbrechende Aufschlüsse, Karstschächte, Höllöcher), sollte diese möglichst unauffällig bleiben. Generell sollte man von Maschendrahtzäunen, Jägerzäunen, Betonpfosten, besonders auffälligen Farben und dgl. absehen. Landschaftsgebundene Lösungen können sein: Stangenzäune aus Holz, "lebende" Zäune (Hecken, Gestrüpp), Trockenmauern aus lokal anstehendem Gestein etc. Zur Verkehrssicherungspflicht siehe LPK-Band II.18 "Kies-, Sand- und Tongruben".

#### **Besucherlenkung**

Zum Schutz kleiner, seltener oder empfindlicher (hinsichtlich Tritt, Berührung, Ab- bzw. Ausgraben) Geotopstrukturen (Kletterfelsen, Aufschlüsse, Formen des Kleinreliefs) ist es manchmal notwendig, Leitstrukturen zur Kanalisierung von Besuchern zu schaffen. Analog zu den Moorwanderwegen (Schwarzes Moor/Rhön) können dies Bohlenpfade über Aufschlüsse von Gletscherschrammen sein. Die Freigabe einzelner relativ unwichtiger, trotzdem für Sammler ergiebiger Aufschlüsse kann den Besucherdruck von wissenschaftlich unersetzlichen, empfindlichen Fundstellen nehmen.

#### **Informationstafeln**

Auf übersichtlichen wetterfesten Informationstafeln kann um Verständnis für etwaige Einschränkungen geworben und auf die Bedeutung des Objektes hingewiesen werden. Der Text sollte kurz, leicht verständlich und anschaulich sein. Derartige Tafeln wecken die Wertschätzung in der Bevölkerung und können so beitragen, das Objekt vor Beeinträchtigung (z.B. Verfüllung, Abbau) zu bewahren. Allerdings sollte keine Tafel-Inflation ausbrechen. Andernfalls würde der Geotopschutz aus morphogenetisch und geologisch integrierten Landschaftselementen eine Ansammlung von Museumstücken und Kuriositäten machen, d.h. sein eigentliches Ziel pervertieren.





## B Aufschlüsse, Bergbauspuren

*"Die aufgeschlossene Geologie selbst ist als erhaltenswertes Kulturgut des Landes zu verstehen."*

P.-H. ROSS

Erdkundlicher Naturschutz ist eine Gemeinschaftsaufgabe von Geowissenschaft und Naturschutz. Erdwissenschaftler sind im Bereich der "Aufschlüsse" in besonderem Maße gefordert (LAGALLY et al. 1994). Denn Aufschlüsse liefern entscheidende "Aufschlüsse", also Informationen, sie sind zentrale Forschungs- und Dokumentationsgrundlage der Geologie. Beispielsweise wird eine durch Fossilien belegte Schicht-folngliederung weltweit nur so lange als wissenschaftlich gültig anerkannt, als die wissenschaftliche Nachvollziehbarkeit, d.h. die Möglichkeit des Studiums und der Kontrolle entsprechender Aufschlüsse, bestehen bleibt. Andernfalls werden Referenzprofile im Ausland für die Gliederung verbindlich (BECKER-PLATEN 1982).

Wissenschaftlich motivierte "Aufschlußpflege" ist daher weniger auf das LPK, als auf Anstöße und Initiativen der Geowissenschaftler, naturwissenschaftlichen oder heimatkundlichen Vereinigungen und Geo-Fachbehörden angewiesen. Hier wird ausdrücklich auf einschlägige geowissenschaftliche Inventuren (GEOTOPKATASTER BAYERN; Inventare bei einzelnen geowissenschaftlichen Lehrstühlen und naturwissenschaftlichen Gesellschaften) und Anstrengungen verwiesen. Teil B ist deshalb auch im Vergleich zu C, D, E, F relativ kurz gehalten.

Verbesserungsbedürftig scheint der bisher unzureichende Datenaustausch und Kontakt zwischen Geowissenschaftlern und regionalen Naturschutzbehörden.

### B.1 Grundinformationen

#### B.1.1 Charakterisierung

Die Anschaulichkeit und Faßbarkeit ihrer erdgeschichtlichen Vergangenheit und geologischen Verhältnisse bezieht eine Landschaft aus Oberflächenformen/-merkmalen (z.B. Feuchte, Wasseraustritte, Elementgehalte des Bodens) und ihren Aufschlüssen.

An diesen meist vertikal offenliegenden Bereichen der Pedosphäre (Boden) und Lithosphäre (Gesteinsuntergrund) werden Gesteine und Minerale, Schichtfolgen (zeitlicher Wandel und räumliche Änderung von Gesteinsablagerungen), tektonische Strukturen, Fossilisationen unmittelbar erkennbar. Aufschlüsse können auf natürliche oder technische Weise entstehen.

Sie sind Forschungs- und Dokumentationsgrundlage der Geowissenschaften, Demonstrationsstellen für die Lehre (Hochschulen, aber auch andere Schulgattungen, Erwachsenenbildung usw.), aber auch Anschauungs- und Erlebnisobjekte für die Bevölkerung. Sie sind geologisch-tektonisch, geophysika-

LPK-relevant ist Aufschlußpflege vor allem dort, wo sie gleichzeitig den B i o t o p "Gesteins-, Kies-, Sand-, Lößwand", "Steinhaufen" usw. erhält (Hohlwegerhaltung, Abbauplanung mit Rekultivierungs- und Verfüllungsverzicht, Schutz, Pflege und Neubildung von Lesesteinbiotopen anstelle des weit entfernten Abkippens von Lese- und Bruchsteinen, Freilegen zuwachsender Felsen usw.). "Zahlreiche aufgelassene Brüche, Gruben und auch Höhlen sind eben nicht nur in geologischer Hinsicht von Bedeutung, indem sie Einblick in die obere Erdkruste bieten und dokumentieren, sondern sie entwickeln sich oftmals zu wertvollen Biotopen und Habitaten für gefährdete Tiere und Pflanzen" (HIEKEL & GÖRNER 1978).

Auch die Konfliktvermeidung zwischen Artenschutz und geowissenschaftlicher/sammlerischer Nutzung, zwischen "Landschaftsschaden" und Forschungs- bzw. Dokumentationsinteressen ist hier einschlägig. Wie in der Archäologie kann das Interesse von Wissenschaftlern und Sammlern an Bodenöffnungen (wie sie z.B. bei neuen Trasseneinschnitten, Großabbaustellen oder Baugruben entstehen) mit dem Ziel der Eingriffsvermeidung im Naturschutz kollidieren.

Soweit Aufschlußfunktionen in das "Ressort" anderer Bandteile fallen, werden sie hier nur nebenbei erwähnt (vgl. hierzu insbesondere Teil F und D sowie Band II.12 "Agrotape" hinsichtlich Lesesteinformen und Hohlwegen). Diesem Bandteil zugeschlagen werden die meist auch kulturhistorisch (als "Archäotope") bedeutsamen Bergbauspuren, da sie i.d.R. auch den "Zugang zur Erdgeschichte" erleichtern.

lich, paläontologisch, geomorphologisch, bodengenesisch, pädagogisch und heimatkundlich, ja sogar ästhetisch bedeutsam. Ohne eine solide Aufschlußgrundlage lassen sich erdgeschichtliche Ereignisse und Prozesse nicht zutreffend analysieren.

#### B.1.1.1 Aufschlußursachen, Bestandesdauer

Aufschlüsse haben je nach ihrer Ursache, dem aufgeschlossenen Substrat und der natürlichen oder wirtschaftlichen Dynamik der umgebenden Landschaft eine ganz unterschiedliche Bestandesdauer:

- 1) Episodische künstliche Aufschlüsse, wie z.B. Baugruben, Ausschachtungen, Kanal- und Leitungsgräben, Sprengtrichter, wissenschaftliche Sondergrabungen, sind zwar wissenschaftlich und regionalgeologisch oft von erheblicher Bedeutung (Kanalgräben erschließen manchmal längere Serien von saiger aufgestellten Schichtpaketen oder komplexe Bodenmosaiken), liegen aber aufgrund der kurzen Dauer ihres Bestandes außerhalb des Wirkungsbereiches erdkundlicher Landschaftspflege.

- 2) Episodische (quasi-)natürliche Aufschlüsse sind z.B. Moor- oder Tonmergelabbrüche, die schon Tage oder Wochen später durch nachstürzende Massen überdeckt sein können, frische Erdfälle mit darauffolgender Verschlammung oder Erosionsgräben in Wegen, die bald darauf rekultiviert werden. Außerordentlich häufig treten solche, wegen ihrer kurzen Öffnungsdauer und geringen Vorausberechenbarkeit wissenschaftlich schlecht nutzbaren Ereignisse auf in Gestalt von z.B.
- Mergelrutschen nach Starkniederschlägen und Frostwechseleinwirkung im Unterbayerischen Hügelland, im Opalinus- und Ornatenon, Feuerletten oder in den klassischen Blatt-anbruchgebieten der Kalkalpen, der Flyschzone und Nagelfluhkette;
  - Rinder-Trittschlipfen an vernähten Alpenhängen.

Einige dieser Erscheinungen sind in bestimmten Fällen naturschutzrelevant, so etwa, wenn es gilt, unbedrohliche Hangbewegungszonen von hohem geowissenschaftlichen und Biotopwert vor unnötigen Sanierungseingriffen zu bewahren, in den außerregelmäßigen Forstbetrieb überzuführen oder aus der Beweidung herauszunehmen (z.B. nicht siedlungsgefährdende Teile der Pullacher Hang-rutschzone/M, am Schrofen bei Brannenburg/ RO, Moorbrüche bei Schönberg/WM, bei der Haslachalpe/OAL, Engenkopf/OA und im Gutswieser Tal/OA).

Wird die Hangdynamik erst durch menschliche Eingriffe ausgelöst, so bezeichnet man solche vorübergehenden Aufschließungen als quasinatürlich (z.B. Hangrutsche durch Vernähtungen nach Flußaufstau wie am Forggensee/OAL, sekundäre Moorbrüche im Kontaktbereich zum Baggertorfabbau bei Schwarzerd/OA und im Kendlmühlfilz/TS).

- 3) Nur mittelfristig beständige Aufschlüsse finden sich in Lockergesteinsabbaustellen sowie in Brüchen in veränderlich-festen Substraten (z.B. Letten- und Gipskeuper, mäßig verfestigte Grundmoräne und Seekreiden). Die Bestandsdauer bemißt sich nach der Abbaudauer, der horizontalen Ausdehnung einer interessanten subkutanen Erscheinung hinter der aktuellen Abbaulinie, nach der Erosions- und Überwachungsneigung von Anschnitten (Ton- oder Lehmwände begrünen sich rascher als Kieswände usw.).
- 4) Dauerhafte künstliche Aufschlüsse finden sich in Festgesteinsbrüchen, in historischen Straßeneinschnitten (Hohlwege), in Verkehrswege-Einschnitten (soweit von Bewuchs freigehalten), nur selten jedoch in Lockergesteinsabbauen.
- 5) Dauerhafte natürliche Aufschlüsse sind relativ verwitterungsbeständige und vegetationsabweisende Felsflächen und Ausbisse bzw. stets aufs neue von Naturkräften freigelegte Anschnitte, z.B. Felswände, -freistellungen, Schriff-Flächen, Prallhänge, Klammern, Schluchten, Kerbtäler, Flußtalsohlen mit harten Gesteinsschwellen; fossile Kliffs und Hohlkehlen, Prallhänge, Lawinenrunsen, Moorbrüche, die über Jahrzehnte immer wieder nachbrechen, Bergstürze, die lange Zeit aktiv bleiben.

Vorrangig in diesem Bandteil zu betrachten sind die Kategorien 4 und 5.

Einen Sonderfall stellen die Überreste früherer Bergbautätigkeit dar, die in den meisten Fällen auch Aufschlußfunktion haben (z.B. Stollen und Schächte als unterirdische Aufschlüsse). Alte Abbauhalden und Stollen vermitteln aber gleichzeitig zur Denkmal- bzw. Archäotop-Pflege. Wie ähnlich natürliche und anthropogene Geotope sein können, zeigen z.B. die früher für Toteisbildungen gehaltenen "Grübenfelder" des Oberpfälzer- und Böhmerwaldes, ehemalige Goldabbaustellen.

Meist werden geologische Schlüsselstellen nur durch Zufall freigelegt, da rein wissenschaftliche Grabungen meist zu aufwendig sind (Mini-Aufschlüsse der forstlichen Standorterkundung, punktuelle oder lineare Grabungen im Zuge der Erforschung bodenkundlich-mikromorphologischer Phänomene spielen in der Geotoppflege keine Rolle). Gebiete mit wirtschaftlich interessanten Gesteins- und Minerallagerstätten und/oder tiefen- und seitenerosionsaktivem dichten Gewässernetz sind natürlich besser erschlossen als andere. In abbaustellenarmen Gebieten sind die (oft wenigen) natürlichen Aufschlüsse von besonderem Wert, u.U. gilt dies auch für Straßen-, Eisenbahn-, Forstwegeschnitte u.ä. (hier allerdings weniger unter landschaftspflegerischen Gesichtspunkten).

#### B.1.1.2 Aufschlußinhalte

Die vielfältigen Aufschlußinhalte werden im folgenden nur beispielhaft angedeutet. Die Vielschichtigkeit der durch Aufschlüsse repräsentierten oder nur durch Aufschlüsse repräsentierbaren geologisch-tektonischen, mineralogischen und paläontologischen Erscheinungen erschließt sich erst durch Heranziehung der reichen regionalgeologischen Literatur. Erinnert sei hier nur an das GEOSCHOB-Inventar, in dem Aufschlüsse eine große Rolle spielen, an Fachzeitschriften wie "Der Aufschluß", "Fossilien" etc., an die Erläuterungen zu den geologischen Karten von Bayern 1:25.000 (u.a. "Geologisch wichtige Stellen und Aufschlüsse", "Lehrexkursionen") und auch die Regionalliteratur.

Im Zusammenhang aufgeschlossene **Schichtpakete, -abfolgen** (und ihre geologische, geochemische, geophysikalische und paläontologische Analyse) erschließen viel deutlicher und präziser als etwa einzelne Bohrkern den erdgeschichtlichen Prozeßverlauf, die paläogeographischen Entstehungs- und Umweltbedingungen, die damalige Land/Wasser-Verteilung, den Wechsel aus Überflutung (Transgression), Austrocknung (meist im Zuge von Hebungen) und Aussüßung. Voneinander entfernt liegende Sedimentationsräume werden durch mehrere Aufschlüsse zeitlich korrelierbar. Für seltene und/oder an der Oberfläche kaum markant auftretende, für den gesamten Gebirgsbau aber oft entscheidende Schichtglieder, wie etwa die alpenrandlichen Nummulitenkalke des Obereozän, den Zechstein bei Burggrub/KC, das permische Haselgebirge der Berchtesgadener Alpen oder die unterostalpinen Schubfetzen des Allgäues, sind spezielle Naturaufschlüsse in

Bachrissen usw. oder auch künstliche Aufschlüsse von besonderer Bedeutung (vgl. Teil F: "Inselgesteine").

Viele Merkmale und Phänomene von Sedimenten sind (gebietsweise) nur in künstlichen Aufschlüssen ersichtlich, z.B. Schichtstrukturen wie Verwerfungen, Umbiegungen, Faltenstrukturen, Rutschungsspuren, Deltaschichtungen, Riffe, Gesteinseinschlüsse und -gemenge etc.; Umlagerungserscheinungen durch marine oder fluviale Strömungen wie Kreuzschichtungen, wellige Schichtoberflächen (Rippelmarken), gradierte Schichtungen (z.B. im Flysch); Faltenstrukturen (Mulden und Sättel, Kleinfältelung, selektive Verdünnungen und Verdickungen von Schichtteilen) und Kluftbildungen. Nur in Aufschlüssen werden z.B. identifizierbar: Olisthostrome (untermeerische Rutschmassen, bei denen Bruchstücke und Gesteinsschollen in eine feinere Grundmatrix eingelagert sind), Phacoide (fossile Rutschmassen mit stromlinienförmig verformten, in Bewegungsrichtung eingeregelt Bruchstücken), Gesteinseinschlüsse in Tuffen. Marken (d.h. Spuren an der Schichtober- und unterfläche von Sedimenten, die Rückschlüsse auf das Ablagerungsmilieu und die Gesteinsverfestigung im Untergrund zulassen) findet man fast nur in künstlichen Aufschlüssen. Rippelmarken in verschiedenen Formen (z.B. Strömungskolkmarken) sind Zeugnisse von Wind- und Welleneinfluß auf Lockersedimente, sie lassen auf das Küstenmilieu schließen. Beim Schleifen von Objekten oder erosiven Prozessen entstehen Rillenmarken, Schleifmarken, Riefenmarken, Stoß- und Rückprallmarken, z.B. Schleifmarken (groove casts) im alpinen Flysch, fossile Erosionsrinnen, Kolkmarken, Furchenmarken. Sogar "versteinerte" Regentropfentrichter kann man finden. Belastungsmarken (load casts) sind Ausbuchtungen an der Unterfläche von Sedimentschichten durch ungleiche Belastung von Sandsedimenten, die sich stellenweise in die unterlagernden, wasserhaltigen Schlammsedimente eindrücken. Sedimentspuren von Organismen, z.B. Fährten, Kriechspuren, Grabgänge, Fraßspuren, Wohnbauten (Ichnofossilien) und Ausscheidungsüberreste (Koprolithen) machen die Milieuanalyse präziser.

All diese, vorübergehend oder optimal in künstlichen Bodenöffnungen wie Abbaustellen auftauchenden Marken und Spuren erleichtern und veranschaulichen Aussagen über Sedimentations- und Lebensbedingungen im jeweiligen Faziesraum.

Zumindest im außeralpinen Raum stünde die Kenntnis des **Gebirgsbaues und der gebirgsbildenden Prozesse (Tektonik)** ohne Aufschlüsse auf tönernen Füßen. Oft nur hier werden Erdkrustenbewegungen ableitbar, die ursprünglich vorherrschende Ablagerungsbedingungen unterbrechen (Dislokationen, Verstellungen, Schichtverwerfungen an Klüften und Spalten, Verschiebungsbrüche, Stauchungen, Faltungen, Sättel, Mulden und Flexuren, unechte Faltungen wie z.B. subaquatische Rutschfaltungen im voralpinen Flysch, Beulen wie z.B. Diapire, Uplifts, tektonische Kleinschollen wie z.B. in der südlichen Fichtelgebirgszone mit Vorkommen von silurischen

Kiesel- und Alaunschiefern, tektonische Gesteinsveränderungen wie Striemung, Harnische und Kluffüllungen, Schiefrigkeit). Sogar unterseeische Massenbewegungen lassen sich anhand der Schichtausprägungen im Gesteinsverband erkennen, z.B. marine Trübestrome (turbidity currents) im Bereich der Flyschzone (oft als Grauwacken) am Alpenrand, submarine Rutschungen am ehemaligen Kontinentalhang, die Geschwindigkeiten bis zu 100km/h erreichen konnten.

### Vulkanogene und magmatische Gesteine

Aus primären, weil aus dem Erdmantel kommenden basischen Magmen (angereichert mit Mg, Fe und Ca) differenzieren sich während des Aufstieges nacheinander fast alle Intrusivgesteine (Plutonite, z.B. Granite) und Effusivgesteine (Vulkanite, z.B. Basalte) aus. Nur die anatekten Magmen sind aufgrund isostatischer Ausgleichsbewegungen abgesenkt und wieder aufgeschmolzene Gesteine. Sie enthalten oft noch feste, nicht aufgeschmolzene Anteile und sind von granitischer Zusammensetzung (sauere Anatexite oder Migmatite).

**Vulkanite** sind zum großen Teil submarin gebildet oder treten an tiefen Bruchstrukturen aus. Dabei konnte die sehr heiße Gesteinsschmelze weitgehend ausgasen. Die Kristallisation geschieht sehr schnell (Abschreckung) und unter geringem Druck. Es entstehen sehr kleine Kristalle und Gläser. Zu den Vulkaniten zählen Rhyolithe, Dazite, Trachyte, Basalte (Basaltsäulen z.B. am Parkstein bei Weiden), Diabase, Diorite, Kissenlava und Mandelsteine, Ignimbrite (= Gluttuff; nur ein Vorkommen gesichert bekannt: Silberrangen bei Groschlattengrün), Tuffite (z.B. Diabas-Tuffe mit charakteristischem, schalenförmigem Bruch: Schalsteine, z.B. Krebsbachtal/Hof, Steinachtal, Rodachtal), Lapilli und Laven (z.B. bei Triebendorf und Zinst) (siehe auch Teil G).

Vulkanische Schmelzen dringen lokal auch gangförmig in die Klüfte und Schichtfolgen von Nebengestein (**Ganggesteine**) ein. Sie kristallisieren bei mittlerem Druck. An der Grenze zum Nebengestein kommt es zu einer schnellen Abkühlung; Gas kann kaum entweichen. Es bilden sich grobkörnige bis feinkörnige, mineralreiche Gesteinskörper (Diabas, Porphyre, Pegmatite, Aplit) (siehe auch Teil F).

Wesentlich später kristallisieren die Pegmatite aus. Sie bestehen hauptsächlich aus Quarz, Albit, Orthoklas, Muskovit und seltenen Mineralien (Bildungstemperatur ca. 600°C). Sie sind damit ein Dorado für Mineraliensammler. Zum Schluß (d.h. oberflächennäher) folgen hydrothermale Gänge (Mineralien, Lagerstätten!) und Exhalationen (vulkanische Dämpfe und Gase).

**Plutonite** bleiben in der Regel in den tieferen Schichten der Erdkruste stecken und kristallisieren dort langsam bei hohem Druck und ohne Gasverlust aus. Dabei erfolgt eine sequenzielle, temperaturabhängige Ausfällung von Kristallen. Da der Vorgang relativ langsam geschieht, kommt es mitunter zur Bildung sehr großer Kristalle und damit im Vergleich zu den Vulkaniten grobkörnigeren Gesteinen (Quarzit, Granit, Syenit, Diorit, Gabbro, Ultramafi-

te). Auch kontaktmetamorphe Gesteinsveränderungen des Nebengesteines durch die Hitzeeinwirkung (z.B. Hornsteine) zählen dazu.

### Gesteine metamorpher Entstehung (Metamorphite)

Kommt ein Gestein aus oberflächennahen Bereichen der Erdkruste in große Tiefen und damit in den Einflußbereich hoher Temperaturen und hoher Drucke, oder wird es durch aufsteigendes Magma stark erhitzt, erfolgt eine chemische Umwandlung, die Metamorphose. Metamorphe Gesteine werden geologisch nach den Druck- und Temperaturverhältnissen während der Entstehung in verschiedene Faziesbereiche eingeteilt und entsprechend dem Ausgangsgestein benannt. Das Ausgangsmaterial spielt daher eine wesentliche Rolle für den entstehenden Metamorphit. Man unterscheidet verschiedene Formen der Metamorphose:

Bei der Regionalmetamorphose werden Gesteine im Zuge der Gebirgsbildung durch Faltung und Deckenüberschiebung sowohl horizontal wie auch vertikal teilweise über große Strecken bewegt und dabei durch den Überlagerungsdruck (durch aufliegende Gesteinsmassen) sowie gerichteten Druck (plattentektonisch bedingter Schub) verformt. Es kann zur Teilaufschmelzung (Migmatite/Embrenchit, Anatexit, Nebulit, Agmatit) bis hin zur völligen Aufschmelzung (Magmen/Granite, Rhyolite) kommen. Zur Regionalmetamorphose können im weiteren Sinn auch die Prozesse von Inkohlung (Torf - Braunkohle - Steinkohle - Graphit) und Salzmetamorphose gezählt werden. Gesteine der Regionalmetamorphose sind: Quarzit, Phyllit, Glimmerschiefer, Chloritschiefer, Gneis, Prasinit, Talkschiefer, Serpentin, Serpentin-Schiefer, Glaukophanschiefer, Epidotamphibolit, Amphibolit, Granulit, Eklogit, Kalkschiefer, Marmor.

Bei der Kontaktmetamorphose (auch Thermometamorphose genannt) werden an den Randbereichen geschmolzener Magmenkörper (600-1.300°C) liegende Gesteine unter dem Einfluß der Temperatur durch Mineralumwandlungen, i.d.R. bei weitgehend gleichbleibendem Gesteinschemismus (isochem), verändert. Die Ausdehnung dieses Kontaktbereiches hängt von Temperatur und Volumen des Magmas ab und kann von Zentimetern (Ergußgesteine) bis zu Kilometern (Plutonite) reichen. Gesteine der Kontaktmetamorphose sind: Fleckschiefer, Hornfels, Kalziphyr, Skarn, Marmor.

### Sedimentgesteine

Entstehen durch Ablagerung und Verfestigung (Diagenese) von Sedimenten bzw. biogenes Wachstum (z.B. Korallenstöcke). Sedimente werden entwässert, kristallisieren um und erhalten z.T. neue Verkittungen. Gleichartige Gesteine können dabei auch durch unterschiedliche Prozesse entstanden sein. Z.B. können Nagelfluhen sowohl glazialer, periglazialer als auch fluvioglazialer Entstehung sein. **Klastische Sedimente** bilden sich durch den Prozeß Verwitterung - Transport - Ablagerung - Verfestigung und sind aus Partikeln "verbacken", die in festem Zustand transportiert und abgelagert wurden

(z.B. verkittete Schotter: Konglomerat, Nagelfluh, Breccie; verkittete Sandkörner: Sandstein, Arkose, Grauwacke; verkittete Pelite: Tonschiefer, Mergel). **Chemische Sedimente** bestehen aus Stoffen, die in gelöstem Zustand transportiert wurden und bei Lösungsübersättigung ausfallen, z.B. Gips und Salze (Evaporite), Kalke, marine Seifen. **Organogene Sedimente** entstanden durch die Ablagerung von Pflanzen und Tieren oder deren Stoffwechselprodukten, z.B. Torf, Schieferkohle, Ölschiefer (z.B. Lias epsilon, Flysch) und viele Kalksteine.

**Kluftgesteine und Gangmineralisationen mit besonderen Mineralen und Mineralisationsformen** (siehe auch Teil F) werden fast ausschließlich in künstlichen Aufschlüssen und Bergbaurelikten sichtbar. Hierauf gründet der Ruhm bestimmter Steinbrüche, Pegmatit- und Quarzgruben bei Mineraliensammlern und -forschern. In tektonisch bedingten Kluftspalten breiten sich hydrothermale Lösungen und Gase aus. Durch Druckentlastung und sinkende Temperaturen kommt es zur selektiven Ablagerungen von bestimmten Mineralen. Bekannte Beispiele sind die Kluftgänge des **Bayerischen Pfahls** (NW-SO-streichend), die Nebenpfähle (NNW-SSO-streichend) der Oberpfalz und des Passauer Waldes.

Auch die **Zeugnisse des Riesereignisses** (s. auch Teil H), d.h. die Trümmernmassen, Breccien, Suevite (anhand des Suevits konnte das exakte Alter des Riesimpacts festgestellt werden), Aemonite, Stoßwellenmetamorphosen oder geschockte Minerale, Gesteinsgläser ("Fläde"), Schliff-Flächen finden/fanden sich entweder ausschließlich in Steinbrüchen oder Lesesteinäckern (die man zu den Aufschlüssen im weiteren Sinne rechnen muß) oder offenbaren erst dort ihre spezielle Struktur.

Ohne künstliche Aufschlüsse (incl. Hohlwege) und einige natürliche Erosionsanschnitte praktisch unbekannt wäre der **Fossilinhalt** unserer Landschaften. Paläontologisch ergiebige Aufschlüsse liefern die Grundlagen für die Gliederung in Erdzeitalter, der Stammesgeschichte, weltweit wichtige "missing links" der Evolution (wie den Urvogel Archaeopteryx, nach dem eine eigene Fachzeitschrift benannt ist). Fossile Überreste im Vergleich mit rezenten verwandten Arten erlauben die Rekonstruktion paläökologischer Verhältnisse. In Bayern reicht die durch Fossilien belegbare Erdgeschichte sehr weit bis ins Paläo- und Proterozoikum zurück (Elbersreuth und Schübelhammer im Frankenwald sind die Wiege der paläontologischen Forschung in Bayern). Leitfossilien (nur kurzzeitig auftretende, aber weitverbreitete Lebewesen) ermöglichen die zeitliche Parallelisierung weit voneinander entfernter, vielleicht faziell sogar unterschiedlicher Schichten.

Paläontologisch wichtige Aufschlüsse liegen außer in Abbaustellen, Hohlwegen, Bachrunsen und Flußufern (z.B. Tertiärfauna am Innhochufer oberhalb Mühldorf) auch in Höhlen (siehe die berühmten Höhlenbärenskelette der Frankenalb).

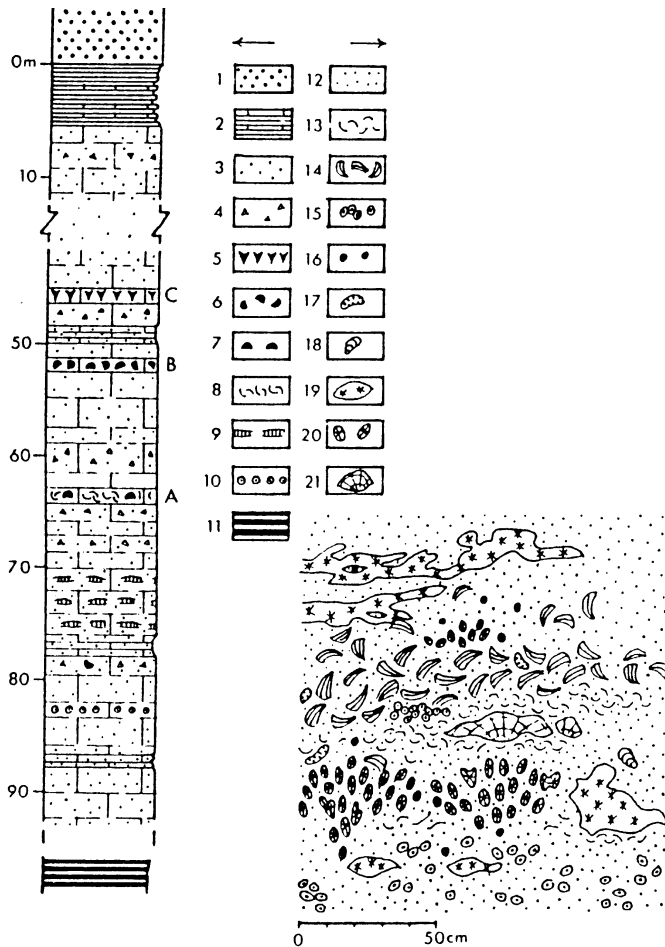


Abbildung B/1

Profil durch den Schrägenkalk bei Tiefenbach/OAL (aus RICHTER 1984)

rechts: Aufschluß eines Austern-Korallen-Bioströms (= Schicht A links)

1 = Grünsandsteine; 2 = Schönhaldenkopf-Schichten; 3 = feiner Biogendetritus; 4 = grober Biogendetritus; 5 = *Agriopleura*; 6 = verkippte Riffbildner; 7 = Riffbildner in Lebensstellung; 8 = Austern; 9 = Kieselknochen; 10 = Oolithe; 11 = Drusberg-Schichten; 12 = Biogendetritus; 13 = Schill; 14 = Austernschalen; 15 = Serpuliden; 16 = Seeigel-Stacheln; 17 = *Elasmostona*; 18 = *Barroisia*; 19 = massiver Korallenstock; 20 = ästiger Korallenstock; 21 = Stomatopore.

Auch über die **erdgeschichtlich jüngste Boden- und Klimageschichte** informieren wir uns weitgehend aus künstlichen Aufschlüssen. Wichtige Belege der pleisto- und holozänen, teilweise auch tertiären Klimageschichte sind Bodenverfärbungen, Bodenstrukturveränderungen und chemische Veränderungen des Bodens, fossile Bodenhorizonte und Paläoböden (z.B. tertiäre Rotlehme), Würgeböden, Pseudomorphosen von Eiskeilen (Abb. B/2, S. B/106), Alu- und Eisenoockerlinsen, überdeckte Torfe, Stubbenhorizonte und Seeablagerungen (Mudden, Seekreiden, Tone) sowie solifluidal entstandene Profilüberschichtungen und andere Profilbesonderheiten bestimmter Kies-, Ton- und Torfabbauwände. Bestimmte, selbst biologisch stark entwertete Moore besitzen wegen ihres vergleichsweise hohen Entwicklungsalters (Alleröd, Dryas- und *Betula nana*-Tundrenhorizonte) und ihrer außergewöhnlichen organogenen Schichtfolge (z.B. Dopplerit-Vorkommen) eine große Bedeutung als quartärgeologische Großrest- und Pollenarchive (z.B. Pechschnaitfilz/TS).

Eiszeitliche Überdeckungen konservierten interglaziale organische Reste. An natürlichen Fluß- und Bacheinschnitten streichen an vielen Stellen des Alpenrandgebietes interglaziale Schieferkohlenflöze

aus, die auch gelegentlich in alten Abbauen aufgeschlossen sind.

### B.1.2 Landschaftspflegerischer Wirkungsbereich bei der Aufschlußerhaltung

Wo sind Landschaftspflege und Naturschutz im Aufschlußbereich gefordert? Wo ist für den Geologen Flankenhilfe von dieser Seite unerlässlich oder hilfreich?

#### B.1.2.1 Naturschutzrechtliche Sicherung

Sicherung von Aufschlüssen ist in Bayern z.B. via Naturschutzgesetz möglich. Schon deshalb ist Naturschutzengagement unumgänglich. Von den erst erfaßten geowissenschaftlich schutzwürdigen Objekten in Bayern (GEOTOPKATASTER) steht nur ein Bruchteil unter bestandesspezifisch adäquatem Schutz (ND, LB, bedingt NSG). Hier liegt ein erheblicher Nachholbedarf, zumal die GEOSCHOB-Erstkartierung nur eine kleine Elite-Auswahl aller schutzwürdigen Elemente darstellt. Da das LPK jedoch kein Schutzprogramm darstellt, sei dies nur am Rande erwähnt.

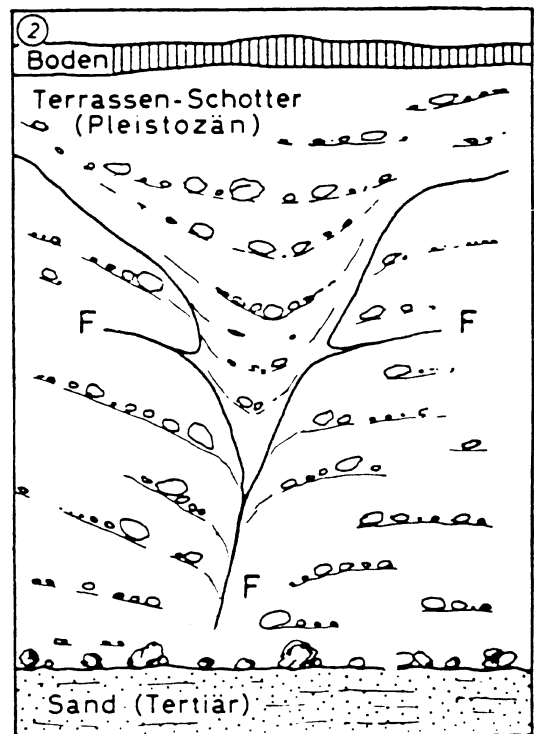
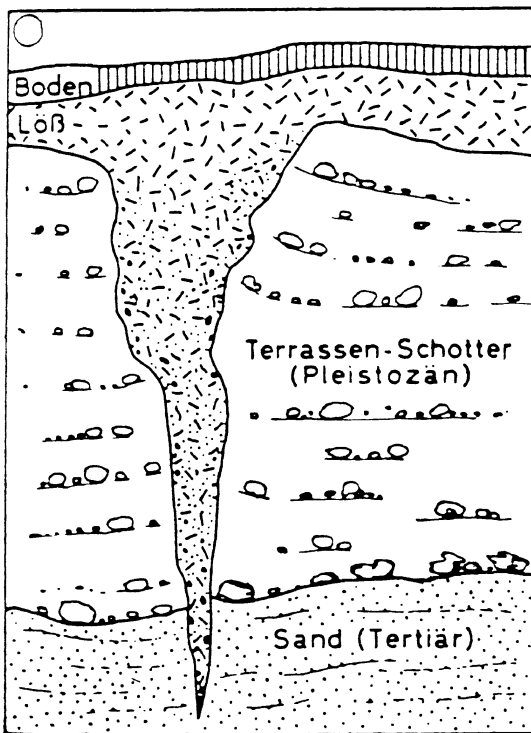


Abbildung B/2

Beispiel für Schlüssel-Aufschlüsse eiszeitlichen und nacheiszeitlichen Geschehens: Eiskeile in einer Schottergrabenwand (aus MURAWSKI 1983)

1) Epigenetischer Eiskeil: bildet sich im fertigen Sediment; 2) Syngenetischer Eiskeil: bildet sich während des Ablagerungsvorgangs im Sediment (weiter).

### B.1.2.2 Abbau(folge)planung

Hier liegt das wohl wichtigste Einsatzfeld der Landschaftspflege im Interessenbereich der Geowissenschaften. (Ehemalige) Abbaustellen, also Steinbrüche, Kies-, Sand-, Tongruben, alte Bergwerke und ihre Halden umfassen in vielen Naturräumen den Löwenanteil aller wichtigen Aufschlüsse. Sowohl für den Arten- und Prozeßschutz als auch für den geowissenschaftlichen Naturschutz bedeutet Rekultivierung, d.h. (Teil-)Verfüllung von Abbauwänden stets einen Verlust (siehe Diskussion in Kap. B 3 sowie die Bände II.17 "Steinbrüche" und II.18 "Kies-, Sand- und Tongruben"). Die Erhöhung des Anteiles der nach Abbaue **nicht** zu rekultivierenden und in Deponien umzuwidmenden Abbaustellen ist daher eine dringliche Gemeinschaftsaufgabe von geowissenschaftlichem Naturschutz und Landschaftspflege (siehe Band II.18). Umsetzungsbereiche dieser Rahmenbedingungen sind vor allem

- naturschutzfachliche Auflagen für neue Abbauvorhaben,
- Abbaurahmenpläne,
- Landschaftspflegerische Begleitpläne,
- kommunale Landschaftspläne.

Die auch aus Aufschlußinteressen gezielte Neugenehmigung von Abbaustellen kann grundsätzlich kein Naturschutzanliegen sein, da die möglichen landschaftlichen und biotischen Beeinträchtigungen

kaum gegen die "Nutzen" als Aufschluß abgewogen werden können.

### B.1.2.3 Wasserbau, landeskulturelle Sicherungsmaßnahmen

Geologisches Aufschlußinteresse und die Naturschutzziele des Prozeßschutzes und der Stärkung natürlicher Wirkkräfte können gleichermaßen berührt werden von Hangsicherungsarbeiten, Fluß- und (Wild-)Bachverbauungen, Sohlensicherungen, Anbruch- und Rutschhangverbauungen u. dgl. mehr. Das heute allgemein zu vernehmende Bekenntnis zum Gewährenlassen natürlicher Kräfte (z.B. BIBELRIETHER u. ZIERL im Jubiläumshft 20 Jahre ANL, Laufen 1996) bezieht auch die abiotischen Wirkkräfte mit ein. Erosionskräften in Bachrunden, an Fluß- und Bachufern sowie natürlichen Massenbewegungen kann daher höherer Stellenwert zukommen als bisher (z.B. BINDER 1996). Folgerichtig wären in die natürliche Prozeßdynamik eingreifende Maßnahmen rigider als bisher auf tatsächlich belegbare Gefahrenherde zu beschränken. Dies mildert auch den Widerspruch zwischen dem Beklagen mangelnder Geschiebesättigung (und Eintiefung) bei Fließgewässern und einem manchmal übereifrigen Verbau von "Wundhängen" (also dringend notwendigen Geschiebequellen).



#### B.1.2.4 Restituierung und Erhaltung von Kulturbiotopen mit Aufschluß-Nebenfunktion

Bei Hohlwegen, Trockenmauern, Steinriegeln, Le-sesteinformen u. dgl. sind die naturschützerischen, kulturgeschichtlichen und erdwissenschaftlichen Interessen deckungsgleich. Beispielsweise sichert die Erhaltung und weitere Benutzung unbefestigter Hohlwege nicht nur wichtige Stechimmen-Habitate sondern auch die in vielen aufschlußarmen Räumen wie dem Albvorland und Keupergebiet unentbehrliche Aufschlußfunktion.

#### B.1.2.5 Folgepflege von Abbaustellen

Soweit Artenschutzbelange ein gewisses Eingreifen in Folgesukzessionen von Steinbrüchen und Gruben nahelegen, entspricht dies im Regelfall auch den geofachlichen Interessen. Auch der umgekehrte Fall gilt häufig, wenn dabei bestimmte Vorgaben beachtet werden. In anderen Fällen kann es zwischen "Prozeßschutz" in renaturierten Abbaustellen und der Aufschlußerhaltung bzw. geowissenschaftlichen Benutzbarkeit Konflikte geben. Der Abgleich erdwissenschaftlich begründeter Erfordernisse mit den Interessen des biotischen Naturschutzes z.B. im Rahmen landkreisweiter Rahmenkonzepte, ist eine wichtige, bisher praktisch völlig vernachlässigte Aufgabe der Naturschutzbehörden (siehe [Kap. B.4](#)). In Konfliktfällen läßt sich zumindest in großflächigeren Abbaubereichen durch Zonendifferenzierungen ein Interessenausgleich finden.

#### B.1.2.6 Abgleich mit der Bergsicherung

Bergsicherungsarbeiten in aufgelassenen Bergwerksgebieten verliefen in der Vergangenheit meist ohne Berücksichtigung von Natur- und Geotopschutzbelangen. Vieles wurde einfach "zugemacht", versiegelt oder auch substantiell zerstört. Zwar sind Sicherheitsaspekte auch künftig verbindlich zu berücksichtigen, doch kann durch eine bessere Zusammenarbeit mit "dem Naturschutz" sicherlich manche unnötige Wertminderung vermieden werden. Der Naturschutz sollte merkbarer als bisher auf die Berg(sicherungs)behörden zugehen.

#### B.1.3 Standortverhältnisse

**Steinbrüche und Gruben:** Die abiotischen Standortverhältnisse werden hier weitgehend durch die Bände II.17 und II.18 abgedeckt.

Wandbeschaffenheit (Steilheit, Nischenreichtum, Grabbarkeit für erdnebstbauende Tiere, Gesimsreichtum, Bröckeligkeit, Standfestigkeit usw.), Geröll- und Blockanfall am Wandfuß, Feuchtigkeit und andere ökologisch bedeutsame Eigenschaften resultieren zumindest teilweise aus den physikalischen und chemischen Gesteinseigenschaften (Anordnung, Struktur, Lage, Verwitterungsintensität, Mineralbestand, Körnung usw.) sowie aus den tektonischen Strukturen. Hinzu kommen ganz unterschiedliche Ausrichtungen, Abbauformen, geomorphologische Zuordnungen, Höhenlagen. Schon daraus resultiert

eine große Bandbreite von Faktor-Kombinationen und ein vielfältiges Lebensraumangebot für eine große Organismenvielfalt (siehe B.1.4 und B. 1.5).

**Naturaufschlüsse an Felsen:** siehe "Felsenökologie" Kap. F.1.3 in diesem Band.

**Naturaufschlüsse in Bachrissen, Schluchten, Anbrüchen:** Werden weder von anderen LPK-Bänden noch von anderen Teilen dieses Bandes ausdrücklich behandelt. Von der fließenden Welle angegriffen, unterspült und immer wieder zum Nachbrechen gebracht werden hauptsächlich lockere bis veränderlich-feste Gesteine wie Schotter, Moräne, Seekreide, Kalktuff, Tone, Tonschiefer, zerrüttete Mergelkalke usw. Prallhang- und Anbruchswände, Reißen, Tiefenerosionshänge an (Wild-)Bächen, die für die Erkundung vieler geologischer Formationen zumindest regional große Bedeutung haben (z.B. voralpines Tertiär, Wildflysch, cenomane Randschuppe und Talverfüllungen der bayerischen Alpen), sind daher oft bröckelig und für bestimmte Tiere gut grabbar (Eisvogelhöhlen, viele Stechimmen). Typisch für diesen singulären Lebensraum ist meist hohe Luftfeuchtigkeit, eine Überrieselung und der Austritt von Hangwasser. Im voralpinen Bereich, im Molassevorland und z.T. auch im Jura konzentrieren sich hier Kalktuffbildungen. Derartige feuchte bis nasse, lehmig-tonige Pionierstandorte sind in der übrigen Landschaft sehr selten oder tauchen als Begleiterscheinung technischer Eingriffe nur kurzzeitig auf.

**Historische Bergbauspuren** (Stollenmundlöcher, Schächte, Stollen, Pingin und Halden, Grubenfelder usw.): Sie können bestimmte Landschaften derart bereichern, daß sogar Schutzgebietsausweisungen erfolgten (z.B. Stollenausmündungsgebiet bei Kleinfalz nahe Sulzbach-Rosenberg, Grubenfeld Leonie bei Auerbach/AS; siehe Teil E). Hier finden sich oft die einzigen naturnahen Kleingewässer von Bergmassiven oder Landschaftsbereichen (z.B. Kleinfalz/AS, Pegmatitgänge im Gebiet Zwiesel-Bodenmais). Häufig stellen sie sich heute als kleinstandörtlich äußerst heterogene Buckellandschaften mit stark wechselnder Bodenart und Mineralienzusammensetzung dar, gelegentlich sogar als geochemische Inselstandorte, z.B. mit erhöhten Cu-, Pb-, Zn-Gehalten (z.B. Silberberg bei Bodenmais/REG, altes Bleibergwerk am Riedboden bei Mittenwald/GAP). Stollen besitzen ausgezeichnete Voraussetzungen als Winterhabitate (gleich-mäßig feucht, relativ gleichmäßige Temperatur zwischen 5 und 10 °C, kein Frost, oft stärkere Oberflächenstrukturierung als Naturhöhlen). Schwarze Schieferhalden besitzen viele kleine Hohlräume und Unterschlupfmöglichkeiten, sowie ein hohes Wärmespeichervermögen. Dies prädestiniert sie als Bruthabitate (z.B. für Hautflügler und einige Singvögel) sowie als Jagdhabitate (temperierte Luftmassen, Konvektion), z.B. für Fledermäuse.

Grubenfelder des spätmittelalterlichen Goldbergbaues sind durch eine deutliche Geländekante von der meist höher liegenden Umgebung abgesetzt. Steile, bis zu 5 m hohe Kleinhügel, Wälle, 2-10 m breite abflußlose (toteislochähnliche) Senken und

Gräben reihen sich innerhalb zusammenhängender, bis 1 km langer und 150 m breiter bachbegleitender Bandzonen regellos aneinander. Parallele Rinnen enden manchmal in kesselartigen Hohlformen. Grubenfelder im oberen Regengebiet und im Raum Langau/SAD können bis zu Quadratmetergröße einnehmen, sind also in diesen Räumen durchaus prägende Standort- bzw. Biotopkomplexe. Standortökologisch bemerkenswert sind die, verglichen mit den umgebenden Naturraumverhältnissen, außerordentlich steilen und scharfkantigen Böschungen, gelegentliche Stauwasseransammlungen und stark wechselnden Bodenverhältnisse (Sand, Kies, Schotter, Blockmaterial).

#### B.1.4 Pflanzenwelt

Eine umfassende geobotanische Schilderung des weiten Spektrums unterschiedlicher Aufschlußstandorte ist hier entbehrlich, geben doch bereits die LPK-Bände II. 11 (Agrotope - Hohlwege), II.17 und II.18 (Steinbrüche und Kiesgruben) sowie Teil F dieses Bandes einschlägige Auskunft.

Die Pflanzenwelt hat zwar das Bestreben, Aufschlüsse zu überwachsen, ist aber nicht immer ein Konkurrent des Geologen. Über lange Zeiträume spärlich bleibende Spalten-, Riß- und Felsbandvegetation an steilen natürlichen Felsen und auch an bestimmten Steinbruchwänden verdeckt den geologischen Informationsgehalt nur geringfügig. Auf immer wieder nachbrechenden Hängen stellt sich ein Fließgleichgewicht ein, in dem Arten und Gesellschaften mit Pioniercharakter nicht über einen bestimmten, meist relativ geringen Deckungsgrad hinauskommen. Zwar geht der Anteil der Roh- und Offenbodenbesiedler grundsätzlich mit dem Steinbruchalter zurück (BRUNS 1987, LPK-Band II.17), doch können auch in sehr alten Steinbrüchen die Restwände noch "geologisch nutzbar" sein.

Nicht nur für die Fauna, sondern auch die regionalfloristische Diversität haben "Störstellen", zu denen i.w.S. auch Aufschlüsse gehören, erhebliche Bedeutung. Hierzu einige wenige Beispiele:

In Steinbruchwänden des Weißjuras entwickeln sich Moosgemeinschaften mit einigen selteneren Arten, z.B. *Aloina rigida*-Gemeinschaft, *Encalypta streptocarpa*-Gemeinschaft (nordexponiert, plattig), *Seligeria pusilla*-Gemeinschaft.

Keuperanrisse (Scharren) und Mergelentnahmestellen, z.B. im Grabfeld, im Haßberge- und Steigerwaldvorland, S Coburg, im südlichen Steigerwald beinhalten einige SEDO-SCLERANTHETEA-(speziell ALYSSO ALYSSOIDIS-SEDION ALBI Oberd.u.Müller 61-)Gesellschaften von spezifischem Gepräge. Das SEDO-POTENTILLETUM NEUMANNIANAE (PASSARGE 1995), welches wie andere Fingerkraut-Gesellschaften vor allem grasfreie, relativ offene Trockenstandorte benötigt und auch (regional) seltener Arten wie *Linum austriacum*, *Alyssum alyssoides*, *Holosteum umbellatum* enthält; das ALYSSO-SEDETUM (u.a. mit *Camelina microcarpa*), das VERONICO ARVENSIS-THLASPIETUM PERFOLIATI (u.a. mit *Allium oleraceum*, *A. vineale*). Auch seltene Arten wie *Pru-*

*nella laciniata* und *Trifolium striatum* besiedeln bevorzugt Kontaktbereiche solcher Kleinaufschlüsse.

Die Pflanzen- und Pilzwelt der innen stockfinsternen Stollen beschränkt sich weitgehend auf die Eingangsbereiche (niedere Algen, Moose). Lediglich die heterotrophen Rasen bestimmter Pilze überkleiden die feuchten inneren Stollenwände. Im Eingangsbereich von Schieferstollen des Frankenwaldes taucht sogar das hier seltene Leuchtmoos *Schistostega osmundacea* auf, welches in diesem Naturraum kaum Naturstandorte aufweist. Schieferhalden beherbergen eine z.T. hochspezifische Moos- und Flechtenflora mit mehreren seltenen Arten, die z.B. von MEINUNGER am Beispiel der Lehestener Halden im Thüringer Grenzbereich untersucht wurde (z.B. MIELICHHOFERIA). Ungewöhnlich schwermetallreiche Stellen im alten Bergbaubereich führen zwar in Bayern nirgendwo zu typischer Schwermetallvegetation wie etwa im Raum Stolberg-Aachen oder Klostermansfeld/Sachsen-Anhalt. Einzelne sicherlich oder möglicherweise auf den speziellen Chemismus zurückgehende Flechten, Moose und sogar Phanerogamen (z.B. *Plantago maritima*) finden sich auch bei uns, so z.B. am "Erzberg" von Bodenmais und Riedboden bei Mittenwald.

An voralpinen Bach- und Flußanrissen gedeihen eine Reihe bemerkenswerter Pflanzen, so etwa der Kiessteinbrech (*Saxifraga mutata*; z.B. Tertiäranbrüche am Lechufer bei Kaufering), der Fetthennensteinbrech (*Saxifraga aizoides*; z.B. Molasseprallhänge der außeralpinen Prien/RO), die Schluchtweide *Salix appendiculata*.

#### B.1.5 Tierwelt

Künstliche Aufschlüsse incl. Bergbaurelikte und Halden werden als extreme und tierökologisch seltene Biotope von einer großen Zahl hochspezialisierter und gefährdeter Tierarten besiedelt. Dieses Kapitel kann sich sehr kurz fassen, weil wesentliche Teilaspekte in den LPK-Bänden "Steinbrüche", "Kiesgruben", "Agrotope" (Hohlwege) und in Teil F dieses Bandes aufscheinen.

In der Entwicklung von Abbauwänden zu Fels-Ökosystemen spielen Tierarten auch als Pioniere eine große Rolle. Auf Felsflächen bilden Fluginsekten, besonders Fliegen (Sonn- und Aufwärmplätze) und eventuell felsbrütende Vogelarten "die Vorhut" der Sukzession. Fliegen- oder Spinnen-erbeutende Weg-, Grab-, Feldwespen, Wolfs- und Springspinnen bauen Nester in Felsspalten, in Nischen und in den Felsgrus. Erstmals bleibt organische (tote Zoo-)Masse zurück. Im besser durchfeuchteten Detritus kleiner Nischen und Spalten keimen bzw. leben angewehrte Algen, Moos- und Flechten-Diasporen. Die pflanzliche Sukzession hat begonnen. Deren erste Stadien ziehen Kleinstorganismen an, die starke Austrocknungsphasen durch Dauerstadien überstehen können, z.B. Urtierchen (Protozoen), Fadenwürmer, Rädertierchen, Bärtierchen. Die ersten Moospolster siedeln sich an, in denen wiederum trockenresistente Hornmilben (Oribatiden) und Springschwänze (Collembolen) siedeln. Diese kurbeln die Bodenbildung durch ihre Fraßtätigkeit an.

Die erste Bodenschicht besteht aus Exkrementen dieser Mikrofauna, aus Pflanzenresten, aus Gesteinsstaub (im Kristallin z.B. Glimmerplättchen) und Sand. In erosionsgeschützten Felsnischen häufen sich allmählich mehrere cm Boden an, in denen erstmals auch höhere Pflanzen zu keimen und zu wurzeln vermögen. Mehr Laubstreuanfall bietet anspruchsvolleren Bodentieren Ansiedlungsmöglichkeiten. Bessere Versteckmöglichkeiten und Austrocknungsschutz läßt nun erstmals auch Schnecken und Doppelfüßler (Diplopoden) zu, die bei höherer Luftfeuchtigkeit Algen- und Flechtenüberzüge abweiden. Der stärkeren Präsenz von Detritusfressern folgen Räuber wie Ameisen, Steinläufer (Lithobiidae) und bestimmte Käfer(larven) auf dem Fuße. Aus dem initialen "Exkrementenboden" wird nunmehr ein koprogener Humus (mullartige Fels-Rendzina, Proto-Rendzina). Darin verarbeiten die nun größeren Bodentiere größere Mengen an organischer Substanz und vermengen diese auch mit Kotteilen. Nunmehr können die Bodenaufgaben so dick werden, daß sie auch in Trockenperioden nicht mehr komplett austrocknen. Ab diesem Sukzessionspunkt können Regenwürmer einwandern. Durch Humusaufgaben verstärkte Kalklösung setzt Tonrückstände frei, die u.a. von Regenwürmern als Ton-Humus-Komplexe eingebunden werden (Darstellung z.T. nach DUNGER 1983).

Diese Sukzession schreitet allerdings in vielen steilen Steinbruchwänden und an natürlichen Felsen nur sehr langsam und bis zu geringen Vegetationsdeckungsgraden fort (siehe [Kap.B.1.4](#)).

Kaum mehr hinzuweisen braucht man auf **spalten- und höhlenbrütende Vogelarten**, die ohne natürliche (und heute überwiegend künstliche) Aufschlüsse nicht existieren könnten. Für die heute für Sandgruben charakteristischen Uferschwalben bedeuten die wenigen durch natürliche Fließwassererosion offengehaltenen Uferwände die einzigen wirklich dauerhaft verlässlichen Habitatangebote. Viele derzeit noch reich besetzte Uferschwalbenkolonien befinden sich in Rekultivierung und Auffüllung, werden also in absehbarer Zeit ausfallen! Auch die Wasseramsel nistet gelegentlich in felsigen Uferwänden, also klassischen Naturaufschlüssen. Zwar sind im Brutplatzangebot des Eisvogels derzeit relativ viele künstliche Kieswände und Grubenwände beteiligt, doch wird auch hier in weiterer Zukunft der Primärstandort natürliche Bachuferwand, also ein klassischer Aufschluß, die einzige verlässliche Perspektive bieten.

In den alten Schieferhalden des Frankenwaldes und Vogtlandes und den Plattenbruchhalden des Pappenheimer und Eichstätter Jura nisten z.B. Steinschmätzer, Zaunkönig und Hausrotschwanz. Größere Steinbrüche und Lockergesteinsabbaustellen können regional seltene, z.T. die einzigen Brutstellen sein für Steinschmätzer, Hausrotschwanz (GÖRNER 1978), ja sogar Tannenmeise, Kohlmeise, Kleiber, Gartenbaumläufer, Haussperling, Feldsperling, Star, Dohle, Uhu, der heute z.B. im Bayerischen Wald seinen Brutschwerpunkt in Steinbruchfelsen und weniger in Naturfelsen hat, und Wander-

falke gebietsweise nur dank ihrer Steinbruch-Bruten überlebt (z.B. SCHERZINGER 1987).

Sowohl in Muschelkalk-Bruchwänden Unterfrankens als auch in Kiesgruben der Schotterplatten (und zwar i.d.R. nahe der Oberkante) hat der submediterrane Bienenfresser gebrütet (z.B. UHLICH & HOLYNSKI 1991).

Für die genannten Vogelarten sind von Bedeutung: Höhlungen in verschiedenen Größen und Tiefen, meist tiefer als 30 cm, überdachte Absätze (z.B. unter Nagelfluhbänken in Lockergesteinswänden), Löcher von Mauslochgröße bis max. 30 cm Durchmesser, Ritzen und Spalten bis 10 cm Breite, kleine Hohlräume unter überschichteten Gesteinsplatten, Absätze, Vorsprünge (nach GÖRNER 1978).

Frostfreie und luftfeuchte Bergwerksstollen beherbergen troglophile (gern stollen- und höhlenbewohnende), troglobionte (höhlengebundene) und troglaxene (gelegentlich eindringende) Tierarten. Mehrere Fledermausarten, z.B. Braunes Langohr *Plecotus auritus*, (in mind. 31 Frankenwald-Stollen), Großes Mausohr *Myotis myotis* (mind. 20 Stollen), Wasserfledermaus *Myotis daubentoni* (mind. 18 Stollen) haben ihre zumindest regional wichtigsten Winterquartiere in verlassenen Stollen. Von 9 im Frankenwald gefundenen Winterquartieren der aussterbebedrohten Bartfledermäuse *Myotis mystacinus* und *M. brandti* lagen 8 in Stollen. Regelmäßig fanden sich Zackeneulen (*Scoliopteryx*, z.B. die Zimtleule *S. libatrix*), Kellerspanner (*Triphosa dubiata*), mehrere Spinnen (z.B. Höhlenkreuzspinne *Meta menardi*), hochspezialisierte Springschwänze (z.B. die von Fledermausexkrementen und Kadavern lebenden Blindspringer *Onyxiurus armatus* G. und Zweiflügler. Erdkröten überwintern, der Feuersalamander laicht sogar in Stollenpfützen ab (BEIERKUHNLEIN et al. 1992). In anderen Stollen tauchen auch Arten wie Wegdornspanner, Tagpfauenauge auf. Direkt angrenzende Schieferhalden speichern Tageswärme und machen die Stollenmundlöcher auch für relativ wärmeliebende Arten besiedelbar (z.B. Bechsteinfledermaus *Myotis bechsteini*).

Die höchste Vielfalt grabender Insekten trifft man in Wänden nicht-bindiger, lockerer Sedimente, in fugenarmen Massivgesteinsaufschlüssen spielen sie naturgemäß eine beschränkte Rolle (mit Ausnahme von Grus- und Sandansammlungen). Auch eine reiche Schmetterlingswelt mit einigen zumindest regional bemerkenswerten Erscheinungen trifft man in Materialentnahmestellen: Wolfsmilchschwärmer (*Hyles euphorbiae*), Berghexe (*Chazara briseis*), Bärenspinner (*Arctia aulica*), Sonnenröschen-Grünwidderchen (*Adscita geryon*), Heide-Grünwidderchen (*Rhagades pruni*), Nachtkerzenschwärmer (*Proserpinus proserpinus*) u.a. (siehe LPK-Band 17 und 18).

Hohlwege begünstigen mit ihrem Windschutz und warm-feuchten Sonderklima nicht nur die hier gut untersuchte Hautflüglerfauna, sondern auch einzelne Schmetterlingsarten, die dort bevorzugt ihre Eier ablegen, z.B. in Mainfranken den Ahorn-Herbstspinner *Ptilophora plumigera* und den Schnauzen-

spinner *Pterostoma palpinum* (WEIDEMANN 1996).

### B.1.6 Räumliche Verteilung von Aufschlüssen, Verbreitung

Mit Ausnahme weniger völlig abbaustellenfreier und intensivlandwirtschaftlich genutzter Gebiete gibt es Aufschlüsse mit Geotopwertigkeit überall in Bayern. Es ist daher wenig sinnvoll, wie in anderen Bänden des LPK von "Verbreitung" zu sprechen.

Allerdings spiegelt die räumliche Verteilung bestimmter Aufschlußtypen natürlich die regionalgeologische Gliederung (siehe Teil A), in zweiter Linie auch kultur- und wirtschaftsgeographische Verhältnisse (z.B. Häufung alter Steinbrüche in der Nähe von Freien Reichsstädten und anderen alten Metropolen sowie von Transportwegen; Hohlwegaufschlüsse in vor 1980 unbereinigten Gebieten) wider, so daß sich regionale und lokale Vorkommensschwerpunkte ergeben.

Unter Verweis auf die vielfältige regionalgeologische Literatur sind an dieser Stelle nur beispielhafte, andeutende und weiterführende Hinweise nötig. Wichtige Informationsquellen sind u.a.:

- Die Geologischen Karten des GLA mit Erläuterungen (M 1 : 25 000 bis 1 : 100 000) bezeichnen auch (zumindest zum Herausgabezeitpunkt eindrucksvolle) Aufschlußlokalitäten und informative Exkursionsrouten.
- Der GEOTOPKASTER BAYERN, in dem Aufschlüsse eine große Rolle spielen.
- Die vielfältige regionalgeologische Literatur: u.a. naturwissenschaftliche Gesellschaften A, BT, BA, WÜ, LA, KE, Kreisheimatbücher, populär abgefaßte Regionalgeologien in Buchform, wie sie z.B. über die Landkreisgebiete RO, OA, BGL, WÜ, KEH, EI, WUG, REG, FRG, DEG, SR, WUN, TIR, HO vorliegen.

Aufschluß-Angaben der Literatur sind allerdings stets auf Aktualität zu überprüfen.

Natürliche Aufschlüsse konzentrieren sich auf Hochgebirgsbereiche, frische Anbrüche von Massenbewegungen (siehe Teil D), Durchbruchstäler, Klammern, Prallhänge und andere Ufer-Freilegungen (siehe Teil D), Schichtstufenabbrüche, Kristallinmittelgebirge mit Felsdurchragungen (siehe Teil F) und die stark zertalten felsreichen Weißjuratafeln (siehe Teil F).

Künstliche Aufschlüsse größerer Dimension sind gebunden an (heute oder früher abbauwürdige) Lagerstätten, wie Kiese, Tone, Sande, Basalte, Serpentine, Granite und Mineralisationsgänge, Massen- und Plattenkalke, Kalk- und Meteoritentuffe (siehe LPK-Band II.17 und II.18). Sie sind zwar über ganz Bayern verbreitet, aber in sehr unterschiedlicher Dichte. Eine Groborientierung vermittelt die Lagerstättenkarte von Bayern 1:500.000 des GLA (1978). Durch beständige Aufschlüsse geradezu zernarbten Gebieten, wie z.B. den Serpentinzügigen Oberfrankens, der Pappenheim-Mörnsheimer Plattenkalkregion oder Wellenkalkgebieten im Lkr. WÜ und MSP, stehen aufschlußarme bzw.- verarmte Gebiete

wie z.B. Weinbergbereinigungsgebiete bei Ochsenfurt und Volkach (KT), bei Castell (KT) oder das Naabgebirge (AS, SAD), gegenüber. Bestimmte Naturräume weisen zwar für relativ kurze Zeit ergiebige Großaufschlüsse auf, die aber dann wieder völlig verschwinden (z.B. Bentonitgruben des Tertiärhügellandes, Tongruben des Rosenheimer Beckens, Quellkalk- und Torfgruben in Neubaugebieten bei Erding). Häufig sind in an sich steinbruchreichen Regionen nur bestimmte wirtschaftlich interessante Gesteine aufgeschlossen, die übrigen erdgeschichtlichen Hinterlassenschaften aber schön zugedeckt und nur mühsam über Ersatzindizien (z.B. einzelne Lesesteine, ephemere Baugruben und Leitungsgräben) analysierbar. Im Unterschied zur Bodendenkmalpflege sind Bauherren und Tiefbaufirmen nicht verpflichtet, einen geologisch wichtigen Anschnitt unverzüglich der Fachbehörde anzuzeigen. Und wenn, wären sie kaum in der Lage, die geologische Bedeutung einer Bodenöffnung zu erkennen.

"Aufschluß-Biotope" müssen nicht immer vegetationsarm sein. Auch singuläre Inselgesteinsvorkommen wie der seltene Röhrenhofit 5 km E Bad Berneck/BT, die Tuffhügel der Münchner und Donaubene können trotz Bewachung immer wieder Einblicke und Fundstücke liefern.

Die nachfolgend ausgewählten Beispiele sind gewissermaßen nur einzelne, willkürlich ausgewählte Stichproben. Sie sollen lediglich die große Bandbreite der standörtlichen, naturräumlichen und nutzungsgeschichtlichen Situation veranschaulichen, die zwangsläufige Undifferenziertheit der vorgeschalteten Textkapitel etwas ergänzen und Ansporn geben, Parallelerscheinungen in anderen Gebieten Beachtung zu schenken und die einschlägigen geofachlichen Unterlagen heranzuziehen. Erläuterungen der gelegentlich auftauchenden Fachbegriffe müssen aus Platzgründen unterbleiben. Sondererscheinungen, wie etwa besonders höffige Lesesteinäcker ("z.B. Flädlesäcker" des Rieses, Belemnitenäcker bestimmter Weißjurahochflächen) oder Naturaufschlüsse in Karsthohlformen (z.B. Locus classicus der Weilloher Kreidemergel in einem bewaldeten Erdloch 1,5 km S Weillohe/R), dürfen nicht ignoriert werden, auch wenn sie außerhalb der Standardaufschlüsse liegen.

#### B.1.6.1 Auswahl von Naturaufschlüssen an Steilabstürzen, Traufzonen und größeren Felsen

Viele Beispiele hierzu gibt Kap. 1.6 in Teil A sowie 1.6 in Teil F. An dieser Stelle nur einige weitere Beispiele, deren geognostische Bedeutung in Teil F nicht gewürdigt werden kann. In allen (hier genannten, aber auch unerwähnten) Fällen treffen hier eine hohe geo- und biofachliche Bedeutung zusammen. Derartige zentrale "Aufschlußbänder" sind gleichzeitig Hauptlinien des Biotopverbundes (siehe LPK Band I, Kap.6.6).

- Felsiger Steilhang an der Fränkischen Linie zwischen Schloß Stein und Dorf Stein b. Ber-

- neck/BT: komplette Schichtfolge vom Ordoviz bis zum Unterdevon;
- Zeyerner Wand/KC: Röt, Unt.Muschelkalk;
  - Förmitz- und Mödlabachhänge S Köditz/HO (Flanken der Höhe 566): Klassisches Vorkommen von Diabas-Schalstein mit vulkanischen Blomben;
  - Pikritfelspartien (ultrabasischer Vulkanit) am Schwarzenstein bei Schwarzenbach/Wald (HO), am Landsknechtberg bei Ullitz/HO, im Labyrinthberg bei Hof;
  - Albrauflinie zwischen Hahnenkamm/WUG und Lichtenfels;
  - Riffelsen und Härtlinge des Bayerischen und Böhmischen Pfahles (letzterer 65 km lang und 100m breit); Morphologisch prägende Klufth mineralisationen auch bei Waidhaus, Oberviechtach, Winklarn und Rötz;
  - Donauleiten zwischen Tegernheim und Deggen-dorf (Donaurandbruch usw.);
  - Donautalhang Senden - Günzburg (Kirchberger Schichten des Karpat);
  - Molasseabbrüche im mittleren und unteren Isartal (FS, LA, DGF), im Inntal (AÖ, PAN, PA);
  - Dominante Überschiebungszonen der Bayerischen Alpen (z.B. zwischen Flysch, Helvetikum, Allgäu- und Lechtaldecke); umfassen jedoch ganze Berglandschaften wie den Hochstaufen, die Kampenwand, die Benediktenwand, den Grünten usw. und übersteigen daher die Geotopdimension;
  - Kröner-Riff mit Hippurites als 5 m hoher und 50 m langer Felshang am Nordfuß des Lattengebirges bei Bayerisch Gmain/BGL (LAGALLY et al. 1994);
  - Westhang Buchberg bei Schleching/TS.
- Eher inselhafte und seltene, auf natürliche Weise anstehende Gesteinsvorkommen sind z.B.:
- Der einzige westdeutsche Aufschluß (2-3 m<sup>3</sup>) von Vesuvianfels auf einer Wiese in Schwingen bei Schwarzbach/Saale;
  - Quarzgang des Kreuzberges in Pleystein, auf dem die Klosterkirche steht, mit partiellem Vorkommen von Rosenquarz (SCHUSTER 1924);
  - Serpentin der Wojaleite/HO und am Peterleinstein/KUL im Frankenwald;
  - Metanorit (=basisches Gestein der Münchberger Gneismasse) am Steinhügel bei Höflas im Frankenwald;
  - Vereinzelt Basaltschlote an verschiedenen nordbayerischen Lokalitäten;
  - Obwohl der quarzfreie Keratophyr im Frankenwald weit verbreitet ist, tritt er doch nur am Berg Torkel als natürlicher Aufschluß hervor.
- B.1.6.2 Auswahl von Naturaufschlüssen an Bach- und Flußufern, in Schluchten und Kerbtälern**
- Keine Konflikte Biotop- und Geotopschutz, da die Erhaltung der aufschlußbedingenden Wasser- und Hangdynamik auch das Naturschutzoptimum darstellt. "Pflegemaßnahmen" überflüssig. Wichtig ist
- die Freihaltung von Verbauungsmaßnahmen und Wegebau.
- Kersantit-Vorkommen (Granit-Begleitgestein) an Bacheinschnitt N und S Gasthaus Hammerbach bei Vordorf/WUN;
  - Trimeusel (Prallhangfelsen des Maines) bei Nedensdorf/LIF: 30 m Schwarzjura, "Saurierschicht", Posidonien-schiefer, viele Fossilien;
  - Rotmaindurchbruch mit Prallhangwänden zwischen Eimersmühle und Bruckmühle/BT: 20 m hoher Aufschluß der Estherienschiefer, Corulabank; seltene Reptilfährten;
  - Prallhang des Zeublitzter Grabens bei Neues/KC: Schwarzjura gamma;
  - Teufelsgraben bei Kirchröttenbach/LAU: klassischer Schwarzjura delta;
  - "Teufelskirche" (Schlucht) b. Grünsberg/LAU: komplette Aufschlußfolge Rhätolias, unter und mittl. Lias;
  - unterer Türkenbach bei Stammham/PAN: fossilführende Glimmersande, und Muschelschill des brackischen Mittelmiozän;
  - Dachlwände bei Markt/AÖ: südl. Vollschotter des ob. Pliozän, Oncophora-Schichten des Mittelmiozän etc., Auswitterungslöcher von tertiärem Treibholz als Dohlen-Nistlöcher!; fossile Tertiärflora (*Acer trilobatum*, *Cinnanomum* etc.);
  - Bachschluchten unterhalb Gars: Blick ins Innere der Altmoräne;
  - Schlierachtal N Miesbach: Anrisse im Chatt
  - Breitenbachschlucht bei Schliersee/MB (Schlüsselaufschlüsse des Helvetikum);
  - Mangfalltal bei Grub, Fentbach/MB (Deckenschotternagelfluh, Süßwassermolasse);
  - Schauergraben bei Bernau/RO: Wildflysch (sonst nur im Allgäu);
  - Priensteilhänge bei Dösdorf/RO (Bausandstein, pflanzliche Fossilien usw.);
  - Bleichgraben S Dettendorf/RO (Stinkkalke der Cyrenenschichten);
  - Südufer Herreninsel/RO (Helvet);
  - Mergelwände S Oberachthal an der Simsseer Ache/RO: Austernbänke, Haifischzähne usw.
  - Bachriß bei Helmberg und Tettenhausen/TS (Ob. Meeresmolasse);
  - Uferanrisse der Samerberger Achen im Mühlthal: Interglaziale Seetone, blauer Vivianit;
  - Höllgraben bei Mitterbach/BGL und Gips am Prallhang der RamsauerAche bei Stang/BGL (älteste regionalgeol.Schichtglieder, Haselgebirge des Perm);
  - Schichtserie im Achendurchbruch S Schleching/TS;
  - Würmsee-Hochufer bei Allmannshausen/TÖL, STA;
  - Isarleiten bei Hornstein - Dürnstein/TÖL, M;
  - Tertiärkante am Südufer der Herreninsel im Chiemsee/RO;
  - Eistobel/LI (Burdigal);
  - Illersteilhang N Memmingen (Chatt/Aquitan);
  - Oybachsteilhang an der Oybachbrücke/OA: Überschiebung Allgäudecke/Flysch;



- Prallhang der Bolgenach W Mittelalpe bei Balderschwang/OA: Tektonik der Feuerstätter Decke;
- Hohe Wand bei Gestratz/LI: Argen-Prallhang mit Süßwassermolasse bis Würmglazial-Aufschluß, viele Tertiärfossilien.

### B.1.6.3 Auswahl von Naturaufschlüssen aus Hangrutschungen

Auch hier möglichst keine "Biotop- oder Aufschlußpflege"; wichtig ist die Fernhaltung unnötiger Verbauungsmaßnahmen, soweit keine Gefahrenherde entstanden sind. Solche Erscheinungen häufen sich in der Alptraufregion und an anderen Grenzbereichen zwischen Weiß- und Braunjura, im Bereich Rhätsandstein/Burgsandstein/Feuerletten, an Flußtalhängen des Alpenvorlandes, in "Gräben" des Alpenvorlandes, in der Wildflyschzone, Flyschzone und Allgäu-Decke der Bayerischen Alpen.

- S der Steinach im Oberen Buntsandstein in Weidenberg/BT;
- Hangrutsche Donauleite N der Reisenburg/GZ: Traditionsaufschluß für Molasse-Bearbeiter des 19.Jhd. (KUBE, GEOSCHOB);
- Noch aktiver Hangrutsch bei Paterzell/WM (Abgang 1955);
- Herzogsägmühle/WM;
- Rutschhang im Almgebiet SW Arzbach/TÖL; schöne Verfaltungen und "Überschiebungen";
- Innhang S Gars/RO;
- "Lissabona" (ausgelöst vom Erdbeben in Lissabon 1.11.1755) am Windpasselkopf S Benediktbeuern/TÖL (JERZ 1993);
- Jenbachtal ob Feilnbach/RO; nach JERZ (1993) 0,4 m/Jahr auf 20 ha;
- N Gunzesried/OA (ab 1955, bis heute aktiv; ca. 1 Mill. m<sup>3</sup>).

### B.1.6.4 Auswahl von Hohlwegen mit Aufschlußfunktion

Prinzipiell in allen regionalgeologischen Teilräumen; durch Funktionsaufgabe und Zufüllen trat aber eine große Ausdünnung ein. Soweit noch vorhanden, erhöht die Aufschlußfunktion die Erhaltungs- und Pflegedringlichkeit für einen Hohlweg. Beispielsweise ist die geowissenschaftliche Dringlichkeit für Hohlwegpflege im aufschlußbarmen Keuper-Lias-Land im allgemeinen noch größer als in Hohlwegen in obermiozänen Sanden Niederbayerns. Genannte (und viele ungenannte oder im GEOTOPKATASTER aufgeführte) Beispiele auf aktuellen Zustand überprüfen!

- 8 m tiefer Hohlweg S Falkenstein b. Gerolzhofen (SW): Myophorienschichten des Gipskeupers;
- Hohlwege E und N Altmannsdorf/SW: Myophorienschichten;
- Hohlweg S Michelau/SW: Bleiglanzbank, Malachit-, Schwerspat; Wurmsteig am W-Fuß des Zabelsteins/SW: Bleiglanzbank;
- Eisensandstein-Hohlweg bei Berndorf-Menchau nahe Thurnau/KUL;

- Posidonieschiefer-Hohlweg am Fuße des Leyerberges bei Hetzles/FO;
- Hohlweg in Leimitz bei Hof: Locus classicus für paläozoische Fossilien im Leimitzschiefer; lenkte bereits vor 100 Jahren die Aufmerksamkeit der berühmtesten europäischen Paläontologen auf sich;
- Devonfossilien in Hohlwegen zwischen Selbitz und Marlesreuth/HO;
- Ordoviz-Fossilien: Hohlweg 800 m N Baiersgrün/HO;
- Hohlweg Guttenberg - Vogtendorf/KUL: Randschiefer der Münchberger Gneismasse;
- Hohlweg zwischen Löhmar und Löharmühle/HO: Paläozoischer Ockerkalk;
- Hohlweg zwischen Ludwigsstadt und Thünahof/KC (Obere Grapolithenschiefer);
- Hohlweg NW Roschlaub/BT: Opalinuston, Grenzbänke alpha/beta;
- Eisensandsteinwände an der Straße Sengenthal - Winnberg/NM;
- Spalter Hügelland/RH: Hohlweg von Spalt zum Gruberschen Bierkeller (Unt. Burgsandstein), Hohlweg zum Bärenberg (Mittl. Burgsandstein), Hohlweg SW Unterbreitenlohe (Basisletten);
- Hohlweg WNW Kareth/R: Eisbuckelschichten der Kreide.

### B.1.6.5 Auswahl von aufschlußwichtigen (alten) Steinbrüchen

Gibt es in allen Festgesteinsräumen Bayerns. Besonders wichtig aber in solchen mit wenig natürlichen Felsdurchragungen, hoher geologisch-tektonischer Komplexität, noch (z.T.) ungelösten Rätseln der Erdgeschichte, großer Fossilien-, Gesteinsarten- und Mineralvielfalt. Genannte Beispiele mit GEOSCHOB abgleichen und auf Zustand überprüfen. Erhaltungswürdigkeit möglicherweise in einigen Fällen beeinträchtigt.

- Basaltsäulen am Kühbühl bei Thierstein und am Schloßberg von Neuhaus/WUN;
- 20 alte Steinbrüche im Proterobas-Gang quer über den Ochsenkopf auf 8 km Länge/BT, WUN;
- Alter Steinbruch Zottaschen bei Bad Berneck/BT (Gneisfaltung);
- Bändergneissteinbruch NNE Seulbitz/HO (siehe [Kap. B.1.7](#));
- Steinbruch von Sinatengrün/WUN (kambrischer Marmor);
- Alter Metanorit-Steinbruch am Steinhügel bei Höflas/BT;
- Karbonschiefer in den alten Brüchen bei Osseck a.W./HO;
- Kulmschiefersteinbruch bei Mauthaus/KC;
- Alte Griffelschiefersteinbrüche bei Ebersdorf/KC;
- Hauptmuschelkalk-Steinbruch Forstlahm S Kronach;
- Als Biotop hochwertiger, verwachsener Redwitz-Steinbruch am Grafenstein bei Leutenberg/WUN;
- Steinbruch am Wartberg bei Längenau/WUN: großartiges Naturdokument des Basaltdurchbruches durch Granit, Zeolith; heute z.T. unter Was-

- ser; "das aufsteigende Magma hat buchstäblich den Granit aufgefressen und nicht mehr die Kraft gefunden, das Gestein zu durchstoßen" (KRONBERGER 1958/60);
- Rhyolithschlot im alten Steinbruch b. Lenau/TIR, u.a. Jaspis;
  - Isolierte Basaltschlote im Jura, als alte Steinbrüche erkennbar (z.B. um Heiligenstadt und Oberleinleiter/BA);
  - Steinbruch Saal/KEH: Schutzfelsschichten, Grünsandstein, Kelheimer Kalk;
  - Alte Steinbrüche E Schwetzingen und NE Petendorf/R: Regensburger Grünsandstein;
  - Alter Steinbruch NW Obertrübenbach/CHA: Kreidesandstein über Granit;
  - Aufgel. Steinbruch bei Holheim/DON: Ries-Myonite, Schliff-Fläche, Bunte Trümmermassen;
  - Alter Steinbruch bei Höttingen/WUG: Feuerletten (Hohlkehle, Lias);
  - Suevit-Bruch an der Altenburg N Str. Holheim-Neresheim ("Dombbruch", weil für Nördlinger Daniel ausgebeutet): Grenze Suevit/Weißjura;
  - Alter Stb. Büschelberg bei Hainsfarth/DON: Stotzen der Blaugrünalge *Chladophorites*;
  - Steinbruch S Tannen E Kempten;
  - Alte Abbaue im Münchener Deckenschotter (aus denen u.a. das Fundament der Frauenkirche gewonnen worden sein soll) am östlichen Isartalhang beim Brückenfischer/TÖL, E Percha beim Tennisplatz, N Starnberg (Nähe Bahnlinie).

Interessante **Kluftmineralisationen** finden sich außer entlang des Bayerischen Pfahls z.B. in den Steinbrüchen

- bei Eslarn/SAD;
- im Fuchsbaugranit bei Weißenstadt: Chlorit, Tobaerit (Uranmineral);
- der Goldkronacher Antimon-Gänge im Zoppental;
- der Gangfüllungen des Falkenberg-Leuchtenberger Granitmassives, ein Muß für Mineraliensammler;
- der Region Solnhofen-Eichstätt mit ihren weltweit einmaligen Funden (*Archaeopteryx*). Dies ist in Bayern das prominenteste Beispiel für die Bedeutung künstlicher Aufschlüsse.

#### B.1.6.6 Wenige Beispiele geotopwichtiger Kies-, Sand-, Ton-, Lehm-, Almo-ckergruben

Gruben mit Geotopwürdigkeit gibt es grundsätzlich in ganz Bayern. Erhaltungswürdigkeit ist auch noch gegeben, wenn "interessante" Abbauwände verwachsen sind aber jederzeit mit relativ geringem Aufwand freigelegt werden können.

- Ziegeleigrube Aubenham/MÜ (siehe LAGALLY et al. 1994): einmalige Tertiärflora, Erstnachweis von *Fagus*;
- angestrebte Forschungs- und Lehrgrabungsstätte der LMU München in der ehem. Kiesgrube Bergmaier-Karber b. Mainburg: größte bekannte Fossilfundstelle der Oberen Süßwassermolasse (OSM), über 20.000 Fossilien (GEOSCHOB);

- Kiesgrube am Uhlenberg bei Dinkelscherben/A: Schieferkohle eines ältesten Interglazials mit Paläoflora;
- Kiesgruben NE und E Wörleschwang/A: einmaliger Übergang Obere Süßwassermolasse/Alteiszeit; Dokument des nur noch an wenigen Stellen aufgeschlossenen altpleistozänen Ur-Donaulaufes, erkenntlich an Malmgeröllen; Aufschluß der ältesten Pleistozänablagerungen der Zusammenplatte (GEOSCHOB);
- Sandgrube Hilpoldsberg/A: repräsentative Molasse-Wechselfolge mit z.T. unerforschter Flora;
- Kiesgrube NE Thierhaupten/A: singulärer Übergang zwischen Oberer Süßwassermolasse (mit fossilem Erosionsrelief) ältesteiszeitl. Schottern;
- Ziegeleigrube bei Welden/A: großartiges alteiszeitl. Profil;
- Lehmgrube Roßhaupten bei Röfingen/GZ: Schlüsselprofil zur alteiszeitlichen Stratigraphie; nach KUBE (GEOSCHOB) eines der bestuntersuchten Pleistozänprofile der Iller-Lech-Platten; Nachweis der Umkehrung des Magnetfeldes der Erde vor 0,73 Mill. Jahren;
- Eiskeil-Kiesgrube bei Holzham a. Haunpold/RO;
- Kiesgrube bei Hörmating/RO: Interstadial- und Interglazialböden (vgl. LAGALLY et al. 1994)
- Relikte des rezenten Ockerabbaues in der Pegnitzalb;
- Lochhauser Sandberg/FFB, "Tuffhügel" bei Würth und Grünbacherschwaige/ED;
- Sandelzhausen bei Mainburg mit bedeutenden Funden aus dem Mittelmiozän (*Aceratherium*/hornloses Nashorn); heute aufgelassen;
- das Stettener Konglomerat bei Stetten im Wertal und Döhlau-Weidenberg mit Wirbeltierrelikten und Kleinsauriern;
- der Nachweis der ersten und ältesten Fossilien in Bayern aus dem Mittelkambrium kommt aus der Gegend von Stadtsteinach;
- Kambrische Fauna: Galgenberg und Pechgraben S Premeusel bis Wildenstein/KUL, 200 m S Weidstedenmühle b. Schwarzenbach/Wald (HO), 500 m W Bergleshof bei Stadtsteinach/KUL.

#### B.1.6.7 Beispiele wichtiger Bergbauspuren

Diese geohistorisch bedeutsamen Spuren gehören zu den bevorzugten "Wallfahrtsstätten" von Geologen, Mineralogen, Sammlern. Schwerpunkte liegen trotz der Zerstörung oder Sperrung unzähliger Beispiele immer noch in der "steinreichen Nordoststecke Bayerns", aber auch an Orten, die man gemeinhin nicht mit Bergbau in Verbindung bringt (z.B. Bayerische Alpen, Mittelfranken).

- Relikte des Abbaues tertiärer Braunkohlen am Bauersberg und Eisgraben/Rhön;
- Talzug Undorf-Viehausen-Kapfelberg oder Teublitz-Schwandorf-Schwarzenfeld/Opf.;
- Relikte des Lignitbraunkohleabbaues am Rande des Steinwaldes, beim Grenzübergang Schirnding (Flözmächtigkeit 7 m), bei Fuchsmühl (Rudorf, Sattlerin) oder bei Bayerischhof (Thumsen-Zeche);



- Ölschieferabbaurelikte bei Kloster Banz (8% Bitumen), Großschoaid/Erlangen mit Gagat (= schwarzer Bernstein) und am Hesselberg (bei Wittelshofen/AN, mit geologischem Lehr- und Wanderpfad);
- Alte Schieferstollen und -halden im nordöstlichen Frankenwald, z.B. bei Dürrenwaid/HO, hier auch letzte bayer. Schiefergrube Lotharteil in Betrieb, im Umkreis von Nordhalben, Saaleufer bei Rudolphstein/HO, Silberberg bei Wallenfels/KC, Kupferlöcher im Steinachtal bei Stadtsteinach, Erzstollen im Höllental/KC, Alte Tröge und Geheeg bei Ludwigsstadt/KC, Repichsgrund;
- Stollen und Halden im Leuchtholz b. Tiefen grün/HO, bei Bruck/HO, Dorschenmühle (ober-silurische Schiefer, Thuringit);
- Alte Schürfgruben auf Uranpechblende in der Waldabt. Fuchsbau W Leupoldsdorf und Rudolfstein-Nordhang bei Weißenhaid/HO (auch weltgeschichtlich interessant);
- Spuren von Goldseifen "Gottes-Gabe" und "Edle-Fischerin" bei Schönbrunn/WUN, "Sankt-Bernhard und Sankt-Georg" bei Furthammer, "Gelobtes Land" und "Goldene Rose" bei Tröstau/WUN, Brandholz bei Goldkronach/BT;
- Stollen Gleißlinger Fels bei Fichtelberg/WUN
- Verlassenes Talkum-Bergwerk zwischen Erben-dorf und Grötschenreuth/TIR;
- Halden der Pegmatitgrube Püllersreuth bei Win-discheschenbach/NEW;
- Stollen und Halden der alten Blei/Silber-Grube bei Wallenfels/KC;
- Zinnabbau-Stollen am Osthang des Seehü-gels/WUN;
- Eisenerz-Pingenfeld W-Hang Teichelberg/WUN, Flurname "Eisengruben";
- alte Pegmatitgruben bei Plößberg-Wildenau/NEW (u.a. Beryll);
- Alte Goldabbaugruben und -halden im Raum Oberviechtach - Schönsee - Rötz, z.B. bei Mitterlan-gau - Unterlangau - Pullenried - Gaisheim/SAD. Lokaltäten wie Güttingwald, Braunbergergraben, Forellenbach sind so stark reliefiert, daß sie von PRIEHÄUSSER sogar für kleine Eiszerfalls-landschaften gehalten wurden! (Abb. B/3): min-destens 30 Lokaltäten, meist in Bachtälern;
- Alte Goldabbaugruben und -halden bei Neual-benreuth/TIR und S Erben-dorf/TIR;
- Pegmatitstollen, -halden und -tagebaue Taferl-höhe bei Frauenau/REG;
- Stollen-/bzw. Haldenüberreste des ehemaligen Graphitbergbaues im Bayerischen Wald, z.B. in der Flur Kotwiesen bei Zwiesel/REG, 12 Gruben in der Waldflur Schönecker Riegel bei Boden-mais/REG; Graphit ist als eines der ältesten Mi-nerale Bayerns (Proterozoikum vor mehr als 600 Millionen Jahren) besonders bemerkenswert;
- Grübenfeld in Seebachterrassen unterhalb Ra-chel/NP: Seifengoldgewinnung seit 13. Jhd., Quarz für Glashütten; u.a. wassergefüllte Grä-ben und Vermoorungen
- Alte Quarz- bzw. Pegmatitstollen sowie -halden Stanzen bei Eck/CHA (viele seltene Minerale; eines der bestaufgeschlossenen Pegmatitvor-kommen Deutschlands);
- Johanniszeche auf der Schmelz bei Lam/CHA; Cu- und Ag-Abbau seit mindestens 1463; noch 1918-1920 2600 t Erzförderung; 6 Stollen;
- Grube St.Maria Barbara bei Unterried am Mühl-berg/REG;
- Grübenfelder, d.h. alte Goldseifen am Mooshof bei Bodenmais, bei Dirnberg, zwischen Ko-thinghammer und Miesleuten, unterhalb des Burgstalles bei Außenried, zwischen Frathau und Haufenmühle bei Drachselsried, in der Ran-nenau und "In den Gruben" bei Lindbergmühle, in der Kühau bei Frauenau, an der Gr. Deffernik bei Ludwigsthal/alle REG;
- Silberberg E Bodenmais/REG (siehe HALLER 1993): altes Abbaugbiet für Sulfiderze (z.B. Kupfervitriol), markanter Doppelgipfel; zahlrei-che vielfältig benannte Stollensysteme; enthält die gesamte Kleinmorphologie geschichtlicher Erzabbaustätten (Pingen, Halden, Höhlungen, Querschläge, Schächte, Gesenke, Überhaue usw.); uralte Abbauörter an den Bergflanken zeugen von der bis auf das Spätmittelalter zu-rückgehenden Gewinnung von Brauneisen, Eisen- und Kupfervitriol durch einfaches Feuersetzen; einstmals schütter bewaldet (Abbaufolge; Schwermetallstandorte); angeblich stellenweise 100-150 g Uran und 1500 - 2500 g Thorium je Tonne Gestein; für diesen Lagerstättentyp cha-rakteristischer Eiserner Hut in gelb-roten Ver-witterungsfarben; bereits 1312 wird in einem herzogl. baierischen Urbar "Item das Goltwerch [Goldwerk] zu Pebra [Böbrach], zu Pabenmaizz [Bodenmais] und vor andern Waelden" erwähnt (PFAFFL 1996);
- Altes Bergwerk oberhalb Rotkot bei Zwi-essel/REG, regional bedeutsames Fledermaus quartier;
- Mittelalterliches Silberbergwerk (Haldenreste) NE Laibstadt/RH;
- Aich N Simbach/PA: übergrünte Halden und verstürzte Stollenmundlöcher eines Muschel-schill-(Hühnerfutter-) und Schieferkohlenab-baues im brackischen Mittelmiozän;
- Alte Berghalden bei Neumühl/Mangfalltal und nördl. Stadtrand von Miesbach (Tertiärkohleab-bau bis 1912); Schurf in den Cyrenenschichten des ob. Steinbachtals/MB;
- Grube Hans an der Hohen Richt b. König-stein/AS: Ockergrube, Siena-Ocker aus kreide-zeitlichen Eisenerzen;
- Farberdegrube bei Lunkenreuth/AS;
- Trichtergrubenfelder N Sausthal, am Wild-buckel und Stubengrund im Kelheimer Forst N Ihrlerstein;
- Wolfsschlucht in Neubeuern/RO (alter Eisenerz-bergbau; Untereozön des Helvetikums);
- Kressenberggraben bei Siegsdorf/TS: vollst. Schichtprofil des erzführenden Südhelvetikums, Pingen, Einsturzschächte, Stollen(mundlöcher); eines der regional wichtigsten Sukzessionsbio-topen wegen Betretungsverbot und eingestellter bzw. zurückhaltender Holznutzung; hohe Bio-topstruktur- und Artenvielfalt;

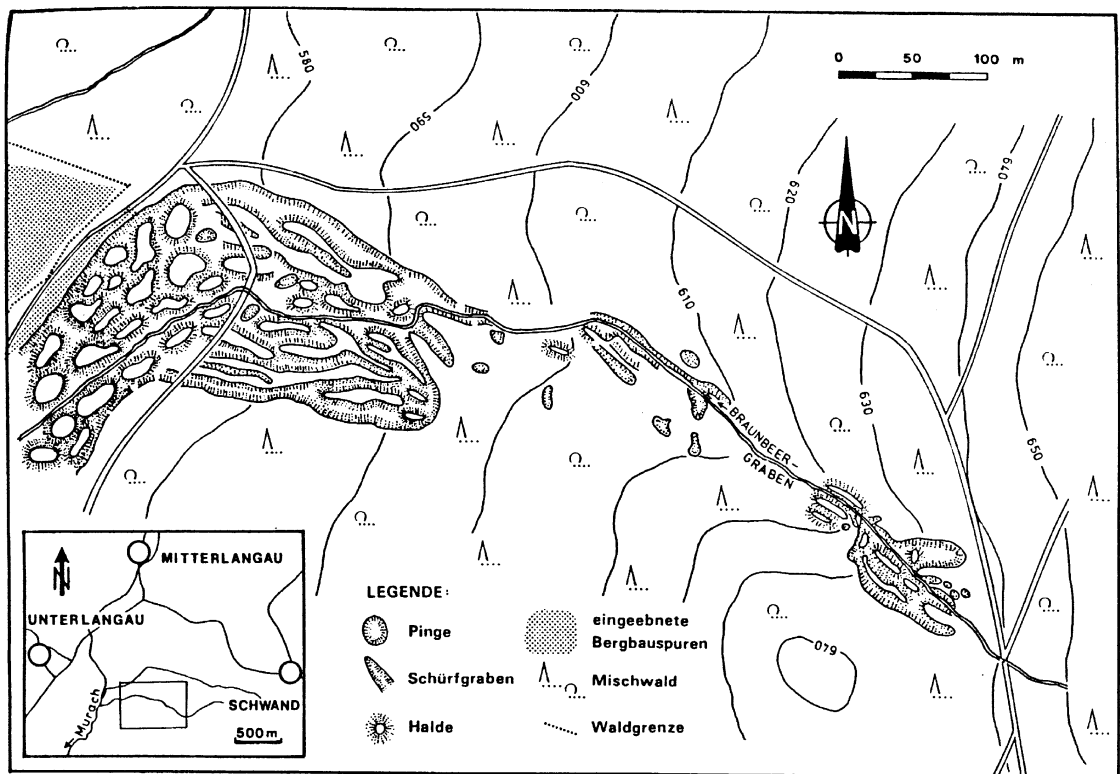


Abbildung B/3

Goldbergbauformen im Braunbeergraben bei Langau/SAD (aus LEHRBERGER et al. (1988))

- Verlassene Pechkohlestollen bei Au/RO;
- Relikte des Schieferkohle(Lignit)-abbaus an den Talhängen des Löwenbaches am Imberger Tobel bei Sonthofen/OA, an den Innhängen bei Wasserburg, Zell, Puttenham/RO, Gars/MÜ, Schächte und Haldenreste bei Großweil/GAP, Antonizeche bei Ohlstadt und Karlszeche bei Hechendorf/GAP, Schwaiganger/GAP, Pfefferbichl bei Buching/OAL.;
- Historische Trichtergrubenfelder im Wald im Rauhen Forst bei Aystetten/A, zw. Tierhaupten und Unterbaar/AIC, b. Oberschneitbach/AIC, Quarzrestschotterplateau im Altkr. Griesbach/PA.

### B.1.7 Bedeutung für Naturschutz und Landschaftspflege

#### B.1.7.1 Arten- und Biotopschutz

Erd- und Gesteinsaufschlüsse gehören zusammen mit Sandfluren und Schotterbänken zu den seit etwa 150 Jahren immer spärlicher werdenden offenen Pionierökosystemen mit einer hochspezialisierten Lebewelt. Bei einer gewissen Beständigkeit der Gesteins- und Bodenanschnitte entwickeln sich hier u.a. Hautflügler (z.B. Weg- und Grabwespen, Mauerbienen, Mörtelbienen, Erdwespen), Springspinnen, Weberknechte, Tanzfliegen, parasitäre Raupenfliegen, thermophile Landschnecken, Amphibien,

Reptilien, Vögel und Säugetiere (siehe insbesondere LPK-Band II.18 "Kiesgruben"). Detailliert erforscht ist das Ökosystem der Lößhohlwege (siehe LPK-Band II.12). TISCHLER (1955) schätzt das Fauneninventar von Lockergesteinsabbaustellen in Mitteleuropa auf mindestens 400 Arten. Abbau-Steilwände dienen u.a. als Ruhe- und Schlafplätze, Verstecke, Jagdreviere, Aufheizräume und Reproduktionshabitate.

Generell gilt: Hohlwege, die ihre Aufschlußfunktion optimal erfüllen, sind i.d.R. auch im Artenschutz von besonderer Bedeutung, da hier die gefährdeten Hautflügler-Zönosen am wenigsten durch Beschattung und Zuwachsen verdrängt werden.

Sekundäre Feucht-/Trockenbiotopkomplexe in ehemaligen Abbauen können die lokal reichststrukturierten und artenreichsten Habitatgefüge ganzer Teilnaturräume sein. So etwa die große Kiesgrube S Seeshaupt/WM, die große Forstkiesgrube E Hohenlinden/EBE oder das Sandgrubengelände "Schichtquelle" im Birket E Kellmünz/NU mit Wasseraustritten, Wasserläufen, Vernässungen auch im angrenzenden Wiesengelände (Abbau bis auf die wasserstauende limnische Untere Serie der Oberen Süßwassermolasse). Das letztgenannte Beispiel erinnert an eine weithin unbekannt Funktion von Abbaustellen: Abbauniveaus schneiden häufig unterirdische Wasserzüge an, die sonst nicht austräten,

können also gewissermaßen zur Vermehrung von Quellenstandorten und sogar kleinen Rinnsalen mit ihrer vielfältigen Kleinlebewelt beitragen, wenn sie nicht wieder verfüllt werden.

Aufschlußwichtige, aber biologisch "ganz normal" ausgestattete Steinbrüche und Gruben können als Diversitätszentren inmitten von Acker- und Forstgebieten von lokal herausragender Bedeutung sein (siehe LPK-Band II.17 "Steinbrüche"). Beispielsweise enthält der kleine aufgelassene Steinbruch E Nußbühl bei Monheim/DON in Bunter Breckzie des Riesereignisses inmitten von Ackerland lückige Felsheiden mit Hügelmeister, Sonnenröschen usw., Fragmente magerer Glatthaferwiesen, Gebüsche u.a. Biotopstrukturen.

Viele geologisch wichtige Steinbrüche und Gruben enthalten, wie die Bände II.17 und II.18 ausweisen, auch (regional) seltene Pflanzenarten als Sekundäransiedlung, so z.B. die begleitenden Alkaliden des Serpentinbruches Galgenberg/SAD den in Bayern fast ausgestorbenen Baltischen Enzian (*Gentiana baltica*), der Altsteinbruch Neutal bei Dietfurt/NM den glazialreliktischen Rasensteinbrech (*Saxifraga rosacea*), das Leinblatt (*Thesium lino-phylon*), die regional seltene Bergulme (*Ulmus glabra*), der Steinbruch Funk/NM die Kleine Wachsblume (*Cerinth minor*), einige Buntsandsteinbruchwände des Spessarts den Strichfarn *Asplenium adiantum-nigrum* und den Schildfarn *Polystichum lobatum*. Bei entsprechender Artenverteilung in Abbauwänden kann dies gewisse Konflikte mit der "geologischen Nutzung" bedingen. In den meisten Fällen (siehe aber B.1.5) wird eine sporadische Begehung durch Fachinteressierte und auch rücksichtsvolle Sammler den bemerkenswerten Artenbestand kaum gefährden.

Zur Biotopbedeutung natürlicher Fels- und Blockbiotop siehe Teil F.1.7.

Mit vielen "Spezialitäten" warten die z.T. erz- bzw. schwermetallreichen Bergbaureliktfächen auf (Serpentinfarne auch in alten Serpentinsteinbrüchen, Schwermetallarten wie z.B. das Moos *Mielichhoferia*). Wahrscheinlich kann die edaphische Toxizität das allgemeine Pflanzenwachstum einschränken und dadurch im stau- oder sickernassen Gelände Breschen freihalten für ökochemisch unempfindliche Moose, z.B. Torfmoosvermoorungen am Silberberg/REG. Dystrophe Heideweiherökosysteme und Zwischenmoore bilden sich aber bereits in Wasseransammlungen ganz normaler Kristallin- und Schiefersteinbrüche.

### B.1.7.2 Landschaftsbild

Natürliche Aufschlüsse, wie Prallhänge, Klammern, Steilwände, Felsnadeln, Felslabyrinth, faszinieren seit der Romantik nicht nur Künstler und Erdwissenschaftler, sondern auch Pioniere des Tourismus (wie z.B. V. v. SCHEFFEL) und Erholungsuchende von heute. Schon früh waren sie "Kristallisationspunkt" des Naturschutzes (z.B. die Kreideabstürze von Rügen). Farblich von der grünen Umgebung stark abstechende, abenteuerlich geformte Felshänge und

Reissen tauchen in vielen Bildern auf (z.B. "Wasserburg" von JAWLENSKY, CEZANNE, Bilder der Münchner Schule vom Isar- und Lechtal). Ein Gipskeuperaufschluß mit den weithin leuchtenden Keuperfarben violett und graugrün, eine schneeweiß strahlende Gips-/Anhydrit-Lage in einer Zechsteinwand, der nackte monumentale Schalengranit eines Oberpfälzer Altsteinbruches, die weißleuchtenden Reissen des Lechhochufers bei Apfeldorf oder Epfach, ein rostbraun leuchtender Eisensandstein-Hohlweg am Albrauf oder Eisenocker in einem Torfstich bei Gröbenzell/FFB verleihen manchen Landschaften charakteristische Akzente. Aus so manchem Kulturlandschaftsbild Bayerns sind kleine Aufschlüsse in Form von Erosionsstellen und Kleinabbauen eigentlich kaum mehr wegzudenken, z.B. die Keuperscharrenlandschaften am Trauf der Haßberge, am Trauf der Frankenhöhe und am Rand der Windsheimer Bucht.

Mehr Distanz herrscht zu größeren künstlichen Aufschlüssen, die oft als störend (auch wegen unattraktiver Begleiterscheinungen wie Quetschwerken, Ablagerungen) empfunden werden. Geologische Inhalte von Gruben entschädigen nur den Geofachmann für das "unschöne" Erscheinungsbild. Wenn Kies-, Sand- oder Tongruben heute überhaupt ein gewisses Image in der Bevölkerung erlangt haben, liegt dies eher an Amphibienlaichplätzen und Uferschwalben, nicht aber an "kryoturbaten Würgeböden", "tertiären Rotlehmen", "Riß-/Würm-Grenzen", "Reuterschen Blöcken" oder "Stauchmoränen".

Im Rahmen der Heimat- und Sachkunde kann hier jedoch Versäumtes aufgeholt werden, die beste Werbung für die Notwendigkeit, nicht alle "Löcher" zuzukippen sondern zu belassen.

Trotz allem können aber auch künstliche Aufschlüsse manchen Kulturlandschaften einen speziellen Reiz verleihen. Das vielleicht spektakulärste Beispiel sind die riesigen Kaliabraumhalden des südöstlichen Harzvorlandes (Sachsen-Anhalt) und des Werragebietes. In Bayern gilt dies z.B. für die großen Hochflächensteinbrüche der Eichstätt und Solnhofener Alb mit ihren weithin leuchtenden, biologisch sehr wertvollen Gesteinsabraumhalden, für die schwarzen Schieferhalden des nordöstlichen Frankenwaldes (HO), die fast lückenlos aneinandergereihten alten Sandsteinbrüche mancher Haßbergetäler und der Maintalhänge des Spessarts, die alten Steinbruchlandschaften um Hauzenberg/PA, um Egg/DEG oder Fürstenstein/PA. Sogar da und dort von ferne herüberleuchtende gelbe Sandabbauwände des Tertiärhügellandes stellen in sonst agrardominierten Landschaften eher eine optische Bereicherung dar, falls sie sich nicht zu großflächigen Grubenarealen mit größeren Bauwerken auswachsen. Sie machen, ebenso wie z.B. die bunt (violett, rot, grünlich, gipsig-weiß) leuchtenden Gips- und Lettenkeuperaufschlüsse den Naturraum auf den ersten Blick unverwechselbar. Soweit noch Relikte der bäuerlichen Gips-Kleinabbau im Grundgips des Mittleren Keupers erhalten geblieben sind (z.B. NE Ergertsheim/NEA, Gypshütte/AN und an anderen Stellen am Fuß der Schichtstufe des Mittleren

Keupers der Haßberge, des Steigerwaldes und der Frankenhöhe), ergänzen sie das landschaftsprägende System der Agrotople durch Gebüsche, Halbtrockenrasen und auffallende Stufen bzw. Kleinhügelformen.

### B.1.7.3 Geowissenschaften, Erdgeschichte

Die "geologischen Fenster" der Aufschlüsse erlauben Einblicke in die geologische Landschaftsgeschichte, in paläogeographische, -ökologische und -klimatische Gegebenheiten (z.B. vorzeitliche Lagunen, Riffe, Riffschüttungen, Strände etc.), in die Fauna und Flora vergangener Erdzeitalter. Sie erschließen das Fundament der heutigen Boden- und Morphodynamik, des Wasserhaushaltes und aller Landnutzungen, darunter auch die geogene Belastbarkeit für bestimmte Nutzungsansprüche (z.B. Baugrundeignung).

Aufschlüsse bieten - neben besonderen Reliefstrukturen - die beste Möglichkeit, die Menschen mit der erdgeschichtlichen Entwicklung des Raumes anhand greifbarer Objekte bekannt zu machen (LEITZ 1992). Als Dokumentstellen für Erdwissenschaftler sind sie genauso wichtig wie Experimente und ihre Veröffentlichung. Einigermaßen beständige Aufschlüsse sind Voraussetzung für die Reproduzierbarkeit und Überprüfbarkeit geologischer Resultate und Interpretationen.

Tiefreichende, über längere Zeit einsehbare Aufschlüsse sind insbesondere dort unverzichtbar, wo tiefgründige Zersatzdecken das Anstehende verhüllen und auch die laufenden Bodeneingriffe wie Straßenbau, Baugruben etc. nur ausnahmsweise das Muttergestein aufschließen. Dies gilt sogar für einige der geologischen Schlüsselregionen, wie z.B. die Münchberger Gneismasse am mitteleuropäischen Knotenpunkt der alten variskischen Gebirge, deren Rätsel schon seit mehr als 140 Jahren von Generationen von Geologen zu entschlüsseln versucht werden.

"Ein guter Aufschluß wie der stillliegende Steinbruch von Seulbitz/HO, hat deshalb für die Geologie eine Bedeutung, die weit über die nähere Umgebung hinausreicht. Er ist von einmaliger geologischer Aussagekraft. Einmal gibt das dort anstehende Gestein - amphibolitischer Bändergneis - die Möglichkeit zu eingehenden stofflichen Untersuchungen qualitativer und quantitativer Art. Mit unseren modernen Untersuchungsmethoden können wir die Kristallisationsgeschichte erkennen und auf die Gesteinsentstehung schließen. Die Aussagekraft der modellhaft schönen Faltung für die Deutung des Gebirgsbildungsvorganges ist kaum zu übertreffen. Und da die Bedeutung des Aufschlusses weit über die Grenzen der Münchberger Gneismasse hinausreicht, wird es verständlich, wie nachdrücklich wir den Schutz dieses Aufschlusses fordern müssen... Mit dieser Erforschung ist auf lange Sicht mehr Vorteil und Nutzen verbunden, als mit der kurzfristigen Ausbeutung des Gesteins für andere Zwecke..." Diese Ausführungen des damaligen Gebietsgeologen Dr. G. STETTNER vom GLA (in KRONBERGER 1958/60) zeigen exemplarisch die

Gesamt-Thematik auf. Zum Längenauer Steinbruch/WUN sagt derselbe Autor u.a.: "Die freigelegten Basaltintrusionen im Granit sind in ihrer Form und der Größe des Aufschlusses einmalig...Aufschlüsse von derartigen Basaltintrusionen waren in Europa bisher unbekannt. Für die geologische Erforschung des Gebietes sowie für die spezielle petrographische Untersuchung einschließlich der endogenen und exogenen Kontakterscheinungen in und am Basalt stellt der modellhaft schöne Aufschluß eine einmalige Möglichkeit dar. Das Raumproblem bei der Platznahme der basaltischen Schmelze im festen Granit und die Frage nach dem Verbleib der herausgelösten und verschwendeten Granitmassen kann anhand des Wartberg-Aufschlusses wahrscheinlich einer Lösung zugeführt werden. Große Bedeutung hat der Aufschluß auch für Lehrzwecke, sei es für den geologischen Nachwuchs, für Schulen und ganz allgemein für Leute, die über den Alltag hinaus am Wirken der Natur Anteil nehmen."

Aufschlüsse sind auch eine erdwissenschaftlich wichtige Ergänzung zu den interessanten rezenten Oberflächenformen, deren Bildungsgesetze und -geschichte sie erst erkennbar machen. Ein eiszeitliches Os, eine Endmoräne, ein Vulkanstiel wird zumindest aus geodidaktischer Sicht interessanter, wenn nahebei eine kleine Abbaustelle zur Verfügung steht (ohne allerdings die Vollform weitgehend zu zerstören!). Diese enge Beziehung zwischen Formgeotopen und Aufschlußgeotopen darf freilich nicht als Freibrief für den beliebigen Bodenabbau mißverstanden werden.

Für die Befriedigung des legitimen, häufig mit Erkenntnisgewinn verbundenen "Beutetriebes" des Sammlers sind Aufschlüsse und Montanrelikte von größter Bedeutung. Wieviele solcher Aufschlüsse mögen berufentscheidenden Urerlebnisse späterer Geowissenschaftler geliefert haben? Ihre Bedeutung ist zu vergleichen mit der (wenngleich manchmal problembereitenden) Wichtigkeit des Artensammelns für den künftigen Zoologen und Botaniker, mit dem "Tümpeln" des künftigen Gewässerbiologen. "Generationen von Fachmineralogen, Geologen und Mineraliensammlern haben die Erzanbrüche im Berg und die Halden nach den prächtigen Cordierit-, Kreittonit-, Pyrrhotin- und Andesit-Kristallen durchsucht. In vielen Universitäts- und Staatssammlungen der Welt sind diese Mineralien heute noch zu bewundern", konstatiert PFAFFL (1996) vom Silberberg bei Bodenmais/REG, was auch für viele anderen Stellen gelten mag.

Gerade im Rahmen des LPK ist die besondere Stellung der klassischen Naturaufschlüsse in den natürlich vorgegebenen Eintiefungszonen (Rusen, Gräben, Uferanbrüche, Schluchten) zu betonen. Sie sind neben den größeren Felswänden die einzigen Stellen, wo die unbeliebte Natur dem Menschen "freiwillig Einblick in ihr Inneres" gewährt und wo die Natur ohne technische Eingriffe auch immer wieder neue Horizonte angräbt und freilegt, wo u.U. das natürliche Oberflächenwasser den Bagger, Geologenhammer und das Präparationswerkzeug beim Freilegen

von Fossilien, Konkretionen, Lößkindln, Feuersteinen und anderen wertvollen Kleinobjekten ersetzen kann.

#### B.1.7.4 Heimatkunde, Montangeschichte

Besondere kulturgeschichtliche Bedeutung beanspruchen insbesondere jene Altbaue, die mit der Entstehung prominenter Baudenkmäler oder der Baugeschichte früherer Gemeinwesen verknüpft sind. Beachte die "Zusammengehörigkeit" von Sandsteinbrüchen im Reichswald mit der Freien Reichsstadt Nürnberg, des Nördlinger "Daniel" mit den Traßbrüchen am Riesrand, der Münchener Frauenkirche mit den Nagelfluhsteinbrüchen im Isartal, des Bamberger Domes mit Steinbrüchen der Haßberge, von Vierzehnheiligen/ Banz mit Sandsteinbrüchen am Maintal, des Dresdener Barocks mit den Steinbruchketten im Elbtal, alten Tuffbrüchen bei Paterzell mit Kloster Wessobrunn.

Die immer noch zahlreichen Bergwerksrelikte vor allem Ost- und Nordostbayerns sind eben nicht nur Wühlstellen für Mineraliensucher, sondern auch Denkmäler der Montangeschichte, d.h. unersetzliche Zeugen längst vergangener industrieller Phasen, entscheidender Techniken und Gewerbezüge, ja der sozioökonomischen Wurzeln alter Siedlungen. Über mehr als 600 Jahre nachweislich zurückreichende "Bergbaulandschaften" wie der Bodenmair Silberberg mit uralten "Örtern" (größere Höhlungen an den Bergflanken) gehören bereits zu den Archäotopen.

Nicht nur Pingen, Halden, Höhlungen, Stollen, Querschläge, Schächte, Gesenke und Überhau, sondern oft auch Gebäuderuinen, Wasserkanäle und Rudimente von Verkehrsanlagen erinnern an heute kaum mehr vorstellbare Mühen, an Glanz und Elend von Bergbauorten wie Goldkronach, Bodenmais, Wölsendorf, Knappenfeld (auf der Pechschnait bei Traunstein), Peißenberg oder Peiting, an Träume einer Bevölkerung am Existenzminimum und zerstobene Hoffnungen. So etwa lag der Quarz- und Feldspatbergbau für den Bedarf der Glas-, später auch Eisenhütten und Keramikfabriken weitgehend auf bäuerlichem Grundbesitz und wurde meist von bergbauunkundigen Landwirten mit Hilfe von Sprengmeistern und Tagelöhnern durchgeführt. Relikte dieser meist spätestens in den 1960er Jahren, oft aber auch schon viel früher eingestellten Abbaustellen (Pingen, Gruben, Stollen, Halden) finden sich an vielen Stellen des Alten Gebirges, so etwa im Zellertal bei Arnbruck/REG, Blötz und Harlachberg bei Bodenmais/REG, Frath bei Unterried/CHA, Rauchloch bei der Poschingerhütte/REG, Drexler- und Sturmgrube bei Arnbruck, Reitenberg am Keitersberg/CHA (vgl. PFAFFL 1993). Nicht nur der harte Überlebenskampf der Mittelgebirgsländwirtschaft, der zu allem möglichen Nebenerwerb zwang, sondern auch menschliche Schicksale (tragische Unglücksfälle) und nicht zuletzt die heimlichen Leidenschaften, ja verrufenen Verschrobenheiten manches Einzelgängers spiegeln sich darin wider. Meist an Bächen oder in Wäldern liegende Hinterlassenschaften dieses fast unbekann-

ten Kapitels bayerischer Bergbaugeschichte verdienen Respekt und reihen sich in die erhaltungswichtigen Geotope ein, zumal sie häufig auch wertvolle Aufschlüsse und Mineralfundstätten sind (PFAFFL 1993).

Abbauspuren wie private Steinbrüche, Halden und Pingen zeugen in manchmal ergreifender Weise von menschlichen Schicksalen. So etwa kleine Stollen, Gruben und Halden im Zellertal bei Grafenried und am Marterfeldberg zwischen Frathau und Unterried/REG, in denen die Landwirte HERMANN KOLLMER und ALOIS ROBL jahrzehntelang im Nebenerwerb und aus Leidenschaft unter primitiven und gefährlichen Verhältnissen Quarz gewannen. Mit Hilfe eines Rentners und seines Knechtes J. Köppl betrieb H. Kollmer den Bergbau - oft unter Rügen des Bergamtes wegen fehlender Stützen. Die Ehefrau trug mittags das Essen zur Grube hinaus. Der Ertrag war gering. Einmal kam Köppl nicht nach Hause. Man fand ihn mit gebrochenem Fuß im Stollen liegend. Kollmer war von der Faszination des Bergbaues, des Sprengens von Rosenquarz und Uranmineralien (denen er letztlich 1983 durch Leukämie zum Opfer fiel) geradezu besessen (nach PFAFFL 1995).

Ein weiteres anrührendes Beispiel: Der Kaufmann und Ingenieur H. SCHMITZ aus München erwarb nach einer erfolgversprechenden Versuchswaschung (mit einigen Einheimischen), die 1,83 g Gold/Tonne erbrachte, das Schürfsrecht bei Lindbergmühle/REG, ist aber nach den Wirren des 1. Weltkrieges spurlos verschwunden und blieb un auffindbar. Nur die fremden Geländeformen erinnern noch an zerstobene Hoffnungen und wohl jahrzehntelange Dorfgespräche.

Auf die hohe Bedeutung von Hohlwegbiotopen (besonders unbefestigter, deren Seitenwände immer wieder von unten anerodiert werden) für die Aufschlußsituation fels- und steinbrucharmer Naturräume sei noch einmal ausdrücklich hingewiesen. Ein Beispiel: Im Bereich des MTB 6831 Spalt ist der Untere, Mittlere und Obere Burgsandstein und ein quartärer Decklehm mit Ausnahme zweier natürlicher Schluchten (Massendorfer und Schnittlinger Loch) fast nur in Hohlwegen gut aufgeschlossen (z.B. Gruberscher Bierkeller in Spalt, Bärenberg, Unterbreitenlohe).

Um die Bedeutung von Aufschlüssen "vor der Haustür" den Anwohnern zu vermitteln und sie auf Dauer zu erhalten, können gezielt Informationen und Bildungsveranstaltungen (z.B. Volkshochschule) angeboten werden. Bei Kindern und Jugendlichen sollte durch Ausflüge und Einbeziehung dieser Geotope in den Heimatkunde- und Erdkundeunterricht bereits an den Schulen ein Verständnis für diese Strukturen geweckt werden.

#### B.1.8 Gefährdung, Rückgang, Zustand

Einerseits öffnen heute mehr denn je großtechnische Geländeingriffe die Erdoberfläche. Diese wissenschaftlichen Chancen werden aber nur in den wenigsten Fällen genutzt. Nach kurzer Zeit können solche

Öffnungen bereits überbaut oder übererdet sein. Das Informationsreservoir der früher sehr zahlreichen Kleinabbaustellen reduziert sich im Zuge der Abbaukonzentration auf immer weniger, dafür aber immerhin tiefer reichende und länger frisch bleibende Gruben und Brüche. Der schlechte Ruf von ungenutzten Abbaustellen als "zuzufüllende Löcher" und Deponiestandorte ist nach wie vor weitverbreitet, tragischerweise auch bei den Kommunen. Die bereits vor Jahrzehnten begonnene Aufklärungsarbeit der Naturschutzverbände und Naturschutzbehörden macht sich hier bisher bis auf rühmenswerte Ausnahmen kaum bemerkbar.

Für die geologische Landesaufnahme hinreichend dicht gelegene Kleinaufschlüsse werden immer seltener, das routinemäßige Kartieren wird damit immer schwieriger; dafür können aber in neuen Eingriffsstellen überraschende und spektakuläre Erkenntnisse gewonnen werden (z.B. an viele hundert Meter langen Straßeneinschnitten).

Berühmte Steinbruchaufschlüsse wurden schon vor vielen Jahren und Jahrzehnten geschlossen ("Steinbruchsterben" in Nordostbayern zu Beginn des 20. Jhd.). Damals fanden allerdings mangels Masse und Baukonjunktur kaum Rekultivierungen und Totalverfüllungen statt, so daß wenigstens verwachsene alte Abbauwände noch lange Zeit - zumindest bis zur "Wirtschaftswunderzeit" - erhalten blieben. Die meisten nicht mehr genutzten Abbaustellen verfallen und wachsen in wenigen Jahren zu, so daß sie für Forschung, Lehre und Landeskultur nicht mehr nutzbar sind. Ein weiterer Teil wird heute verfüllt und/oder gemäß den gesetzlichen Auflagen rekultiviert, ohne nach seiner geowissenschaftlichen Qualität zu fragen. Beispielsweise sind heute die berühmten Lias-Fossilienfundstellen (Schwarzjura epsilon) um Banz (BA, LIF), die einst Museen der ganzen Welt mit hervorragenden Ammoniten, ja Kleinsauriern belieferten, völlig tot. Fast alle klassischen Profile aus K.W.v.GÜMBELs "Geognostischer Beschreibung des Königreichs Bayern" (1891) sind heute nicht mehr zugänglich, verschüttet, nicht mehr auffindbar. Sogar die meisten der von SCHERZER 1920-1922 ("Erd- und pflanzenge-schichtliche Wanderungen durchs Frankenland") beschriebenen Profile sind heute verloren. Diverse Autoren geologischer Führer, Handbücher und Dokumentationen verweisen in nachgetragenen Fußnoten darauf, daß selbst Lokalitäten von hoher wissenschaftlicher Bedeutung während des Drucklegungsvorganges (1-2 Jahre) verfüllt oder unzugänglich wurden. Nach RUTTE & WILCZEWSKI (1983) waren nahezu 40% der 20 Jahre früher aufgeführten Aufschlüsse in Mainfranken nicht mehr vorhanden. Die Ursachen sahen sie in Flur- und Weinbergsbereinigungen, Müllablagerung in Steinbrüchen, Begradigungen und der Böschungsgestaltung bei Straßenbauten und anderen technischen Eingriffen. FREYBERG titelte bereits 1951 in den Geologischen Blättern für Nordostbayern (1: 74-75) mit dem Hilferuf: "Rettet unsere Aufschlüsse!" Bestehende oder projektierte Baustoffdeponien gefährden auch einige der geologisch wichtigsten Steinbruchaufschlüsse, z.B. den Richardsreuter Stein-

bruch b.Waldkirchen/FRG, der u.a. in anatektische Gneise eingelagerte Quarz-Glimmer-Intrusivkörper zeigt. Auslaufende Abbaupachtverträge leiten meist Verfüllungen und Rekultivierungen ein, ganz unabhängig vom geologischen Dokumentations- (und Biotopt-) Wert. Hierzu ein Beispiel: Als einer der letzten Aufschlüsse der Weißjura-Donauschotter (altpleistozäne Urdonau) und großartige Präsentation des Molasse/Quartär-Überganges ist die Kiesgrube E Wörleschwang/A unersetzlich. Trotzdem beabsichtigt der Besitzer nach Ablauf des Abbaupachtvertrages die Rekultivierung mit Aufforstung (GEO-SCHOB Schwaben).

Zwar eröffnen sich in laufenden Abbauen immer wieder gute Aufschlüsse, doch erhöht die Zentralisierungstendenz bei Steinbrüchen und Lockermassenabbauen die Entfernungen zwischen Einzelaufschlüssen. Episodische Straßenaufschlüsse, Baugruben u dgl. liefern zwar Glückrittern und herzugeeilten Fachleuten reiche Beute. Z.B. konnte man die berühmten "Gold- und Silberschnecken" (pyritisierte Kleinammoniten aus dem Braunjura zeta) beim Straßenbau in Oberlangheim/LIF 1981 gleich eimerweise wegragen. Sie liefern auch neue Erkenntnisse, können aber die Negativbilanz bei mittel- bis langfristigen Dokumentations- und Lehrstellen nicht verbessern. Nur an Stellen, an denen der Abbau noch im Gange ist, finden sich gute künstliche Aufschlußsituationen. Aufgrund der immer wieder neu entstehenden Aufschlüsse durch Verkehrswegebau und den Abbau von Wertstoffen erscheint der Verlust vorhandener Aufschlüsse nicht besonders dramatisch. Wichtige Schlüsselstellen sind jedoch nicht mehr zugänglich.

Beeinträchtigungen der Aufschlußfunktion ergeben sich zusammenfassend aus folgenden Faktoren:

- Zuwachsen, Überwuchern;
- Abwittern der Feinmorphologie, Ansetzen dicker Verwitterungskrusten oder -schichten durch chemische und physikalische Verwitterung, z.B. an Gletscherschliffen;
- Verfüllung und Rekultivierung zu Agrarflächen, Forsten, Sportanlagen usw., Deponien;
- Überbauung;
- Anböschung, Hangplanierung zur "Wiederherstellung" oder Verbesserung des Landschaftsbildes;
- Sicherung natürlicher Aufschlüsse (Steilwände) durch Stahlmatten, Armierungen und Betonspritzguß.

Natürliche Aufschlußsituationen an Felsen sind heute in der Regel kaum mehr durch Totalzerstörung bedroht. Dies war zumindest bis in die 1970er Jahre anders. Im Rahmen von Feldbereinigung, Verkehrswege- und Siedlungsbau wurden auch Felsen immer wieder gesprengt oder überschüttet (siehe Teil F). Flurarrondierungen im hängigen Gelände, insbesondere mainfränkische Rebbereinigungen, haben die Aufschlußverhältnisse oft auf ein Minimum reduziert. Am Beispiel der 1961 durchgeführten Bereinigung Köhler/WÜ meint RUTTE (1962, S. 181): "Das Maß der Veränderung der ursprünglichen Geländesituation ist derart erheblich, daß ohne

Übertreibung behauptet werden kann, jeder Quadratmeter des Hanges sei beeinflusst. Von den ehemaligen Verhältnissen künden nur ganz wenige Spuren. Die auch früher nicht gerade vorzüglichen geologischen Aufschlußverhältnisse sind nunmehr auf ein unvorstellbares Minimum reduziert: praktisch bietet der gesamte Hang (Hauptmuschelkalk; d. Verf.), soweit er bereinigt worden ist, jetzt und in Zukunft auch nicht einen geologischen Fingerzeig."

Aufschlußfunktionen haben prinzipiell auch Äcker, wo der Pflug Fossilien und bestimmte Mineralien zum Vorschein brachte (z.B. Bergkristallgänge im Fichtelgebirge bei Brandt-Grünberg/TIR, die berühmten "Ammonitenfelder" E Schlaifhausen E Forchheim oder die Belemnitenfelder um das Ries). Hier sind viele interessante Schichten durch neuzeitliche Ackertechnik oder auch Übererdung nicht mehr fündig.

Die Verfüllung und Einplanung machte auch vor unzähligen Relikten des mittelalterlichen bis neuzeitlichen Erzbergbaues, die mineralogisch, geologisch und kulturgeschichtlich gleichermaßen interessant waren, nicht halt. "Von all diesen Gruben (auch Erzgänge im Vogtland und Frankenwald) konnte man bis zu den Flurbereinigungsmaßnahmen der 1960er Jahre noch gelegentlich Stollen und Schächte antreffen. Die Manie der Gemeinden, alle Unebenheiten der natürlichen Oberfläche und damit

auch alles Gruben, Wälle und Pingen zu nivellieren, hat in den vergangenen Jahrzehnten jegliche Erinnerung an den historisch so bedeutsamen Bergbau völlig zerstört. Selbst dort, wo Anfang des Jahrhunderts nochmals Versuchsabbau umgingen, ist nichts mehr zu sehen" (MÜLLER 1984: S. 139). Die an sich reichlichen Goldbergbaurelikte des Hinteren Oberpfälzer Waldes finden sich im Kulturland nur noch andeutungsweise (wellige Morphologie von Wiesen und Äckern erinnert an zugeschüttete Grubenfelder), in intakter Morphologie nur noch im Wald. LEHRBERGER et al. (1983) führen die meisten Einebnungsmaßnahmen auf Flurbereinigungen zurück.

Die Verwischungsgefahr begann für viele Erzabbau mit dem "allgemeinen deutschen Erzbergbausterben" (PFAFFL 1996) in den 1950er und 1960er Jahren.

Sportklettern beeinträchtigt nur die biotische, kaum aber die erdkundliche Funktion von Steinbruchwänden oder Felsen.

Die Tragik vieler Aufschlüsse läßt sich abschließend auf einen kurzen Nenner bringen: Man sieht nicht, was man nicht kennt oder erklärt bekommt und man bewahrt nicht, was man nicht sieht!

## B.2 Möglichkeiten für Pflege und Entwicklung, Für und Wider

Vieles läßt sich an und in künstlichen und natürlichen Aufschlüssen tun. Ist dies aber auch immer sinnvoll? Was spricht dafür und was dagegen?

Vor allem in künstlichen Aufschlußbereichen können sich unterschiedliche Interessenlagen mit unterschiedlichen Leitbildern u.U. sogar kontrovers überlagern:

- Interesse des Geologen an einem möglichst frischen, durch Abwitterungsmaterial und Vegetation möglichst wenig überdeckten Geländeanschnitt (Funktion des geologischen Fensters), der jederzeit zugänglich ist;
- Schutz seltener und/oder "behüteter" Arten im Steinbruch, in der Sandgrube, im Stollen etc.;
- moderne Naturschutzstrategien des Prozessschutzes, die nötigenfalls einzelartenbezogenes Management hinter die unbeeinflusste Dynamik zurückstellen (vgl. LPK-Band I) und auch das natürliche Abbröckeln von Abbauwänden, die Bildung von Schutt- und Schlammkegeln, das sekundäre Nachbrechen als Schutzgut betrachtet.

Im Einzelfall sind im Aufschlußbereich gewisse Funktionsfestlegungen erforderlich. Keinesfalls kann man grundsätzlich allen u.U. unabgestimmten Aktivitätsinteressen freien Lauf lassen. Dies würde die Wiederbelebung des geowissenschaftlichen Naturschutzes in Bayern, wie sie u.a. vom GLA beabsichtigt und mit dem GEOTOPKATASTER BAYERN vorstrukturiert ist, eher behindern.

Um eine sinnverwirrende Verwechslung mit dem naturschutzfachlichen Pflegebegriff (siehe Band I) zu vermeiden, werden die primär geofachlichen "Pflegemaßnahmen" als "Aufschluß-Unterhaltung" bezeichnet.

Die grundsätzlichen Alternativen

- Ungelenkte Sukzession,
- Biotoppflege und Artenhilfsmaßnahmen,
- geowissenschaftliche Aufschluß-Unterhaltung

werden in diesem Bandteil vor allem im Hinblick auf die "Aufschluß-Effizienz" beleuchtet, da die Erfüllung anderer (ebenso wichtiger oder im Einzelfall u.U. wichtigerer) Ziele in anderen LPK-Bänden (II.12, II.17, II.18) und anderen Teilen dieses Bandes (z.B. F) gebührend behandelt ist.

### B.2.1 Ungelenkte Sukzession

Der Rekultivierungs-, aber auch Anschlußpflegeverzicht im Einzelfall wird in den LPK-Bänden II.17 und II.18 für Steinbrüche und Lockergesteinsabbaustellen als wichtiges Gestaltungsziel gefordert. Zumindest in Lockergesteinsabbauen beeinträchtigt ein dauerhafter Pflegeverzicht die Aufschlußfunktion (Übersichtlichkeit von Horizonten usw.). Dies gilt allerdings kaum in bestimmten natürlichen Aufschlußsituationen (Bachanrisse, Schluchten, Rutschhänge, hohe absatz- und fugenarme Felsen), weil der Extremstandort oder der ständige Angriff natürlicher Kräfte ein breitflächiges Zuwachsen verhindert.



Das natürliche Zuwachsen kann auch in Kunstaufschlüssen aus geowissenschaftlicher Sicht das beste Mittel zur "Tarnung" und Schonung einzigartiger Fossilienhorizonte, Pflanzenrest- und Pollenarchive (z.B. Schieferkohlen), extrem tritt- und verwitterungsanfälliger Lebensspuren, Paläoböden und seltener Gesteine sein.

### B.2.2 Aktive Biotoppflege an Aufschlüssen

Wie wirken Pflegemaßnahmen zugunsten bestimmter Zielarten und Zielbiotope auf die Aufschlußfunktion?

Insbesondere in "biotoparmen" Naturräumen, wo Sekundärbiotope in ehemaligen Abbaustellen relativ zu den reichhaltigsten naturnahen Lebensräumen gehören, finden heute schon vielfältige Biotopgestaltungs- und Pflegemaßnahmen statt. Im Regelfall bleiben dabei die Steilwände möglichst offen erhalten. Nötigenfalls können sogar gelegentlich Abschabungen und Wiederfreilegungen verstürzter und verwachsener Wände allein aus Artenschutzgründen stattfinden. Das geowissenschaftliche Aufschlußpotential profitiert eher davon, ebenso von der "Felsenpflege", d.h. dem Entbuschen und Freischlagen von Wandfüßen oder Felsabsätzen sowie vom naturschutzfachlich aber bedenklichen Felsenputzen von Kletterern (beachte hierzu aber die Vorbehalte in Kap. F.2 und Kap. F.4 dieses Bandes!).

### B.2.3 Geowissenschaftliche Unterhaltungsmaßnahmen

"Pflegemaßnahmen an geologischen Naturdenkmälern sind auf den Erhalt der Aufschlüsse gerichtete Aktivitäten. Wo möglich, sollen sie die Aussagekraft, den Schauwert, die Zugänglichkeit usw. verbessern" (KRAUSE 1988). Geowissenschaftlich motivierte, aber naturschutzfachlich abgestimmte Freilegungsmaßnahmen werden im Regelfall keine größeren Arten- und Biotopschutzkonflikte hervorrufen, da sie meist dem Ziel der Vermehrung bedrohter Pionierstandorte entgegenkommen und vorrangige Brutstandorte in der riskanten Zeit aussparen. Wird der Austausch zwischen Geofachbehörden/Instituten/Gesellschaften und Naturschutzbehörden zur Gewohnheit, lassen sich Reibungspunkte sehr stark reduzieren.

Beschränken sich geowissenschaftliche Unterhaltungsmaßnahmen (Nachgrabungen usw.) auf die vom GEOTOPKASTER BAYERN (Stand 1994-1996) ausgewählten vorrangig schutzwürdigen Aufschlußstandorte, die wiederum nur einen sehr kleinen Teil aller biotopwichtigen Gruben und Steinbrüche ausmachen, so ergeben sich regional und überregional gesehen nur geringfügige Konfliktpotentiale. Hinzu kommt, daß ein Teil der Aufschlüsse derzeit gar keine Unterhaltungsmaßnahmen nötig hat und daß diese in vielen Fällen dieselbe Wirkung hätten wie Freilegungsmaßnahmen des Artenschutzes (z.B. Uferschwalben- und Eisvogelhilfe, Stechimmen-Hilfsprogramme).

Eine "perfekte", vielleicht etwas übereifrige Variante (s. diverse Pflegepläne) kann folgendermaßen

aussehen (KRAUSE 1988): "Durch das staatliche Naturschutzorgan ist ein Betreuer zu berufen. Der Betreuer hält mit dem Rechtsträger engen Kontakt, andererseits gibt er einen jährlichen Zustandsbericht mit Vorschlägen zwecks Veranlassung an die staatlichen und wissenschaftlichen Naturschutzeinrichtungen. Selbstverständlich kann auch ein Betrieb oder eine Einrichtung Betreuungsfunktionen übernehmen. Einfache Pflegearbeiten wie die Reparatur der Erläuterungstafel kann der Betreuer ausführen. Für umfangreiche Pflegearbeiten mit technischen Mitteln wie Böschungsbearbeitungen, Sprengarbeiten, Geländerbetonierung und Leiteinrichtungen sind Betriebe (z.B. Bergsicherungsbetriebe, Meliorationsbau- und Tiefbaubetriebe) zu gewinnen". Als Handlungselemente werden in diesem unverkennbar auf DDR-Verhältnisse zugeschnittenen Beispiel genannt: Hangsicherung, Schuttberäumung, Ausholzen, Bergsicherungsmaßnahmen und bergmännische Verfahren wie Ankerungen, Sprengberäumung, Plombierung. "Gebüsch- und Baumstümpfe sollten ggfs. mit Arboriziden behandelt werden, weil manche Arten zum Stockausschlag neigen. Handschraper mit fester Endrolle an einem Felsblock befestigt, lassen mühelos eine flächige Schuttberäumung zu. Aufschlüsse in Lockergesteinen wie Eiskeile usw. müssen im Bedarfsfalle durch reguläre Baggerarbeiten bzw. Freigraben erneuert werden. Bei pflegeleichten geologischen Kleinobjekten wie Gletscherschliffen, Findlingen, Strudeltöpfen kann "nach eingehender Prüfung u.U. Moos- und Flechtenbewuchs periodisch mit Schabern und Bürsten entfernt werden". Es ist legitim und zweckmäßig, wertvolle Findlinge aus der Feldflur in die Ortschaften zu verlagern, um sie vor Verlust zu bewahren". (?)

#### Zeitweise zuwachsen lassen

Auch dies kann manchmal eine "aufschlußunterhaltende Maßnahme" sein, um besonders interessante, aber gegen Witterungs- und Sammlereinflüsse empfindliche Horizonte abzuschirmen und erst im Untersuchungsfall freizulegen. Denkbare Beispiele: Ton-, Tonmergel-, Lehmwände, Paläoböden, Schieferkohle, Pflanzen- und Tierfossilienhorizonte der Molasse.

#### Kooperation mit dem (gewerbsmäßigen) Abbau

Vielleicht die wichtigste "aufschlußunterhaltende Maßnahme" in noch laufenden Steinbrüchen, Kies-, Sand- und Tongruben ist die Weckung eines entsprechenden Bewußtseins beim Abbauunternehmer bzw. bei sonstigen Abbauiinteressenten (z.B. Rechtlergenossenschaften in mittelfränkischen Sandgruben, Gemeinden in Gemeindegruben, Forstverwaltung in Forstgruben). An Abbaustellen, die zumindest noch teilweise genutzt werden, bietet es sich an, dem Betreiber die Pflege gegen Entgelt zu übertragen. Es gibt Beispiele aus Niedersachsen und Rheinland-Pfalz, wo die Betreiber auf eine Anregung hin aus eigenem Interesse diese Maßnahmen durchführten.

Weiterer Abbau mit Auflagen kann in Bereichen mit hoher Wahrscheinlichkeit des Vorkommens wichti-

ger Funde von mindestens landesweiter Bedeutung das Mittel der Wahl sein. Dabei kann für Funde eine Abgabepremie (Staat, wissenschaftliche Institutionen) gezahlt werden; entsprechend sind Präparations-einrichtungen aufzubauen und mit Arbeitsplätzen zu versehen. Wird nach einer Begutachtung das Objekt freigegeben, kann der Finder darüber frei verfügen. Ist das Objekt von wissenschaftlicher Bedeutung, sollte in einem vertretbaren Zeitraum eine fachkundige Bergung mit nachfolgender Präparation erfolgen. Neben der Dokumentation (Präparationsbericht) können aus finanziellen Gründen nur wissenschaftlich einmalige Funde in die Sammlungen kommen. Die übrigen Objekte sollten dem Finder zur freien Verfügung wieder übergeben werden. In Baden-Württemberg hat sich dieses Modell so gut bewährt, daß z.T. der Abbau nur noch aus diesem Grund weiter betrieben werden kann. Dieses Modell könnte also in Einzelfällen eine Alternative zu Betriebsstilllegung sein!

### Freilegung

Viele, auch wertvolle Aufschlüsse sind heute durch Vegetationsaufwuchs oder Abwitterung in ihrer spontan erkennbaren Bedeutung eingeschränkt. Dies macht sich am meisten bei Lehrexkursionen bemerkbar, die ja keine Möglichkeit haben, vorher "etwas freizukratzen". Entfernung von Vegetation sowie Verwitterungs- bzw. Bodendecken kann hier meist mit relativ geringem mechanischen Aufwand die geowissenschaftliche Dokumentationsfunktion restituieren. Dafür sprechen insbesondere Aufschlüsse mit landesweiter oder regionalgeologisch singulärer Bedeutung, die im GEOTOPKATASTER BAYERN ausgewiesen sind sowie Aufschlüsse in ansonsten sehr aufschlußarmen Naturräumen.

Beispiel: der einmalige Metanorit-Steinbruch am Südhang des Steinhügels bei Höflas/HO, der heute völlig zugewachsen ist und kaum erkennbar ist.

Ist die Offenhaltung eines Anschnittes und einer möglichst umfassenden stratigraphischen Abfolge (Horizontfolge) beabsichtigt, sollte die "geowissenschaftliche (oder auch artenschutzgemäße) Abgrabung" nicht halbherzig durchgeführt werden. Am Wandfuß kann dazu deutlich unter die Gruben- oder Bruchsohle eingetieft werden. Dies hat mehrere Vorteile:

- Es kommen u.U. wichtige Schicht- oder tektonische Grenzen wieder zum Vorschein (z.B. der Malmsockel im Abensberger Hügelland, das Tertiär unter alteiszeitlichen Schottern der Schwäbischen Riedellandschaft);
- Das Abwitterungsmaterial sammelt sich eine Zeitlang unten an, ohne die unteren Wandpartien zu überdecken;
- Es bilden sich häufig wertvolle Ergänzungshabitate, z.B. nasse Rinnen;
- Gehölze, die sich rasch als Kulisse vor den Anschnitt legen würden, werden auf Jahre hinaus am Aufkommen gehindert.

Abräumen von Versturzmateriale oder Hangfuß-Schwemmkegeln fällt natürlich in nichtbindigen Materialien wie Sanden und Kiesen öfter an als in

veränderlich-festen Wänden wie z.B. kompakter Grundmoräne, Nagelfluh oder Tonmergeln und da wieder seltener als in standfesten Massengesteinen, die Jahrzehnte ohne große Hangschuttbildungen stehen können.

Die Beseitigung lockerer Gesteinspartien zur Sicherung der Besucher kann in regelmäßig aufgesuchten herausragenden Aufschlußbereichen nötig werden. Keinesfalls sollte aber ein "ständiger Aufschlußpflegetrupp" gebildet werden, der auch in "normalen" Altbaustellen sein Wesen treibt. Dann wären nämlich schwelende Konfliktlagen mit dem Biotopschutz unausweichlich. Die Ermittlung "morscher", in Besucheraufschlüssen u.U. gefährlicher Gesteinspartien setzt eine regelmäßige Untersuchung im Frühjahr voraus (Klettererfahrung erforderlich, evtl. Kletterer hinzuziehen). Im Extremfall muß das Gelände gesperrt und/oder diese Partien durch Spezialisten entfernt werden.

Zur Beräumung oder zum "Frischmachen" alter Abbauwände können vielfältige Techniken wie Hochdruckspritzen, erneuter Abbau usw. eingesetzt werden. Man sollte jedoch stets das Gebot der Aufwandsminimierung im Auge haben und nicht vergessen, daß auch die künstlichen Aufschlüsse mit vorrangiger geowissenschaftlicher Funktion fast immer Teil von schonenswerten Biotopkomplexen sind.

Verwendung des Beräumungsmaterials: Abgeräumtes Geröll, Schutt oder Felsbrocken sollten nicht weggefahren, sondern zur Strukturberichterung der übrigen Zonen des Abbaubiotops eingesetzt werden. Schon deshalb ist eine Mitwirkung von Naturschutzbehörden und lokalen Naturschutzgruppen sehr förderlich.

Grundsätzlich kann aus geologischer Sicht auch die Beseitigung von Flechten- oder Moosbewuchs auf Gesteinsoberflächen wünschenswert erscheinen. Hier ist aber größte Vorsicht am Platze, da nicht nur an Naturfelsen, sondern auch in Altsteinbrüchen stets mit bemerkenswerten Arten gerechnet werden muß. Falls eine derartige Maßnahme sich aber punktuell als unumgänglich erweist, bedarf sie einer sorgfältigen Abstimmung mit der Unteren Naturschutzbehörde. In der Tat zeigen mehrere Beispiele, z.B. der Steinbruch Rehmühle (Münchberger Gneismasse), daß dichter Kryptogamenbewuchs tatsächlich einmalige kleintektonische Strukturen völlig verundeutlichen kann.

In vorrangigen Demonstrationsaufschlüssen kann die Freihaltung eines größeren Vorfeldes vor der Abbauwand die didaktische Benutzbarkeit wesentlich verbessern.

### Bäume in der Abbauwand

Kappt man stockaustriebsfähige Bäume oder Sträucher, die aus Fels- oder Wandspalten herauswachsen, kann dies die Wurzeln zu verstärktem Dickenwachstum anregen und durch den Wurzeldruck zur Erweiterung von Klüften beitragen. Dies kann die Steinschlaggefahr erheblich erhöhen und evtl. die wegen ihrer landschaftlichen Wirkung geschützten

natürlichen Felsformen zerstören. Gehölzentfernung sollte daher auf das unbedingt nötige Maß beschränkt werden. Die befürchteten Folgewirkungen des Abschlagens können reduziert werden, wenn das Gehölz durch Abringeln zum Absterben gebracht wird.

### Schutz vor Zerstörung

Entsprechende Maßnahmen können vordringlich werden bei flachlagernden Aufschlußsituationen von leicht zerstörbaren (gegen Tritt empfindlichen) oder durch "Sammler" bedrohten Objekten. Kleinere Verwitterungsrelikte und Gletscherschrammen können und sollten manchmal vor Beschädigung gesichert werden. Grundsätzlich verfiert das LPK allerdings eine gewisse Toleranz gegenüber "unwissenschaftlichen" Aktivitäten, die aber das unmittelbare Erleben und vielleicht auch Erfassen von Zusammenhängen leichter machen. Besucherkanalisierende Vorkehrungen wie abgeschrankte Leitwege und Lehrpfade können aber unvermeidlich werden. Bei flachgeneigten Aufschlußsituationen mit empfindlichen Oberflächenstrukturen (z.B. Rippelmarken, Spurenfossilien, Gletscherschrammen, Harnischen). In Ausnahmefällen könnte auch die Entnahme von Handstücken Geowissenschaftlern mit besonderer Genehmigung vorbehalten werden.

Eine vollständige Sperrung ist stets problematisch und nur in begründeten Einzelfällen, d.h. allenfalls bei sehr wertvollen Relikten (z.B. Saurierspuren) und während wissenschaftlicher Intensivuntersuchungsphasen vertretbar (z.B. Ausführung von Freilegungs- und Wiederabdeckungsmaßnahmen). Häufiger kann die kurzfristige Sicherung/Sperrung erforderlich werden.

Nachdem ein möglicherweise wissenschaftlich interessanter Fossilrest (in paläontologischen Vorrangregionen: alle Fossilien) oder eine Mineralisation entdeckt wird, kann oder sollte gerade bei größeren, leicht zerstörbaren Objekten eine sofortige Sicherung bis zur wissenschaftlichen Begutachtung oder Bergung erfolgen. Je nach Ausgangssituation kann nötig werden: Feuchthalten von Pflanzenresten, Tonen, Braunkohlen und anderen Lockersedimenten (soll den Zerfall durch Austrocknung oder Salzsprengung etc. unterbinden), winterliche Wiederverfüllung des Fundes, z.B. bei Großfossilien, um Frostsprengung und Diebstahl zu vermeiden; bei trockener Fundumgebung Abdeckplanen (auf Hinterlüftung achten!), Erd-, Feinschuttdeckung aus lokalem Abraummateriale. Objektschutz vor Entnahme und Zerstörung durch Bevölkerung/Sammler usw. Die Abdeckung mit autochthonem Material und Wiederherstellung der Fundsituation ist der beste Schutz für wertvolle Fundungszeugnisse. Dies ist insbesondere dort gerechtfertigt, wo vergleichbare Objekte bereits andernorts der Öffentlichkeit zugänglich gemacht sind.

Bei besonders prägnanten Objekten (z.B. Saurierspuren, Mineralisationen), die vor Ort belassen werden sollen und gesichert werden müssen (Erosion, Sammler), kann die Einrichtung einer Abdachung bzw. eines Schutzgebäudes notwendig sein. Ein Bei-

spiel dafür ist Münchehagen am Steinhuder Meer/Niedersachsen mit der 1980 erfolgten Überdachung von Saurierfährten und der Errichtung eines angeschlossenen Museums sowie eines Saurierparks. Dieser Sonderfall übersteigt jedoch den Wirkungsbereich der Landschaftspflege. Grundsätzlich sollte stets eine möglichst naturnahe und eingriffsarme Präsentation das Leitziel sein.

Manchmal werden spezifische Verbote für schädigende Aktivitäten wie Sportklettern, Anmalen von Kletterwänden (verschiedene Routen und Schwierigkeitszonen; z.B. Moldauwände bei Krumau - Rosenberg), Magnesiaverwendung beim Klettern, Graffiti und Erinnerungs-Inschriften, Abschlagen von Schaustücken, Anbringen von Schildern und Plakaten, Müll- und Schuttablagerungen erforderlich werden.

Vordringlich können in Fundstellen besonderer Attraktivität und "sagenhaften Rufes" Vorkehrungen gegen technisch unterstützte Wühlarbeit von Händlern und Großsammlern sein, die gelegentlich großen Flur- und Biotopschaden angerichtet haben.

### Sicherungsmaßnahmen für Besucher und Passanten

Zur Verhütung gegen Unfälle kann an der Oberkante von Steilböschungen und Wänden eine Sicherung notwendig werden (Seile, Zäune, Geländer). Bei steinschlaggefährdeten Aufschlüssen ist z.B. auch im Vorfeld ein Hinweis anzubringen und eine sichere Position mit einem Seil/Drahtseil zu markieren. Der Zugang soll jedoch Geologen und Interessierten auf eigenes Risiko möglich sein (evtl. mit Helmpflicht).

### Erschließung von Fundstätten geringer Bedeutung für Sammler (mit Auflagen)

Das legitime Sammlerinteresse sollte zumindest an weniger herausragenden, trotzdem aber interessanten und hoffigen Stellen, seine Befriedigung finden dürfen. Zur Sicherung einzelner herausragender Fundstellen vor Hobbypaläontologen und Sammlern könnten auch entsprechend markierte Zonen in ein und demselben Abbaugelände realisiert werden.

### Fundobjektbezogene geofachliche Erhaltungsmaßnahmen

Hier nur am Rande erwähnt; siehe spezifische geowissenschaftliche Erhaltungsprogramme.

Bei Gangmineralisationen und Fossilien, die vor Ort erhalten, bewahrt und gezeigt werden sollen, kann eine gezielte, wissenschaftlich begleitete, nachhaltige Pflege in der Zusammenarbeit von Denkmalpflegern, Landschaftspflegern, Geologischem Landesamt und Abbaubetreibern empfehlenswert sein. Vornehmlich die häufiger vorkommenden, auffallenden Fossiltypen können so der Öffentlichkeit dauerhaft erhalten und zugänglich bleiben. Einzigartige Funde bedürfen aufgrund ihres Wertes bis zu einer wissenschaftlichen Grabung der Erhaltung vor Ort. Bei hoch schutzbedürftigen Objekten kann eine dokumentierte Wiederverfüllung mit einem besonderen Schutzstatus der Fläche (generelles Bauverbot) ins

Auge gefaßt werden. Eine notfalls rückgängig zu machende Folgepflege (Weide, Mahd) ist vorzusehen, ebenso wie eine Erhaltung der hydrologischen Situation durch entsprechende Pflege- und Erhaltungsmaßnahmen im Einzugsbereich. Die Pflege hat dabei auf die Verhinderung von Eutrophierung und Grundwasserverschmutzung (Bodenreaktion) hinzuwirken.

Die Bedeutung der Bemühungen Einzelner bei der Aufschlußerhaltung und -pflege zeigen beispielhaft zwei längst verstorbene Eiszeitgeologen: 1930 entdeckte A. PENCK den besonders schönen Glet-

scherschliff mit fluvioglazialen Rinnenbildungen nahe der heute "Am Gletscherschliff" genannten Gastwirtschaft etwa 1km südlich der Leutaschkklamm in einem Bau-Aufschluß.

Durch eine Überdachung wurde er weitgehend vor der Verwitterung geschützt. E. EBERS machte die beim Bau von Schnellstraßen in den 1930er bzw. 1950er Jahren entdeckten großen Gletscherschliffe von Fischbach/RO und Weißbach/TS bekannt und veranlaßte eine großflächige Freilegung sowie öffentlichkeitswirksame Präsentation.

### B.3 Situation und Problematik der Pflege und Entwicklung

Der Schutz künstlicher Aufschlüsse ist in Bayern bisher die Ausnahme, obwohl sich Fachgeologen schon immer dafür eingesetzt haben (z.B. KRAUS & EBERS 1965, STETTNER in KRONBERGER 1965). Sieht man von Einzelaktionen von Abbaunternehmern zur Erhaltung vielbesuchter Gruben- oder Steinbruchlokalitäten ab, so findet auch kaum ein primär aufschlußerhaltendes Management statt. Dagegen finden in Aufschlußgebieten (Abbaustellen) vielfältige "Pflegeaktivitäten" des Artenschutzes (auch von Abbaunternehmern initiiert) statt: Sohlenumgestaltung, "Abkratzen" von Wänden, Tümpelanlage, Entbuschungen, Aufbau künstlicher Brutwände, Gerüstvorbau von Lockergesteinswänden gegen Abbröckeln usw. (siehe Band II.18 "Kies-, Sand- und Tongruben"). Rohbodenerhaltende Biotoppflegemaßnahmen in Steinbrüchen und Kiesgruben, Felsfreilegungen und ähnliches können mehr oder weniger zufällig aber unbeabsichtigt auch die Aufschlußwirkung verbessern, tun es aber nicht notwendigerweise.

Diese derzeitige Rahmensituation wird den Zielen eines geowissenschaftlich umfassend fundierten Geotopschutzes in keiner Weise gerecht. Die Zusammenarbeit bei der Sicherung und Pflege von Aufschlüssen ist derzeit eher noch spärlicher als in anderen Bundesländern, wo sie wenigstens punktuell praktiziert wird. Beispiele: Schutz und Pflege der Choriner Endmoräne bei Rüdersdorf/Brandenburg, anhand derer BEHREN im ausgehenden 19.Jh. die Glaziale Serie erkannte; Bewahrung eines Paläobodens vor der Wühltätigkeit von Kaninchen in einem Kiesabbau in Schleswig-Holstein mittels Aushub eines Wassergrabens (GRUBE 1992); "Rekonstruktion" eines teilabgebauten Osrückens im Lkr. Rostock-Land (WANDSLEB mdl.).

Deutliche Defizite bestehen nach wie vor bei der Fühlungnahme und wechselseitigen Anregung zwischen Geologen, Geographen und amtlichen Naturschützern. Früher selbstverständliche Kontakte (z.B. der früheren Regierungsbeauftragten KRONBERGER in Oberfranken und MICHELER in Oberbayern) zur Hochschulgeologie und den Geologischen Fachanstalten werden nur sporadisch weitergeführt.

Weitgehend offen und nicht konsequent durchgehalten sind Kriterien für die Sicherung von Aufschlüssen.

sen. Ausnahme: Die im GEOTOPKATASTER BAYERN ausgewählten, hier gut begründeten, aber eher singulär überregional bedeutsamen natürlichen und künstlichen Aufschlüsse. In der notwendigen Aspekt-Kombination von Seltenheit, Repräsentativität, tektonischer, ökologischer, fazieller, paläontologischer und mineralischer Ausprägung sind aber viel zahlreichere und räumlich gleichmäßiger gestreute Lokalitäten bedeutsam, als sie in knapp dotierten landesweiten Programmen berücksichtigt werden können, ganz zu schweigen von der umwelt- und heimatdidaktischen Funktion auch kleiner Aufschlüsse im Nahbereich aller Gemeinden, Schul- und Volkshochschulstandorte u.dgl.

Da eine wiederkehrende Nachbereitung von Abbauwänden, längst vernarrten Steinbrüchen in m G r u n d s a t z n i c h t der geltenden Strategie des Naturschutzes entspricht (vgl. LPK-Band I.1), sind hierfür besondere, geofachlich gut begründete Argumente erforderlich. Die Einschaltung entsprechend regional und überregional vorgebildeter Fachleute ist unerlässlich. Als Endergebnis müßten eine Bewertung sowie auch Angaben zum Schutzzweck und Regelung zum Betreten und zur Nutzung von ausgewiesenen Objekten vorgelegt werden (vgl. Erhebungsbögen der im Projekt GEOSCHOB erfaßten Geotope).

Zur Sicherstellung künftiger paläontologischer Funde von landesweiter Bedeutung hat Baden-Württemberg einen gangbaren, wenn auch recht aufwendigen Weg aufgezeigt. Zum einen wurde eine Meldepflicht (Objekt vier Werktage freihalten) eingeführt, wobei Fund und Fundsituation unter Schutz stehen (WILD 1992, mündl.). Paläontologen der Landesmuseen entscheiden vor Ort über die weitere Vorgehensweise. Ein Schatzregal regelt die Eigentumsrechte an diesem Kulturdenkmal, zudem wird eine Fundprämie von bis zu 1.000 DM ausgezahlt. Zum anderen wurden in besonders sensiblen Gebieten Grabungsschutzgebiete ausgewiesen - Gebiete, in denen wissenschaftlich einzigartige Funde erwartet werden (Holzmaden, Höwenegg, Nußplinger Plattenkalke). An diesen Orten muß jede Baumaßnahme den Landesmuseen gemeldet werden. Funde werden in den Landesmuseen präpariert und dokumentiert. Wenn sich nach Abschluß der Präparation herausstellt, daß es sich um einen einmaligen Fund (z.B. Stegosauriermutter mit Embryo) handelt,

werden die Funde in die Sammlungen übernommen. Ansonsten werden sie den Findern zur freien Verfügung gestellt. Für Abbaubetriebe (z.B. in Holzmaden) erwies sich dieses Verfahren als hinnehmbar, für die geologisch-paläontologische Seite bedeutet es einen wichtigen Fortschritt.

Von zentraler Bedeutung ist die immer noch offene Frage der Rekultivierung (d.h. im Regelfall Ganz- oder Teilverfüllung) von Abbaustellen. Grubenaufschlüsse "wurden bis in die Gegenwart meist ausschließlich als "Wunden in der Landschaft" empfunden und demzufolge nach Möglichkeit verfüllt, also mehr oder weniger beseitigt" (GÖRNER 1988). Sowohl Aufschlußerhaltung wie Biotopschaffung sprechen eindeutig für ein unrekultiviertes Liegenlassen eines möglichst hohen Anteiles der Abbaustellen (siehe LPK-Bände II.17 und II.18). Gegenpositionen auch von naturschutzfachlicher Seite wollen dies jedoch nicht oder nur in wenigen gut begründeten Ausnahmefällen (GERMAN 1980). Die "Notwendigkeit der Beseitigung von Landschaftsschäden", die äußerlich-formale Wiederherstellung des durch Abbau gestörten Landschaftsbildes wird für vorrangig erklärt, auch wenn dafür Bauaushub von anderer Stelle, Bauschutt, gelegentlich auch Deponiematerial verwendet werden muß. Dies würde obendrein gerechtfertigt durch die Reduzierung der Verfüllungsgefahr für schutzwürdige natürliche Hohlformen (z.B. Tobel und Tälchen). Artenschutzziele in unrekultivierten Abbaustellen ließen sich auch auf andere "landschaftsverträgliche" Weise lösen. "Würde man die Materialentnahmestellen nicht rekultivieren und die Felsflächen stehen lassen, würde dies, wie jeder sehen kann, zu einer Vervielfachung des Felsenfaktors und damit zu einem völlig anderen Landschaftsbild führen. Die Landschaft würde verfälscht... Dies belegt die grundsätzliche Notwendigkeit der Rekultivierung von Entnahmestellen...Im Fall eines "geologischen Fensters" darf keineswegs eine Art "Alltagserscheinung" der Nachwelt überliefert werden. Vielmehr muß es sich um eine Erscheinung von ganz besonderer Qualität handeln, die durch fachwissenschaftliche Gutachten zu belegen ist... Eine lasche Handhabung der Rekultivierungspflicht heute könnte bedeuten, daß sich der Felsenfaktor im Lauf der Zeit vervielfacht und dadurch mit der Zeit der Landschaftscharakter verfälscht wird... Wir müssen mit allen Mitteln versuchen, künstliche Felswände nicht stehen zu lassen, sondern diese geomorphologisch sinnvoll wieder in die umgebende Landschaft einzugliedern...". (GERMAN 1980).

Derselbe Autor führt gegen die Abbaustellenrenaturierung (d.h. gemäß LPK-Band II.18 im Normalfall Sukzession ohne erdbauliche Nachbereitung) an, daß

- in Steinbrüchen aufgeschlossene Sekundärfelsen (z.B. fein gebankte Gesteine mit starkem Schichtwechsel) stratigraphisch und faziell nicht den Naturfelsen (z.B. massige Schwammriffe) entsprechen;

- sich Abbaustellen von der geotechnischen Seite meist nicht für die Anlage von Steilwänden eignen.

Gegen diese Positionen sprechen

- die Ziele der Aufschlußerhaltung in einem ohnehin an Daueraufschlüssen immer ärmeren Land (siehe [Kap. B.2](#));
- die Erhaltung stets wertvoller oligotropher Rohboden- und Felsbiotope: "Der ökologische und naturschutzrelevante Wert dieser Gebilde wurde erst in den letzten Jahrzehnten stärker erkannt. Es handelt sich um insular auftretende Biotope, deren Wert als Pflanzen- und Tierhabitate nicht hoch genug eingeschätzt werden kann... Steinbrüche und Lockergesteinswände müssen in den heutigen Kulturlandschaften in wachsendem Maße als bedeutungsvolle Lebensstätten für zahlreiche Arten angesehen werden"(GÖRNER 1988, S. 115);
- die Gefahr, daß bei der Abbaustandortsplanung mit noch weniger landschaftsökologischer Sorgfalt als bisher vorgegangen würde ("Am Ende sieht man ja nichts mehr", "die Landschaftsform wird wiederhergestellt, deswegen kommt es nicht so sehr darauf an, wo abgebaut wird"). Geotopschutzfachliche Tabuzonen (siehe Band II.18 "Kiesgruben") erscheinen respektgebietender, wenn der Abbau-Endzustand bestehen bleiben muß;
- die Verfüllung mit i.d.R. standort- und landschaftsfremdem, bei Bauschutt häufig auch umweltbedenklichem Material; (eine diesen Titel verdienende durchgreifende "Sanierung" ist also prinzipiell unmöglich);
- Bodenwasserhaushalt: Grundwassereingriffe u.a. Faktoren können auch durch die differenzierteste Verfüllung nicht in den Originalzustand zurückversetzt werden;
- die landschaftliche und naturschutzfachliche Hochwertigkeit alter Steinbruch- und Grubenlandschaften, deren Abbaustellendichte im Spätmittelalter bis zum Barock deutlich höher lag als in den derzeit steinbruchreichsten Gebieten Bayerns (z.B. Sandsteinbrüche an den Maintalhängen im Spessart, Mainseitentäler in den Haßbergen; Ketten alter Bahngruben). Uhu und Wanderfalke hätten im außeralpinen Bayern ohne alte Sekundärfelsbiotope wohl kaum überdauert (vgl. Band 18);
- eine gewisse zivilisationsgeschichtliche "Ehrlichkeit" des Menschengeschlechtes (Kaschieren der Spuren erzeugt weniger notwendiges Problembewußtsein und behindert vielleicht sogar die Suche nach Ersatztechnologien für einen Bodenabbau im Übermaß);
- die Möglichkeit, durch Übergang bzw. Rückkehr zu extensiveren, sporadischeren und weniger landschaftsschädlicheren Abbauformen auch Daueraufschlüsse zu erhalten und spezielle geofachliche Aufschlußpflege überflüssig zu machen (siehe [Kap. B.2](#)).

Der Anteil unrekultiviert und unverfüllt zurückbleibender Abbaureale ist vielfach sehr gering oder geht gegen Null im Falle relativ flacher Auskoffe-

rungen mit raschem Abbaufortschritt wie im Falle vieler Terrassensandgruben des Mittelfränkischen Beckens, des nördlichen Tertiärhügellandes oder des immerhin etwa 2 km<sup>2</sup> umfassenden Grundgipsabbaues am Fuße der Keuperschichtstufe der Haßberge, des Steigerwaldes, der Frankenberge und der Frankenhöhe.

Gerade im letzteren Fall, wo die Abbauwände relativ standfest sind und besonders interessante Einblicke vermitteln (z.B. Gipskarst-schlotten), herrscht ein gravierender Mangel an verbliebenen Aufschlüssen und auch an dringend benötigten Ersatzbiotopen für einen Teil der Lebewelt der hochbedrohten Gipshü-

gel. Man hat sich hier um eine "besonders landschaftgerechte" Rekultivierung bemüht (z.B. 4 ha-Abbau E Nenzenheim/KT, N Königshofen/NES,N), moderne Erfordernisse des Geotop- und Biotop-schutzes aber völlig vernachlässigt.

Obendrein sind auf den rekultivierten Acker-, Grünland- und Aufforstungsflächen jene besonders flachgründig-trockenen Gipshärtlinge oder staunassen Einmuldungen, die vor dem Abbau auch im Kulturland ein gewisses Artenschutzpotential darstellen, völlig verschwunden (HERRMANN et al. 1982).

## B.4 Pflege- und Entwicklungskonzept für Aufschlüsse

Der spezifische Aufbau dieses Bandes, die Vorwegnahme fundamentaler Aspekte in Teil A und die intensive Behandlung solcher Objekte im GEOSCHOB ermöglicht eine Straffung. Auf die vorgeschalteten "Grundsätze und Ziele" folgen räumlich konkretisierende "Gestaltungsleitbilder", die zweckmäßigerweise mit den "Maßnahmen" verschmolzen werden. Am Schluß stehen nachahmenswerte Gestaltungsmodelle.

### B.4.1 Allgemeine Grundsätze und Ziele für Aufschlußbereiche

#### (1) Integration erdgeschichtlicher Aspekte in die allgemeine Umweltbildung durch Aufschlüsse intensivieren!

Natürliche und künstliche Aufschlüsse sind Kultur-, Forschungs- und Bildungsgut mit Erhaltungsverpflichtung! Umweltbildung vernachlässigt heute die Grundlagen des Werdens der Landschaft und Heimat. Um hier Defizite aufzuholen, sind möglichst in jeder Gemeinde wenigstens einige wenige Aufschlüsse als "steinerne Dokumente" für Erd-, Klima- und Formengeschichte hilfreich. Wo kommt unser Kies her? Woher stammt das dorftypische Baumaterial etc.? Dazu müssen meist keine neuen Kiesgruben und Steinbrüche genehmigt werden, sondern sollte lediglich von den alten Abbauen nach Abbauende "mehr übriggelassen" werden.

#### (2) Interessante Aufschlüsse sind keine Rechtfertigung für zusätzliche Landschaftseingriffe! Vielmehr bestehende Aufschlüsse länger erhalten und Abbaugelungen aufschlußfreundlicher gestalten!

Der wissenschaftliche Gehalt eines Aufschlusses erschöpft sich kaum je mit einer einzigen Studie eines Wissenschaftlers oder einem Fachartikel. Der allgemeine geowissenschaftliche Fortschritt kann längst "abgehakte" Sachverhalte in Aufschlüssen in einem anderen Licht erscheinen lassen. Natürliche Erosion oder sporadische Abbaubelebungen können immer wieder Neues aufdecken. Wieviele bemerkenswerte Minerale können auch in vermeintlich längst abgesammelten Steinbrüchen und Bergwerkshalden immer noch gefunden werden! Eine sorgfältige und möglichst umfassende wissenschaftliche Ausnutzung eines Landschaftseingriffes ge-

bietet es, nicht immer wieder auf neue aufschließende aber landschaftsschädigende Eingriffe zu warten, sondern sich für die im Regelfall aufschlußerhaltende Renaturierung (Liegen-lassen, keine Verfüllung) statt Rekultivierung oder Umwidmung in Deponien einzusetzen. Dies erinnert an einen verantwortungsbewußten physiologischen oder anatomischen Experimentator, der seinen "Verbrauch" an Versuchstieren oder Leichen auf ein Minimum beschränkt. Wäre die ältesteiszeitliche Schieferkohle am Uhlenberg bei Dinkelscherben/A bereits vor einigen Jahrzehnten zugefüllt worden, hätte sie nicht mehr mit den neuesten genaueren Datierungsmethoden (z.B. paläomagnetisch, verbesserte paläobotanische Methoden) zeitlich eingeordnet werden können.

#### (3) Wenn überhaupt, dann Vollformen nie vollständig, sondern nur partiell abbauen!

Sind Neuabbaugenehmigungen in morphologisch bewegtem Gelände unumgänglich, so gilt das Gebot der Schonung landschaftsbestimmender Vollformen (siehe Kap. 4.2 in Band II.18). Letztere sollten, wenn überhaupt, immer nur von einer Seite abgebaut werden. So bleibt ein Großteil der erdgeschichtlich informativen Horizontierung im Hügel erhalten. Wie wichtig dies sein kann, belegt eindrucksvoll der berühmte Hörmatinger Drumlin bei Bad Aibling, dessen wichtige Interglazial- oder Interstadialhorizonte offensichtlich nur in diesem Hügel und nicht in ähnlich geformten Nachbarhügeln auftreten.

Freilich darf dieser Grundsatz nicht als Aufforderung mißverstanden werden, möglichst jeden Hügel oder Berg, wenn auch nur ein bißchen, anzuschneiden, um ja nichts "Interessantes" zu übersehen. Auch Geowissenschaft muß nicht alles wissen und darf ungelöste Rätsel übriglassen!

#### (4) Naturkräfte weiter walten lassen, die wertvolle Aufschlüsse als Nebenprodukt liefern!

In gesamtökologischer (nicht unbedingt geowissenschaftlicher) Sicht sind natürliche Aufschlüsse bedeutsamer als künstliche. Sie sind nicht mit Landschaftseingriffen erkauft und bereiten im Regelfall auch weniger Erhaltungs- und Schutzprobleme. Dies gilt grundsätzlich auch für Biotope und Geotope, die der eintiefenden und/oder untergrabenden Kraft des Wassers zu verdanken sind (Uferwände,



Prallhänge, Runsen und Gräben, Bewegungshänge usw.), aber manchmal im Konflikt mit Verbauungs- und Gefahrensicherungsprogrammen stehen. Letztere sollten auch im Interesse der Nachlieferung von Aufschlüssen auf das unumgängliche Mindestmaß beschränkt bleiben.

**(5) In begründeten Fällen die geowissenschaftliche Nutzung und geodidaktische Zugänglichkeit und Einprägsamkeit sichern!**

Grundsätzlich sollte die Möglichkeit des Laien oder wissenschaftlich interessierten Amateurs zur Mineralien- oder Fossilien-suche nicht unnötig eingeengt werden (unumgängliche Restriktionsfälle siehe aber Kap. B.2). Grundsätzlich sollte der für Volksbildung, Heimat- und Sachkunde und Wissenschaft bedeutsame Informationsgehalt nicht krampfhaft versteckt oder abgesperrt werden. Zwischen ausschließlich artenschutzorientierten Abschirmungsinteressen und legitimen geofachlichen Nutzungsinteressen sind an regional bis überregional bedeutsamen Aufschlußorten Kompromißlösungen zu finden oder auszuhandeln.

**(6) Das Sammeln und Wühlen nicht von vornherein abqualifizieren und aussperren!**

Das "große Buch der Natur" ist im Gelände oft viel weiter aufgeschlagen als in Labors und Lehrbüchern. Den Erstzugang für Jugendliche zur Erd- und Heimatgeschichte, zu den Gesetzen der Erdkrustenbewegungen, der Gesteinsbildung, der Paläontologie liefern im weitesten Sinne sinnliche Erlebnisse, nicht zuletzt das Erbeuten wertvoller oder für wertvoll gehaltener Stücke (Katzensilber und Pyrit, der erste "Goldfund"! ). Das Aussperren von Laien und "Amateuren" sollte nicht zu weit getrieben werden. Manchmal kann eine gewisse Wühltätigkeit sogar erwünschte Biotoppflegenebenwirkungen haben. Natürlich sind dabei gewisse Grenzen einzuhalten und zu überwachen (z.B. maschinelles Umgraben durch Großhändler, artenschutzvorrangige Steinbrüche und Gruben).

**(7) Überwachsen und biologisch wertvolle Sukzession ist nicht das Ende eines Aufschlusses!**

Ein Beispiel: Die Schlüsselaufschlüsse zur Günz- und Donauzeit in der Roßhauptener Lehmgrube bei Röfingen/GZ (mehrere fossile Böden usw.) verlieren nicht ihren Wert, weil sie neuerdings nur teilweise kleinflächig offenliegen. Im Bedarfsfall können sie mit geringem mechanischen Aufwand für Untersuchungszwecke freigelegt werden. Wo wertvolle Horizontfolgen auskeilen bzw. in geringer Entfernung voraussichtlich abbrechen, ist ein Abbaustop mit Inkaufnahme des Überwachsens u.U. das geringere Übel gegenüber einem unkontrolliert fortschreitenden Abbagern.

**(8) Erläuterungen geben, aber kein Schilderwald in Aufschlüssen!**

Auch besonders wertvolle Aufschlüsse sollten grundsätzlich als Bestandteil der freien Landschaft und ihrer Lebensräume verstanden werden. Monofunktional auf geowissenschaftliche Lehre und

Fundstätte ausgerichtete Fälle (z.B. Solnhofen, Holzmaden) sollten die Ausnahme bleiben. Auch wichtige Lehrprofile können fast immer harmonisch mit anderen Funktionen dieser Sekundärbiotop verknüpft werden.

Das Informationsangebot in künstlichen Aufschlüssen ist in Bayern allerdings noch zu gering bzw. zu ungleich verteilt. Durch Information vor Ort (Schautafeln) und die Einbeziehung der Bürger, wo immer dies möglich ist (Pflegetmaßnahmen von Vereinen durchführen lassen, Patenschaften etc.), sollte die Bedeutung der Geotope vermittelt und Verständnis für notwendige Maßnahmen geweckt werden.

Die entsprechenden Tafeln sollten

- nicht unnötig groß sein,
- erst in der Nähe des Demonstrationspunktes und nicht an besonders werbewirksamen Punkten angebracht werden.

Geologischen Kurzangaben in populären Führern (z.B. Faltblättern zu Lehrwanderrouten) machen auf Aufschlüsse und ihre spezifischen Attraktionen aufmerksam und können gleichzeitig dem Aufschlußvandalismus eindämmen helfen.

**(9) Schaffung eines "Geotopverbunds"!**

Die notwendige Integration erdgeschichtlicher Aspekte in die moderne Umweltbildung der Bevölkerung (siehe Grundsatz 1) kommt nicht mit weit voneinander entfernten Zufallsaufschlüssen aus, sondern benötigt Aufschlußsysteme, die sich ergänzen. Die Verteilung von Aufschlüssen sollte so gewählt werden, daß sich unterschiedliche Aufschlußsituationen in ihrer räumlichen (Wandel innerhalb eines Stratums) und zeitlichen (Aufeinanderfolge von Ereignissen) Aussage ergänzen und einen ausreichenden Einblick in die geologische (und paläoklimatische) Entwicklung des Raumes gewähren. Lehrwanderrouten sollten künstliche und natürliche Aufschlüsse zusammenbinden, dabei aber aus Arten- und Biotopschutzgründen empfindliche Stellen umgehen (siehe aber Grundsatz 10).

**(10) Aufschlußfunktion nicht isoliert darbieten!**

Wichtige Aufschlüsse nicht auf gnädige Restflecken abdrängen, sondern in schutzwürdigen Gesamtkomplex einbetten! Aufschlüsse nicht als isolierte "Freiland-Schaukästen" verstehen, sondern mit anderen umweltdidaktischen Zielen verknüpfen.

Vielen Aufschlüssen ergeht es wie dem folgenden Beispiel: Der unersetzliche geologisch-paläontologische Inhalt der Sandgrube Dattenhausen/DLG (Tertiär/Jura-Grenze, Bohrmuschellöcher als Dokument der Klifflinie des Molassemeeres usw.) hinderte die Gemeinde Ziertheim nicht an der Umwandlung in die gemeindliche Bauschuttdeponie. Zwar scheint die Erhaltung eines Teilprofils möglich, in jedem Fall aber rückt die geodidaktische (wie biotische) Funktion in die Mauerblümchenecke eines vorher reichstrukturierten Biotopkomplexes. Hier und in entsprechenden Fällen sollten geologisch prominente Aufschlüsse in auch landschaftlich und biologisch hervorstechende Komplexe eingebettet



sein. Der Umweltbildungswert, die potentielle Zielgruppe wird umso größer, je mehr Information und Eindrücke in e i n e r Grube gesammelt und vermittelt werden können. Leitsatz könnte sein: Wer eigentlich nur wegen der Uferschwalben und Amphibien kommt, erfährt auch etwas über die gar nicht so langweilige Erdgeschichte und umgekehrt!

#### B.4.2 Gestaltungsleitbilder und Maßnahmen in Aufschlußbereichen

Übergreifendes Gesamtideal aus landschaftspflegerischer Sicht ist entsprechend Grundsatz (10) die Verknüpfung von Aufschluß-, Biotop-, Sukzessions- und Artenschutzfunktion in ein und demselben künstlichen oder natürlichen Aufschlußgelände. Dies gelingt natürlich je nach Ausgangssituation und geowissenschaftlicher Priorität nicht überall gleichermaßen. Deshalb werden im folgenden unterschiedliche Grundsituationen (Konfliktlagen) unterschieden. Den landschaftspflegerischen (nicht unbedingt geowissenschaftlichen) Vorrang haben natürliche Aufschlüsse, deren Entwicklungserfordernisse großenteils in anderen Bandteilen (insbesondere F, teilweise auch C, D, E, G, H) und Bänden (z.B. II.19 "Bäche und Bachufer") nicht angesprochen werden.

##### B.4.2.1 Entwicklung und Gestaltung natürlicher Aufschlüsse an Erosionsstandorten

Leitbild für natürliche "Feuchtaufschlüsse" in Bachrissen, Uferanbrüchen, Prallhängen, Runsen, abtragsaktiven Schluchthängen, Klammern und ungefährlichen Rutschhängen ist entsprechend Grundsatz (4) die möglichst ungestörte Beibehaltung der den Aufschluß- und Biotopwert garantierenden natürlichen Dynamik.

Dazu gehören

- der Verzicht auf Ausbau- und Hangstabilisierungsmaßnahmen außerhalb nachgewiesener Gefahrenzonen für Bevölkerung und vorrangig schutzwürdige Objekte;
- die möglichst ungestörte Erhaltung der natürlichen Abflußdynamik (Abflußregime), im oberhalb liegenden Bach- oder Flußeinzugsgebiet entsteht;
- nötigenfalls die Zurücksetzung anbruchs- und absturzgefährdeter Erholungs- und Bodennutzungen von der Oberkante des natürlichen Aufschlußgeländes (Holzgeländer, Weidezäunung, kein Befahren mit landwirtschaftlichen Maschinen, Fließgewässerpufferzonen, Rückverlegung und wirksame Abschränkung von Wanderwegen).

Zur Umsetzung gehören u.U.

- eine Einengung seit längerem projektierte Wildbachausbauprogramme auf die nach heutigen Erkenntnissen und Rahmenbedingungen unerläßlichen Gefahrenzonen;

- nach Möglichkeit der Verzicht auf Querbauwerke, die Geschiebe anstauen und damit u.a. häufig die unteren Partien von Uferwänden verhüllen
- die Formulierung von standörtlichen und naturräumlichen Limitierungskriterien für die technische und ingenieurbioologische "Wundhang"-Verbauung: Keine Verbauungsprojekte oberhalb der mittelmontanen Stufe im reinen "Biotopbereich" ohne Zusammenhang mit nachweisbar Muren- oder Geschiebe-bedrohten Tal-siedlungen und Hauptverkehrslinien;
- eine Neudefinition der Begriffe "Landschaftschaden" und "Wundhang", d.h. eine Loslösung von (weitgehend) naturgemachten Prozessen und "Erosionen"; gedankliche Einordnung solcher Aufschlüsse in den unaufhaltsamen natürlichen Abtragungsprozeß des Gebirges (GROTTENTHALER 1984: "Allen Anstrengungen zum Trotz wird jedoch die Erosion fortschreiten und in erdgeschichtlichen Zeiträumen Berge abtragen, Täler und Vorländer auffüllen, bis eines fernen Tages das Gebirge eingeebnet sein wird"( S. 22). So gesehen, ist die Erhaltung naturdynamischer Aufschlüsse ein kleiner Beitrag für die sinnvolle Selbstbescheidung des Menschen, der immer besser lernt, nicht mehr sinnlos gegen Windmühlen zu kämpfen.

Aufschlußbeeinträchtigende Verbauungen werden dann überflüssig, wenn das vor Überflutungen, Überschüttungen usw. zu schützende Objekt gar nicht gebaut wird. Insofern ist eine der wichtigsten "Pfleßmaßnahmen" hier der Verzicht auf den Bau neuer Wirtschaftswege im Taltiefsten von Kerbtälern und Schluchten, die nur durch ständige Fließgewässer- und Hangstabilisierung überhaupt unterhalten werden können.

##### B.4.2.2 Entwicklung und Gestaltung natürlicher Felsaufschlüsse

Entwicklungsvorschläge hierzu finden sich in Teil F, aber auch in den Teilen G und H dieses Bandes.

Natürliche Felsdurchragungen und -freistellungen sind im Normalfall keine "Pfleßbiotope", sondern Lebensräume hoher Konstanz mit hohem Anspruch auf Ungestörtheit. Felsfreilegende Maßnahmen sollten nur unter ganz speziellen Voraussetzungen durchgeführt werden, wenn sie auch aus landschaftsästhetischen und Artenschutzgründen geboten sind. Voraussetzungen hierzu siehe Kap. F. 4. Solche Ausnahmestandorte sind z.B. Felsen mit lichtliebender schutzwürdiger Flora und Fauna, die seit einigen Jahren oder wenigen Jahrzehnten eine starke Veränderung des Felsklimas durch Aufforstung des Kontaktbereiches erleiden.

Das "Felsputzen", d.h. Abkratzen von Flechten und Moosen, sollte tabu sein.

### B.4.2.3 Entwicklung und Gestaltung von künstlichen Aufschlüssen in Abbaustellen (vgl. auch Kap. B.2 und Band II.17)

#### B.4.2.3.1 Übergreifende Basismaßnahmen in Abbaustellen

Die Sicherung und Verbesserung der Aufschlußsituation im ganzen Land sollte weitgehend mit der Entwicklung unverfüllter Sekundärbiotop einhergehen. Basismaßnahmen und -vorkehrungen sind:

Pflege und Nutzung mit Grundstücksbesitzern und Nutzern regeln! Bei aktiven Abbaustellen sollte der Konsens mit dem Betreiber angestrebt werden. Die Entnahme von Proben und Sammlerstücken sollte im Einzelfall geregelt und angezeigt werden.

Minimierung des Anteiles nach Abbauende zu rekultivierender Lockergesteinsabbaustellen und Steinbrüche, Maximierung des Anteiles zu renaturierender, d.h. im wesentlichen einfach ablagerungsfrei liegende Fläche.

Überführung geologisch und biologisch besonders wertvoller Abbaubiotop, die nach Ablauf des Pachtvertrages in intensiv genutzte Fläche überführt werden würden, in öffentlichen Besitz oder in den Besitz von Naturschutzverbänden und naturwissenschaftlichen Gesellschaften, soweit dazu öffentliche Mittel zur Verfügung stehen.

Beräumung wilder Ablagerungen.

Verwendung ausschließlich steinbruch- oder grube-eigenen Gesteins- (nicht Boden-)Abraumes, falls zur Gefahrenminimierung oder Biotopentwicklung einzelne Wandabschnitte angebösch werden sollen.

Entwicklung von inneren Zonierungen in Komplexabbaubereichen mit Konfliktlage zwischen Geotop- und Biotop-/Artenschutz: Entwickelt sich in diesen Bereichen eine hochgradig schützenswerte Fauna und Flora neben besonders wertvollen Aufschlußsituationen, hilft nur eine geschickt eingerichtete innere Zonierung in Geotopzonen, Biotoptabuzonen, ggfs. laufende Abbazonen. Nicht immer wird der ganze Abbaubereich als schutzwürdiger Aufschluß einzustufen sein, so daß der übrige Bereich dem Biotopschutz (Kalkmagerrasen, Trocken-, Halbtrockenrasen und Feuchtbiotopentwicklung) oder anderen "Nutzungskonkurrenten" zur Verfügung steht.

Aufschlußsicherungskonzepte einzelner Landkreise: Kartierung aller im Landkreis bekannten natürlichen und künstlichen Aufschlüsse und deren geologischer Inhalte und Bedeutung. (siehe B. 4.2.3.2).

Herstellung eines gewissen, weitgehend freien Sichtfeldes: Relativ freie Sicht auf den größten Teil des Anschnitts herstellen. Freihaltungsmaßnahmen (nicht unbedingt ein Abräumen aller Gehölze!) sollten soviel Vorfeld umfassen, daß der Betrachter nicht steiler als 40 bis 45° "die Wand hinaufsehen" muß. Damit entspricht das freie Vorfeld in etwa der Aufschlußwandhöhe.

Herstellung einer oberseitigen, manchmal auch unterseitigen Sicherheitszone: Je lockerer und gröber das Gestein/Sediment ist, desto weiter muß der gesperrte Sicherungsbereich an der Oberkante zurückreichen (mind. 10 m) und desto breiter sollte auch der Sicherungsbereich am Fuß der Wand sein (zur Aufnahme von Versturzmateriale, für Räumungsarbeiten etc.).

Halte- und Zugangsmöglichkeiten außerhalb des ehemaligen Abbaugeländes schaffen, aber keine aufwendigen Zuwegungen und Fahrstraßen ausbauen.

Freihalten der Aufschlußbereiche von Bewuchs, Beräumungsmaßnahmen: Wichtige Strukturen und Unterschiede im anstehenden Gestein können durch zu starken Bewuchs verdeckt oder durch Wurzeldruck und Ausscheidungen chemischer Substanzen in ihrem Bestand gefährdet werden. Darum kann eine gewisse Bewuchsbeseitigung erforderlich werden. Dabei aber nur so viel wie eben nötig; stets in Abstimmung mit Naturschutzfachstellen und nie ohne genauere Inaugenscheinnahme des betroffenen Arteninventars. Aufschlußunterhaltende Beräumung von Bewuchs, Schutt und Verwitterungsmateriale sollte soweit wie möglich in Kombination mit Artenschutzmaßnahmen ähnlicher Zielrichtung durchgeführt werden. Nur in Sonderfällen sollte die rein geofachliche Unterhaltung isoliert erfolgen (Auswahlkriterien siehe 4.2.3.2).

Vermeidung hydrologischer Eingriffe in der Umgebung, die den Wasserhaushalt des Aufschlusses verändern könnten: Das hydrologische Umfeld sollte möglichst ungestört erhalten bleiben. Fallen beispielsweise angeschnittene Tonlinsen oder Braunkohlelagen trocken, zerfallen darin enthaltene Fossilreste. Ebenso können beim Eindringen von Feuchtigkeit Zerstörungsprozesse durch die Bildung von Salzkristallen oder Frostsprengung eingeleitet werden.

Kein Abtransport, sondern nur Umlagern von Versturzmateriale: Hangsturzmateriale kann liegenbleiben, solange es wesentliche Teile des geologischen Inventars noch nicht verbirgt. Besucher können auf diese Weise Handstücke zur näheren Betrachtung erhalten. Bei der Entfernung des Hangschuttes sollte das Materiale in der Nähe des Aufschlusses gelagert werden. Hier kann es wichtige Pionierlebensräume für Flora und Fauna bieten.

Gestaltung von Führungslinien: Zum Schutz morphologischer Kleinstrukturen und fossiler Relikte ist es nötig, die Besucher auf ausgewiesenen Wegen (evtl. Bohlenwegen) zu führen, um die wertvollen Strukturen vor Beschädigung und Zerstörung zu bewahren.

Inschutznahme, überdeutliche Kennzeichnung und erhöhte Zustandskontrolle insbesondere jener wertvollen Aufschlußbereiche, die (vorübergehend) von der Sukzession erobert sind, deshalb sehr "wild" und unübersichtlich aussehen und infolgedessen vermehrt zur wilden Müll- und Abraumeinlagerung einladen.

In diesem Zusammenhang nur am Rande erwähnt seien spezifisch geologische Konservierungsmaßnahmen wie:

**Verwitterungsschutz:** Sind morphologische, paläontologische oder mineralogische Strukturen auf der Oberfläche durch Verwitterung bedroht, sollten sie bei entsprechender Bedeutung gesichert werden (Regendach, Windbrecher, Abdeckung im Winter).

Objektgerechte Herrichtung und Pflege wertvoller Funde bis zu einer autorisierten Entnahme (Grabung). Gerade hier ist besondere Sensibilität und enge Zusammenarbeit mit der Paläontologie unbedingte Voraussetzung.

geowissenschaftliche Begutachtung neuer Aufschlüsse; Fortführung und Aufstockung des GEOTOPKASTER BAYERN.

#### B.4.2.3.2 Vorrangstandorte für aufschlußunterhaltende Maßnahmen:

Ist eine Aufschlußwand im Benehmen zwischen Geofachbehörden und "Naturschutz" als wichtiger Demonstrationsaufschluß eingestuft, aber auch nur dann, können Aufschlußunterhaltungsmaßnahmen auch größeren Umfanges durchgeführt werden. Auch dabei ist die Einbeziehung der Unteren Naturschutzbehörde, stellvertretend auch lokaler Naturschutzverbände erforderlich, weil in jedem Abbaugbiet schutzwürdige Arten- und Biotopschutzbelange auftreten können.

Unterhaltungsmaßnahmen sind nur in solchen Aufschlüssen in Angriff zu nehmen, die zum Netz der wichtigen Demonstrationsaufschlüsse von öffentlichem Interesse gehören, aber auch dies nur bei Bedarf. Auszunehmen sind von den "Spitzenaufschlüssen" jene, wo ohnehin ein extensiv-sporadischer Abbau den Aufschlußwert auf absehbare Zeit erhält oder wo eine (vorübergehende) Vegetationsverhüllung den wertvollen geowissenschaftlichen Inhalt nicht schädigt oder sogar vor mißbräuchlicher Ausbeutung und Beeinträchtigung infolge von Witterungseinflüssen schützt. Wo aber ständige Offenheit und Einsehbarkeit der geowissenschaftlichen Aufschlußinhalte gewährleistet sein muß, sind unter B.4.3.2.1 genannte Maßnahmen durchzuführen.

Die wichtigsten Standortkriterien für aufschlußerhaltende Maßnahmen sind:

- 1) sogenannte Referenzprofile für bestimmte geräumliche Einheiten, z.B. die Tongrube SW Ofingen/GZ für das Quartär der nördl. Iller-Lech-Platte und das Mindeltal;
- 2) Typuslokalitäten;
- 3) Aufschlüsse von Prozessen und Gefügen, die z.Zt. nur in ganz wenigen anderen Aufschlüssen demonstrierbar sind, z.B. Sandgrube SW der Goldbergalm bei Lutzingen/DLG mit vielfältigen Indikatoren des Riesereignisses (zerrüttete Meeresmolasse-Scholle, eingewalzte Bunte Trümmersmassen, Erkennbarkeit des Mechanismus der Auswurfbewegung beim Impact usw.).

Meist handelt es sich um Lokalitäten an denen ständig mit Besuchern und Exkursionsgruppen gerechnet werden muß.

Zur Umsetzung sollten die Naturschutzbehörden auf eine weitgehend vorabgestimmte Liste von Aufschlüssen, die diesen Kriterien genügen, zurückgreifen können. Solche Lokalitäten mit Zustandsdiagnose ("frisch beräumt, gerade optimal zu sehen") sollten von den "zuständigen" Geolehrstühlen benachbarter Hochschulen, Fachgremien und Gesellschaften bei den Unteren Naturschutzbehörden bzw. beim GLA angefordert werden können.

#### B.4.2.3.3 Defizitgebiete für Abbaurestflächen, Vorrangregionen zur Erhöhung des Abbaurestflächenanteiles

In diesen Gebieten ist es vordringlich, den Anteil rekultivierungsfreier Aufschluß- und Biotopflächen innerhalb derzeit laufender oder geplanter Abbaue entschieden zu erhöhen. Bisher ist hier der Anteil renaturierter Abbaufäche besonders gering. Allerdings: Keine Forderung nach mehr Abbaugenehmigungen, um mehr Sekundärbiotope und Aufschlüsse zu bekommen.

Solche Regionen sind z.B.:

- Gipsbrüche am Fuß der Schichtstufe des Mittl. Keupers (AN, NEA, KT, SW, NES);
- Seetongruben in einigen Gletscherstammbecken am Alpenrand (z.B. Rosenheimer Becken);
- Terrassensandgruben im Regnitzbecken und Untermaintal (LAU, ERH, BA, RH, AB, WÜ, MIL);
- Lößgruben am Rande des Donautales, im Altmoränen- und Tertiärhügelland;
- Gruben des Neuburger Weiß (ND);
- Grünsandsteinbrüche im Raum Regensburg.

#### B.4.2.3.4 Endgestaltung von Steinbrüchen mit Geo-Bio-Doppelfunktion (vgl. Band II.17)

Steinbrüche, in denen das Aufschluß- wie Biotopotential gleichermaßen wichtig ist (Geo-Bio-Doppelfunktion), sollten so differenziert gestaltet bzw. hinterlassen werden, daß beide Funktionen gut zum Tragen kommen. Andere, für Biotopentwicklungen noch suboptimal strukturierte Abbauwände können z.B. nach dem Muster von Abb. B/4, S. 131, umgestaltet werden. Der bermenförmige Umbau einiger Abbauwände und die Anböschung mit Grob- bis Feinschutt aus dem Abbaubereich empfiehlt sich vor allem in

- ausgedehnten, mehrkammerigen Brüchen in stratigraphisch relativ homogenem Gestein (z.B. Jura-Plattenkalk, "Treuchtlinger Marmor", Granitmassive, Buntsandstein, Oberer Wellenkalk). Hier repräsentieren wenige Wände das gesamte Schichtglied;
- vertikal in Hochflächen ausgeschachteten Brüchen mit einer besonders hohen Wand-/Sohlflächen-Relation und großen Wandlängen (z.B. Pappenheim-Mörnsheimer Revier/WUG, EI).

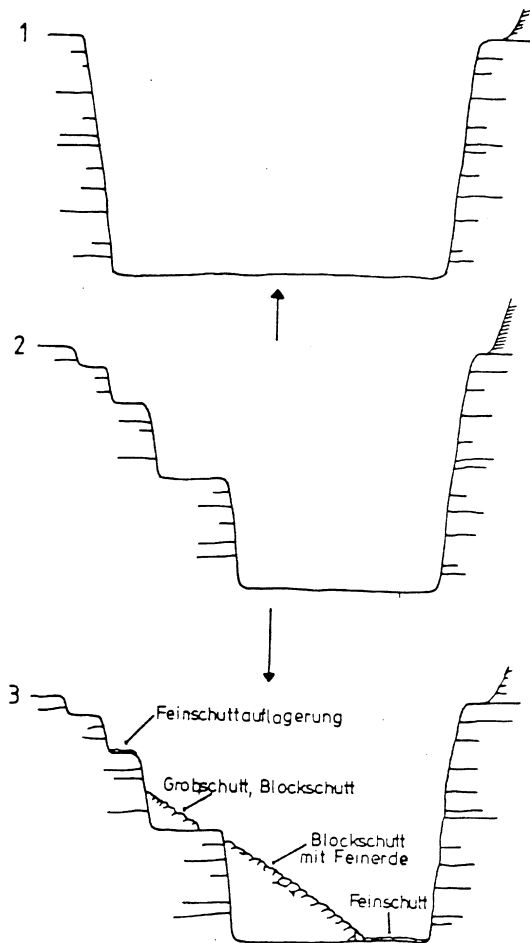


Abbildung B/4

**Leitbilder für die Endgestaltung großer Hochflächen-Steinbrüche mit großer Wandlänge und Expositionsvielfalt** (aus POSCHLÖD 1987)

Oben: Abbauendzustand nach ausschließlich wirtschaftlichen Gesichtspunkten

Mitte: Leitbild 1 für wenig standfeste Gesteine mit Schuttnachlieferung: auf den Bermen bilden sich allmählich von selbst kleine Schutthalden

Unten: Leitbild 2 für standfeste Gesteine mit geringer Schuttlieferung: Teilanböschung einiger tieferliegender Bermen mit Grob- bis Feinschutt aus dem Abbaubereich; Nebeneinander hoher Wände (Aufschlüsse) und umgestalteter, vegetationsbegünstigender Böschungen

Nicht nachgestaltete Wände empfehlen sich vor allem in folgenden Situationen:

- Steinbrüche, die aus steil eingetieften Kastentälern schluchtförmig abzweigen (Pseudo-Seitenschluchten der Karst-Trockengebiete); z.B. Neutal bei Dietfurt/NM;
- Steinbrüche, die an natürliche Felswände anschließen;
- Steinbrüche mit durchgehend geologisch-tektonisch hochkomplexen Anschnitten, wo "alle Wandflächen geologische Besonderheiten aufweisen können".

Ein Leitbild für relativ gering eingetieftete Steinbrüche präsentiert [Abb. B/5](#), S. 132. Hier ist nicht genug Wandhöhe für mehrfache Bermenbildung, so daß in möglichst wechselnder Exposition bestimmte Wandabschnitte in voller Höhe mit autochthonem Block- und Schuttabraum angeschüttet werden können.

Anwendungsfälle können sein:

- seitentalverlängernde oder -verzweigende längsgestreckte Steinbrüche ("pseudo-asymmetrische Tälchen")
- Ausschachtungen in Jurahochflächen oder Gipskeuperebenen.

#### B.4.2.4 Entwicklung und Gestaltung aufschlußwichtiger Hohlwege und Lesesteinansammlungen

Siehe LPK-Band II.12 "Agrotape". Dort vorgeschlagene Maßnahmen dienen im Regelfall auch den gebietsweise wichtigen Aufschlußfunktionen von Hohlwegen, Steinwällen, Lesesteinhaufen usw. am besten. Im Rahmen des modernen Wirtschaftswegebauens sollten die beschränkten Möglichkeiten der Schaffung neuer Hohlwege systematischer als bisher wahrgenommen werden.

In bodenmechanisch geeignetem Gelände sollten maschinell ausgehobene Anschnittsböschungen von relativ hoher Bindigkeit möglichst der weiteren Entwicklung überlassen und nicht angebösch und begrünt werden.

Auch bei fester Fahrbahndecke kann das über Dachprofile in unbefestigten beidseitigen Traufrinnen gesammelte Oberflächenwasser in gewissem Umfang die beiden Böschungsfüße untergraben und die für unbefestigte Hohlwege typische wandbildende Eintiefung ersetzen. Die unerwünschte Tiefenerosion in den beiden Weggräben sollte durch stabilisierende Blocksetzungen gebremst werden.

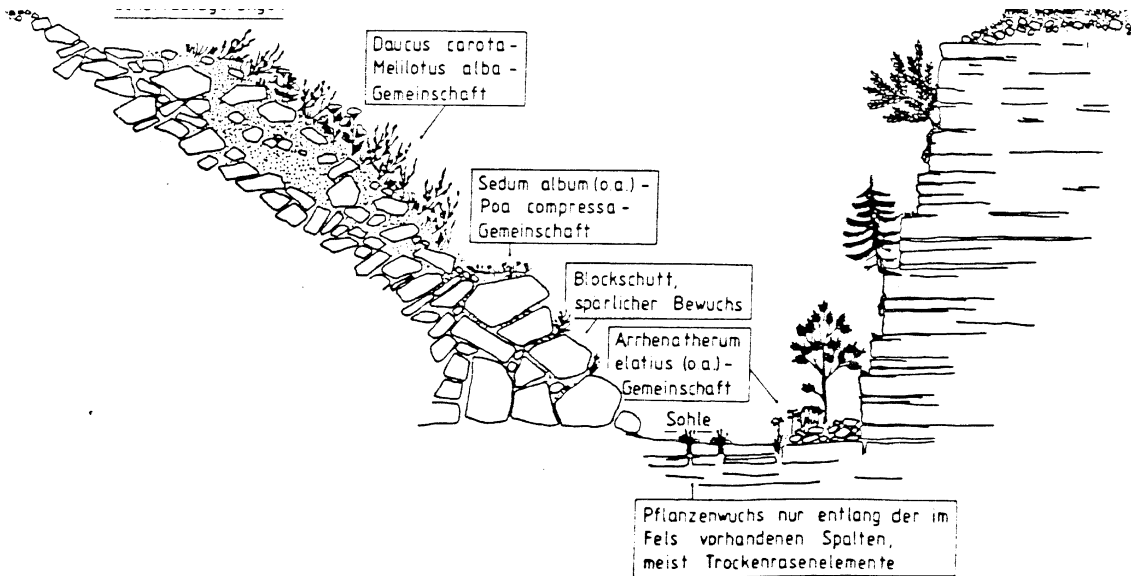


Abbildung B/5

Leitbild für Steinbrüche mit relativ geringer Wandhöhe in relativ homogenem Gestein (aus POSCHLOD 1987)  
Darstellung der initialen Pflanzenbesiedlung für den Spezialfall Weißjurabrüche

#### B.4.2.5 Entwicklung und Gestaltung von Bergbau-Geotopen (vor allem PA, REG, CHA, SAD, TIR, NEW, WUN, HO, KC, MB, TS)

Dieser eigenartige Verzahnungsbereich von Kulturdenkmal, Geotop und Biotop ist bisher in Bayern recht stiefmütterlich behandelt worden. Lediglich als regional sehr wichtige Fledermausquartiere und aufsehenerregende Mineralfundstellen (z.B. Flußspat- und Pegmatitabbau) sowie als geheimnisumwobene Sperr- und Gefahrenzonen sind sie hervorgetreten. Hier macht sich das Fehlen einer einschlägigen, nicht nur mineralogisch-bergbaugeschichtlichen Bestandsaufnahme in den relevanten Regionen (Grundgebirge, Grundgebirgsspezzart, Alpenrand und Alpen) schmerzlich bemerkbar. Diese naturschutzfachliche Lücke zu füllen, ist eine der vorrangigsten Aufgaben in diesem Bereich.

Die geowissenschaftlich hoffigsten Fund- und Forschungsstellen liegen hier häufig in den Stollen, in Schächten, Abbauörtern und an anderen punktuellen Stellen innerhalb größerer abbaugeprägter Komplexe. Die übrigen Bereiche dieser insgesamt als Biotopentwicklungsgebiet, Archäotop und kulturgeschichtliche Schonzone bedeutsamen Landschaftsteile benötigen deshalb im allgemeinen keinerlei aufschlußunterhaltende, d.h. vegetations- oder schuttberäumende Maßnahmen. Der "herumliegende Abraum", also die Pingen, Halden und Schuttwälle, ist ja Bestandteil des schutzwürdigen geohistorischen Ensembles! Gegen punktuelle Klein-

schürfungen von Sammlern ist im allgemeinen wenig vorzubringen. Wichtig sind allerdings Vorkehrungen gegen form- und vegetationszerstörende Großschürfungen professioneller Mineralienhändler mit maschineller Unterstützung. "Pflege" besteht in Bergbaureliktbiotopen und -landschaften vorderhand darin, unbeeinflusste Sukzession zu ermöglichen. Sperrungen in Gefahrenzonen erleichtern dies manchmal.

Die zur Sicherung des biotischen Austausches zwischen Stollen und Außenwelt sowie der hochspezialisierten Stollen-Lebensgemeinschaften erforderlichen Maßnahmen werden bereits unter B.2 beschrieben (u.a. semipermeable Stollenverschlüsse zwecks Fledermausschutz). Holzbringungswege, Rückegassen, Wirtschaftswege und andere geomorphologisch verändernde Nutzungshilfen sollten aus kleinmorphologisch bewegten Grubenfeldern, Pingen- und Haldenzonen ganz herausgehalten werden. Eine strengere Überwachung gegen Abraumverkippen als bisher versteht sich von selbst.

Spezifische bautechnische und Gefahrensicherungsmaßnahmen liegen außerhalb des Zuständigkeitsbereiches des LPK, können aber im Einzelfall notwendig werden. Seitens der Bergsicherungsbehörden ist bei geländeverändernden Maßnahmen aller Art der Kontakt zu den Naturschutzbehörden zu suchen, da stets mit Beeinträchtigungen biotischer und geomorphologischer Art gerechnet werden muß (Stollenverschluß usw.).

## B.5 Pflege- und Entwicklungsmodelle

Im Rahmen eines Fledermaushilfsprogrammes für den Frankenwald (BEIERKUHNEIN et al. 1992) wurden verschüttete Stollen durch Bagger- und Handarbeit freigelegt, Stollenmundlöcher gesichert, Fledermaus-durchlässige Tore bzw. in bestehenden Verschlüssen Einflugwege angebracht. Eine Vielzahl von Einzelmaßnahmen, die zur Stabilisierung der Frankенwälder Fledermauspopulation wesentlich beitragen, wurde durch das Zusammenwirken von BN Kronach, Naturschutzzentrum Mitwitz, Naturpark, Höhere Naturschutzbehörde, Lionsclub, LBV, Forstämtern, Feuerwehr Stadtsteinach, Stadt Kronach, einigen Pfarreien und Privatleuten ermöglicht.

### Aufschlußgerechte Abbaustellen:

Immer wieder entsprechen einzelne Kies-, Sand- und Lehmgruben dem biologischen wie geologischen Ideal eines mäßigen, sukzessiven Kleinabbaues, der ein Fließgleichgewicht aus frischen Abbauwänden und Sukzessionsbiotopen unterhält. Darunter sind glücklicherweise auch regional bis international bedeutende Aufschlüsse wie die Kiesgrube bei Affaltern/A oberhalb des Sportplatzes (u.a. Malmkalke aus Ries-Impakt), die Sandgrube N Ingstetten bei Roggenburg/NU mit repräsentativem Profil der Oberen Süßwassermolasse (nur sporadisch abgebaut).

Im Einvernehmen zwischen Gemeinden, Gefahrensicherungs- und Naturschutzbehörden wurden große Teile der auch jüngst immer wieder abgebrochenen und abrutschenden Rutschhänge des Isartales oberhalb von München (Lkr. München, z.T. Lkr. Bad Tölz-Wolfratshausen) von jeglichen Verbauun-

gen und Hangsicherungsmaßnahmen freigehalten. Interessante Biotopentwicklungen (z.B. Hangquellen und Nackenseen, Anbruchflächen, Blöcke) stellten sich ein.

Verbauungsverzicht an Talhangreissen durch die Wasserwirtschaftsverwaltung: Der Erhaltung der Aufschluß-, Pionierbiotop-, Geschiebehaushalts- und Landschaftsfunktionen wird auch an Tiefenerosionshängen der Bayerischen Alpen zunehmend der Vorrang eingeräumt (z.B. in den Talverfüllungen, Moränen, Seekreiden der Valepp/MB, Reißbachreissen oberhalb Vorderriß/TÖL, Isarhorn bei Krün/GAP). Bewußt werden hier mögliche kleinere Geschiebestöße im Interesse einer besseren Deckung von Geschiebedefiziten in den Flüssen in Kauf genommen.

Ein Beispiel für notwendige Freilegung natürlicher Aufschlüsse im Zusammenhang mit Arten- und Biotophilfsmaßnahmen ist die Beräumungsaktion der Serpentinhärtlinge am Föhrenbühl bei Erbendorf/TIR und an der Haidleite bei Wurlitz/HO.

An einigen Stellen kommt eine sehr zurückhaltende oder ganz eingestellte Holznutzung dem Leitbild für Bergwerksreliktzonen bereits sehr nahe, z.B. am Kressenberg bei Neukirchen/TS, am Auer Berg bei Au/MB, am Hennenkobel bei Zwiesel/REG.

Abschließend sei die vorbildliche Arbeit der Inventarisierung und Kartierung alter Bergbaurelikte durch regionale Vereine hervorgehoben. Die voralpinen Geotope dieser Art werden beispielsweise vom "Förderkreis der oberbayerischen Bergbaugeschichte e.V." mit Sitz in Bad Tölz, PF 1541, erhoben.





## C Denkmäler der Eiszeit, Glaziale Formen

*"Nichts regt die Fantasie mehr an als das Studium des Quartärs."*

M.GIGNOUX

Gegenstand dieses Band-Teiles sind Oberflächenformen und Erscheinungen, die im Pleistozän (Eiszeit) durch Gletscher (**glazial**), deren Schmelzwasser (**glazifluvial**) oder in eisfreien Gebieten durch den Bodenfrost (**periglazial**) herausgebildet wurden.

Etwa bis zur Linie Obergünzburg (Allgäu) - Kaufbeuren - Fürstenfeldbruck - Baierbrunn - Holzkirchen - Gars - Raitenhaslach (Salzach) reichte der würmkaltzeitliche Eishöchststand vor rund 20000 Jahren. Die äußerste Jungmoränengrenze ist bis heute eine wichtige Landschaftsscheide: nach Norden hin sanft und großzügig geformte oder eingebnete, wenn auch z.T. deutlich zerteilte Acker- oder Waldlandschaften, bis auf die Schotterebenen tiefgründig verwittert oder lößlehmüberdeckt, nur sehr wenige naturnahe Wald- und Feuchtbiotopreste, keine natürlichen Stillgewässer, insgesamt sehr geringe Biotopfläche. Nach Süden hin kleinteilig-durchbewegte Formen, unzählige Kleinkuppen und abflußlose Mulden, höherer Grünlandanteil, kleinteiligere Wald-Flur-Verteilung, viel mehr naturnahe Mischwaldreste, natürliche Stillgewässer, Moore und andere Feuchtgebiete, Magerrasenreste an den Hügelverteilungen (Biotopanteil viel höher), dafür aber weniger oder kaum Bäche und Täler. Im Südosten trennt diese Linie in etwa auch verschiedene Bauernhauslandschaften: Drei- und Vierseithöfe mit großen Scheunen im Norden ("Körndlbauern" = Ge-

treidebauern) und kleinere, oft einhäusige Höfe ("Hörndlbauern" = Viehhalter) im Süden.

Im von Abtrag und Verwitterung noch wenig überformten Jungmoränengebiet (= **Alpenvorland**, fälschlich auch als "voralpines" Hügel- und Moorland bezeichnet, obwohl es nicht in den Voralpen liegt) wie auch im **Vereisungsbereich des Böhmerwaldes** (Grenzkamm, Arber) konzentrieren sich die in diesem Bandteil besprochenen Elemente. Dabei ist aber das unauffälligere landschaftliche Erbe älterer Vereisungen zwischen Donau und Jungmoränengrenze ("Altmoränengebiete", "Schotterplatten") sowie des pleistozänen Bodenfrostes und Frostwechsels auch im übrigen Bayern (**periglazialer Formenschatz**) nicht zu vernachlässigen.

In den letzten Eiszeitrefugien der Bayerischen Alpen, den Kleingletschern am Hochkalter, im Wetterstein und an der Schwarzen Milz/Allgäu, ebenso wie natürlich in den Zentralalpen, entstehen Glazialformen bis auf den heutigen Tag. Das fast völlige Abschmelzen aller Zugspezgletscher in den warmen Jahren 1988 - 1991 enthüllte Kleinmoränen.

Manche Eiszeitformen werden wegen ihrer Verknüpfung mit anderen Erscheinungen besser in anderen Bandteilen besprochen, so etwa die Schmelzwassertäler **vor** dem Eisrand in Teil D und die periglazial durch Bodenfließen transportierten Kristallinblöcke Ostbayerns in Teil F. Umgekehrt werden aufgrund glazialer Prozesse im Alpenvorland anstehende und in die Glaziallandschaft integrierte präglaziale Gesteine (z.B. tertiäre "Inselgesteine") sowie Gletscherfindlinge und glazial überformte Härtlinge besser hier abgehandelt.

### C.1 Grundinformationen

Der folgende knappe Abriss entbindet nicht von der Beschäftigung mit der z.T. auch laienverständlichen Grundlagenliteratur, z.B. JERZ (1993), LAGALLY et al. (1994), SCHOLZ & SCHOLZ (1981), KRAUS & EBERS (1965), die teilweise sogar bereits natur-schutzfachliche Verknüpfungen herstellt (z.B. MICHELER 1953, 1956).

Jedem für das Alpenvorland und den Böhmerwald Naturschutzverantwortlichen verhilft eine Grundkenntnis der regionalen Eiszeitgeschichte und eiszeitlichen Landschaftsmuster zu einem besseren Verständnis der Entstehung, Umfeldabhängigkeit und Störempfindlichkeit der Biotope, öffnet den Blick für landschaftsgerechte, "unkonstruierte" Verbundbeziehungen, präzisiert die so dringend gebrauchten außerökologischen Bewertungskriterien von Landschaften und erleichtert die fachliche Beurteilung vorgelegter Planungsentwürfe.

Großflächig liegt nirgendwo in Bayern zwischen den heutigen Biotopen und ihrer erdgeschichtlichen Entstehung bzw. Bedingtheit ein so kleiner zeitli-

cher Schritt wie in der Quartärlandschaft vor den Alpen (wenige tausend Jahre).

Ca. 2,5 Mio. bis 10 000 Jahre vor heute wechselten 7 bis 10 Kaltzeiten (Eiszeiten, **Glaziale**) mit Warmzeiten (**Interglaziale**). Die Kaltzeiten waren geprägt von starken Temperaturrückgängen, ließen die Schneegrenzen um durchschnittlich 500 m absinken und das Inlandeis von Norden her maximal bis Erfurt und Leipzig vorrücken, verwandelten die Alpen in ein nur von wenigen Nunatakkern (isländ. korrekt: "Nunatakr" = Inselbergen) überragtes Eismeer und trieben die Alpengletscher weit bis ins Schweizer, Oberschwäbische und Bayerische Vorland vor.

Innerhalb der **Biber-** und **Donau-**Kaltzeiten (Ältestpleistozän), **Günz-**, **Haslach-** und **Mindel-**K. (Altepleistozän), **Riß-**K. (Mittelpleistozän) und **Würm-**K. (Jungpleistozän, -moränen) gibt es jeweils mehrere Eisvorstöße und -rückzüge (**Interstadiale**). Für die heutige Landschaft und damit die Landschaftspflege bedeutungsvoll sind aber nur die Moränen- und Schotterablagerungen der vier letzten, bereits

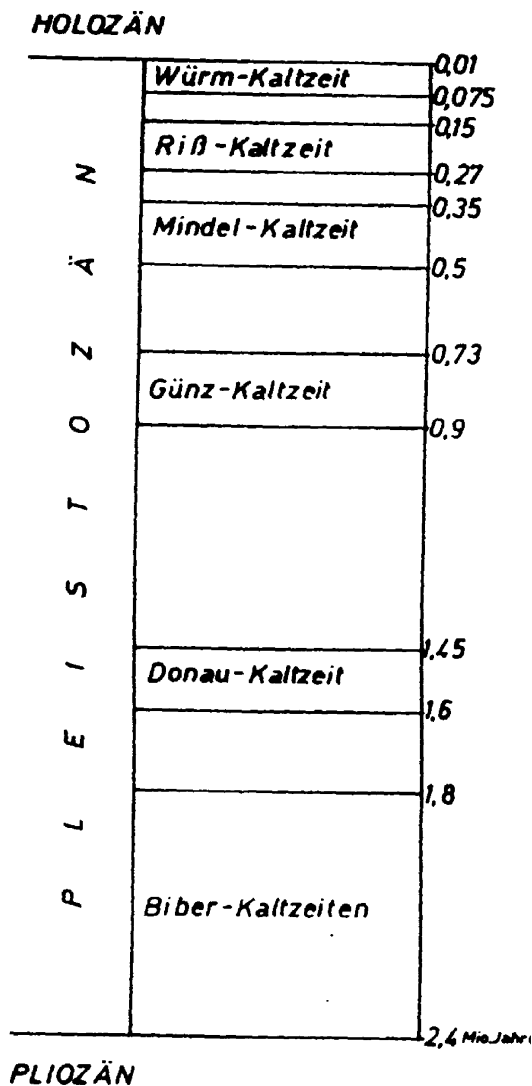


Abbildung C/1

Gliederung des Eiszeitalters (VOIGTLÄNDER 1984)

von PENCK und BRÜCKNER vor der Jahrhundertwende vor allem im schwäbischen Alpenvorland nachgewiesenen Eiszeiten Würm, Riß, Mindel und Günz (Abfolge nach zunehmendem Alter und abnehmender landschaftlicher Bedeutung; vgl. auch Abb. C/1, S. 136).

Die dominierende Rolle im Geotopschutz nehmen dabei die frischen, wenig eingeebneten Formen der vor ca. 115.000 Jahren einsetzenden Würmeiszeit ein, deren Moränen im Alpenvorland aber in einem überraschend kurzen Zeitraum von ca. 15.000 - 25.000 Jahren, also innerhalb weniger als 10.000 Jahren, aufgeschüttet worden sind (GROTTENTHALER 1985). Die mit der jüngeren Dryas-Zeit vor ca. 10.000 Jahren BP endende "Späteiszeit" mit ihren raschen Klimaschwankungen und -wechseln (DANSGAARD et al. 1989) war für einen Großteil

des periglazialen Formenschatzes (siehe unten) und einen Teil der alpinen Glazialformen verantwortlich (Bühl-, Steinach-, Gschnitz-, Daun-, Egesen-Stadium). In ihr waren die großen Zungenbecken des Alpenvorlandes (Würmsee, Ammersee, Brucker Moos usw.) erstmals eisfrei geworden.

In den Hochlagen der Bayerischen Alpen sind für den Geotopschutz auch die Moränen der sogenannten "Kleinen Eiszeit" zwischen Spätmittelalter und 19. Jhd. (Höchststände z.B. 1620 und 1850) von Bedeutung.

Die alpinen und südbayerischen Pleistozängletscher entsprechen dem heutigen Gletschertyp Südalaskas und Westgrönlands (SCHOLZ & SCHOLZ 1981, JERZ 1993): Die in den Alpentoren bis etwa 1300 m hinaufreichenden Eisströme drangen 30 - 70 km ins Vorland hinaus und breiteten sich zu riesigen, nordwärts dünner werdenden Eisfächern aus, beim Eishöchststand im Alt- bis Mittelpleistozän bis zur Linie Biberach - Mindelheim - Mering - Fürstenfeldbruck - Erding - Dorfen - Jettenbach - Burghausen. Sie erodierten, überformten und überschütteten die Landoberfläche der Tertiärzeit, welche heute meist nur an den Rändern der Zungenbecken, in Taleinschnitten, an Eisscheiden, im südwestbayerischen Faltenmolassegebiet aber auch großflächiger zutrat.

Die **verschiedenen Moränengenerationen** unterscheiden sich nicht nur in der Frische der Formen und der Fläche, sondern auch in ihren heutigen Standortverhältnissen und Biotopeigenschaften. Die erst seit rund 10.000 Jahren verwitternden, geröll- und kalkreichen Würm-Stürmoränen bilden überwiegend flachgründige und basenreiche, oft auch trockene Böden. Ganz anders die seit etwa 130.000 Jahren der Verwitterung ausgesetzten Riß-Moränen: an flacheren Partien sind sie bis 4 m verlehmt und bis über 2 m tief entkalkt (bodensaure Vegetationstypen!). Bei den vor mindestens 380.000 Jahren abgelagerten Mindel-Moränen reicht die Entkalkung sogar bis über 4 m Tiefe (JERZ 1993).

Nördlich der Vereisungsgrenzen räumten gewaltige Schmelzwasserströme die tertiäre Landoberfläche breitflächig (Lech-, Isar-, Inn-Ebene) oder bahnenweise (vor allem schwäbische Schotterplatten) aus und überschütteten sie mit Schottern. Jüngere Schottertäler schnitten sich im Regelfall in die jeweils älteren ein (Reliefumkehr). Es resultieren komplexe alt- bis jungeszeitliche oder jung- bis nacheiszeitliche Terrassentreppen, deren höchste Niveaus von alt- oder gar ältesteiszeitlichen "Deckenschottern" (z.B. Stoffersberg W Landsberg, Riedelhochflächen zwischen Lech und Mindel/A, GZ, DLG, Kammelmindel-Sporn bei Burgau/GZ) und deren tiefste Sohlen von den nacheiszeitlichen Kiesen (z.B. Isar- und Wertachtal) gebildet werden. Wo alteiszeitliche Ablagerungen fast flächendeckend abgeräumt wurden, reduziert sich die glaziale Terrassenfolge auf die würmeiszeitlichen "Niederterrassen" (z.B. Lechfeld, Münchner Ebene, Unteres Inntal) und die davon unterschrittenen rißeiszeitlichen "Hochterrassen" (z.B. Lech-Wertach-Hochterrassen Inning-Bobingen-Schwabmünchen-Buchloe, Alzplatte,

Forstenrieder Park und Föhringer Lehmzunge bei München, Isartalrand N Landshut).

### Die einzelnen Vereisungsbereiche

Jungmoränengebiete lassen sich auf den ersten Blick von anderen Hügellandschaften unterscheiden und sind anscheinend untereinander recht ähnlich. Trotzdem besitzt jeder der Gletscherfächer eigene Merkmale, die sich ergeben aus Unterschieden

- in Größe und Geologie des alpinen Nährgebietes,
- im tektonisch-morphologisch bedingten Ausbreitungswiderstand des präglazialen Untergrundes,
- der Struktur der Eis- und Schmelzwasserbahnen.

Die Ausprägung und der landschaftliche Stellenwert einzelner glazialer Formelemente ist nicht überall gleich. Einige dieser Merkmale seien vorgestellt.

- **Rheingletscher:** Größter und an Transportmassen reichster Vorlandgletscher des gesamten Alpenraumes (man beachte die gewaltigen Moränen im Raum Leutkirch - Ravensburg); gestaltete mit seinen östlichen Teilströmen (Rotach, Weißbach, Leiblach usw.) vor allem die Oberstauener Jungmoränenlandschaft/OA und den Lkr. Lindau westlich der Eisscheide Kürnacher Wald - Schwarzer Grat, indirekt aber auch die bayerische Donautallandschaft; ferntransportiertes Kristallin aus den Zentralalpen macht bis über 30% des Geschiebes aus (JERZ 1993).
- **Iller-Wertach-Lech-Gletscherkomplex:** Näherte sich im wesentlichen aus einem relativ begrenzten Gebiet nördlich der kalkalpinen Hauptkämme; reichte nur maximal 30-40 km nach Norden; eine Vielzahl von etwa parallelen Entwässerungslinien (Schottertäler, Riedellandschaft) bewirken den mitteleuropaweit einzigartigen Landschaftscharakter Mittelschwabens, einer glazialen Stufenlandschaft par excellence; nördlich der Vereisungsgrenze konnte sich kein tertiäres Hügelland wie weiter östlich erhalten, denn der Tertiärsockel ist bis zur Donau von gletscher- und alpenbürtigen parallelen Schmelzwasserströmen aufgelöst; mehrere Gletscherschliffe an den überfahrenen oder umflossenen Molassehärtingen im Vorlandvereisungsgebiet; sehr geringer Anteil ferntransportiertes Kristallinmaterials (meist unter 1%), da nur wenig Eis vom Inn-gletscher übergeströmt ist (JERZ 1993).
- **Ammersee-Würmsee-Isar-Gletscherkomplex:** Eis aus mehreren Alpentoren: Eschenlohe - Kesselberg (Haupteisstrom, der sich am Tischberg in Würmsee- und Wolfratshauer Zunge teilte) - Lenggries. Größeres Eiseinzugsgebiet als beim vorhergehenden Komplex (Transfluenz vom Inn-gletscher); enthält die tiefsten und längsten Zungenbeckenfurchen Bayerns (115 m tiefer Würmsee, Ammersee mit Weilheimer Becken und Ampermoos); entsendet viel weniger Entwässerungslinien nach Norden als der Lech-Iller-Gletscher.  
Weitester Vorstoß in der Rißeiszeit bis fast an die südl. Münchner Stadtgrenze.  
Im Kontaktbereich der Schmelzwasserströme

des Isar- und Inn-gletschers bildete sich eine gigantische, weitgehend ebene Sanderfläche, die Münchner Schotterebene; daneben auch einige der Schwäbischen Riedellandschaft entsprechende Schottertäler (z.B. Sempt-Schwillach-, Maisach-, Eglinger-Tal); Hochterrassen- und Altmoränenflächen im Vergleich zum Inn- und Iller-Lech-Vorland von recht bescheidener Ausdehnung (Fürstenfeldbrucker Hügelland, Forstenrieder Park, Föhringer Lehmzunge, Kempfinger Lohe u.a.), auf dem bewegten voreiszeitlichen Relief (Molasse-Züge und -Inselberge wie der Tisch- und Peißenberg) bildeten sich auffallend viele Gletscherschliffe; Kristallinanteil in den Moränen 5-15%, in den Tölzer Moränen nur 1%, um Murnau aber 30% (JERZ 1993); dies beeinflusst die Floren- und Vegetationsentwicklung (feinerdeärmere trockenere Karbonatstandorte; manchmal sogar mit Verkarstungserscheinungen); auffallend große und schöne Drumlinfelder stehen mit dem stark bewegten präquartären Untergrund in Zusammenhang. Die den verschiedenen Inn-gletscher-Ständen (s.u.) entsprechenden, jeweils eigene Moränengirlanden repräsentierenden Rückzugphasen heißen Reichlinger, St. Ottilien-, Wessobrunner und Weilheimer Phase, bzw. Schäftlarn- (Haupttrandlage), Ebenhausener, Icking-Münsinger und Schönrairner Phase.

- **Inn-Chiemsee-Gletscher:** Größter Gletscherfächer Bayerns mit lehrbuchmäßiger Entfaltung der glazialen Serie eines Vorlandgletschers, da
  - an den Flanken kaum durch andere Gletscher eingengt (Eisscheiden des Taubenberges N Miesbach und der Pechschnait bei Traunstein);
  - weniger bewegter Molasse-Untergrund.
 Anteil des kristallinen Geschiebes: bis über 20%, stellenweise über 30%, im Schnaitseeer Gebiet und Chiemseevorland sogar über 35%; massige Endmoränen in mehreren, klarer als in den anderen Vereisungsgebieten voneinander unterscheidbaren Vorrückungs- und Rückzugstaffeln (Gars-Kirchseeoner, Ebersberger, Ölkofener, Stephanskirchener Stadium u.a.). Chiemseegletscher wegen viel kleineren Eiszufußgebietes deutlich bescheidener, hier bilden die weniger voluminösen Moränen bis zu 7 getrennte Kränze; im Dreieck zwischen den Inn-Chiemsee- und Salzachendmoränen bildete sich die größte mehr oder minder geschlossene, tiefgründig verlehnte Hochterrassenplatte Bayerns (Alzplatte) mit ihren parallelen kastenförmigen Schottertälern (Parallele zur Schwäbischen Riedellandschaft); mächtige Altmoränenlandschaften (Isen - Ornau - Hügelland, Garser Hügelland) ragen heute noch höher auf als die angrenzenden Jungmoränengebiete (z.B. N Schnaitsee, N Haag).
- **Saalach-Salzach-Gletscher:** Ähnlich lehrbuchmäßig aufgebaut wie der Inn-gletscher; schließt die Vorlandmoränengebiete gegen Osten ab, da das nordöstliche Alpenvorland kaum mehr vergletschert war; kristalliner Geschiebeanteil: bis

über 25%; auch hier sehr klarer Anstieg vom zentralen seetonenfüllten Stammbecken (Salzburg - Tittmoninger See) bis zu den arenaartig abschließenden äußeren Stirnmoränenwällen des Asten-Nunreiter Stadiums; Drumlinfelder schöner ausgeprägt als im Innegletscher; seenerfüllte klassische Zungenbecken (Waging-Tachinger See, Salzburger Seen u.a.); geomorphologisch hervortretende Reststöcke mindel- oder günzeitlicher Endmoränen bei Burghausen.

- **Böhmerwald-Gletscher:** Die kleinflächige Mittelgebirgsvergletscherung im Böhmerwald beschränkte sich auf die Hochlagen des Grenzkammes und Arbergebietes oberhalb ca. 1000 m. Da das Eis sich nicht in flachwelligen Vorländern entfalten konnte, fehlen viele alpentypische Phänomene wie z.B. Drumlins oder Toteiskesselfelder weitgehend. Allerdings sind mehrere Moränenkränze unterschiedlicher Lokalgletscherstadien und Kare (mit Karseen und -wänden) gut ausgeprägt.

Der eisfreie Raum mit seinem Tundrenklima wurde geprägt durch Dauer- und Wechselfrost sowie Windverfrachtungen infolge schütterer Vegetationsbedeckung. Die periglaziale Morphodynamik brachte vorwiegend Kleinformen hervor, die im Geotopschutz aber ebenfalls von erheblicher Bedeutung sind.

In den Hochlagen der Bayerischen Alpen läuft die glaziale wie periglaziale Formenentwicklung stellenweise noch heute weiter (z.B. Restgletscher, Frostgirlandenbildung in der alpinen Rasenstufe). Glazialformen unterliegen einer rezenten Abtragungsdynamik (z.B. Schneeschurf an Karwänden).

Relikte der interglazialen Warmzeiten sind morphologisch unerheblich. Sie finden sich in Bayern nur in Bodenaufschlüssen in Form von fossilen Bodenhorizonten und Schieferkohlelagern (Lignit) im Bereich der Grundmoränen und Schotter (siehe Teil B).

### C.1.1 Glaziales Formenspektrum, naturschutzwichtige Landschaftselemente

Das glaziale Formenspektrum wird zwar in seiner gesamten Bandbreite skizziert. Erscheinungen, die wegen ihrer außergewöhnlichen Größe und ihrer Konzentration auf alpine Hochlagen für die Geotoppflege im Sinne des LPK nur randlich von Bedeutung sind, werden aber, ebenso wie rein glazial-geologisch-morphogenetische Erläuterungen nur kurz skizziert. Einige, für den Geotopschutz weniger dringliche kleinere Erscheinungen, wie z.B. periglaziale Dellen, werden ganz weggelassen. Mit Buchstabensymbolen wird jeweils angegeben, ob es sich um flächige Formelemente oder Reliefbildungen (**R**), punktuelle Formen (**P**) oder Aufschlußelemente (**A**) handelt.

Die genannten Einzelercheinungen nehmen im Großbauplan der eiszeitgestalteten Landschaft jeweils ganz bestimmte Lagepositionen ein. In dieser für das Alpenvorland (bedingt auch den Böhmerwald) charakteristischen räumlichen Abfolge, der

glazialen Serie (A. PENCK; vgl. Abb. C/2, S. 139) folgen in Eisfließrichtung aufeinander (stark vergrößert): Karmulden (Gletscherquellgebiete) - Hochtäler, U-Täler - Stammbecken (große Ausschürfungsbekken vor den Alpentoren) - Zweigbecken mit Grundmoränenlandschaft - Endmoränenkränze - Sander oder Schotterfeld.

Nach ihrer Entstehungsweise werden im folgenden einige Gruppen gebildet:

**Subglaziäre Abtragungsformen (siehe C.1.1.1 - C.1.1.5):** Vorstoßende Gletscher erodieren den Untergrund. Die subglaziale Abtragung und Umformung akzentuiert und verstärkt das präglaziale Relief durch Abschleifen und Ausschürfen des Felsuntergrundes (Detersion), durch Herausbrechen von Gesteinsstücken und gelockerten Felsteilen (Detraktion) und durch Umlagern und Zusammenschieben des vor der Gletscherstirn abgelagerten Lockermaterials bei einem Eisvorstoß (Exaration). Typische glaziale Abtragungsformen sind Kare, Trogtäler, Rundhöcker, Gletscherschliffe, Zungenbecken.

**Glaziäre Akkumulationsformen, Moränen (siehe C.1.1.6 - C.1.1.8):** Gletscher transportieren den vom Untergrund oder von den Seiten zugeführten Gesteinsschutt und lagern ihn vor der Gletscherzunge wieder ab.

**Glazifluviale Formen, Schmelzwasser- und Toteisformen (siehe C.1.1.9 - C.1.1.13):** Gletscher tauen nicht nur von oben her, sondern auch von unten ab. An ihrer Basis fließen große Schmelzwassermengen, deren abtragende und aufschüttende Kraft ebenfalls an der Landschaftsformung teilhat. Ihr starker hydrostatischer Druck und mitgeführtes Geröll erhöhen die abschleifende, abtragende und eingrabende Wirkung. Schmelzwasserablagerungen und -formen können im Bereich vormaliger Vereisungen (z.B. Tunneltäler, Gletschertore, Oser, Kames) oder außerhalb davon auftreten (z.B. Trompetentälchen, "Urstromtäler", Schotterfächer und Terrassen). Mit diesen glazifluvialen Formen eng verknüpft sind die Toteisformen, die aus dem Abschmelzen von Resteiskörpern bei gleichzeitiger Einschotterung durch Schmelzsotter hervorgingen. Glazifluviale Formen leiten zu Teil D über.

Großflächigstes Zeugnis der Schmelzwassertätigkeit sind die breiten, flachgeneigten Sander (isländ. "sandr") oder Schotterebenen, untereinander verschmolzene Schwemmfächer, die vor dem Eisrand von verästelten Schmelzwasserströmen aufgebaut werden und vielfach an den Endmoränen ansetzen. Gröberes Material wird in Gletschernähe, feineres weiter entfernt abgelagert. Es resultiert ein Korngrößengradient. Schmelzwässer der jeweils jüngeren Eiszeit tiefen sich im Regelfall in die Schwemmebenen der jeweils älteren ein. So kommen Terrassentritten mit aufwärts immer älteren Schmelzsotterablagerungen zustande: Hochplateaus aus "Deckenschottern" der Mindel- und Günzeitzeit, eine Etage tiefere "Hochterrassenschotter" der Rißeiszeit, wiederum eine Stufe darunterliegende "Niederterrassenschotter" der Würmeiszeit und schließlich die jüngeren Talschotter der Nacheiszeit im Taltiefsten. Ein Sonderfall ist die Münchner Ebe-

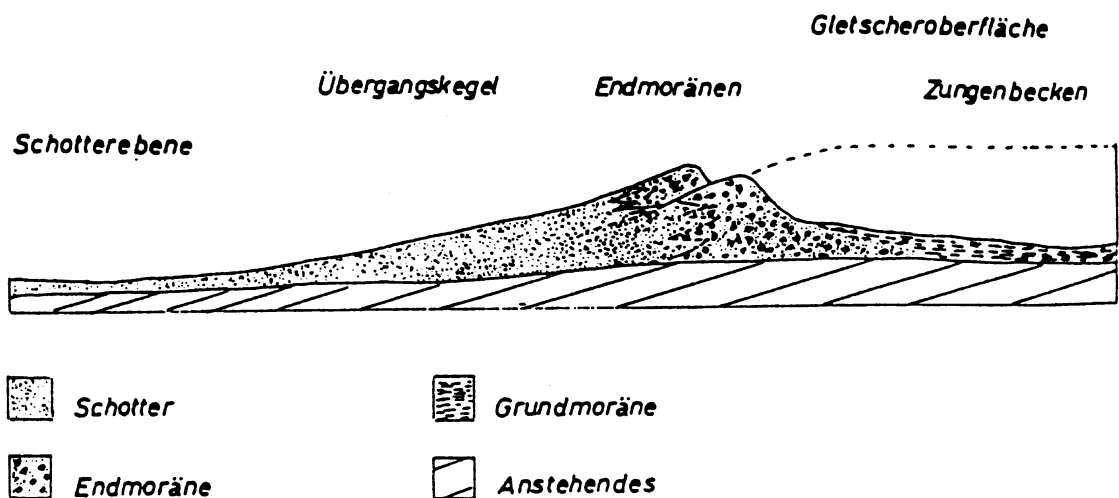


Abbildung C/2

Glaziale Serie im Bereich der alpinen Vorlandvereisung im Längsschnitt (nach VOIGTLÄNDER 1984)

ne, ein relatives Senkungsgebiet im insgesamt in Hebung befindlichen Alpenvorland. Im Gegensatz zu den schwäbischen und südostbayerischen Schotterplatten sind hier die älteren Schotter von der Hoch- und Niederterrasse überdeckt (vgl. auch Teile A und D).

#### Periglazialer Formenschatz (siehe C.1.1.14 - C.1.1.16):

In den würmeiszeitlich unvergletscherten Zonen (incl. der späteiszeitlich eisfrei gewordenen Gebirgsvorländer) riefen der Wechsel von Gefrieren und Auftauen (Permafrostboden), Frostsprengung, flächenhaftes Bodenfließen, Bodensortierung und Windwirkung (Löß) einen charakteristischen periglazialen Formenschatz hervor. Dominante Erscheinungen in dieser Zone sind Eiskeilbildungen, Blockdecken sowie Abflußgerinne an Hängen und auf Karst-, Sand- und Schotterflächen durch Bodenabdichtung mit Eis. Für den Geotopschutz hervorragende wichtige Hinterlassenschaften periglazialer Formungs- und Transportprozesse sind vor allem Felsburgen, Labyrinth, Blockanhäufungen, Blockmeere (siehe **Teil F**), Pingos (palsa-artige Auffrierungen, die heute manchmal wassergefüllte Hohlformen bilden; z.B. Spessart-Hochflächen, Hochrhön; hier nicht behandelt), asymmetrische Talformen (siehe **Teil D**), heute meist trockene Dellen-tälchen und flache Rinnensysteme in Schottergebieten und im Karst (Abflüsse über Permafrost), Frostmusterböden: Steinpolygone und Polygonfelder, Eiskeile, Brodel-, Taschen-, Kissen- und Würgeböden, Strukturböden (vor allem in Aufschlüssen erkennbar). Solifluktionsercheinungen, d.h. langsames Bodenkriechen und Fließen unter ständigem Wechsel von Gefrieren und Auftauen selbst auf schwach bis mittelstark geneigtem Gelände (2-5° Hangneigung) finden in der alpinen Stufe auch heute noch statt (z.B. Girlandenböden der hochalpinen Polsterseggenrasen, die "rittlings" auf den Schutt-

strängen mitwandern), sind aber fossil in ganz Bayern so weit verbreitet und landschaftsbestimmend, daß sie im Geotopschutz nur ausnahmsweise (z.B. rezente Fließhänge; **Teil B** und **D**) berücksichtigt werden können.

#### C.1.1.1 Kare, Nivationswannen der Hoch- und Mittelgebirge (R)

Meist sehr geräumige, lehnsesselartige Hohlformen im anstehenden Fels der Hoch- und höheren Mittelgebirge mit übersteilter rückwärtiger Felswand, oft scharfen Graten an den Seiten und einem oft ebenen oder muldenartig übertieften Boden. Bei der Entstehung wirkten mehrere Vorgänge zusammen: Zunächst sammelte sich der Schnee in flachen Nischen, wurde zu Firn verdichtet und schließlich durch weiteren Belastungsdruck zu Eis umgeformt. Unter dem Firn wirkte die Frostverwitterung zerstörend auf die Felsumrahmung ein. Das bewegte Eis an der Karsohle schürfte eine Wanne oder einen breiten flachen Boden aus. Wurden die Rückhänge dann eisfrei, wich die Karwand durch Abwitterung immer stärker zurück. Der Verwitterungsschutt wurde vom Gletscher abtransportiert, die Karsohle durch den Schurf des Gletschers tiefergelegt. Kare gingen meist aus präglazialen Quellnischen des Gebirges hervor.

Oft liegt der ausgeschürfte Schutt im Bereich der eisüberschliffenen Karriegel als Endmoränen angehäuft. Diese stauen als Wall die Karseen auf. (Beispiele: Schlappolt-, Rappen-, Seealp-, Gaisalp-, Schreck-See im Hochallgäu, Soiernseen im Vorkarwendel, Röhensteinsee am Risserkogel, Soirsee im Rotwandgebiet, Soirsee am Wendelstein, Rachel-, Arber-, Teufels-, Laka-See im Böhmerwald.)

Einen allseitig von Karen umgebenen pyramidenförmigen Berggipfel bezeichnet man als Karling (klassisches Beispiel: Matterhorn; in den Bayeri-



schen Alpen z.B. Hochvogel/Allgäu, Hundstod/Steinernes Meer und Kreuzspitz im Ammergau).

Zum Kleinformenschatz größerer Kare gehören neben End- und Ufermoränen meist auch Rundhöcker und Sturzmassen. Bis hausgroße Sturzblöcke liegen oft über die Karböden verstreut (z.B. Nordkare des Stuiben und Rindalphorns/OA, Arberseewand/REG). Innerhalb der Kare liegen häufig Groß- und Kleinformen des Karstes (u.a. Karren und Dolinen; siehe Teil E).

Nur wenige kleine Gletscher in Bayern formen eiszeitlich angelegte Kare heute noch weiter: Südlicher und Nördlicher Schneeferner, Höllentalferner im Zugspitzmassiv, Watzmann- und Blaueisgletscher/BGL und Schwarze Milz/OA.

Großkare entstanden durch seitliches Zusammenwachsen mehrerer Kare. Kartreppen (mehrere, am Hang übereinander liegende Kare) spiegeln nach JERZ (1993) den Verlauf mehrerer Eiszeiten, z.T. aber auch den Gebirgsbau wider (z.B. Soiernkar/Vorkarwendel, Seealp- und Geißalp-Kare im Allgäu). Sehr kleine Karformen werden Firmmulden genannt. Solche kommen wahrscheinlich auch im Bayerischen Wald in etwa 1000m Höhe vor (SR, DEG).

In den Bayerischen Alpen können Kare zwar in allen Expositionen auftreten, in Nord- und Ost-Auslage sind sie aber am häufigsten und am schönsten ausgebildet (längere Beschattung, schneeakkumulierende Leewirkung). Im Bayerischen Wald ist die Nord-Ost-Präferenz noch deutlicher.

Die Mehrzahl der noch von größeren Eingriffen verschonten Kare ist am besten der natürlichen Entwicklung zu überlassen oder wie bisher extensiv und eingriffsfrei alpwirtschaftlich weiterzunutzen. Das Biotop- und Artenpotential ist hoch und sehr spezifisch (vgl. Kap. C.1.4, S. 153 und Kap. C.1.5, S. 160). Karböden gehören dank ihrer naturbedingten guten Nährstoffnachlieferung, ihres teilweise ebenen Geländes, ihres meist ganzjährigen Wasserangebotes und ihrer oft tiefgründigen Böden zu den bevorzugten Almböden ("Karalmen"). Geotopbezogene Pflegeaufgaben stellen sich kaum. Kare sind also Gegenstand der Sanierung von Eingriffen und einer besonders sorgfältigen Raumordnung, aber im allgemeinen keine speziellen "Landschaftspflegereäume", zumal sie die definitorische Geotop-Größe meist weit übersteigen.

### C.1.1.2 Transfluenzspässe der Alpen (R)

An bestimmten Gebirgsdurchlässen strömten Eismassen aus Hauptgletschern in andere Täler oder ins Vorland über. Solche Transfluenzspässe sind an ihren eindrucksvollen Zurundungs- und Abschürffungsformen (Rundhöckerfelder von besonderer Ausdehnung) und der Moränenarmut zu erkennen. Wo sie in größerer Höhe nur wenig durch Vegetation verhüllt sind, zeigen alpine Rundhöckerlandschaften einen ganz eigentümlichen Landschaftscharakter, z.B. Timmelsjoch/Tirol, Kemptener Hütte/OA, Haldenwanger Alpe und Schrofensaß/OA. Aber auch in

tieferer Lage bieten sie insbesondere bei mäßigem Waldanteil oder in stark aufgelockerten Parklandschaften ganz besondere Landschaftsbilder, z.B. Seefeldler Sattel, Euzenauer Alm/RO, Hirschbichl-Paß/BGL, Kesselberg/TÖL.

Eispässe mit ihren Schlift-Formen übersteigen im allgemeinen die Dimension eines Geotops im engeren Sinne, verdienen aber in ihrer Ganzheit von störenden Eingriffen (touristische Erschließung, Bodenbewegungen aller Art, Verkehrswege) freigehalten zu werden. Ihre überwiegend sehr flachgründigen Böden und ein vielfältiger Bodenwechsel zwischen Vollformen und Vertiefungen bedingen indessen ein spezifisches Biotop- und Vegetationsmosaik, in dem Pionier- und Magerrasen, Windschliffheiden (z.B. Gamsheidespaliere, Krähenbeer-Rauschbeerheiden) eng mit Feuchtstandorten verzahnt sein können. In jedem Fall handelt es sich um Vorbehaltszonen gegenüber Nutzungsintensivierungen aller Art. Spezielle Pflegemaßnahmen sind allerdings kaum angezeigt.

### C.1.1.3 Trogtäler, U-Täler der Alpen und des Böhmerwaldes (R)

Durch die übertiefende und seitlich stark erodierende Tätigkeit des Eises wurden im Hochgebirge viele der präglazialen Kerbtäler durch die Gletscherströme zu Trogtälern mit typisch parabelförmigem Querprofil ausgeschürft und übertieft (z.B. Isar- und Rißbachtal zwischen Wallgau und Fall/TÖL, Oytal/OA, Wimbachtal/BGL, Priental/RO, Lindertal/GAP, Bleckenau-Hochtal/OAL). Typisch sind steile Talhänge mit auffallenden Spuren der glazialen und der glazifluvialen Erosion (Abb. C/3, S. 141).

Die eiszeitlichen Gletscherobergrenzen lassen sich an abgeschliffenen Felsformen (Schliffbord, Schliffkehle) bzw. Trogschultern erkennen. Sie liegen im bayerischen Inntal am Kranzhorn bei ca. 1400 m, am Grünten bei etwa 1500 m und bei Mittenwald gar in 1800 m Höhe (JERZ 1993).

Das Formeninventar der Trogtäler ist vielfältig: Die oft recht scharfe Trogkante trennt den steilen, glatten Troghang von der flachen, eisüberschliffenen Trogschulter, die sich ihrerseits gegen die bergaufwärts anschließenden, steileren Hänge durch ein Schliffbord bzw. eine Schliffkehle absetzt. Das Schliffbord kennzeichnet die Stelle des Gletscherbettes, die am kürzesten vom Eis berührt und dadurch am wenigsten stark erodiert wurde. Die Schliffkehle markiert die oberste, noch erkennbare Schliffgrenze.

Die Trogsohle besteht aus einem schotterbedeckten weiten Talboden mit einst mäandrierenden, weiten Flußbetten; Endmoränenstapfen dokumentieren das Rückschmelzen der Gletscher am Ende der Würmvereisung; randliche Murkegel, Fels- und Bergstürze reichen durch die starke Übersteilung der Bergflanken bis an die Trogschultern heran (z.B. "Tiroler Herz" am Kranzhorn bei Windhausen/RO); Rundhöcker legen Zeugnis von harten Gesteinspartien ab, die vom Gletscher nicht abgetragen werden konn-





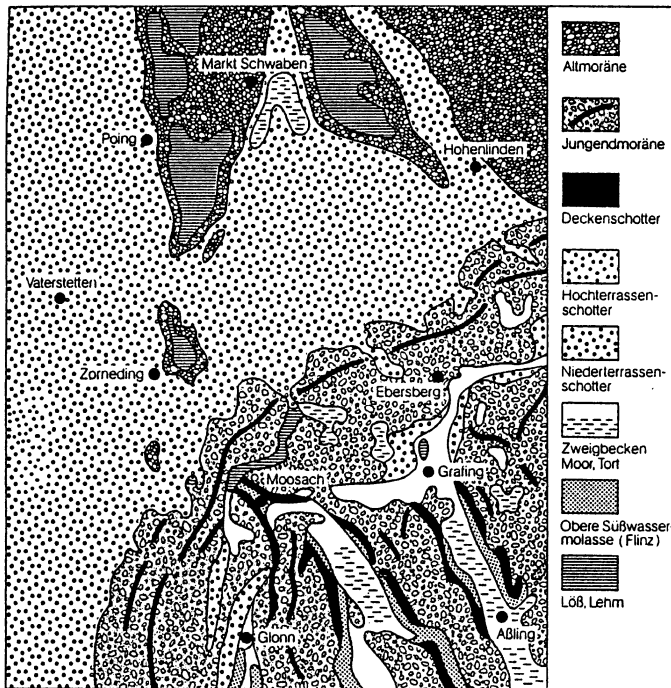
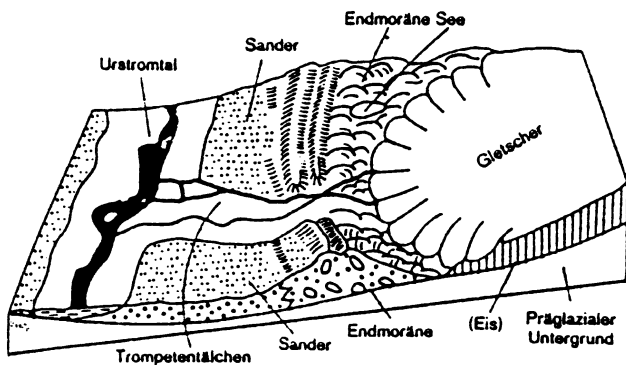


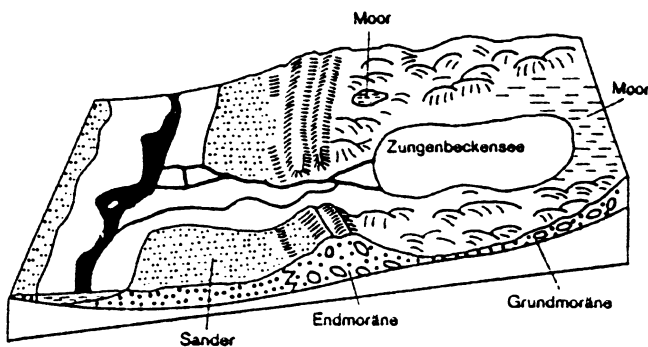
Abbildung C/4

**Bauplan der Eiszeitlandschaft im Lkr. Ebersberg** (aus KLINGER 1982)

Man beachte die von schwarz gezeichneten Deckenschotteranschnitten oder -wänden gesäumten Zweigbecken.



von Schmelzwasserbach durchbrochener Endmoränenwall vor der im Rückzug begriffenen Gletscherzunge



Grundmoräne, Zungenbeckensee, Endmoräne, Sander und Urstromtal

Abbildung C/5

**Entstehung eines Zungenbeckens mit Zungenbeckensee** (WILHELMY 1981b)

Stammbecken und größere Zungenbecken übersteigen natürlich die Raumeinheit eines Geotops bei weitem. Es ist auch schwierig, eine Landschafts-, Siedlungs-, Wirtschafts- und Infrastrukturentwicklung durchzuhalten, die den Beckencharakter mit seinen

großflächigen empfindlichen Biotopen und seinen erholungswichtigen Fernblicken völlig ungestört läßt. Denn im Alpenvorland enthalten die großen Glazialbecken oftmals die Klein- und Mittelzentren und die expansivsten Wirtschaftsstandorte (vgl.

Chiemsee-, Rosenheimer-, Tittmoninger-, Tölzer-, Wolfratshausener-, Füssener-, Iller-Becken).

Kleine modellartige Zungenbecken (z.B. Kohlhuben/OAL, Burggen/WM) fügen sich aber sehr wohl in die Geotopdimension ein.

#### C.1.1.5 Rundhöcker, Gletscherschliffe (R, P)

Rundhöcker sind vom Gletscher abgeschliffene und zugerundete, meist länglich-asymmetrisch geformte Felshügel aus anstehendem Gestein (siehe auch Transfluenzpässe). Die der Eisfließrichtung zugewandte, eisauftauende Seite steigt oft sanft an, die Gegenseite ist meist steiler und durch Detraktion (= Herausbrechen und -reißen von Gesteinssplittern und gelockerten Felsteilen aus der Gesteinsunterlage) aufgeraut.

Ganze Herden von Rundhöckern (= Rundhöckerlandschaften) finden sich vor allem an Engstellen und Hartgesteinsschwellen im Eisstrom, vor allem also in Alpentälern (z.B. im Weißachtal bei Scharling, im Inntal S Nußdorf - Sonnhart, im Illertal bei Tiefenbach, im Vilstal bei Pfronten-Kappel), an den Molassehärtlingen (z.B. Lechbruck - Sameister - Seeg/OAL), seltener auch an der "Eingangsschwelle" oder randlichen Schurffläche von Zweigbecken (z.B. Tegernau im Attelbecken/EBE, bei Berg am Starnberger See oder als Großform am Tinninger See/RO).

Schöne Rundhöcker sind klassische Geotope. Ihre Form und ihre oft glattpolierten Schliff-Flächen weisen unzweideutig - ähnlich wie Tumuli und steile Moränenkuppen - auf die jungglaziale Landschaftsvergangenheit und auf die Gesetze der Eisabtragung. Ihre Schurfstrukturen lassen Eisfließrichtungen erkennen. Zudem tragen sie oft gefährdete, pflegebedürftige Vegetationstypen, z.B. Felsfluren, inselartige Trockenwälder und Magerrasen.

Gletscherschliffe befinden sich allerdings nicht nur auf Rundhöckern, sondern auch am Rand von Trogtälern (z.B. Priental bei Aschau, Leutasch- und Isartal bei Mittenwald). Ebenfalls oft als "Gletscherschliffe" bezeichnet werden vorwiegend vom turbulenten subglazialen Wasser geformte Felsflächen mit wildbewegten Auskolkungsformen, die indes erst im 20. Jhd. im Zuge von großtechnischen Eingriffen entdeckt und unter holozänen Überdeckungen ausgegraben wurden (z.B. Fischbacher und Weißbacher Gletschergärten; siehe LAGALLY et al. 1994). MICHELER (1958) schildert sie so: "Eine besondere Dynamik und höchstgesteigerte Ausdruckskraft gletscherbedingter Kräfte kommt aber jenen in Gebirgstälern gelegenen Felsauftragungen oder Gesteinsschwellen zu, deren Oberfläche von rundlichen Vertiefungen, vielfach wechselnden Rinnen und weichgeformten Buckeln geradezu aufgelöst erscheinen.

Ein Gewirre von Klein- und Kleinstformen drängt bereits beim ersten Eindruck den Vergleich mit einer schäumend dahintossenden, jedoch plötzlich erstarrten Stromschnelle auf."

#### C.1.1.6 Moränen (R)

Moränen sind alle vom Gletscher transportierten, unsortierten Substrate wie auch deren morphologische Ausprägung. Die für glazifluviale Ablagerungen typische Schichtung und Sortierung des Materials nach Korngröße, Form und Einregelung fehlt hier. Schutt, Sand, Grus, Steine und Blöcke sind miteinander vermengt. Das Skelett ist kantengerundet, geglättet, poliert und gekritzelt, jedoch nicht abgerollt. Je nach Lage der Moräne zum Gletscher gibt es Seiten-, Ufer-, Mittel-, Grund-, End-, Ober- oder Innenmoränen (Abb. C/6, S. 144), je nach Substrattyp Schotter-, Block-, Lehmmoränen usw.

Obermoränen befinden sich durch Steinschlag und Lawinenzufuhr oder durch Austauprozesse als Schutt auf der Gletscheroberfläche. Wenn sie tiefer in den Gletscherkörper hineingeraten, werden sie zu Innenmoränen und in Bodennähe schließlich zu Untermoränen. Diese bezeichnet man letztlich nach ihrer Ablagerung als Grundmoränen (Geschiebemergel) oder als Ufermoränen, wenn die Seitenmoräne am seitlichen Gletscherrand austaut. Die Geschiebe der Innen- und Grundmoräne erfahren eine Kantengerundung. Durch die Eisbewegung und die gegenseitige Reibung werden die Geschiebe gekritzelt, geschrammt und zum Teil poliert. Komponenten mit Konkavformen, sogenannte Kehlgeschiebe, sind neben den gekritzten Geschieben die wichtigsten Beweisstücke für glazial bewegtes Material (JERZ 1993).

Am Stirnende akkumuliert die Gletscherzunge das ausgetaute Obermoränen-, Grundmoränen- und fluvioglaziale Schottermaterial zu Stirn- oder Endmoränenwällen. Bei weiteren Eisvorstößen werden diese zu Stauchendmoränen mit Stauchfalten und Überschiebungen umgeformt, wie man sie in manchen Kiesgruben beobachten kann.

Die in weiten bis engen Bögen geschwungenen Endmoränenketten und -girlanden markieren den Eisrand bei seinem Hochstand und bei mehrmaligen Rückzugshalten (Rückzugsmoränenstaffeln). Sie umgürten als eindrucksvolle Arenen in mehreren Staffeln die Zungenbecken im Alpenvorland, wo sie teilweise Schmelzwasserseen aufstauten (z.B. Salzburger, Rosenheimer, Wolfratshausener See) (vgl. Abb. C/4 und C/7). Im Spätglazial wurden sie bei lokalen, kurzzeitigen Vorstoßphasen auch im Bereich der alpinen Tallagen abgelagert. Im Böhmerwald (Arber, Rachel und Lusen) fallen die Endmoränenformen entsprechend unscheinbarer aus. Mitelmoränen entstehen an der Nahtlinie zweier Gletscherloben.

Nur die **Jungmoränenlandschaften** besitzen heute noch weitgehend das in der Würm-Eiszeit vor etwa 10 000 Jahren hinterlassene, äußerst abwechslungsreiche Relief (in seiner originalen Frische). Ihre durchschnittlich flachgründigen und skelettreichen Böden sind i.d.R. weniger fruchtbar. Die Wald-/Acker-/Grünlandverteilung ist stark durch die Glazialmorphologie determiniert. Die Zertalung und Flußdichte ist vor allem in den Endmoränengebieten über weite Strecken so gering wie in Karstgebieten.

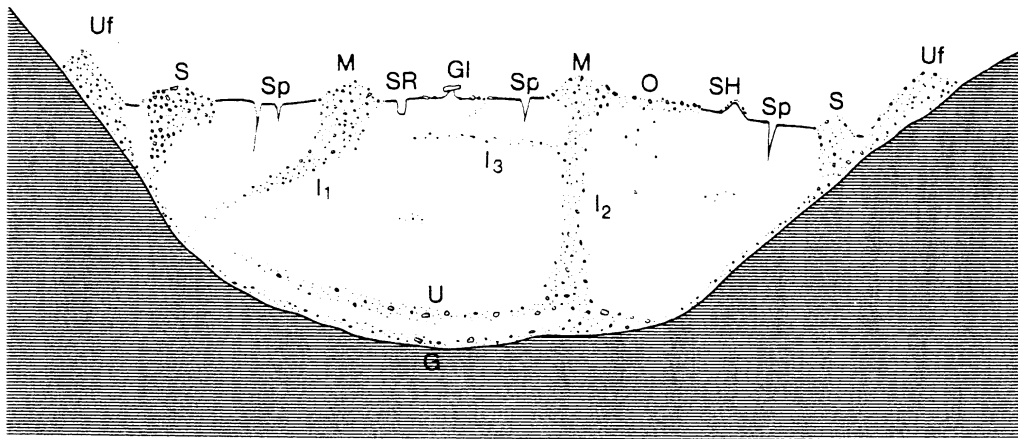


Fig. 98. Moränen und sonstige Merkmale eines rezenten Talgletschers in seinem Zehrgebiet.

G = Grundmoräne	SH = Schmelzhügel
Gl = Gletschertisch	Sp = Gletscherspalte
I = Innenmoräne	SR = Schmelzwasserrinne
M = Mittelmoräne	U = Untermoräne
O = Obermoräne	Uf = Ufermoräne
S = Seitenmoräne	

#### Abbildung C/6

##### Lage der verschiedenen Morärentypen eines Gletschers (LOUIS & FISCHER 1979)

Über den typischen Formenschatz der Jungmoränenlandschaft orientiert Abb. C/7 (S. 145). In der Würmendemoränenzone außerhalb der großen Zungenbecken lassen sich im allgemeinen drei landschaftsdominierende Gletscherstände unterscheiden: Haupttrandlage (z.B. das Kirchseeon-Garser Stadium des Inngletschers) und zwei Rückzugsphasen (z.B. Ebersberger und Ölkofener Stadium), die ihrerseits noch aus verschiedenen Moränenstaffeln zusammengesetzt sein können. Ein weiterer zurückliegender Moränenkranz, oft mit zwei Wallzügen, befindet sich zwischen den Zweig- und den Stammbecken, z.B. das Stephanskirchener Stadium im Innvorland (JERZ 1993).

Auch die alpennahen oder inneralpinen Rückzugsmoränen der Ferneisströme bilden durchaus eindrucksvolle Wälle und fügen sich oft besser in die Geotop-Dimension ein als die großen Moränengirlanden der äußersten Eisrandlagen. Solche Rückzugslagen liegen z.B. im Werdenfelser Eisstrom zwischen Peißenberg und Weilheimer Moos sowie N Eberfing (Weilheimer Stand), bei Schwaiganger und N Ohlstadt (Schwaiganger-Stand), am Fuß des Kramers (Loisachtal-Stand) und im Kankerbachtal bei Klais (HIRTLREITER 1992), im Lechgletscher bei Wank N Pfronten und auf dem Oberjoch/OA (Bühl-Stadium).

Neben den genannten Ferneis-Moränen haben auch Lokalgletscher kleinere glaziale Serien mit Lokalmoränenwällen aufgeschüttet. Am bemerkenswertesten sind sie vielleicht auf Molassemassiven vor dem Alpenrand, z.B. Blender und Adelegg im Allgäu. Lokalmoränen riegeln Kare ab und säumen Hochtäler. Die allerjüngsten in den Hochlagen be-

zeugen die Stände der rezenten Restgletscher von 1850, 1920 usw. Im Böhmerwald gibt es nur Lokalmoränen.

Besondere Berücksichtigung im Geotopschutz sollten finden: Kräftig hervortretende Wallmoränen, auch die besonders frischen, oft scharfkantig-gratigen Ufer- und Endmoränen der alpinen Rückzugsstände, wie etwa der Leutascher Gletscherzunge bei den "Unteren Mähdern" und bei Reindlau/GAP, stark durchbewegte und standortkundlich außerordentlich heterogene Endmoränenausschnitte, tumulusartige Moränenkuppen, Typusformen für bestimmte Gletscherstadien. Altmoränen spielen im Geotopschutz vor allem als natürliche und künstliche Aufschlüsse (Nagelfluhwände etc.), aber auch als - wenn auch seltene - Moränenwälle eine Rolle.

**Altmoränen** (der Rib- und Mindeleiszeit) liegen in einem immer wieder durch würmglaziale Schotterstränge unterbrochenen Gürtel vor der Jungmoränenlandschaft. Die Formen sind durch entsprechend lange Verwitterungszeit, durch Erosion, Frostverwitterung und Solifluktion gealtert: Die ursprünglich steilen Aufragungen sind abgerundet, kleinere Hohlformen, Toteislöcher, steile Kuppenmoränen, typische Drumlins waren zwar auch hier vorhanden, sind aber heute kaum mehr nachzuweisen. Endmoränenwälle sind allerdings, wenn auch in verschliffener Form, durchaus noch erkennbar, z.B. bei Obergünzburg im Illergletschergebiet, bei Landsberg und Mering im Ammer-Loisach-Gletschergebiet, bei Gauting, Baierbrunn, Straßlach und Holzkirchen im Isarvorland, bei Zorneding - Marktschwaben im Innvorland, bei Traunreut und Trostberg im Chiemsee- und Salzachgletschergebiet. Sogar ribglaziale

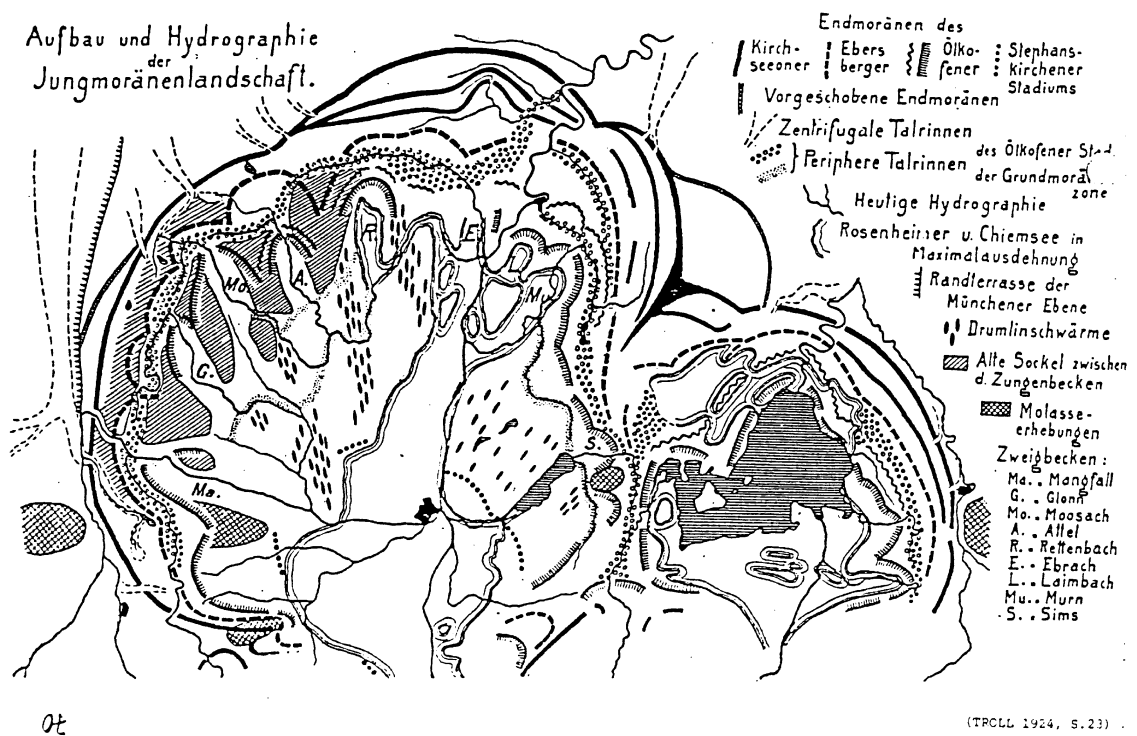


Abbildung C/7

Formenschatz der Jungmoränenlandschaft im Bereich von Rosenheim (TROLL 1924)

Zungenbecken sind gelegentlich noch erkennbar, besonders schön im Federseebecken.

Die fruchtbaren, meist tiefgründig verwitterten, oft allerdings auch staunassen Altmoränenböden sind vielfach von aus dem würmglazialen Schutt ausgehenden Lößdecken überlagert. Auch asymmetrische Täler haben hier einen Schwerpunkt (z.B. Landsberger und Alzplatte). Die Formenwelt noch geschlossener Altmoränenstöcke, wie z.B. des Eschlberges bei Burghausen oder der Isener Moränen, ist heute viel stärker durch post-rißglaziale Fließwasser- oder Erosionsprozesse bestimmt als durch die glazialen Akkumulationsformen.

#### C.1.1.7 Drumlins (R)

Diese elliptischen, zugerundeten, wenige 100 m bis zu 2 km langen und 10 - 50 m hohen, stromlinienförmigen "Walrücken" (gäl. druman, drumlin = Schildrücken) aus verdichtetem, schluffreichem Grundmoränenmaterial, seltener auch aus Schottern, treten meist in Schwärmen innerhalb der Grundmoränenlandschaft, also zwischen Stammbecken und Endmoränenkränzen auf. Im berühmten Eberfinger Drumlinfeld sind es nicht weniger als 360 Einzelrücken (EBERS 1937). Längen-Breiten-Verhältnis bis zu 4:1, ja sogar bis 10:1 (Schönram-Weildorfer Drumlins/BGL, TS). Der "lange Marnbacher" (EBERS 1926) ist 20 m hoch, 150 m breit und 1900 m lang. Im Gegensatz zu den aus Massivgestein bestehenden Rundhöckern ist ihre gegen den Eisstrom gerichtete Schmalseite (i.d.R. SE- bis SW-

exponiert) deutlich steiler als der eisabgewandte Flachhang. Aus der Drumlin-Ausrichtung läßt sich auf die Eisstromrichtung schließen. Die Drumlin-Längsachse liegt gewöhnlich in der Fließrichtung des Eises (vgl. auch Abb. C/8, S. 146).

Ihr Osthang ist oft steiler als der Westhang (periglaziale Solifluktion).

Die schönsten, fächerförmig angeordneten, auf Lücke stehenden Drumlinfelder entwickelten sich, wo sich der ehemalige Gletscher gegen das Gefälle bewegte, also hinter dem Innenrand eines inneren Endmoränenkranzes auf topographisch ansteigenden Molasse- oder Nagelfluhsokkeln auf den Riedeln zwischen den Zweigbecken der Vorlandgletscher. Beispiele: Wagegger Drumlins zwischen Hopfen- und Weißensee-Furche im Lechgletschergebiet, Herrnhäuser Drumlins zwischen Wolfratshausen und Königsdorfer Zungenbecken im Isargletscher oder Eberfinger Drumlinfeld zwischen Würmsee- und Ammersee-Becken.

Ein Blick über eine Drumlinlandschaft, z.B. bei Marnbach oder Jenhausen/WM, fasziniert durch seine vielfältig durchbrochenen, hintereinander gestaffelten Hügel silhouetten, die oftmals durch Waldschöpfe noch verdeutlicht werden.

WILHELMY (1981b:99) erklärt die Drumlins aus der Kombinationswirkung von Akkumulation und Erosion, "wenn ältere Grundmoränen oder fluvioglaziale Ablagerungen durch erneut vorrückende Gletscher überfahren werden". Dagegen setzt HABBE (1988) eine hinreichende Menge an pleistozä-

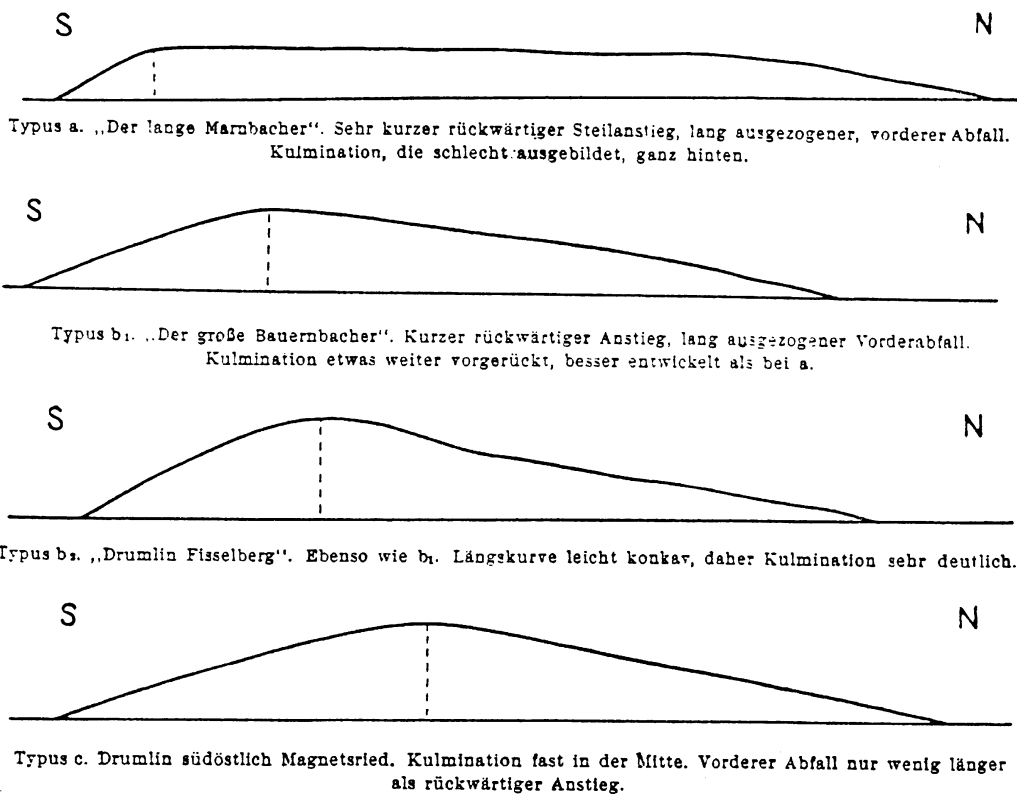


Abbildung C/8

Typische Längsprofile von Drumlins (am Beispiel des Eberfinger Drumlinfeldes/WM; EBERS 1926: 58)

nem Lockermaterial voraus, in dem Permafrost zwar als widerständiger Kern noch vorhanden, aber bereits in größere Tiefen abgesunken war, und das dann zum Ende des Spätglazials vom Gletscher überfahren wurde.

Die verdienstvolle Drumlinforscherin E. EBERS (z.B. 1957) definiert Drumlins als "Gletscheruntergrundformationen, eine Art Wellensystem, das an der Grenze von Untergrund und bewegtem Eis entstand. Das rasch strömende Eis hat sie machtvoll stromlinienartig modelliert". GAREIS (1978) bringt Drumlins in Zusammenhang mit Spaltensystemen im vom Nachschub abgeschnittenen Toteis und erkennt räumliche Komplementarität zu den großen Toteisfluren (z.B. Eberfinger Feld und Osterseegebiet).

"Drumlinoide" sind meist etwas kleinere, drumlinhafte Formen, die aus überformter Moräne oder aus einem zugerundeten Felskern (z.B. aus Molasse-sandstein, Schotter- oder Moränennagelfluh) bestehen ("Felsdrumlin"; JERZ 1993).

Im Geotopschutz ist der "Kollektivcharakter" der Drumlins stets im Auge zu behalten: Nicht die Sicherung eines oder weniger Einzelrücken vor Verunstaltungen, sondern nur die angepaßte Nutzung und Erhaltung des gesamten Drumlinschwarmes in seiner räumlichen Konfiguration bewahrt die erd- und heimatgeschichtliche Dokumentationswirkung und das einzigartige Formerlebnis. Drumlinfelder

sind vor allem dort als Sicherungs- und Pflegeeinheiten oberhalb der Geotopebene anzusehen, wo ihr morphologisches Muster sich in einzigartigen Biotopmosaiken äußert, wo etwa Trockenrasen und Trockenwälder auf den Süd- bis Westseiten der Drumlins, naturnahe Buchenwälder vor allem an den steileren Drumlin-Ostflanken, Weiher, Nieder- und Hochmoore in den Senken und bodensaure Magerrasen auf den westseitigen Hangfußkolluvien zu einem Komplex zusammentreten. So z.B. N Babenstuben/TÖL und zwischen Hartkapelle und Magnetsried/WM.

#### C.1.1.8 Findlinge, erratische Blöcke, Irrblöcke (P)

Findlinge, erratische Blöcke und Irrblöcke sind vom Gletschereis oft über große Entfernungen transportierte, auf "fremdem" Gestein abgesetzte Blöcke bis zu Hausgröße, im Regelfall aber mit Durchmessern von 1 - 5 m. Der Riesblock bei Opfenbach/LI wurde sogar jahrzehntelang als Steinbruch genutzt. Für den Transport durch fließendes Wasser sind die Blöcke zu schwer. Ausnahme: in und auf Eisschollen oder Eisbergen über Schmelzwasserseen und Schmelzwasserströme treibende Eisdrittblöcke, wie sie beispielsweise im Straubinger Donautal und in den Deutelhausener Tongruben bei Rosenheim auftauchten.



Die Glazialverfrachtung über weite Distanzen (im Nordalpenraum bis zu 200 km, im nordeuropäischen Inlandeis über mehr als 1000 km) erkannte bereits 1854 A. v. SCHLAGINTWEIT am Beispiel der Irrblöcke zwischen Ammer und Inn. Erratische Blöcke sind mithin eindrucksvolle Zeugen der Vereisung. Die Blöcke wurden beim Transport kantengerundet. Ihre Flächen können poliert, aber auch gekritzelt und geschrammt sein (JERZ 1987). Ihre Gesteinsart erlaubt Rückschlüsse auf das Herkunftsgebiet und auf die Bewegungsrichtung des einstigen Eisvorstoßes. Innerhalb der Gletscherfächer, z.B. im Inn- und Salzachgletscher, ist eine gewisse lithologische Zonierung der Findlinge erkennbar. BAYBERGER (1882) unterschied im Zentrum des Inngletschers (zentrale Eisstromlinien aus den Zentralalpen) die "Zone der Krystallblöcke", an den Seiten mehr die "Kalkblöcke" (in den Kalkalpen beladene Randeisbereiche).

Eindeutig gletschertransportierte lassen sich nicht immer klar von auf Hangfirn abgerutschten oder abgestürzten Blöcken trennen (Alpenbereich). Gletschertransportblöcke können auch auf natürliche Weise sekundär noch einmal verlagert worden sein, z.B. durch Absturz aus Ufer- und Schluchtanbrüchen ("Steinige Gräben" im Alpenvorland, z.B. Rambach b. Waging/TS).

Geotopbedeutsam sind sie unabhängig vom Transportmechanismus, besonders dort, wo sie noch am natürlichen Standort in der freien Landschaft liegen. Hierum muß sich der Naturschutz kümmern, weniger allerdings um die bei Entsteinungsaktionen an Waldrändern oder Hangkanten abgekippten, bei Tiefbauarbeiten an Straßenränder oder Verkehrsinseln transferierten, als Denksteine in den Siedlungsbereich eingebrachten oder gar in Privatgärten verbrachten Brocken.

Rätselhafte Erratika erregten längst vor der wissenschaftlichen Erforschung die Phantasie, manche erlangten kultisch-mythische Bedeutung, erhielten Namen und waren von Volkssagen umrankt, so z.B. der "keltische Druidenstein" beim Burgstall Sunderburg an der Amper (FFB) oder SE Egmatting/EBE, der "Teufelstanzplatz" auf dem Bründlstein im Streitholz bei Kirchensur/TS oder mehrere mit Kreuzen bekrönte Großblöcke (z.B. Percha/STA, W Au/MB, bei Burggen/WM, die "Priestersteine" in Berchtesgaden und Oberau/BGL).

### C.1.1.9 Terrassen, Schotterstufen (R)

Im Wechsel von Geröllablagerung und Gerinne-Eintiefung (Erosion) entstanden die in Teil D ausführlicher besprochenen fluvioglazialen Terrassen in den Flußtälern. Entsprechend der vier Hauptvereisungen finden sich im Alpenvorland vier Hauptterrassen. (Abb. C/10, S. 148 : Älterer Deckenschotter (Günz), Jüngerer Deckenschotter (Mindel), Hochterrasse (Riß) und Niederterrasse (Würm). Nacheiszeitliche Flußterrassen vervollständigen diese Terrassentreppe zum Fluß hin. Die alt- und ältesteiszeitlichen Terrassenränder geben sich als Nagelfluhwände an den Oberkanten mancher Flußtäler oder Zweigbecken zu erkennen (siehe auch Teil F).

Für Geotopschutz und -pflege am wichtigsten sind die Randböschungen der verschiedenen Terrassenstufen (Schotterstufen). Sie prägen die Landschaft und das Biotopgefüge der größeren Flußtäler, während die Terrassenflächen (Schotterplatten) meist intensiv genutzt und ausgeräumt sind.

Neben den markant dahinziehenden würmglazialen Niederterrassenkanten sind auch relativ kleinflächige, oft hügel- oder rippenartig hervortretende Überreste sehr alter, heute "seltener" Eiszeitschotter von großer Bedeutung, so z.B. der Hochfirst SW Mindelheim, der Stoffersberg W Landsberg (Biber-Eiszeit), der Hohe Rain und die Kronburg S Memmingen (Donau-Eiszeiten), der Rauhe Stein auf dem Blender W Kempten, der Peitinger Schloßberg/WM (Günz-Eiszeit).

Grundsätzlich ist für die Einstufung als hervorgehobener "Geotop" aber nicht etwa nur ältesteiszeitliche Herkunft, sondern das relative Alter, die "Seltenheit" und Inselhaftigkeit maßgebend. Innerhalb eintöniger Würmschotterflächen können auch "nur" rißeiszeitliche Hochterrasseninseln (z.B. die Lehmücken der Kempfinger und Aubinger Lohe in der Münchner Niederterrassenebene) ein denk- und schonungswürdiges Geoelement darstellen.

### C.1.1.10 Trompetentälchen, Gletschertore, Tunneltäler (R)

Wie bei rezenten Großgletschern brach auch bei eiszeitlichen Eisfächern das Schmelzwasser jeweils an Tiefpunkten des Gletscherlappens in Eistunnels hervor, durchschnitt anschließend die vorgelagerten Moränenwälle oder zog am Eissaum entlang, bis es eine vorgezeichnete Kerbe in den Moränenwällen fand. Die durch starkes Gefälle und subglaziär entstehenden Druck gesteigerte lineare Ausräumung erzeugte an den Gletschertoren eine überaus charakteristische Geländeform. Im gletschernahen Durchbruchsbereich stehen sich die Talflanken steil, hoch und kerbtalartig gegenüber. Mit zunehmender Gletscherentfernung rücken die Erosionsränder auseinander ("Trompetentälchen"), die Talhöhe geht zurück. Durch Eintiefung in verschiedenen alte glazifluviale Schwemmkegel konnten auch ineinander verschachtelte Talformen entstehen (vgl. Abb. C/9, S. 148).

Subglaziäre Schmelzwassertalbildungen, meist mit steilen Flanken, nennt man Tunneltäler.

Innerhalb des glazialen Formenschatzes gehören markant ausgeprägte Gletschertore und Trompetentälchen als in sich geschlossene, oft unter 20 ha umfassende Landschaftselemente zu den hervorstechenden Geotopen.

### C.1.1.11 Kames, Oser (R)

Kames sind unregelmäßig angeordnete, kegel- bis wallartige Hügel mit ebener Oberfläche und relativ steilen Hängen. Sie bestehen aus geschichteten Sanden, Kiesen, Schottern und Moränenschutt. Das Schuttmaterial wurde nach kurzer Transportstrecke von den Schmelzwasserflüssen innerhalb der Eis-

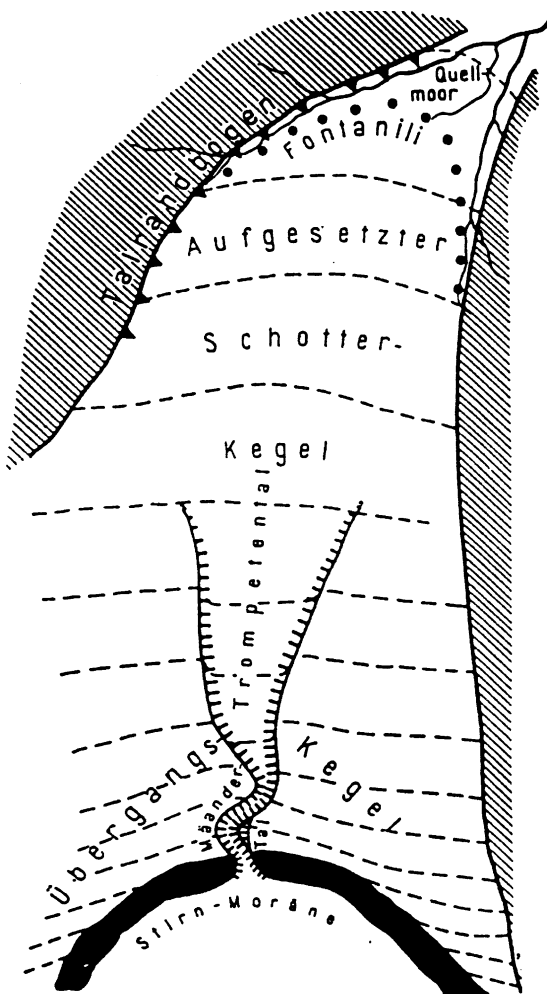


Abbildung C/9

Die Lage eines Trompetentals im Schotterfeld (TROLL 1957)

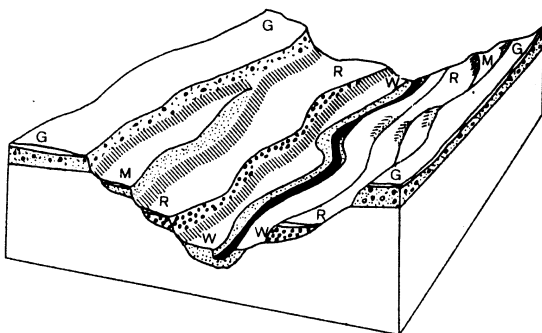


Abbildung C/10

Schema der fluvioglazialen Terrassenfolge des schwäbischen Alpenvorlandes (G, M, R, W Günz-, mindel-, riß-, würmeiszeitliche Terrassen) (WILHELMY 1981b)

zerfallslandschaft zwischen größeren Toteiskörpern abgelagert. Daher stehen Kames und Toteislöcher oft in genetischem Zusammenhang. Die geschichteten, fluvioglazialen Kiese streichen ins Freie aus.

Kames des Alpenvorlandes stehen manchmal mit dem Widerstand subglazialer Härtlinge wie der Molassemulden in Zusammenhang. Z.B. entstanden die Kames zwischen Schwaiganger und Ohlstadt (Ostermoos usw.) durch Obermoräneneinspülung von radial angeordneten Eisspalten, die durch diffuantes (auseinanderstrebendes) Eisfließen als Folge der Murnauer Härtlingsrippen entstanden (HIRTLREITER 1992).

Oser sind wallartige, im klassischen baltisch-finnischen Fall viele km lange und eisenbahndammartige Sandhaufen, die in Radialspalten im Zuge des Zurückschmelzens abgelagert wurden (siehe [Abb. C/11](#), S. 149). Bei uns erreichen sie eine Länge von maximal einigen hundert Metern, aber durchaus auch das dammartige Aussehen (z.B. in der Waginger Zweigfurche).

#### C.1.1.12 Toteiskessel, Toteislöcher (Sölle, Sing. Soll), Kesselfelder (R)

Auffallendste Hohlformen der glazialen Serie: oft steilwandige und scharf abgekanthete, aber auch wannen-, rinnen- und muldenförmige, oft dolinenartige Kleindepressionen mit Durchmessern von etwa 10 bis mehreren 100 Metern und Tiefen bis über 20 m (z.B. im Zwingler und Weitholz bei Babensham/RO). Vom Gletscher abgetrennte Eisreste ("totes Eis") auf oder unter dem Gletscherschutt oder auch unter einer Schotterdecke schmolzen je nach Dicke der Überdeckung Jahrzehnte bis Jahrhunderte später aus. In die so entstandenen Hohlformen konnte nach und nach das Auflagematerial nachrutschen. Im klassischen Fall entstanden runde, allseits gleichmäßig steil abfallende Kessel (z.B. S Wildsteig/WM, bei Mernham/RO, Pfaffenmoos bei Harpfetsham/TS), häufiger aber unregelmäßige, meist tiefe, abflußlose, geschlossene Hohlformen, die sich meistens mit Schmelz- und/oder Niederschlagswasser füllten und dadurch zu Seen wurden, z.T. mit Verlandungszonen. Kessel in sandig-kiesiger Moräne (vor allem im Außenbereich von Endmoränen) sind vorwiegend trocken, solche in schluffig-kiesiger und stärker bindiger Moräne, z.B. an Endmoräneninnenflanken und über dichter Grundmoräne sind häufig wasser- oder moorgefüllt. Letztere sind stets auch "Biotope", erstere oft "nur" Geotope.

Allseits scharf abgekanthete, in sich abgeschlossene, i.d.R. größere Einsenkungen bezeichnet man als "Toteiskessel", unregelmäßige, oft nur flachmuldige Formen dagegen besser mit dem indifferenten Begriff "Toteislöcher".

Gehäufte Vorkommen finden sich vor allem in Gletscher-rückzugsstadien und in eisrandnahen Schottern. Ausdünnende Gletscherränder zerfielen in wirrgekreuzte Klüfte und teils mächtige Schollen, die damit vom Eisnachschieben abgetrennt waren. Zwischen ihnen zwängten sich die



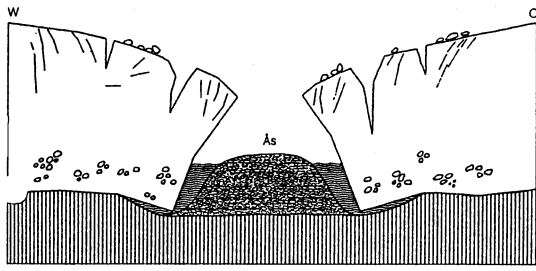


Abbildung C/11

**Os-Entstehung** (aus KLINGER 1982): Dargestellt ist ein schematischer Ost-West-Schnitt im Gebiet des Egglburger Sees/EBE, etwa 30-100 m hinter dem Eisrand. In einer großen, bereits nach oben geöffneten Radialspalte lagern Schmelzwasser Sand ab und bilden so ein Os. Die angrenzenden Eismassen kippen allmählich nach innen und tragen so zur weiteren Os-Formung bei.

Schmelzwasserströme in vielverzweigten Bahnen ins eisfreie Vorland hinaus. Unter Energieverlust und Absetzen der Geröllfracht ummantelten sie die Eisklötze und überdeckten sie sogar vollständig. Typische Toteiskessel-Lagen sind außerdem an oder in Schmelzwasserrinnen zwischen 2 Rückzugslagen, wo die beim Zurückweichen des Gletscherrandes anfallenden Eisblöcke besser eingeschottert werden konnten als daneben (z.B. Wadlhauser Gräben/STA).

In ebenflächigen Aufschotterungen eiszeitlicher Schmelzwasserströme bildeten sich manchmal ganze Kesselfelder, in denen viele Toteislöcher wie die Löcher im Emmentaler Käse liegen, z.B. S Burggen/WM, zwischen Wies und Illachtal/WM, bei Wang an der Nordrampe der Garser Inn-Endmoränen (MÜ, RO). In solchen Situationen drängt sich das "Geotop-" und "Biotop"-Potential eines Raumes fast ausschließlich in den Toteislöchern zusammen, die mit Mooren, Magerrasen, Bruchwäldern, Seggensümpfen, artenreichen Brachen usw. angefüllt sein können, während das übrige Gebiet meist mit einförmigen Agrarflächen oder Fichtenforsten bedeckt ist.

Viel verbreiteter und großflächiger sind zerkesselte Moränen, in denen eine "Wirrsal von Buckeln und Kesseln" (TROLL 1924) extrem kleinteilige Formengesellschaften hervorruft. Hier hebt sich der Geototyp "Toteisloch" viel weniger aus dem insgesamt höchst bewegten und schutzwürdigen Formengefüge heraus, das oftmals von naturnahen Feuchtbis Trockenwäldern bedeckt ist.

Die Lage der Kessel(felder) in den jeweiligen Schotterterrassen und Rückzugsmoränenphasen erlaubt eine einigermaßen genaue Datierung ihres Alters und ihrer Entwicklungszeit nach völligem Abtauen des Toteises.

#### C.1.1.13 Kryoturbationen, Eiskeile, Frostmusterböden, Strukturböden (A)

Kryoturbationen (Frostwürgeböden, Brodelböden) sind Aufwölbungen, Einstülpungen, kleinflächige

Fließbewegungen des Bodens über dem Permafrosthorizont. Sie werden immer wieder im Alpenvorland (z.B. Hofstätter See/RO) und Tertiärhügelland in Kies- und Sandgruben angeschnitten. Frostmusterböden entstanden im Hochglazial durch Gefrieren, Wiederauftauen und Quellen des Bodens sowie Materialsortierung (Volumenzunahme des Eises gegenüber dem Wasser, erhöhter Druck im Boden und damit verbundener Frosthub führt zu einer Materialsortierung nach der Korngröße). So entstehen auf flachem Gelände Steinringe, da die zuerst gefrierenden Feinerdeteilchen die größeren Steine nach außen drücken, auf geneigten Flächen aber Steinstreifen, da es zusätzlich zur Sortierung auch zum Bodenfließen kommt. Eiskeile oder Frostspalten entstanden in den bei strengem Frost aufgerissenen Spalten, in die Tauwasser eindringen konnte, das beim mehrmaligen Wiedergefrieren die Spalten erweiterte. Bis 10 m tief und 1 m breit, reichten sie bis zum Permafrost hinab und füllten sich nach Abschmelzen des Eises mit Fremdmaterial, das in Form brauner Schlieren von der Oberkante die Kiesgrubewand hinabreicht (JERZ 1993).

Wegen der Unbeständigkeit der betreffenden Grubenwände handelt es sich hier eher um einen Grenzbereich des Geotopschutzes. Rezent aktive Frostmusterböden der Hochalpen (z.B. in der *Carex firma*-stufe des Allgäuer Grenzkammes oder der Berchtesgaderner Alpen) sind nur wenig gefährdet und landschaftspflegerisch irrelevant.

#### C.1.1.14 Buckelfluren (R)

Durch unzählige, etwa 0,3 bis 1,5 m hohe kleine Hügel und entsprechende Dellen in variabelsten Mustern geprägte Grünland- und Waldbereiche zwischen nördlicher Jungmoränengrenze und höherer Bergstufe (etwa 1500 m). Morphogenetisch eng mit C.1.1.13 verknüpft, aber als morphologisch dominante Erscheinung der Alpen, des Alpenvorlandes und auch punktuell des Böhmerwaldes (sowie des Thüringer Waldes) eigenständig zu behandeln. Entstanden wohl überwiegend durch periglaziale Kryoturbations-, Frostboden- und Solifluktionsercheinungen, lokal aber auch vorwiegend durch Karbonatauslaugung (Zusammenfassung: Laufener Seminarbeiträge 6/82; LPK-Band II.1 "Kalkmagerrasen"). Die ausgedehnten alpinen Tal-Buckelfluren (z.B. des Werdenfelser Landes) verdanken sich einem starken Temperaturreckschlag der Jüngerer Dryas-Zeit um 11000 BP, die periglaziale Verhältnisse und gleichzeitig einen Gletschervorstoß brachten (HIRTLREITER 1992).

Die Dellenbildung schreitet auch in periglazial entstandenen Buckelfluren durch Karstlösung rezent weiter fort. Buckelfluren wären vor Beginn der großflächigen Planierungsarbeit des Menschen etwa vor 100 Jahren kein Geotop, sondern verbreiteter Normalzustand der Kulturlandschaft des Alpenrandgebietes gewesen. Inzwischen hat sie die Ein ebnung (siehe Kap. C.1.8) auf Inseln und seltene Fragmente zurückgedrängt.

### C.1.1.15 Periglaziale Trockenrinnen und Trockentäler, Hangrinnensysteme

Jung- und späteiszeitliche Schmelzwasserabflußrinnen über wasserundurchlässigem Permafrost in gut ausräumbaren Lockermassen. Bisher im Geotop- und Naturschutz viel zu wenig beachtet, obwohl höchst landschafts- und biotopprägend, z.B. in der mittelschwäbischen Riedellandschaft, im Ostallgäuer und Oberallgäuer Alpenvorland, als Besonderheiten aber auch in den ostoberbayerischen Altmoränen- und Hochterrassengebieten. Homologe Trockentäler des Karstgebietes sowie ebenfalls periglazial geprägte asymmetrische Talformen siehe Teile D und E.

Typischer Fall eines geologisch-morphogenetisch wenig aufsehenerregenden Geotops, der gleichwohl von hoher landschaftlicher und landschaftspflegerischer Bedeutung ist (Biotopverbund! Landschaftsbild!). Schöne Beispiele: Tälchen SSE Königsdorf/TÖL, am Fuß des Falkensteinmassives bei Pfronten/OAL und im Mittenwalder Buckelwiesengebiet/GAP.

### C.1.2 Wirkungsbereich

Strenggenommen sind nicht nur einzelne Formelemente, sondern weite Teile des Jungmoränengebietes und des höheren Böhmerwaldes wegen ihrer weithin eindrucksvollen Formung besonders schutz- und pflegewürdig (Abb. C/12). Räume wie das Kontaktgebiet von Würm-, Riß- und Mindel-Moränen zwischen Iller und oberer Günz, das Lech-Ammersee-Gebiet, der Nordwestflügel des Innvorlandgletschers oder die großen Talbuckel- und Rundhöckerfluren der Bayerischen Alpen tragen insgesamt den Charakter eines "Gletscherparks".

Gilt der Geotopschutzanspruch für alle Jungmoränenwälle (z.B. im Süden des Musterausschnittes Abb. C/12, S. 151) mit gleicher Dringlichkeit oder sollte man nur wenige, besonders eindrucksvolle herausheben? Wie steht es mit weniger auffälligen, dafür aber selteneren Glazialelementen wie Riß- oder Mindelmoränenresten?

Unstrittig ist die Notwendigkeit eines strikten Schutzes für herausgehobene Wahrzeichen ("Denkmäler der Eiszeit") : einzelne Kessel, Terrassenränder, Nagelfluhwände, Schmelzwassertälchen, Buckelwiesenreste, sporn- oder kuppenartig herausgehobene alteiszeitliche Flächenreste usw. Sie benötigen fast immer ganz spezielle landschaftspflegerische Rücksichten.

Dieses "Herauspicken" einzelner Formtypen und -beispiele reicht aber nicht aus. Auch eine pauschale Beschränkung auf Elemente "unter 5 ha" wäre wenig zielführend. Manches als Ganzheit großartige Kesselfeld oder manche modellhafte Moränenkette, jedes Drumlinfeld, jede Eiszerfallslandschaft ist deutlich geräumiger! Hier resultiert die singuläre Wirkung nicht aus Einzelformen, sondern dem charakteristischen Voll- und Hohlformengefüge. Landschaftspflegerische Konzepte und Nutzungsweisen sollten hier großflächig abgestimmt sein.

Die pflegliche Behandlung größerer Geotopensembles und Großformen (z.B. Drumlinfeld, Eiszerfallslandschaft, Kar, Zungenbecken, zerkesselte Moräne, Schmelzwasserrinne zwischen zwei Moränenstufen) verdient also große Aufmerksamkeit. Wenn hier der genetische und landschaftliche Zusammenhang verschiedener Einzelformen nicht auseinanderfallen und unkenntlich werden soll, sind bestimmte Grenzen für Landschaftsveränderungen und Eingriffe sowie bestimmte Pflegestrategien auch im größeren Bereich zusammenhängender Formengesellschaften anzuwenden. Andernfalls würde die tendenziell formverwischende und nivellierende Tätigkeit des Menschen die Einzelgeotope immer mehr isolieren.

Auch die geotop- und biotopwirksame Handhabung von Förderprogrammen wie des Vertragsnaturschutzes, des Kulturlandschaftsprogrammes und der Aufforstungsförderung erfolgt am besten innerhalb größerer Raumeinheiten, nicht auf einer kleinen Moränenkuppe, in einem Toteiskessel usw. Dies gilt gleichermaßen für Planungsaussagen wie z.B. von Landschaftsplänen sowie für Bewirtschaftungsrichtlinien im Staatswald. Für eiszeitliche Geotopensembles können spezielle Landschaftspflegepläne sinnvoll sein, genauso wie für vegetationskundlich abgegrenzte Naturschutzgebiete. Allerdings wird sich eine "hochsubventionierte" spezifische Vegetationspflege (z.B. Pflege oder Wiederherstellung von Magerrasen, Magerwiesen, Niedermooren, Sümpfen) auf klassische Inselgeotope wie Steilmoränen, Tumulus-Hügel, Terrassenböschungen, Toteislöcher, Steilhängen innerhalb eines breiteren Schmelzwassertales beschränken müssen.

Zur Pflege relativ kleinflächiger Eiszeitdenkmäler gehört aber i.d.R. auch eine bestimmte Umgriffsfläche, innerhalb derer bestimmte Zustandsveränderungen unterbleiben sollten, wenn die Wirkung des Objektes nicht beeinträchtigt werden soll. Auch herausgehobene glaziale Vollformen sind nicht morphologisch isoliert, sondern nur im Zusammenhang mit ihrer "Sockelfläche" erfahrbar (z.B. benötigt ein seichtes Toteisloch eine weitgehend offene und von Geländeverunstaltungen freigehaltene Umgriffsfläche, um überhaupt zur Geltung zu kommen). Unterliegt letztere beliebigen Gestaltveränderungen, z.B. Teilbebauung, Auskiesung oder ungesteuerte Aufforstung, so kann die Objektwirkung weitgehend verloren gehen. Der Eiszeitgeologe und Geomorphologe v.a. der Bürger vermag dann viel schlechter das für die Kausalanalyse notwendige gesamtheitliche Formengefüge zu erkennen. Was hätte ein 3 m hoher und 20 m langer Gletschertumulus noch für eine Wirkung, wenn er einen 15 m hohen und 100 m langen Gebäudekomplex zum Nachbarn bekäme? Der "Objektpufferbereich" sollte immer so weit gezogen werden, daß anthropogene Umfeldmaßnahmen das Glazialelement weder optisch noch ökologisch entwerten können. Beispielsweise ist bei Hohlformen mit Grundwasseranschluß (z.B. Toteislöcher mit Kalkniedermoor) deren unterirdischer Einzugsbereich einzubeziehen. Sogar Findlinge benötigen einen gewissen, zumindest optischen, bei bemerkenswertem Pflanz-

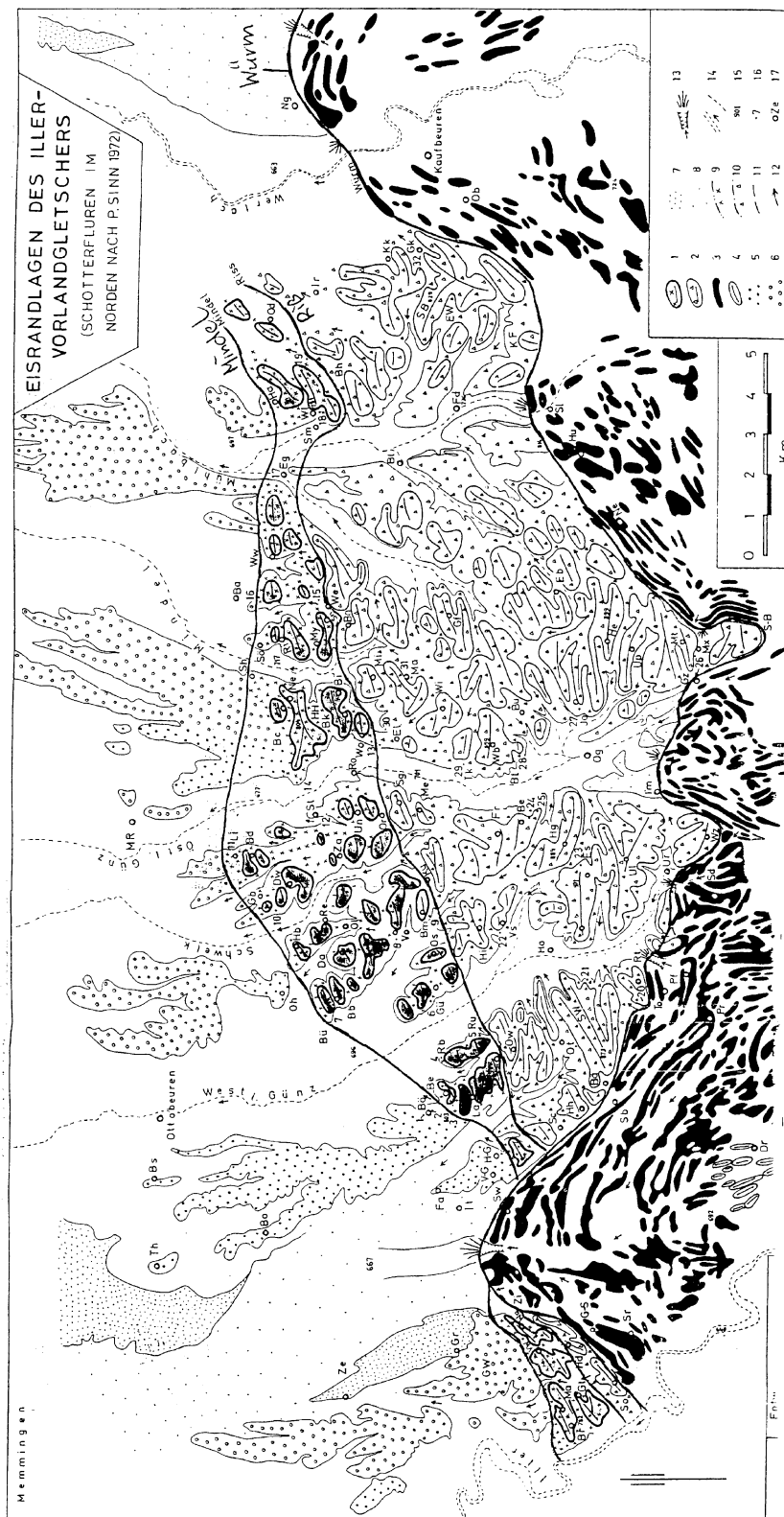


Abbildung C/12

**Mindel-, riß- und würmeiszeitliche Endmoränen des Illervorland- und Wertachgletschers** (aus GLÜCKERT 1974): erkennbar wird die stellenweise hohe, aber auch sehr unterschiedliche Dichte und Großflächigkeit solcher landschaftsprägender Elemente in einigen Teilen des Alpenvorlandes. Nur ein Teil dieser Strukturen sind auch landschaftlich dominante Geotope

schwarz: Jungendmoränen;

kleine dunkle Flecken untere Mitte: besonders schutzwürdige Reste von Mindel-Endmoränen  
umrandete Strukturen zwischen der Jung- und Mindelendmoränenzone: Riß-Endmoränen.

zen-(Flechten-, Moos-)Besatz auch ökologischen Schutzraum um sich herum.

Ein Grundproblem des Geotopschutzes stellt sich auch im Glazialbereich: Die Bedeutsamkeit eines Elementes leitet sich nicht nur von der morphologischen Prägnanz, sondern auch von seiner ("relativen") Seltenheit und damit "Ersetzbarkeit" ab ("Seltenheit ersetzt Markanz"). Eine relativ unscheinbare Moräne eines nur an wenigen Stellen deutlichen Rückzugsstadiums (z.B. des Pollinger Stadiums des Loisachgletschers) kann im Geotopschutz den selben Wert haben wie eine imposantere Moräne eines aber an vielen Stellen kilometerweit ausgeprägten hocheiszeitlichen Stadiums. Deshalb scheint es prinzipiell wenig sinnvoll, unumstößlich gültige Denkmalslisten wie beim Denkmalschutz aufzustellen. Über die im GEOSCHOB und in diesem Band bezeichneten Ausprägungen und Beispiele hinaus sind regionale, z.B. landkreisweise Erfassungsbzw. Bewertungsmaßstäbe zu entwickeln, die hier nur vorgedacht aber nicht ausgearbeitet werden können.

Hierzu ein Beispiel: Für einen Landkreis, dessen Moränengebietsanteil sich auf Altmoränen beschränkt (z.B. ED, MN), sind periglaziale Hangrinnen oder gut erkennbare Moränenböschungen von relativ höherer Bedeutung als für einen mit frischen Jungglazialformen gespickten Landkreis, der sich noch um "ganz andere Formen kümmern muß".

### C.1.3 Standortverhältnisse

Der Glazialformenschatz bedingt eine große kleinräumige Heterogenität in Relief, Exposition, Bodengliederung, Bodenentwicklung und Wasserhaushalt. Hier kann nur auf Teilaspekte und einige geotoprelevante Formen eingegangen werden.

Stark durchbewegte Jungendmoränenreliefs entwickeln engräumig differenzierte Bodengesellschaften mit Erosionsformen (Rendzinen, Pararendzinen, Braunerde-Pararendzinen) auf Wällen und Kuppen, Akkumulationsformen (Kolluvien) in Hangfußlagen, Gleyen, Anmoorgleyen und Mooren (organischen Naßböden) in den Hohlformen, sowie einen auffallenden, durch relativ humides Klima begünstigten Humusreichtum (vgl. z.B. GROTTENTHALER 1985).

Der von Gletscherlobus zu Gletscherlobus wechselnde Karbonat- bzw. Silikat-Anteil (vgl. GROTTENTHALER 1985) sorgt für pflanzenökologisch bedeutsame Bodenunterschiede. Aus den kristallinen Substraten des Lech- oder Tölzer Gletschers entstanden im Postglazial auf Kuppen- und Steilhangstandorten lediglich Pararendzinen, auf kristallinreicheren, leichter verwitterbaren Inn- oder Salzachmoränen in der gleichen Zeitspanne dagegen Braunerde-Pararendzinen.

Auffallende glaziale Vollformen aus gletscherbürtigem, porösem Lockermaterial (z.B. steile Endmoränenkuppen, Tumuli, Kames) zeigen die flachgründigsten, skelettreichsten und unreifsten Böden der zugehörigen Bodenlandschaften. Je geringer die Massenerhebung (Relation aus Höhe und Grundflä-

che) und je feinerdeärmer das Substrat, desto weniger ist eine kleine Glazialerhebung zur Wasserspeicherung, d.h. zur Ausbildung kleiner, zumindest periodischer Grundwasserstockwerke in der Lage. Vor allem auf sonnexponierten Moränen-, Kames-, Tumulushängen sinken daher die pflanzenverfügbaren Bodenwassergerhalte häufig unter den Welkepunkt für Nutz- und Wirtschaftsgrünlandpflanzen oder Gehölzkeimlinge. In großen, über Verebnungen und kleine Rückzugsmoränenkuppen hinwegziehenden Maisschlägen verraten sich die Kuppen häufig durch Vergilbungsstellen in Trockenzeiten. Pflanzenarten der Trocken- und Magerrasen, ja sogar der Steppenheiden haben Konkurrenzvorteile. Nahezu alle, den Volltrockenrasen (XEROBROMION) nahestehenden Grasheiden des Jungmoränengebietes stocken auf morphologisch herausgehobenen, auffallend steilen, stets geotopwürdigen Sonderformen (Bäckerbichl/STA, Tumuli am Hirschberg/STA, WM, steile Lechterrassen bei Schongau u.a.). Seit wenigen Jahrzehnten aufgebrauchte Dünger werden leicht abgeschwemmt oder aufgrund der relativ geringen Sorptionskapazität ungenügend gespeichert. Ertragspotential und Bodenschätzungsklassen sind meist gering. Werden glaziale Steilkuppen und Schotterstufen beweidet, so intensiviert sich der Feinerde- und Nährstoffabtrag aus den Trittstellen und Weidegangeln.

Der auffallenden morphologischen Vielgestaltigkeit entspricht natürlich eine enorme mikroklimatische und bodenhydrologische Heterogenität: Luft- und Bodenfeuchte, Luv- und Leehänge, unterschiedliche Windexposition und Austrocknung, komplexe Schneemächtigkeit- und Ausaperungsmuster, viele kleine Kaltluftseen. Glaziale Kuppen- und Böschungsstandorte sind Trocken- und Aushagerungsstandorte, Depressionen und Hügelbasen kaltluftgeprägte Naß- und Feuchtsandorte.

Die abgeflachten, z.T. seit über 100.000 Jahren oberflächlich verwitternden Altmoränenlandschaften präsentieren sich standort- und bodenkundlich völlig anders. Es dominieren tiefgründige sandige Lehme bzw. lehmige Tone, deren Ausgangsmaterial z.T. eine mächtige Löß- und Lößlehmauflage war. Lediglich an den Steilwänden der für diesen Raum typischen Schmelzwassertäler, deren abtragsförderliche Steilheit noch durch Nagelfluhen erhöht wird, gibt es unreife flachgründige, z.T. pararendzinaartige Böden und für Magervegetation prädestinierte Sonderstandorte. Die übrigen Böden sind zumindest in unvernäbter Lage fruchtbar. Zur Standortökologie der alteiszeitlichen Nagelfluhfelsen und -blockverstürze siehe Teil F.

Toteishohlformen heben sich meist recht deutlich aus dem Bodengefüge und Wasserhaushalt der umgebenden Landschaftsmatrix heraus. Ihre Einhänge, auf denen seit jeher Abtragsvorgänge abliefen und im Periglazial mit Bodenfließen zu rechnen ist, sind i.d.R. deutlich flachgründiger als die Umgebung. Die Einschwemmung von Feinsedimenten in der spätglazialen Abtauphase dichtete den Kesselboden häufig ab, so daß Stillgewässer, Moore und Sümpfe entstehen konnten. Wo die Toteisblöcke fast direkt

auf tonig-mergeliger Grundmoräne oder sogar dem tertiären Flinz aufsaßen, bildeten sich viel regelmäßiger (heute z.T. verlandete) Teiche und Kleinseen als etwa in den zerkesselten Endmoränen, wo z.B. zwischen Ebersberg und Haag etwa 1/10 der Löcher mit Wasser gefüllt waren/sind (HAAS 1984).

Die holozäne Auffüllung mit organischen bzw. Verlandungssedimenten beträgt in vielen Toteislöchern mehrere bis viele Meter. Die Nieder- und Hochmoortorfe sind z.B. in einem Kessel bei Wildsteig ca. 12 m mächtig. Nur 1/3 der Kesseltiefe ist heute unbedeckt. In einem, nur ca. 3 m eingesenkten Kessel an der Illach/WM wurde bei eigenen Sondierungen nach 21 m noch kein fester Grund erreicht. In vielen anderen Fällen sind die Torfe allerdings unter 2 m mächtig. Es muß aber davon ausgegangen werden, daß einzelne Kleinmoore in Toteiskesseln zu den (regional) tiefsten Mooren gehören oder zumindest ein extrem hohes Verhältnis von Tiefe zu Horizontaldurchmesser aufweisen.

Die Torflagerstätten vieler Toteislöcher waren in der Nachkriegszeit von lokaler Bedeutung (z.B. Ghagertslaich bei Burggen/WM, Torfstiche bei Fußstätt - Rechtmehring/MÜ, RO).

Das Mikroklima der verschiedenen Hangexpositionen kann sehr unterschiedlich sein. Größere Kessel entwickeln auf der Sonnseite im waldfreien oder licht bestockten Zustand ausgeprägt xerotherme Kleinstandorte, die sich z.B. durch Magerrasen, Schneeheide-Kiefernwälder oder Elsbeeren-Eichen-Reliktwaldelemente anzeigen (z.B. Ferchensee bei Seeshaupt, Gilchinger Forst/FFB/LL).

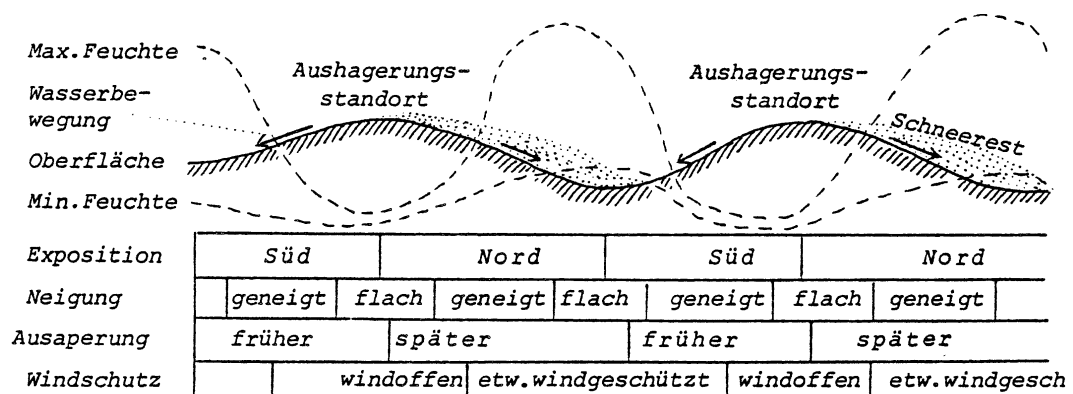
**Buckelfluren** (siehe RINGLER 1982) sind Standortmosaiken von hoher edaphischer, ökochemischer und mikroklimatischer Diversität. Die Feinerde- und Humustaschen bilden Speicherkörper für Pflanzennährstoffe und Wasser. Hat die mosaikartige Strukturierung des Humusvorrats einmal eingesetzt, so verstärkt die Freisetzung von CO<sub>2</sub> und organischen Säuren, unterstützt durch Ansammlung kalten, also kalklösenden Schmelzwassers, die Verwitterung in den Vertiefungen. Es besteht ein extrem kleinflächiger Wechsel sehr unterschiedlicher Bodenarten und

-typen: Anmoore, Humustaschen bzw. mittelgründige Braunlehme und Parabraunerden in den Dellen, flachgründige Rendzinen auf den Buckeln (gilt zumindest für einen karstüberprägten Teil der Buckelfluren); in kryoturpat entstandenen Buckelwiesen erfaßt der Bodenwechsel auch die Buckel. Zur buckelwiesentypischen, sehr heterogenen Horizontalverteilung von Karbonat, C, N und Azidität siehe Teil E Kap. 1.3. Wasserbewegung von den Buckeln in die Dellen, zeitweise Stau- oder Sickerlässe in den Dellen erhöhen die ausgeprägte Mosaikstruktur des Bodenwasserhaushalts. Das mikroklimatische Mosaik ist gekennzeichnet durch kleinteilige Isolationsunterschiede, Wind- und Austrocknungsschutz in den Dellen usw. **Abb. C/13**, S. 153, gibt einen schematischen Überblick der von der Umgebung deutlich verschiedenen Standortökologie von Buckelwiesen.

#### C.1.4 Vegetation und Flora

Der eiszeitliche Formenschatz prägt nicht nur das Landschaftsbild und Standortmosaik, sondern natürlich auch die Vegetation. Je markanter (steiler, bewegter, kantiger, flachgründiger) eine glaziale Voll- oder Hohlform, desto deutlicher ist sie im Vegetationsmosaik der Landschaft herausgehoben, desto wahrscheinlicher ist sie Standort bemerkenswerter Pflanzenarten und gefährdeter Vegetationstypen.

Die Bindung gefährdeter Vegetationsformen an herausgehobene glaziale Hügel, Dellen, Kanten usw. wurde in den letzten Jahrzehnten immer stärker, weil sanfter reliefierte Landschaftsteile zunehmend agrarisch intensiviert wurden. Eiszeitliche Steilkuppen und Terrassenböschungen sind heute oft die letzten **Refugien** für ertragsarme Wiesenformationen, aber auch bestimmte Waldtypen (vgl. auch **Kap. C.1.7**). Nasse Hohlformen bewahrten Moortypen, die außerhalb der Toteiskessel- und Eiszerfallsgebiete oft weitgehend beeinträchtigt und zerstört sind. Beispielsweise befinden sich die letzten intakten Hoch- und Übergangsmoore der Landkreise Landsberg, Fürstenfeldbruck, München,



**Abbildung C/13**

Schema der reliefabhängigen Standortdifferenzierung der Buckelfluren (aus RINGLER 1982)



Ebersberg und Altötting in relativ kleinen Toteisesselnen. Alle ausgedehnteren Vorkommen sind in diesen Landkreisen stark durch Torfstiche, Entwässerung und Aufforstung überformt. Die einschlägigen Vegetationseinheiten werden zumindest teilweise durch die LPK-Bände II.1 "Kalkmagerrasen", II.3 "Bodensaure Magerrasen", II.9 "Streuwiesen" und die vegetationskundliche Literatur zum südbayerischen Raum vorgestellt. Hier genügt eine Benennung von Pflanzenbeständen, die im Regelfall oder zumindest gebietsweise ihren heutigen Verbreitungsschwerpunkt auf eiszeitlichen Geotopen haben.

Auffällig ist die Koinzidenz naturnaher Buchen- und Tannen-Buchenwälder sowie edellaubholzreicher Wälder mit besonders bewegten Moränenzonen, z.B. Schindelberggebiet S Dietramszell, Hohenburger Hügelfeld/RO, Ammersee-Endmoränen bei Eresing/FFB, Kirchseeoner-Ebersberger Endmoränen.

Die botanische "Arche-Noah-Funktion" steil aufragender Würm-Moränen zeigt sich am eindrucksvollsten, wenn diese als naturnahe Waldschöpfe oder Heidekuppen aus einer einheitlich intensivierten Agrar- oder Forstlandschaft aufragen. Solche Beispiele finden sich insbesondere noch in den Landkreisen Landsberg (z.B. nördlich Schöffelding, östlich Issing), Starnberg (Bichel nordöstlich Erling, bei Landstetten, Perchting und Traubing), Weilheim-Schongau (Pähler Kuppen, Schloßberg bei Burggen u.a.), Traunstein (Kuppen bei Unteröd, Murschall und Hainbuchreuth), Ebersberg (Buchenwaldreste am Südrand des Ebersberger Forstes) und Rosenheim (Kleine Luzulo-Fageten im Hohenburger Hügelfeld). Auf solchen Standorten prägen sich sogar die Expositionen im floristischen Spektrum aus: alpenbürtige Pflanzen, wie Stengelloser Enzian, Alpenhelm und Alpenmaßliebchen, können auf die Nordseite, submediterrane Arten, wie Bienenragwurz, Behaarter Alant und Küchenschelle, auf die Sonnseite beschränkt sein (z.B. an einem kleinen Tumulus auf der Hochfläche des Hirschberges/WM), siehe [Abb. C/19](#).

Glazialmorphologisch wie geobotanisch gleichermaßen hervorhebenswert sind tumulusartig isolierte, inmitten von Mooren aufragende Einzelhügel, deren Magerrasenvegetation zu umgebender Streuwiesen- oder Zwischenmoorvegetation kontrastiert und zu dieser interessante Übergangstypen bildet, so z.B. Molasserundhöcker im Trogener Moos/LI, Ostermoos N Ohlstadt/GAP (Schwaiganger-Stadium des Werdenfeller Gletschers), am SW-Ufer des Nußberger Weihers/WM, am Stocker Weiher/TÖL, am Hirschberg-Plateau/WM, SW Feldafing/STA. Als Zeugnis eines eiszeitlichen Bergsturzes muß hier die Tumulus-Landschaft bei den Gilgenhöfen südlich der Brauneck-Talstation/TÖL erwähnt werden. Brotlaib- bis rundhöckerartige Einzelhügel sind mit dealpin getönten Kalkmagerrasen (leider stark verbuschend) überzogen; die Zwischenräume weisen ein vielfältiges Mosaik an Kalkniedermoor-, Zwischenmoor-, Hochmoor- und Moorwaldgesellschaften auf. Es handelt sich um ein Vorzeigebeispiel für eine vollendete Harmonie erdkundlich-

geomorphologischer und geobotanischer Struktur-  
muster. Die sensible Realisierung eines Pflegekonzeptes dient hier dem Geotopschutz genauso wie dem Biotopschutz.

Innerhalb geschlossener Waldungen heben sich die steilen Block- und Grobgeröllmoränen durch z.T. azonale Waldgesellschaften (Orchideen-Buchenwald, Anklänge an Elsbeer-Eichenwälder zwischen Ammer- und Würmsee und im nordwestlichen Moränenbogen des Ammerseeegletschers, autochthone Kiefernhorste mit ERICO-PINION-Anklängen, lichte *Calluna*- oder Kleinginster-Heidewälder im nördlichen Innvorland) heraus. Auch dort, wo ehemals reichhaltige Moränen-Mischwälder weitgehend forstlich überprägt sind, können sich wenigstens inselartige Naturwaldrelikte an besonders bewirtschaftungsungünstigen Steilmoränen, Kamesrippen u. dgl. erhalten, z.B. im Schindelberggebiet nördlich des Kirchsees/TÖL, im Pähler und Kerschbacher Forst/STA oder im Haager Forst/MÜ, wo relativ naturnahe Hainsimsen-Buchenwälder oft recht gut die morphologisch heraustretenden Endmoränenwälle abbilden.

Wärmeliebende Waldsäume auf solchen Geotopen zeichnen sich im Ammer-Isar-Lobus verschiedentlich durch Blutstorchschnabel- und Alpenklee-Säume mit Purpurklee (*Trifolium rubens*), Regensburger Geißklee (*Chamaecytisus ratisbonensis*), Hirschhaarstrang (*Peucedanum cervaria*), im Inn-Chiemsee- und Salzachvorland bisweilen durch Schwarzgeißklee- (*Lembotropis nigricans*-) und Zottengeißklee- (*Cytisus supinus*-)Säume aus.

Im Luftbild wird deutlich, wie sehr waldbauliche Zurückhaltung (und damit Erhaltung autochthoner Waldmeister-Buchen-, Hainsimsen-Buchen- und Mehlbeer-Kiefern-Buchenwälder) an orographisch besonders bewegte Moränenausschnitte gebunden ist. Diese schutzgebietsunabhängige Konservierungsfunktion zeigt sich besonders schön z.B. in den Tyrlaching-Astener Salzachmoränen/AÖ, TS, im Zwinger und Babenshamer Holz/RO, im Hohenburger Hügelfeld/RO, in den Moränenzügen zwischen Ebersberg und Kirchseeon/EBE, im nördlichen Kirchseemoränengebiet/TÖL, im Kerschbacher Forst/STA, WM, im Leutstetten-Wangener Forst/STA, im Grafrath-Mauerner und Gilchinger Forst/FFB, STA sowie in den Bauernwäldern der Thaining-Hofstettener Moränen/LL.

Markant aufgesetzte, an einer oder zwei Seiten steil abgebochte, mitunter hoch über den Sockel der Glaziallandschaft aufragende Kuppen- oder Wallmoränen der äußeren Vorrückungsstadien der Würmeiszeit (je nach dem betreffenden Gletscherlobus "Garser", "Ebersberger", "Kirchseeoner", "Elkofener", "Schäftlarn", "Asten-", "Nunreiter" oder "Hohenfurcher Stadium" usw.) tragen häufig - zumindest an den Steilabfällen - die letzten Überreste einschüriger Magerwiesen und Kalkmagerrasen dieser Räume (s. LPK-Band II.1 "Kalkmagerrasen"). Auf hochdurchlässigen, an Großgrabhügel ("Tumuli") erinnernden Glazialkuppen der Landkreise Starnberg, Weilheim-Schongau (Nordwestteil) und Landsberg (Südostteil) können diese so-

gar subkontinentale Arten der Volltrockenrasen ("XEROBROMETUM ALTOBAVARICUM" im Sinne von WIEDMANN 1954) enthalten (Behaarter Alant, Gemeine Kugelblume, Färbermeier u.a.).

Diese erdseggenreichen Rasen steiler, extrem flachgründiger Kuppen und Böschungen gehen südwärts immer in präalpine "*Carex sempervirens*-Rasen" (vgl. B. KAULE 1979) über, in denen de- und präalpine Arten in den Vordergrund treten. In den abschnittsweise kalkärmeren und silikatreicheren Endmoränen des Inn- und Salzachgletschers sind leider nur noch wenige der landschaftlich prägnantesten Moränenformen durch artenärmere "Halbtrockenrasen" (Mesobrometen) und Schillergrasrasen, aber auch durch Pechnelken-Glatthafer-Magerwiesen, ausgezeichnet.

Bilanziert man alle naturschutzvorrangigen offenen Trockenbiotope des südschwäbisch-oberbayerischen Jungmoränengebietes, so ergibt sich eine erstaunliche Koinzidenz mit geomorphologisch "aus dem Rahmen fallenden" Bildungen (vgl. auch KAULE 1979). Etwa neun Zehntel aller 6d 1-Magerrasen fallen mit glazialmorphologisch herausragenden Formen zusammen.

Bis in die 1950er Jahre hinein zogen sich ein- bis zweischürige "Wiesmahd-Flächen" mit bunter Magerrasenflora über alle unbewaldeten End- und Grundmoränenformen, die für einen oxsenbespannten Mistkarren kaum befahrbar waren (mündl. Zeugnisse von alten Landwirten beispielsweise im Raum Machtlfing/STA sowie MICHELER, mündl.). Wo Magerrasenhänge und Kuppen nicht aufgedüngt, sondern nur in Jungviehweiden umgewidmet wurden, entwickelten sich zwar weniger wertvolle, aber immer noch naturschutzbedeutende Extensivweiden. Die Vegetationsausbildung reicht hier von Enzian-Schillergras-Rasen über Kammgras-/ Rotschwingelweiden bis zu fetteren Kammgrasweiden. Sekundäre Viehgangelbildung an den Verteilungen erhält isohypsenparallele Kleinnischen für manche wertbestimmende Heideart (z.B. den Klebrigen Lein *Linum viscosum* auf den molasseaufsitzenen Lechmoränen bei Roßhaupten und im Wagegger Drumlinfeld/WM, OAL, den Berghaarstrang *Peucedanum oreoselinum* auf den Hangweiden der Wangau-Hartpenninger Moränen/MB, die Heideaster *Aster amellus* auf den Thaninger Kuppen und Trockentalrändern/TÖL, ja sogar die Bienenragwurz *Ophrys apifera* an weitverstreuten Stellen des Alpenvorlandes).

Als Beispiele für artenreiche, landschaftlich eindrucksvolle "Weidebuckel", z.T. mit wacholderheideartigem Gepräge seien die Kuppenmoränen bei Unteröd/TS, Hackling/MB und St. Kolomann bei Allmannshausen/STA erwähnt. Sogar durchgehend aufgedüngte Steilkuppen, wie etwa in den Leitzachmoränen nördlich des Seehamer Sees/MB, bei Piesenkam, Hartpenning, Sufferloh und Wangau/MB, bei Rückholz/OAL, nördlich Grainbach/RO, im Reutberger Rückzugsmoränenkranz/TÖL, Kamesböschungen S Seeshaupt/WM, bei Unterelkofen/EBE, NE Seeon/TS, Stetten/RO, Lemberg/RO und S Hemhof/RO bieten an abschwemmungs-

begünstigenden Magerstellen noch Magerwiesenarten, z.B. Meerzwiebel (*Scilla bifolia*), Schillergras (*Koeleria pyramidata*), Echter Schlüsselblume (*Primula officinalis*), Karthäusernelke (*Dianthus carthusianorum*), Wiesensalbei (*Salvia pratensis*), Krokus (*Crocus albiflorus*), Schusternagerl (*Gentiana verna*), einen Lebensraum.

Eine Feinkartierung derartiger Fragmentbestände läßt Vorrangzonen und Leitlinien des geomorphologischen Landschaftsschutzes (z.B. Stirnmoränenwälle, Terrassenböschungszüge, moränenüberkleidete Molasse-Härtlingszüge) deutlich hervortreten, welche einst großflächig mit Heide- wiesen und mageren Hutweiden überzogen waren. Sie bieten sich damit auch als Vorranggebiet für die Renaturierung des Grünlandes an. Als Beispiele seien genannt die Molasserippen Illasberg, Senkele, Eschelberg/alle OAL, die Lechtalterrassen bei Schwangau/OAL sowie bei Apfeldorf - Kinsau - Reichling/LL, WM, Endmoränen-Trockenhänge bei Ruderatshofen/OAL, bei Schwabsöien - Hohenfurch/WM, die Andechser Mittelmoränenketten Erling - Machtlfing - Frieding - Hadorf/STA, die Terrassen-Lehnen bei Leinau - Pforzen/OAL, Kaufbeuren-Neugablonz/OAL, am Kellerberg bei Benningen-Hawangen/MN, die Niederterrassenböschung bei Heimertingen/MN oder die Schmelzwassertalhänge Friesenried - Eggenthal/OAL. Zwickel- oder saumartig eingestreute Populationsrelikte wertbestimmender Arten wie Heideaster (*Aster amellus*; z.B. Friesenrieder Trockentalrinne bei Eggenthal/OAL), Hügelmeister (*Asperula cynanchica*; z.B. Wertach-Randterrassen), Kugelblume (*Globularia punctata*; z.B. Senkele, Pullachbichel bei Schwangau), Gelbes Läusekraut (*Pedicularis foliosa*; z.B. N Schwangau), Gelber Lein (*Linum flavum*; Heimertingen), Klebriger Lein (*Linum viscosum*, z.B. Illasberg) oder Gelber Enzian (*Gentiana lutea*, z.B. bei Marktoberdorf) belegen stellvertretend für andere dringend hilfsbedürftige Überbleibsel die Arten-Residualfunktion glazialmorphologisch herausgehobener Landschaftsteile.

Die Koinzidenz naturnaher oder halbnatürlicher Biotopreste und morphologisch herausstechender Partien gilt sogar für den Altmoränenbereich. Restartenpotentiale ehemaliger Magerweiden (z.B. magere Kammgrasweiden bei Steingau-Erlach/ TÖL, von Schmelzwassertal unterschrittener Altmoränenhang bei Frotzhofen/EBE), MESOBROMETUM-, GENTIANO-KOELERIETUM-Restbestände (z.B. W Steingau/TÖL, Purfing/EBE, Purfinger Heidehang/EBE), Hügelformen unterstreichende Hage (z.B. Jasberg-Mühlberg/TÖL), Kulturterrassen- und Hutangerstrukturen (Steingau/TÖL) bezeichnen im Münchner Nahbereich gleichzeitig morphologisch besonders eindrucksvolle Rißmoränen-Relikte.

Leitlinien des Arten- und Biotopschutzes sind ebenfalls die an Tal- oder Zungenbeckenrändern natürlicherweise heraustretenden Deckenschotterwände und -steilstufen. Die Teufelsküche zwischen Obergünzburg und Ronsberg/MN, OA ist mit ihren steilen Nagelfluhwänden ein kleines Stück alpiner Landschaft im Vorland. Die hochspezifische Vege-



tation, Moos- und Phanerogamenflora der eiszeitlichen Nagelfluhwände und Blockfluren wird in Teil F näher behandelt. Hier sei nur darauf hingewiesen, daß ihre Refugialfunktion für alpine Arten, Felsheiden und Trockenkiefernwälder nach der Zerstörung der meisten Kiesfluren an den Flüssen umso höher einzuschätzen ist. Zur spezifischen Moos- und Flechtenflora der Nagelfluhwände, siehe Kap. F.1.4.

Besonderer Würdigung bedürfen die wertvollen Moore in größeren Eiszerfallgebieten wie den Oster- und Eggstätter Seegebieten. Auch kleine und kleinste Toteishohlformen und verwandte Endmoränenhohlformen beinhalten ein vielfältiges Spektrum an Moortypen und -pflanzengesellschaften (vgl. z.B. BANZHAF & WINKLER 1987). Viele Feucht- und Naßstandortbestände finden an solchen Stellen ihre einzigen Stützpunkte in diesen Landschaften, HAAS 1994, S. 8): "Oftmals waren die von uns erfaßten Toteislöcher die einzig erfreulichen Lichtblicke" (aus vegetationskundlicher Sicht in einer von Fichtenforsten beherrschten Landschaft zwischen Haag und Ebersberg).

Die Spannweite reicht von aquatischen Beständen (verschiedene Laichkraut-, Teichrosen-Tausendblatt-, Teichbinsengesellschaften usw.), über Röhricht- und Großseggenesellschaften (CLADIETUM, z.B. W Finning/LL, Weitholz bei Rechtmehring/MÜ und Pfaffinger Moos/RO, PHRAGMITETUM, CARICETUM ROSTRATAE, CARICETUM VULPINAE, *Carex acutiformis*-Gesellschaft) und Bruchwälder (CARICI ELONGATAE-ALNETUM, PRUNO-FRAXINETUM) über Kalkflachmoor- und Streuwiesengesellschaften (GENTIANO-MOLINIETUM; z.B. bei St. Christoph/ EBE, Egelseegebiet bei Issing/LL) bis zu verschiedensten Zwischen- und Hochmoorgesellschaften (CARICETUM LASIOCARPAE, RHYNCHOSPORION-Gesellschaften, SPHAGNETUM MAGELLANICI, Waldkiefern- und Spirkenbrüche). Am häufigsten sind jedoch Erlenerbrüche (in 20 % der von HAAS 1984 zwischen Ebersberg und Haag begangenen Kessel), Steifseggenried (ca. 15 %), Blasenseggenried (ca. 14 %), *Eriophorum vaginatum*-*Polytrichum commune*- und *Carex rostrata*-*Sphagnum recurvum*-Gesellschaft (je in etwa 20 % aller Kessel im Lkr. EBE vertreten).

In manchem Teilnaturraum Oberbayerns und Schwabens befinden sich die letzten fast unberührten Hoch- und Zwischenmoore in solchen Toteislöchern (Lkr. EBE, FF, MÜ, STA, TS-Nord). Hochgradig gefährdete Moorpflanzenarten wie die Schlenkenseggen *Carex heleonastes* (z.B. im Egmatinger Forst/EBE) und *C. chordorrhiza* (z.B. im Leutstettener Forst/STA, Seoner Kessel/TS), die Langblättrige Miere (*Stellaria longifolia*; z.B. im Sulzschneider Forst), das in Bayern bereits verschollen geglaubte Moor-Reitgras (*Calamagrostis stricta*; BRAUNHOFER mdl., QUINGER 1987), aber auch die Buxbaumsegge (*Carex buxbaumii*; z.B. Heigermoos bei Tyrlaching/TS; NIEDERBICHLER mdl.), der Graue Rohrkolben (*Typha shuttleworthii*) und mehrere andere besiedeln kleinere oder auch größere Toteishohlformen.

Das jeweilige Vegetationsmosaik eines Toteislöches ist Weiser des kesselspezifischen Wasserhaushaltes. Z.B. entwickeln sich Steifseggenriede (CARICETUM ELATAE) nur in größeren Löchern, in deren Mitte tiefere Wasserstände erreicht werden. Besonders bemerkenswert sind in gut gepufferten Toteislöchern die charakteristischen Kleinzonationen aus eutrophen, meso- und dystrophen Moorbständen sowie der überraschend geringe "Platzbedarf" von Hoch- und Pseudohochmooren, die sich in günstigen Fällen schon bei 10 - 50 m Kesseldurchmesser entwickeln konnten. Abb. C/14, ein Transekt quer über ein nur 18 m breites, fast rundes Toteisloch SE der Wieskirche/WM, zeigt exemplarisch die ordnende Wirkung kleiner Glazialformen auf Arten und Pflanzengesellschaften.

Buckelfluren tragen zumindest im Offenland eine ganz eigentümliche und schutzwürdige Pflanzendecke. Die im Enzianaspekt Mitte Mai und im Frühsommer überwältigend bunten Kalk-Buckelwiesen stellten LUTZ & PAUL (1947) überwiegend zum Silberdistel-Horstseggenrasen (CARLINO-CARICETUM SEMPERVIRENTIS), gewissermaßen einem an alpinen Arten besonders reichen MESOBROMETUM (vgl. LPK-Band II.1), in dem die Trespe weitestgehend durch die Immergrüne Segge (*Carex sempervirens*) ersetzt ist. Höhere Niederschläge bei relativ geringer sommerlicher Wärmemenge begünstigen saure Humusformen, die auch Azidophyten aus der Ordnung NARDETALIA das Vorkommen ermöglichen. RINGLER (1982) charakterisierte die Buckelwiesenkomplexe der Alpentäler und Alpenrandgebiete als "Artensammeltopf" für mindestens 85 Gefäßpflanzenarten der alpinen Kalksteinrasen, 75 Arten der Trespen-Halbtrockenrasen, 58 Arten der alpinen Kammgras- und Milchkrautweiden, 33 Arten der Schneeheide-Kiefernwälder und 30 Arten der Bergmischwälder und Orchideen-Buchenwälder. Vor allem die Mittenwalder und Berchtesgadener Buckelwiesen sind eine hervorragende "Begegnungsstätte" verschiedener Geoelemente der Flora. Unter die etwa 100 alpinen Arten mischen sich submediterrane, subkontinentale und gemäßigte-mittleuropäische Elemente. Besonders charakteristisch ist ein spezifisches "geotop-bedingtes" kleinteiliges Florengefüge: An den Kleinbuckeln (im Werdenfels-Ammergauer Dialekt "Büchela") prägen sich Expositionsunterschiede floristisch aus. Die Dellen sind häufig durch eher mesophile Rasen und nährstoffdankbarere Arten abgehoben. Im Buckelwiesengebiet bei Klais zeichnen gitterförmige Muster des Berghahnenfußes (*Ranunculus montanus* s.l.) die Muldenverteilung nach. In Buckelwiesen auf Raibler Schichten (z.B. am Geißschädel/GAP) haben sich die vikariierenden Enzianarten *Gentiana acaulis* (in basenärmeren Mulden) und *Gentiana clusii* (auf basenreicheren Buckeln) eingemischt und bezeugen zusammen mit vielen anderen silikophilen und basiphilen Arten die charakteristische kleinstandörtliche Diversität dieser Flächen.

Die standörtliche Heterogenität und die Lage im klimatischen Grenzbereich (Alpenrand, Talstufe/Hochlagen) erklärt weitgehend das Zusammenreffen von Arten ganz unterschiedlicher Biotope

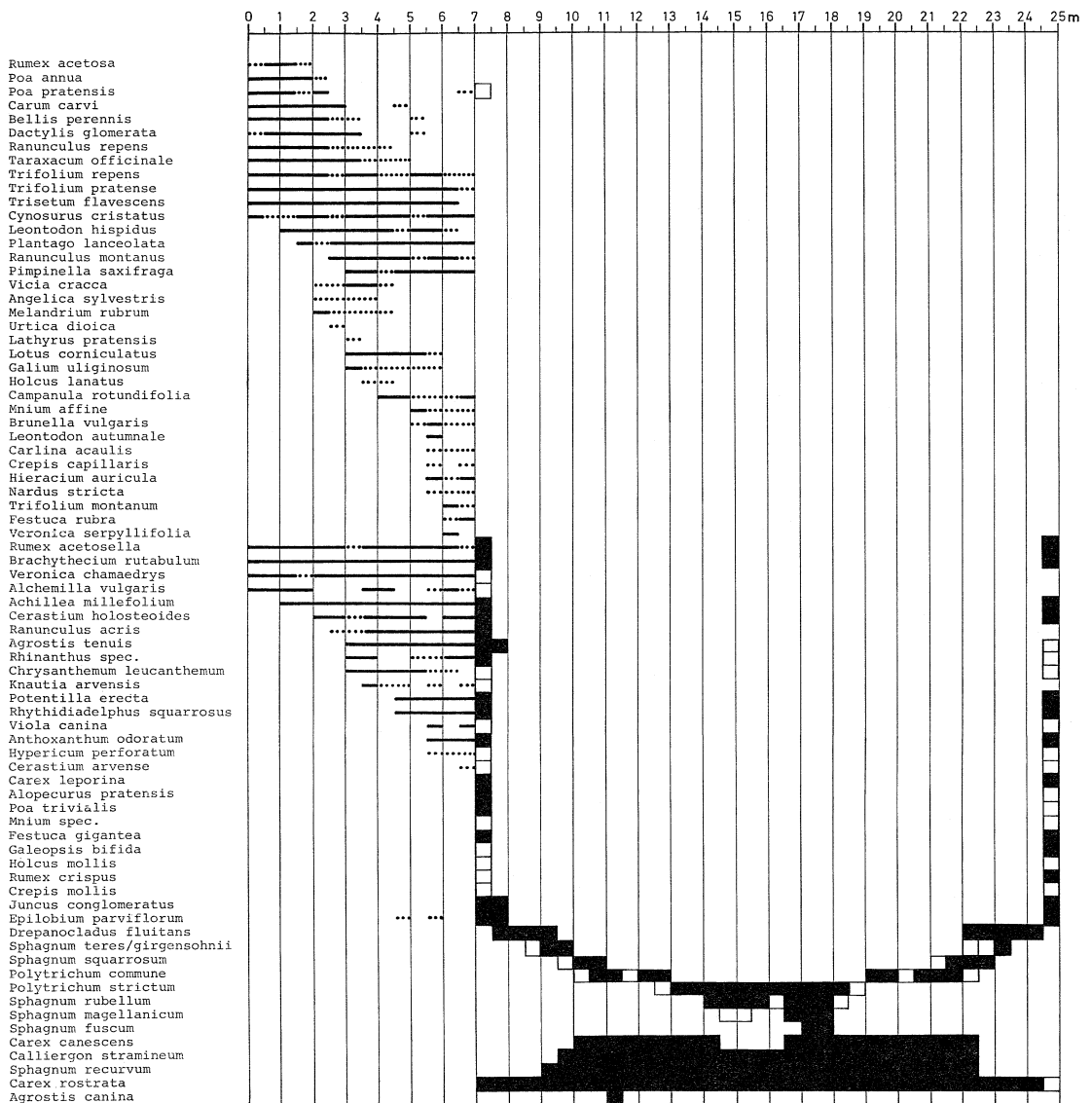


Abbildung C/14

## Artenabfolge in einem Transekt quer über ein kleines Toteisloch SE der Wieskirche/WM (RINGLER 1984)

Der Transekt beginnt links an der Böschungsoberkante und endet rechts an der Böschungsunterkante des kleinen Kessels. Sehr deutlich wird eine ausgeprägte Gürtelung in Magerwiese, Staudenflur am Rand des Kesselmoores, verschiedenen Nieder- und Zwischenmoorgesellschaften. Einzelne Moose bilden eine herdringartige Ringzonation mit einem kleinen "Hochmoorkern" im Zentrum.

und die enorm hohen Artenzahlen von Buckelflurenkomplexen (Funktion von "Arten-Sammeltöpfen").

Nicht weniger bedeutsam, wenn auch ungleich seltener sind bodensaure Buckelwiesen auf kristallinem oder Sandstein-Untergrund, ja sogar im Schiefergebirge (z.B. Dürre Lauter bei Suhl im Thüringer Wald). Hier stocken Kreuzblümchen-Borstgrasrasen und - im voralpinen Molassegürtel z.B. im Lkr. GAP Pippau-Borstgrasrasen (*Crepis conyzifolia*-reiche Nardeten).

Am kontrastreichsten sind Buckelwiesen im Übergangsbereich Moor - Mineralboden strukturiert (z.B. Ringang/OA). Buckelmagerasen können geradezu unter angrenzenden Nieder- und Übergangsmooren abtauchen bzw. wurden von Moorbildungen transgrediert (z.B. "Hardtwiesen"/WM, nördlich Bad Kohlgrub/GAP; siehe Abb. C/15). Hier können sich bodensaure Magerasenfragmente auf den "Büchela" mit Kalkniedermoorvegetation oder sogar torfmoosbestimmten Zwischenmooranflügen (z.B. NW Saulgrub/GAP) durchdringen.

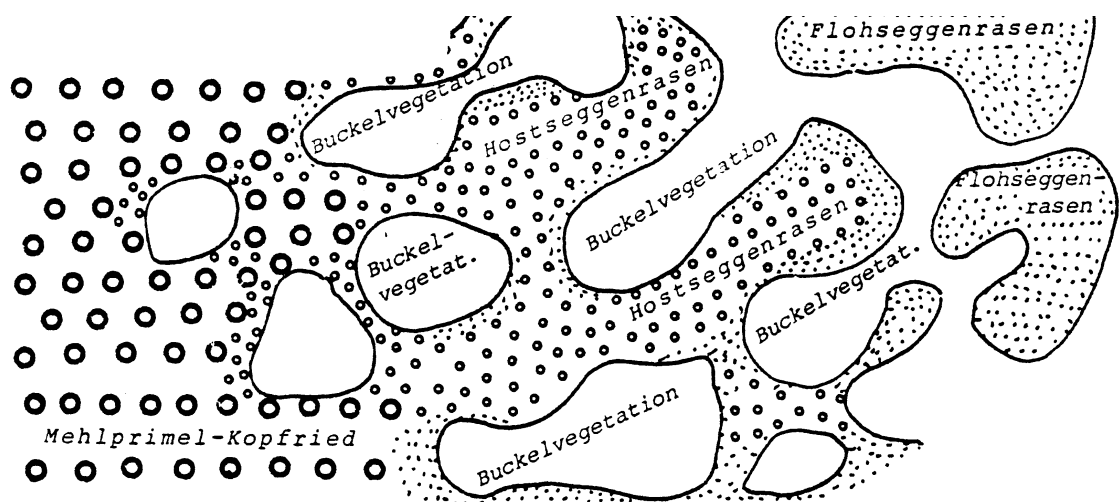


Abbildung C/15

Vegetationsmosaik und Feuchtgradient in den Hardt-Buckelwiesen bei der Hardtkapelle/WM (RINGLER 1984)

Nicht-planierte Buckelfluren sind meist Garanten für relativ mageres, artenreichhaltiges Grünland, weil ihr maschinenfeindliches Kleinrelief eine Nutzungsintensivierung erschwert. Auch innerhalb des Weidegebietes sind ausgeprägte Buckelfluren Träger besonders artenreicher und schutzwürdiger Vegetationsausbildungen. Kammgras- und Milchkrautweiden alpiner Buckelfluren im Almbereich sind in der Regel 6d1-äquivalente, besonders arten- und blütenreiche Bestände, was für ungebuckelte Flächen derselben Weideassoziationen nur selten gilt (kennzeichnende Beispiele: Gerstruben/OA, Branderalm/TS, Mitterkaser- und Mittereism/BGL, Höllealm/TÖL). Noch im mineralgedüngten Zustand enthalten Buckelfluren bei Gerold, Unterammergau und nördlich Ohlstadt/GAP Nester düngerfliehender Magerrasenüberhälter, wie Arnika, Purpurakelei, Skabiosenflockenblume oder Kandelaberpippau (*Crepis conyzifolia*).

Findlingsblöcke gehören wohl zu den exklusivsten Pflanzenwuchsorten, d.h. zu den kleinsten Biotopen von pflanzensoziologisch eigenständigem Charakter. Trotz ihrer Verstreutheit konnten sich auf ihnen spezifische Flechten-, Moos-, ja Farngesellschaften etablieren, die erst weit entfernt, z.B. in den Alpen, wieder vorkommen. Viele "Findlingsarten" wurden im jeweiligen Naturraum sonst nirgends gefunden, z.B. Silikatgesteins-Kryptogamen in vorherrschend "kalkigen" Naturräumen. So fand ARNOLD (1891; zit. nach HERTEL 1981) die in Bayern sehr seltene Krustenflechte *Huilia albocaerulescens* an erratischen Silikatblöcken in den Wäldern bei Haarkirchen und Percha/STA, HERTEL (1981) fand sie auch an einem Silikatblock am Steinköchel im Murnauer Moos/GAP. PAUL & POELT (1950) fanden an Findlingen im östlichen Lkr. STA die Silikatmoose *Andraea petrophila*, *Grimmia hartmannii*, *Paraleucobryum longifolium*, *Dicranum fulvum*, *Hedwigia albicans*. FEUERER (1978, zit. nach ARNOLD) gibt mehrere silikatgebundene Landkartenflechten (z.B. *Rhizocarpon badioatrum*, *Rh. distin-*

*ctum*, *Rh. grande*, *Rh. hochstetteri*, *Rh. plicatilis*, *Rh. polycarpum*) im Alpenvorland ausschließlich auf erratischen Blöcken an (z.B. am Taubensee S Oberwössen/TS, bei Haarkirchen, Kempfenhausen und Percha/STA, bei Deining - Egling/TÖL). Ein großer Silikatfindling im Westallgäu bei Opfenbach/LI ist völlig isolierter Fundort des zentralalpinen bzw. Grundgebirgsfarnes *Asplenium adiantum-nigrum* (DÖRR 1978). POELT (1950) spricht sogar davon, daß man an Silikatblöcken des Würmseegletschers, z.B. bei Haarkirchen und Hanfeld/STA "fast von der Ausbildung eines PARMELIETUM CONSPERSAE (also einer streng silikatgebirgsgebundenen Assoziation) sprechen könnte (mit *Parmelia conspersa* und *P. sorediata*). Parallel dazu ist auf den Blöcken im Buchenwald eine vollständige Silikatmoosgesellschaft (*Paraleucobryum longifolium*- *Grimmia hartmannii*-Verband) ausgebildet". Auf einem quarzreichen Findling bei Haarkirchen fand er die im Gebiet ungewöhnliche Flechte *Lecanora polytropa*, auf einem Kalkblock bei Aschering *Placodium crassum*.

Umgekehrt stellen große Kalkblöcke in entkalkten bodensauren Grundmoränen oder Molassestandorten auch "Baseninseln" mit stark abweichender Flora dar. WILLIBOLD (1982) nennt ein Beispiel, wo die Kalkzeiger *Barbula arguiculata*, *Camptothecium lutescens*, *Asplenium viride* und *Polystichum lonchitis* völlig isoliert in einem bodensauren Vegetationsgebiet vorkommen.

Abb. C/16 illustriert beispielhaft die mit dem herausragenden Pflanzenartenreichtum ungedüngter Moränenkuppen verbundene Diversität an Lebensstrategien und Vernetzungsfunktionen. Auf den Muster-Tumuli wurden mindestens 44 Gefäßpflanzenfamilien, mindestens 43 Arten mit wichtigen Wirkstoffen, 19 unterschiedliche Bestäubungsstrategien (im Sinne von Abb. C/16) und 18 (Halb-)Schmarotzerpflanzen festgestellt. Abb. C/16 und Abb. C/19 zeigen außerdem beispielhaft die nur im Glazialbe-

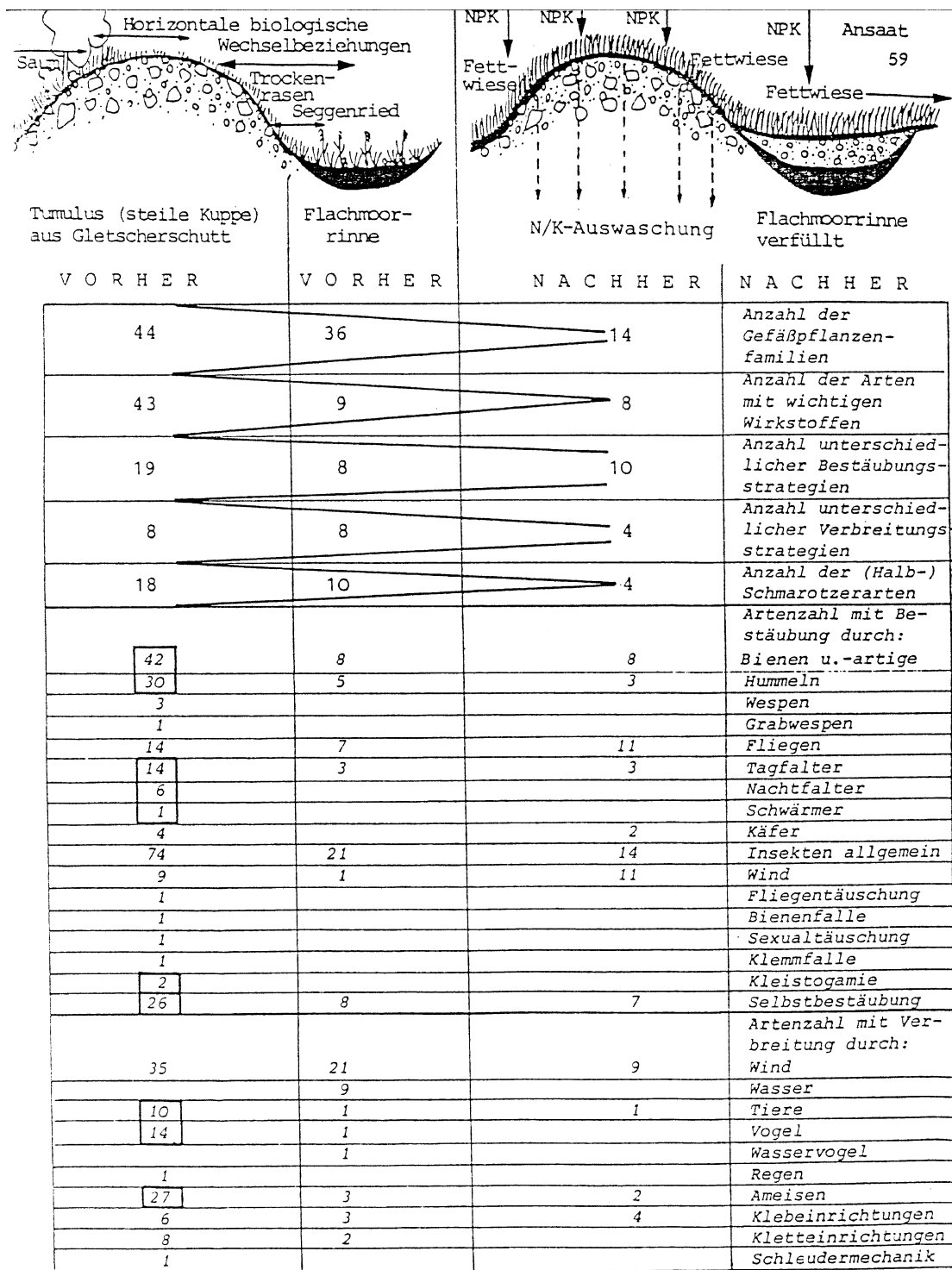


Abbildung C/16

**Biodiversität von Gletscher-Tumuli bei Pähl/WM (aus RINGLER 1981)**

"Addiert" wurden die Gefäßpflanzenarten mehrerer Einzeltumuli auf dem Hirschberg. Die den Pflanzenarten zugeordneten Wirkstoff-, Bestäubungs- und Verbreitungsstrategie-Angaben entstammen OBERDORFER (1970).



reich mögliche kleinräumige Verknüpfung xerothermer mit Moorbiotopen sowie den enormen Aderlaß an biotischer Diversität, wenn solche Glazialstandorte aufgedüngt und intensiv genutzt werden. Dieses Beispiel gilt genauso für magere Schotterstufen, Kuppenmoränen und Kames.

### C.1.5 Tierwelt

Natürlich gibt es keine bei uns ausschließlich auf "Glazial-Geotope" spezialisierte Tierwelt. Doch sind gerade die hervorragenden eiszeitlichen Landschaftsstrukturen oft für das Vorkommen bemerkenswerter Tierarten verantwortlich. Man denke z.B. an Nagelfluhwände (z.B. Gebirgsstelzen- und Uhu-Brutplätze, Vorkommenslinien des Berglaubgängers), Toteiskessel (wichtige Libellenflugplätze, z.B. Königs- und Blaugrüne Heidelibelle), Amphibienlaichplätze (u.a. Kammolch und Springfrosch, verschiedene Wasserschnecken), steile Terrassenränder und flachgründig-warme Moränenböschungen (wichtige Heuschrecken-, Grillen- und Tagfalterstützpunkte). Viele derzeit (noch) nicht 6dl-würdigen aber geotopschutzwichtigen Vernässungsstellen, Kuppen, Verteilungen, Böschungen können aus tierökologischer Sicht wertvoll sein. Soweit die Fauna glazialer Geotope aus Kalkmagerrasen, bodensauren Magerrasen, Feuchtwiesen, Streuwiesen, Kleingewässern, Kiesgruben und Steinbrüchen ableitbar ist, wird sie in den betreffenden LPK-Bänden dargestellt.

Die mit relativ kleinen glazialen Kuppen verbundene biotische Diversität veranschaulicht das Beispiel [Abb. C/16](#). Im Magerrasenzustand gedeihen auf den Tumuli bei Pähl/WM Pflanzenarten, die mindestens 19 unterschiedliche Bestäubungstechniken (in [Abb. C/16](#) untere Hälfte aufgelistet) einsetzen (größtenteils mit Hilfe von Wirbellosen), darunter 42 Arten mit Hummel-Bestäubung, 30 mit Wespen, 14 mit Tagfaltern, 14 mit Fliegen usw. Für die Verbreitung setzen mindestens 27 Pflanzenarten Ameisen ein.

### C.1.6 Verbreitung, Auswahlliste mustergültiger Vorkommen, Verantwortung der Landkreise

Die im folgenden erwähnten Gebietschwerpunkte und Beispiele sind nur ein Teil des naturschutz- und landschaftspflegewichtigen Gesamtbestandes. Sie dürften aber hinreichen, den Blick für weitere, gleich wichtige Vorkommen zu schärfen, die verfügbaren regionalen Quellen sowie das Wissen von Gebietskennern dahingehend auszuwerten und damit eine angemessene vollständige Datenbasis für den jeweiligen Landkreis zu schaffen. Zusätzliche Angaben liefert der GEOTOPKATASTER BAYERN. Auf relative Vollständigkeit wurde Wert gelegt bei den Moränenkränzen der Haupttrandlagen, da ihre Pflege die vielleicht zentrale Aufgabe innerhalb der Landschaftspflege der Glaziallandschaft ist.

Die Auswahl richtet sich nach landkreisübergreifenden, hier aus Platzgründen aber nicht darstellbaren Bewertungskriterien. Aus Landkreissicht durchaus

bemerkenswerte, ja überregional wichtige Fälle können daher ungenannt bleiben. Unverkennbar häufen sich in einzelnen Landkreisen bestimmte Elemente. Diese Landkreise haben "Hauptverantwortung" für dieses Geoelement (mind. 1/5 aller geotopwertigen Vorkommen befinden sich im Lkr.) oder "Schwerpunktverantwortung" (zahlreiche Vorkommen, aber weniger als 1/5 des bayer. Gesamtbestandes).

Bergsturzzonen, Blockmeere siehe Teil F Kap. 1.6, Schotterstufen und Terrassenränder u.a. Teil D.1.6, Nagelfluhfelsen, natürliche und künstliche Glazialaufschlüsse siehe Teil B.1.6. Viele weitere Beispiele in Teil A.1.6 und in den Textteilen von Teil C.

#### C.1.6.1 Kare, Nivationswannen (nur wenige Beispiele)

**Schwerpunktverantwortung:** BGL, MB, TÖL, GAP, TS, RO, OAL, OA

**Mitverantwortung:** FRG, REG, CHA, AS, NM, LAU

Fast in allen größeren Bergstöcken der Kalkvor- und Hochalpen; vor allem nord- und ostseitig; fast alle Gebirgsseen der Bayer. Alpen liegen in schönen Karen: z.B. Schappoltseen, Rappensee, Seealpsee, Engeratsgundsee/OA, Soiernsee/MB, Soiernseen/Vorkarwendel/TÖL, Soirnsee/RO, Soilasee/GAP, [Funten- und Grünsee/BGL (Soiern, Soila: Kar)]; periodische oder stark schwankende Karstseen, z.B. Wildensee bei Krün/GAP, Seeleinsee/BGL, Seoner Alm am Traithen/RO.

**BGL:** am Göll (Scharitzkehlalm!), Watzmann (Watzmannboden), Mittereisalm;

**CHA:** nördl. Arbergebiet;

**DEG:** besonders bemerkenswert sind karähnliche Bildungen des Bayer. Waldes (siehe REG);

**FRG:** Bärnriegel;

**GAP:** am Wetterstein-Nordfuß (Reintal, Höllental usw.), Dammkar, an der Nordrampe des Großen Muldenzuges (z.B. Klammspitz-Firstberg-Zug/Ammergauer Alpen, Laber bei Oberammergau;

**MB:** z.B. Risserkogel-Wallberg, Roß- und Buchstein, Rotwandgebiet (Kleintiefentalkar!), allein 40 Kare beiderseits des Weißbachtals zwischen Wall-/Hirschberg und Halserspitze; modellartig mit Karseen und Blockmoränenabdämmung, z.B. am Röthensteinkessel;

**OA:** Rappensee-Biberkopf, Schlappolt, Engeratsgundkar am Daumen und Geisalpsee-Kar: große Bergsturzmassen, mehrere Seen, Rundhöcker, Schliffe; sehr bemerkenswert sind über die eigentliche Alpengrenze nach Norden vorgeschobene, auffallend tief gelegene Kare von Lokalgletschern ohne Verbindung zum Ferneis, z.B. Palastkar am Hauenberg bei Weitnau (nur 400 x 300 m groß);

**OAL:** um die Ammergauer Hochplatte, Kronwinklmoos, Schwangauer Kessel, diverse "Roßställe" am Klammspitz-Zug;

**REG:** Besonders bemerkenswert sind natürlich die Kare und Karoide des Böhmerwaldes, z.B. Gr. und

Kl. Arbersee, um den Rachel. Noch bemerkenswerter sind mögliche Karoide im Bayerischen Wald am Vogelsang S Gotteszell, das Langmoos und Winkelmoos am Hirschenstein, weil glaziale Firneiskappen bisher im Bayerischen Wald unbekannt waren (PFAFFL 1995, Lage z.T. in SR und DEG);

**RO:** Heuberg/Inntal (Daffneralm-Kar mit 50 m hohem Rückzugswall und zentralalpinem Granitgneis-Findling; Priener Hütte/Geigelstein, Rosengasse-Baummoos-Fell- und Seoner Alm am Brünstein und Traithen, Wendelstein-Breitenstein mit Lechner-, Lacher- und Soinkar!); Ponore (Schlucklöcher), keine oberirdischen Abflüsse: z.B. Moserboden, Schuhbräualm;

**SR:** Besonders bemerkenswert sind karähnliche Bildungen des Bayer. Waldes z.B. am Hirschenstein (PFAFFL 1995);

**TÖL:** Kartreppel Soiernspitze, Benediktenwand-Nordabfall, Jochberg-Pessenbauernalm/Jachenau;

**TS:** Staufen-Zwiesel-Nordfuß (Frillensee, Lechneralm usw.); Haidenholzalm;

Außer Alpine Nivationsnischen (zirkusartige Ausfräsungen, "karartige Nischen"):

**AS:** Periglaziale Nivationswannen an Dolomitkuppen S Kastl z.B. Maierberg S Utzenhofen, NO-Flanke Enzenberg bei Kastl, Vogelherd S Ransbach, Höhe 575 S Mühlhausen, Rücken der Hochwacht zwischen Ransbach und Malsbach (girlandenförmige Nischengliederung), Hainberg an der Str. NM-Amberg, Johannesberg S Wutschdorf (Quellmulde des Dammbaches).

**LAU:** mehrere Beispiele, analoge Stellen wie AS;

**NM:** mehrere Beispiele, analoge Stellen wie AS;

### C.1.6.2 Transfluenzpässe

Wegen der Größe nur in Sonderfällen als Geotop einzustufen. Einige der unten genannten Rundhöckerlandschaften "schützen" gleichzeitig das Formeninventar der Transfluenzpässe (z.B. Haldenwanger Alpe/OA, Hirschbichlpaß/BGL).

### C.1.6.3 Trogtäler

Wegen der Größe nur in Sonderfällen als Geotop einzustufen, wie z.B. im Falle des oberen Reschwassertales/Böhmerwald.

### C.1.6.4 Zungen- und Zweigbecken

Wegen der Größe nur selten als Geotop einzustufen, z.B. im Falle modellhafter Minizweigbecken mit scharf abgesetzten Randmoränenbögen (z.B. Burggen-Nord/WM, Geiselbrechting-Einharting/TS, Kohlhunden/OAL).

Trotzdem sind größere Zweigbecken Zonen besonderer Empfindlichkeit bei Planungen aller Art, z.B. Heggen-Stöttener Furche/OAL, Bucker- und Riederfilzbecken/EBE, Waginger Becken und Schönramer Zweigfurche/TS, BGL.

### C.1.6.5 Rundhöckerlandschaften der Talstufe, kleinteilige Molasserippenlandschaften, Gletscherschliffe der Talstufe

**Hauptverantwortung:** OA

**Schwerpunktverantwortung:** BGL, LI, OAL, WM, GAP, TÖL

**Mitverantwortung:** CHA, EBE, FRG, M, MB, RO, STA, TS, TÖL, REG

Vom Gletscher überschiffene und zugerundete Härtlinge gibt es in allen Alpentoren und Hauptstromlinien der Vorlandgletscher, die größte Bedeutung für Landschaft und Naturschutz erlangen sie aber in den Landkreisen Oberallgäu, in etwas geringerem Umfang Ost- und Westallgäu. Großartigste Ausprägung im Trichter des Illergletschers, wo der Haupteisschurf parallel zu den ausstreichenden Nagelfluhbänken erfolgte und deshalb eine besondere Tiefenwirkung entfaltete. In solchen Landschaften beruht die Struktur aller Wald-, Trocken- und Feuchtbiotope, auch deren Erhaltungszustand und Erhältbarkeit fast allein auf dem glaziomorphem Härtlingsrelief (siehe Kap. C.1.7.1). Gletscherschliffe und -strudeltöpfe finden sich vor allem in den Alpentälern, gelegentlich auch im Vorland, dort gehäuft zwischen Würmsee und Isar auf Jüngerem Deckenschotter (STA, TÖL); selten auch im Böhmerwald. Bei der Einstufung der Landkreise werden Molasserippen- und Rundhöckerlandschaften dominant berücksichtigt. Die eher punktuellen Gletschergärten und -schliffe spielen in der Landschaftspflege nur eine untergeordnete Rolle, sie sind primär geowissenschaftliche Demonstrationenpunkte.

Außer den untenstehenden werden weitere Vorkommen genannt in Teil F.1.6 und A.1.6.

**BGL:** Steinernes Meer - Funtenseegebiet;

**CHA:** nördl. Arbergebiet, Gletscherschliff im Bachbett des Seebaches am Kl. Arbersee;

**EBE:** Gletscherschliffe NW-Rand des Brucker Zweigbeckens, Attelzweigbecken bei Tegernau, verwachsen an der Bahn b. Assling-Elkofen

**FRG:** Felsschwelle im nördlichen Rachelkar im Bayerischen Wald, Reschwassertal;

**GAP:** Helvet. u. Flysch-"Köchel" im Murnauer Moos; helvet. Kuppe 641 SW Achrain b. Murnau und an der Loisach beim Hagner Moos; Burgberg und Kranzberg bei Mittenwald; Molasserippenlandschaft Kohlgrub-Sprittelsberg-Hocheck-Hermanns-Staffelsee sowie Schnatterbühl - Roßleiten E Murnau; Gletscherschliffe b. Mittenwald (A. PENCK!) u. an der Wettersteinspitze zwischen 1700 und 1800 m NN;

**LI:** Molassehöcker im Trogener Moor bei Simmerberg; 2,5 m tiefe und 1,4 m breite Auskolkung eines Sturzbaches in einer Gletscherspalte an der Mündung des Rothenbaches in die Rotach (Ob. Meeresmolasse) N Scheffau b. Weiler, Molasserücken Ebratshofen-Linden;

**LL:** Gletscherschliff Diessener Forst;

**M:** Isar-Hochkante bei Beigarten bei der ehem. "Pension Gletscherschliff";

**MB:** Talrundhöcker E Neuhaus; Point, Brunnbichl und Reitrain nächst Scharling im Weißachtal; zw. Berg und Gutfeld W Kühzagl; bewaldeter Rundhöcker S Enterrottach; Gletscherschliff Felsriegel Hammer bei Schliersee;

**OA:** Molasserippenlandschaften Gopprechts-Eckarts-Oberdorfer Wald; Rottachbergvorland Häusern-Widdum-Wolfarts-Ottackers (großartigste Molasserippenlandschaften Bayerns in der Talstufe); Molasserippenlandschaft Petersthal-Rottachtal; Rundhöckergebiete: Rappenseekar und Kempfner Hütte, im Stillachtal bei Birgsau, Rundhöckerlandschaft bei Obermaiselstein-Tiefenbach, beiderseits des Illertales bei Sonthofen, zwischen Agathazell und Immenstadt; Haldenwanger Alpe-Gehner Berg; Gletscherschliffe: Lochbachstr. zw. Obermaiselstein und Tiefenbach: Schrattekalk, NE Greggenhofen, E Immenstadt (Illergletscher überfuhr eine Molasserippe);

**OAL:** Molasserippen Oberschlicht-Unterschlicht W Lechbruck sowie Illasberg-Buchberg-Eschenberg-Nordhang; Flysch-Rundhöcker am Kohlbichel im Wasenmoos, NW Pfronten-Ried, Schwangau und Galgenbühl; Cenoman-Rundhöcker Ziegel- und Oblisberg in Füssen;

**REG:** Arbergebiet, Rachel;

**RO:** Rätalk-Lias-Eozän-Rundhöcker bei Oberaudorf im Alpentor des Inngletschers; Riedlberg Sonnhart-Windshausen im Inntal; Groß-Rundhöcker aus Molasse bei Immelberg, Gögging, Moosen S Riedering; Rundhöcker-Kleinlandschaft bei der Ölbergkapelle am Sachranger Paß, verkarstete (offene Felsbuckel, diverse Biotopstruktur); Gletscherschliffe Fischbach, Sachrang im Priental, Eckbichl zw. Altenmarkt u. Langweid (mit "Mahlsteinen");

**STA:** Gletscherschliffe N Tutzing, Berg (Molasse-schliff; Lokalität "Am Gletscherschliff"; ND); E des Pilsensees;

**TÖL:** Molasserippen Hennenbühl W Faistenberg - Iffeldorfer Schlag S St. Heinrich (Streifenvermoorungen in den Senkenzügen); Geistbichl bei Bichl; Molasserippen Alte Schanze b. Penzberg-Johannisberg-Fischerhäuserl; Gletscherschliffe: Deckenschotterschliff bei Happerger W Eurasburg, SW Neufahrn (überschliffene Nagelfluhplatte), N Wallgau, am westlichen Talrand: Hauptdolomit; Rundhöcker am Kesselbergpaß;

**TS:** Rundhöcker und Gletscherschliffe bei Raiten-Unterwössen, Wester- und Osterbuchberg, Weißbach bei Inzell, Wimmerkreuz 300 m SE Reit im Winkel; NE des Waginger Sees; Hutzenalm (Rundhöcker);

**WM:** Molasserippen zw. Schöffau und Uffing; Molasserippen St. Nikolaus-Schweinberg-H.637 W Huglfing; Guggenbergrippe E Peißenberg, Westerteiten; Gletscherschliffe Sachsenrieder Forst NW Schongau, N des Staffelsees, S Weilheim;

## C.1.6.6 Endmoränen

### C.1.6.6.1 Jungendmoränenwälle und -landschaften von herausragender Bedeutung

**Schwerpunktverantwortung:** OAL, RO, TÖL, EBE, STA, LL

**Weitere Landkreise mit Verantwortung:** AÖ, FRG, REG, LI, OA, MN, WM, FFB, GAP, M, EBE, MÜ, TS, BGL

Erhaltenswürdige End- und Rückzugsmoränen können in manchen Räumen so dichtgestaffelt stehen, daß sich die Notwendigkeit einer großflächigen, formenschatzbezogenen Landschaftspflege und -planung ergibt (Abb. C/17 als Beispiel). Betrachtet man das Alpenvorland jedoch im Satellitenbild, so zeigt sich, daß morphologisch herausragende Jungendmoränenkränze nur wenige % der Gesamtmoränen- bzw. Landkreisfläche einnehmen. Ihre Respektierung und Erhaltung legt also keineswegs das Wirtschaftsleben einer ganzen Region lahm.

Hier werden relativ viele der herausragenden Beispiele angegeben, weil es sich um Vorrangzonen des Geotopschutzes und der Geotoppflege handelt. Bei weitem nicht vollständig aufgezählt werden die vielen, weit weniger voluminösen und viel schmälere alpennahen Rückzugslagen, die trotz geringeren Volumens oft sehr eindrucksvolle Wälle bilden und ebenso schutz- und pflegewürdig sind wie die 3 äußersten Haupttrاندlagen.

**BGL:** Lokalmoränen des Staufen-gletschers bei Aufham (mit Toteisbildungen und gr. Bergstürzen), sehr bewegte Lokalmoränenlandschaften im Loipl und bei Rostwald-Stanggaß, Blockmoränenwall am Taubensee bei Ramsau;

**EBE:** Kesselmoränen Egmatinger Forst Göggenhofen - Taferlberg (mit M), Moräne Graben-Schweigschätzl N St.Christoph, Moräne Motzenberg-Halbing-Sauberg (z.T. offen), Moräne Ludwigshöhe-Lochholz-Forstseeon-Kirchseeon (fast ganz bewaldet), Kirchseeoner Waldmoräne Schinderlache-Deinhofer Holz-Jesuitenholz-Esterndorf-Obermaierberg-Kastenseeon, Schuttmoränenzug Lindach-Esterndorf-Kirchseeon-St.Christoph sowie Fürmoosen-Ebersberg; Nettelkofener Schuttwall des Ölkofener Stadiums, Endmoränenlandschaft um Haslach NE Ebersberg;

**FFB:** Wildenrother Endmoräne E Unteraltling und im Fürstenfelder Wald;

**GAP:** Verbuckelte Ufermoränen W Klais, bei Kainzenbad und beim Gschwandnerbauern E GAP (jeweils eigene Rückzugsgletscherstände verkörpernd; Magerrasen, Buckelwiesen);

**LI:** Prächtige Seitenmoränenwälle des östlichen Rheingletschers zw. Lindenbergl u. Scheidegg, Doppelwallmoräne N Simmerberg; Wallmoränenzug bei Buflingsried NE Scheidegg: 600 m langer eindrucksvoller Doppelwall der Seitenmoräne der Rotach-Gletscherzunge, Wall- und Tumulusmoränen Aach-Krebs, zw. Gestratz und Maierhöfen;



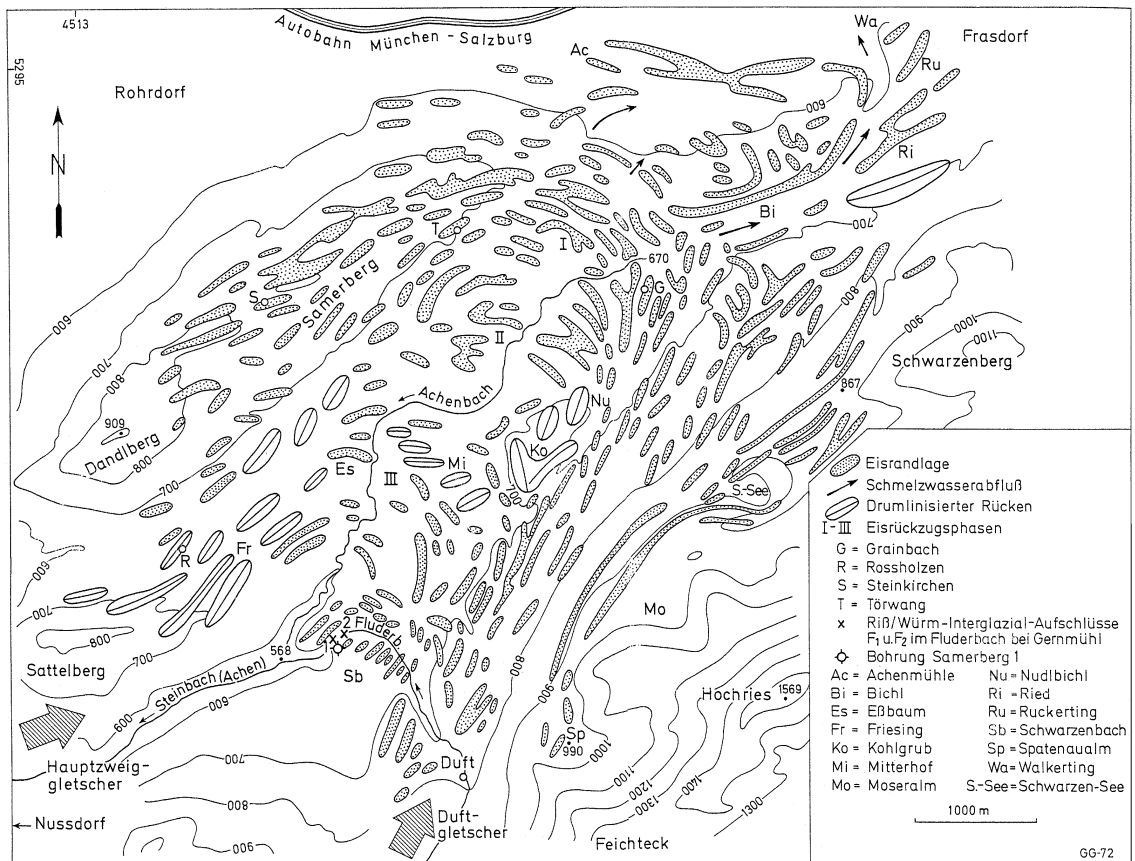


Abbildung C/17

**Schutz- und pflegewürdige End- und Rückzugsmoränenwälle im Gebiet des Samerberger Zweiggletschers/RO**  
(aus GLÜCKERT 1979)

**LL:** Wallmoränen N Rott: Kalvarienberg-Pfaffenbühl-Ludenhäuser, N Blindseefilz-P.708 E Issing-Ruine Ödenburg, stark durchbewegter Wallmoränenzug des St. Ottilien-Stadiums des Ammerseegletschers: Eselsberg/Kalvarienberg bei Rott - Ludenhäuser - Hofstetten - Eresing - St.Ottilien - Bauern, Schönbühl-Schwiftinger Wald-Christelsberg-Schöffelding (Wald), eichengeschmückte Moränenkuppe 1 km S Oberschondorf; Issinger Kellerberg, markante Endmoränenkuppe der Reichlinger Phase, bezeichnen die östliche Steiflanke, die die Ablösung des Gletschereises vom Schuttwall widerspiegelt; Faulbühl bei Pflaumdorf: Musterbeispiel eines proximal steilen und distal flachen Moränenwalles, der das Ende einer Eisstromlinie markiert;

**M:** Kuppen- und Kesselmoränen Rauher Berg-Kleinhelfendorf-Kaltenbrunn (teilbewaldet), Hohenfried-Trautshofen (Wald);

**MB:** Allgäuer Moränenzug E Piesenkam (weitgehend bewaldet), Hartpenning-Sufferloher Moräne (weitgehend offen), Kuppenmoränen Reichersdorf-Neukirchen-Stürzlham (offen), Wallmoräne Thannholz S Hartpenning (Wald), Tegernseemoräne Deierl-Holz-Ackerberg, Leitzachtal-Rückzugsmoränenwall zwischen Schliersee und Hausham; Rück-

zugswälle zwischen Tannried und Oberwarngau, Fernmoränenwälle bei Grabenau-Oed-Pötzing-NE Hundham, Röthensteinerkessel mit von Blockmoräne abgedämmtem See;

**MÜ:** Garser Endmoränenlandschaft zwischen Steinbichl-Hochleitern und Bernstatt S Gars (nur z.T. bewaldet), Haager Endmoräne Eßbaum-Rappolten-Rosenberg (z.gr.T. bewaldet), Maitenbether Moräne zwischen Maitenbeth und Grenzgeräumt (bewaldet);

**OA:** Viele Karstmoränen der Hochalpen hier nicht erwähnt; Karmoränenwälle am Hochgrat- und Prodelzug; Lokalgletschermoränen in einem insgesamt wärmzeitl. unvergletscherten Gebiet zwischen Iller- und Rheingletscher: Nordseite Hauchenberg, N-Seite Adelegg, z.B. Blenderkar/OA, LI.

**OAL:** Elbseemoräne Hinterholz-Krottenbichl-Ruderatshofen-Holderberg, Moräne W und S Günzach, Lengenwanger Moräne Klosterhof-Kippach-Außerlengenwang-Lobach, Oberthingauer Moräne Ried-Oberthingau-Seelenberg-Haugen-Heuwang, Reutwaldmoräne SW Thalhofen (z.T. offen), Wallmoräne Punkt 779 b. Tremmelschwang - Kalvarienberg-Geislatsried (z.gr.T. offen), Spitalwaldmoräne S Stöttwang (z.T. offen), Moränenzug Remnatsried-

Rettenbach, Lech-Endmoräne vom Weichberg bis Hohenfurch (WM, OAL); Seitenmoränenwälle des Pfrontener Gletschers bei Meilingen, prachtvoller Wall des 3. Rückzugshaltes E Apfeltrang, Stirnwall der W III-Randlage S Bertoldshofen und b. Kohlhunden umschließt prägnantes kleines Zungenbecken), Wallmoränen N des Falkensteins;

**RO:** Weitholz-Hinterleiten-Zwingerholz-Wies N Babensham, Wallmoräne Altbabensham-Sillerding-Stettberg-Hohenöd, Wallmoräne Schambacher Holz-Stangenberg S Wang (mit MÜ), Hohenburger Hügelfeld NW Wasserburg, umgrenzt durch die Ortschaften Rieden, Hoheburg, Schlicht, Oedsberg, Hörgen und Weiher: z.T. osartige, schwarmartig zugeordnete Steilkuppen; Fahrhölzlholz-Irlach NW Halfing (bewaldet), Moränenkuppenwall von Törwang - Grainbach, klassisch geformte Lokalmoränenwälle und -landschaften am Großen und Kleinen Jenbach bei der Wirtsalm, bei der Schlipfgrubalm und am Ramboldskaser; Moränenlandschaft bei der Riederalm/Sudelfeld (RO, MB); Oberes Arzmoostal am Sudelfeld/RO, MB: mehrere Moränenwälle, Rundhöcker usw., Gschwendt NE Aschau; Eisrandlage bei Schwarzenbach am Samerberg: an Deutlichkeit kaum zu überbietendes Gletscherdenkmal in ND-Größe, Seitenmoränenwall Atzing-Stupa-Mitterreit-Pfifferloh bei Wildenwart;

**STA:** Endmoränenzug des Weßlinger Ammerseegletscherstadiums Grünsink-Weßling-Schluifelder Wald-Seefelder Wald-Kuchelschlag-Wolfszange (fast durchwegs bewaldet; mit FFB), Endmoränenzug Martinsberg-Unteraltling (nur im N waldfrei; mit FFB), Brunnbergholz-Perchtinger Hirschbühl-Söckinger Alersberg, Moräne E Hadorf, Osterberg b. Unering-Großer Bühl (wertvolle Trockenrasenreste), Galgenbühl b. Frieding-Drößling, Moränenwälle des Rieselberges und Jochelsbühls W Hadorf, dichtgedrängte Moränenwälle bei Hanfeld;

**TÖL:** Stark zerkesselter Irschenhausener Moränenzug zwischen Irschenhausen und Wangen/STA (bewaldet), Gr. Endmoränenzug Beigarten-Ludwighöhe-Deiningener Weiher-Holzhausen-Sonnenham-Fraßhausen-Reuth-Schlickeried-Hackensee (vorwiegend bewaldet), Kesselmoränengebiet Kirchbichl-Schnaitt-Streitberg-Kögl-Schindelberg-Kögelsberg (z.T. offen), Kuppenmoränen bei Untersteinbach;

**TS:** Kirchensurer Moräne Froitshub-Surbrunn, Salzachendmoräne Mönchspoint-Helmberg-Schlaffen-Holzbrunner Wald W Wiesmühl, Steilkuppige Wallmoränenlandschaft Tettelham - Dieperring - Lampertsham, Eisenloh - Hofbauer b. Brüning, b. Asten und Lanzing, Nußdorfer Endmoräne Geißing-Kotzing-Nußdorf-Ost-Litzlwalchener Holz Weidboden-Hub-Grasreiter Holz-Hilleck-Attenmoos-Perading, Moränenzug Erlstätt-Pitzlloch-Aberg-Schmidham-Sondermoning-Siedenberg-Billing-Truchtlaching;

**WM:** Moränenzug von Forst, Moränenbogen Krottenhiller Wald b. Ingenried - Dietfried- Fahrenberg - Pfarrbühel b. Schwabsoien-Schellberg-Höhe 756 N Hohenfurch (z.gr.T. offen), Wall- und Kesselmo-

räne SE Birkland (Sporer-Sachsen-Rehpoint): (weitgehend offen), Ammersee-Endmoräne von Reichling bis Birkland (WM, LL); Wallmoräne Schloßberg-Spittelsberg N Burggen und stark zerkesselte und durchbewegte Wälle von Engenwies NE Burggen; besonders schöne Ausprägung des Weilheimer Rückzugshaltes des Loissachgletschers zwischen Eberfing und Gossenhofen sowie zwischen Peißenberg und Weilheimer Moos/Tankenrain, Wälle zwischen Polling und Oberhausen (weiterer Rückzugshalt des Loissachgletschers).

#### C.1.6.6.2 Jungeszeitliche Tumulus-Landschaften

**Landkreise mit Verantwortung für diesen Geototyp:** EBE, GAP, LL, MB, OAL, RO, TS.

**Schwerpunktverantwortung:** WM, STA, TÖL

"Geradezu vulkanähnlich aussehende Tumuli, die der Endmoräne bei Pähl und Andechs aufsitzen" (EBERS 1939).

**EBE:** Tumulus-Moräne W Unterelkofen;

**LL:** Tumuli E Issing, Vogelsberg;

**MB:** Rückzugsmoränenwälle mit aufgesetzten Tumuli um Hackling, E Großseeham und NW Neukirchen;

**OAL:** mehrfach in den Endmoränenzügen Aitrang-Ruderathofen;

**RO:** NW Kiefersfelden;

**STA:** Kerschbacher Forst N Pähl und Hirschberg, bei Monatshausen, Bäckerbichl und Nachbarkuppen E Erling;

**TÖL:** E Wallgau; im Wampenmoos; W Gilgenhöfe bei Lenggries (hier aber wahrscheinlich Relikte eines alten Bergsturzes), b. Allmannshausen;

**TS:** Tumuli (mit Wacholderheide) bei Unteröd;

**WM:** Südufer Nußberger Weiher, Pähler Hart (Eichenberg, Schalkenberg, Hirschbergtumuli u.a.) siehe STA.

#### C.1.6.6.3 Altmoränenwälle und -reste, alteiszeitliche Nagelfluhen

**Weitere Landkreise mit Verantwortung:** A, AÖ, EBE, ED, FFB, LI, LL, M, MB, MÜ, NU, RO, STA, TÖL, TS, WM

**Schwerpunktverantwortung:** MN, OA, OAL, M, AÖ

Neben den Moränen sind auch einige alteiszeitliche Schottervorkommen aufgeführt. Weitere Vorkommen siehe Teil B.1.6.

**A:** Terrassentreppe des Staufenberges NE Augsburg;

**AÖ:** Altmoränenstöcke, Eschlberg, Hechenberg, Siedelberg bei Burghausen;

**EBE:** Altmoränenwall Frotzhofen-Zorneding; Nagelfluhsteilhänge bei Moosach, Altenburg, Zinneberg, Wildenholzen und Aßling/Büchsenberg;

**FFB:** Parsberg S Puchheim, Mindelmoränenrest Emmertinger Leite;

**LI:** Rißmoränen-Nagelfluhe auf der "Burg" N Simmerberg;

**LL:** Schatzberg bei Dießen: Rest einer zwischeneiszeitlichen Landfläche; ältesteiszeitlicher steiler Kuppenrest des Stoffersberges W Landsberg mit zementartig verfestigter Nagelfluh; mindeleiszeitliche Nagelfluhe mit Druckspalten vom darüber weg-fahrenden Würm-Eis am Gruber Berg bei Dettenhofen; ganz ähnlich: Schloßberg Dettenschwang, Nagelfluhesims unter der weichen Rißmoräne beim Bahnhof Epfenhausen; malerische Nagelfluhfelsen mit autochthonen Föhren an der Bergstraße in Landsberg;

**M:** Noch wallförmige Rißendmoräne NW Hohenschäftlarn, Baierbrunner Rißmoränenwall (incl. Forstenrieder Park);

**MB:** Rißendmoränen bei Otterfing, Föching und Schmidham/MB; Mangfallhang E Grub, im Emholz, N Moosbachmündung (ca. 20 m hoch!), N Thalham; Schlierachhang bei Mangfallüberleitung (überhängend, ca. 20 m hoch); Ortgraben bei Großpienzenau;

**MN:** Falken S Wolfertschwenden (Nagelfluhfelsen; klassischer Punkt der Eiszeitgeologie); Nagelfluhsteilkante mit geol. Orgeln b. Bossarts; Benachbarung von Mindel-, Riß- und Würmmoränen SW Grönenbach; Hochfirst SW Mindelheim (Biber-Eiszeiten); Plattenberg W Mindelheim (Bibereiszeit); Hoher Rain und Kronburg S Memmingen (Donau-Eiszeit);

**OA:** Mindel- u. Rißmoränen N Obergünzburg, Günztalenge, Teufelsküche, Ronsberg N Obergünzburg, steile Nagelfluhwände, "ein kleines Stück alpiner Landschaft im Vorland"; Locus classicus präglazialzeitl. Schotter von B. EBERL; Burger Steige b. Obergünzburg (verwachsen); Altmoränen-"Balkon" bei 1000 m am Prodel-Horn-Nordhang; die Eisobergrenze markierende Altmoränen auf 1220 - 1300 m Höhe am Hoheneck und bei den Scheidmösern bei Thalkirchdorf; äußerste Mindelmoräne als Wall bei den Einöden Brandholz und Maneberg; Doppelwall der Mindelmoräne zwischen Lampolz und Unterwarlins; Rauher Stein am Blender W Kempten (Günz);

**OAL:** Ältesteiszeitl. Moränenreste Schleifhalde bei Waizenried; günzeiszeitl. Moränenverknüpfung; 10-20 m hohe Mindelmoränenwälle bei Dingisweiler und W Oberweiler (826m) zwischen Olarzried und Ronsberg; 20 m hohe Mindelmoräne der Holzheuer Höhe bei Eggenthal; äußerste Rißmoräne bei Hinterschmalholz b. Untrasried; markante rißeiszeitl. Randlagen bei Mittelberg-Upratsberg (893 m), Heimenhalden, Ebersbach; an der alten Bahn b. ehem. Haltpunkt Sachsenriederforst u. b. Frankenhofen u.a.;

**TÖL:** Steile Loissachtalflanke ("Schwarze Wand") N Eurasburg mit Mindelnagelfluhwänden, Süßwassermolassekonglomerat (Pflanzenfossilien) und tertiären Kohleflözchen; Mindelnagelfluhkanten an der Isartalkante E Königsdorf; Mindelnagelfluhkanten und -wände auf der Ostseite des Ascholding-

Eglinger Urisartales (z.T. mit geologischen Orgeln); Günznagelfluhsteilhang unmittelbar NNE Happergerg; Deckenschotterhochkante (alt- und ältesteiszeitl.) an den beiderseitigen Isarhochufeln zwischen Wolf-rathausen und Pullach und zwischen Sachsenhau-sen und Mühlthal/M, TÖL; E Baierbrunn-Buchen-hain beim Klettergarten wahrscheinlich Donau-eis-zeitlich! (JERZ 1987); Steilkante zum Eglinger Tal bei Oberegling;

**STA:** Würmsee-Leiten Rottmanshöhe und Berg; Mühlbachgraben S Starnberg; Neufahrner Trocken-tälchen W Schäftlarn;

**WM:** Geologische Orgeln in älteren Mindelschot-tern 750 m W Bf. Kinsau, Berlachberg und Peiting-er Schloßberg bei Schongau.

Geologische Orgeln und Höhlen in alt- und mittel-eiszeitlichen Nagelfluhen (vgl. Teil E):

**Schwerpunktverantwortung:** MN, TS, M

**Weitere Landkreise mit Verantwortung:** AÖ, EBE, OA, RO, STA, TÖL, WM

Nachfolgend nur wenige Beispiele:

**AÖ:** Hirten und Mankham/Alztal;

**MN:** Bossarts S Ottoberen; Vogelsang bei Ottoberen;

**WM:** Östlich der ehemaligen Haltestelle Sachsen-rieder Forst; W Bahnhof Kinsau;

**RO:** Mangfallhang bei Westerham;

**M:** Isartalnagelfluhen bei Grünwald, Pullach, Baier-brunn ("Klettergarten"); Gleißental b. Deisenhofen;

**TÖL:** Dachshöhlen in Nagelfluhe SW Tölz;

**TS:** Baumburg, Altenmarkt, Peterskirchen etc.

### C.1.6.7 Drumlinfelder

**Schwerpunktverantwortung:** WM, OAL, OA, TÖL (biotisch wie geowiss. gleich bedeutsame Drumlinfelder)

**Weitere Landkreise mit Verantwortung:** LI, LL, RO, EBE, TS, BGL

**LL:** Drumlins bei Paulaberg;

**OA:** Dietmannsrieder, Wildpoldsrieder und Kemp-ten-Altusrieder Drumlinfeld;

**OAL:** Hafenegger Drumlinfeld, Kirchthaler D.;

**RO:** Jakobsberg - Hörmatinger Drumlinfeld;

**TÖL:** Herrnhäuser-Schwaigwaller D., Königsdor-fer Drumlinfeld;

**TS/BGL:** Schmaldrumlins um Wiedenlohen - Holz-hausen - Kemating - Moosen - Schönramer Filz, darunter so landschaftlich denkwürdige wie die Walldrumlins von Stockach und der Wölfelsberg im Schönramer Filz, Lampodinger Drumlinfeld/TS;

**WM:** Eberfing-Bauerbach-Marnbacher D. (größtes und schönstes in Bayern)

**C.1.6.8 Findlinge, erratische Blöcke****Hauptverantwortung:** BGL, OA, OAL, LI, STA**Weitere Landkreise mit Verantwortung:** WM, M, FFB, NU, MN, LL, FFB, TS, RO, MÜ, AÖ, ED, EBE, TÖL, MBFindlings-Häufungsgebiete (mit herausragenden Eiszeitblöcken gespickte Moränen):**BGL:** Ort Königssee - Parkplatz Jennerbahn ("Löwenstein", "Stangersteine"), Leitenbach und Braunreutgraben W Oberteisendorf: aus der Hochhorn-Moränenüberdeckung angewaschenes Blockwerk;**LL:** Steiniger Graben bei Riederau: aus dem Geschiebelehm herausgewaschene Blöcke liegen abgestürzt am Talgrund;**MÜ:** Flanken des südl. Hörndlberges bei Oberreith;**OA:** Gebiet der "Nagelsteine" bei Immenstadt-Görsried/OA;**OAL:** um den Wildbergerhof-Röhrenhalde, Oberschwarzenberg bei Oy-Mittelberg, Ochsenhof-Schmalzhausenstein, Bodelsberg-Ost, Rottachbergvorland NW Zwing, Wolfis-Bechris-N Kühbach-Ruchis, Schmieden, Burgstall-Steinach-Greuth-Kohlenberg-Waxenegg;**STA:** "Das ganze Gebiet nordöstl.am Starnberger See zeigt sich überhaupt sehr reich an Irrblöcken" (AMMON 1894), z.B. Geräumte in der Waldabt. Wadhäuser Gräben, Gebiet um Martinsholzen und Farchach, Perchaer Tälchen;**TÖL:** Schindelberg N Kirchsee: viele Findlinge im Wald, darunter 11 große;**TS:** Blankenberg bei Schnaitsee; Ramgraben S Wang;**WM:** Eierbachgraben: Kantenblöcke aus der angeschnittenen Grundmoräne sammeln sich am Grabengrund.Einzelfindlinge in der freien Landschaft (nur ein Bruchteil der bekannten Beispiele):**BGL:** Schusterstein: 600 m<sup>3</sup>, mit Waldkleinökosystem auf seinem "Hochplateau";**EBE:** Schiefergneis im Egmatinger Forst beim Staatswaldgrenzstein Nr. 261;**ED:** Gneisblock an der Straße Isen - Thalham nahe Waldrand, Forsten;**FFB:** großer Quarzitblock S der Sunderburg an der Amper (angeblich keltischer Opferstein mit Blutrinnen);**FRG:** Reschbachtal bei Finsterau;**GAP:** Am Filzmösl NE Wallgau, Hochmäher zw. Krün u. Mittenwald;**LI:** Größter aller Findlinge: Rheingletscherblock mit urspr. 3000-4000 m<sup>3</sup> aus Triaskalk Ellhofen b. Lindenberg (früher Steinbruch!), Lindau-Hochbuch (Oberreitnauer Str.): 5 x 3 x 3 m, Silvretta-Gneis;**LL:** Granatgneisblock an Flurgrenze WNW Rott; Kieselkalkblock bei Holzhausen NW Rieden; Flyschsandsteinblock in der Ortsmitte von Thaining;**NU:** Block S Hasenmahd (einer der nördlichsten Findlinge des Illergletschers aus Unt. Süßwassermolasse);**OA:** Findlingsgruppe aus Molasse-Nagelfluh (ehemaliger Felssturz vom Rottachberg auf den Illergletscher) bei Moosbach südlich Kempten; 12x4x8m großer Konglomeratbock 800 m S Ermengerst, Weide SW Oberdorf bei Waltenhofen: Weißbachschichten: ca. 180 m<sup>3</sup>, Oberhub SW Altusried: Molassekonglomerat, 5 x 2 x 4 m, Denkelstein 1,5 km E Betzenried am W-Rand Kemptner Wald: größter Allgäufindling aus Kojenschichten, 1300 t schwer und 20 x 8 x 20 m groß! z.T. mit Vegetationsauflage; vorgeschichtliche Kultstätte, Vierecksumwallung; Hohlkehlen und Karsterscheinungen; früher als Steinbruch genutzt; Morauchelstein (= Morchelstein) 1,2 km NNW Bodelsberg aus Kojenschichten, benannt nach morchelartigen Karrenbildungen, Hohlkehlen, 15 x 5 x 8 m, 200 m W Waxenegg bei Sulzberg: 10 x 5 x 8 m, Hohlkehlen, z.T. vegetationsbedeckt;**RO:** Bräundlstein (Phyllitblock) S Kling; Schwarzer Stein Wald Reiten b. Bernau (20 m Umfang), Schiefergneisblock an der Straße Kling - Seehäusl; b. Straß E Wasserburg; SW-Spitze Herrenchiemsee: 12 m hoch; "Grauer Stein" (Gneisgranit) bei Zaglach oberhalb Oberaudorf;**STA:** 2,7 m hoher Block bei Percha; 50 m<sup>3</sup> großer Metabasit im Hofraum der Manthalmühle W Haarkirchen; 15 m<sup>3</sup> großer Quarzglimmerschiefer im Wald S Haarkirchen; Wettersteinkalkblock N Landstetten; 6 m<sup>3</sup> großer Gneis in der Schmelzwasserrinne S Neufahrn;**TÖL:** Hauptdolomitblick Steinsberg N Peretshofen (Waldrand); E Kohlstattalm am Weg zur Tutzingener Hütte; SW Lenggries und W Grasmühle; NE Kochel am Weg Pfisterberg-Benediktbeuern; Buchberghöhe N Stallauer Weiher;**TS:** Bitterstein 750 m W Wintermoning;**WM:** Blöcke aus kieselsäurereichen Unterjurakalke in der Nähe des Waldhauses im Sachsenrieder Forst (Lechtalgletscherzunge zwischen Schongau und Bernbeuren); E Hohenfurch am Weg nach Osteratsau, im Frauenwald; Weiler Rehpuit; Greitern bei Murgnbach.**C.1.6.9 Schotterstufen, Terrassenränder**

Landkreise mit Verantwortung für diesen Geotyp: nahezu alle Landkreise Bayerns;

**Schwerpunktverantwortung:** MÜ, TÖL, WM, LL, BGL, DON, A, AIC, GZ, NU, DLG

Vorkommen siehe Teil D.1.6.

**C.1.6.10 Gletschertore, Trompetentälchen****Schwerpunktverantwortung:** OA, OAL, LL, STA**Weitere Landkreise mit besonderer Verantwortung:** LI, MN, FFB, TÖL, M, EBE, RO, TS, MÜ, AÖ

**LL:** NW Thaining, bei Lengenfeld, zwischen Westerschondorf und Schwifting (Westflanke Ammersee-gletscher, Reichlinger Stadium); Durchbruchsrinne W Bf. Geltendorf;

**OA:** 2 km NE Ziegelberg, "Allgäuer Tor" N Schoren, 1 km SE Reutacker;

**OAL:** 2,5 km E Neugablonz;

**STA:** N Hochstadt, Neufahrner Rinne (im Baierbrunner und Hohenschäftlerner Geräumt die zugehörigen ehemaligen Gletschertore); Waldhauser Gräben;

**WM:** Zwischen Kinsau und Hohenfurch (modellhaft, weitgehend überschaubar); W Burgberg bei Burgen.

#### C.1.6.11 Kamesfelder, in sich geschlossene Eiszerfallslandschaften

**Hauptverantwortung:** WM, RO, TS

**Weitere Landkreise mit Verantwortung:** OAL, TÖL, EBE, STA, MÜ, BGL

**BGL:** Höglwörth;

**EBE:** Netzoser- oder Kragenkamesfeld Elkofen - Dobel: ca. 2 km<sup>2</sup> groß; SW Steinhöring, S Egmatting;

**GAP:** Kames des Schwaiganger-Standes N Ohlstadt, "Im Kochel" S Altenau (Bergsturz);

**RO:** Eggstätter Seen, Weitholz SSE Rechtmehring, Buchseegebiet N Eggstätt;

**STA:** Weßlinger See - Ochsenweide - Ettenhofer Holz - Klausbühl (viele Kleinmoore);

**TÖL:** Kames hart E Wallgau, Buchsee-Stickmoos N Münsing;

**TS:** Seoner Seen, Schnaitseer Seen, Leitgeringer See, Tüttensee, Weidseegebiet S Petting;

**WM:** Osterseegebiet, Ammerknie, S Sindelsdorf (kl. Kameslandschaft), W Schwabbruck.

Oser:

**Hauptverantwortung:** RO

**Weitere Landkreise mit Verantwortung:** WM, EBE, LL, RO, TS, BGL

**BGL:** W-Ufer Abtsee;

**EBE:** Vogelsberg bei Ebersberg (mit großem Nagelfluhblock als Zeugnis eines eingestürzten Gletscherhohlraumes); Egglburger Os; Wasenmeister;

**LL:** Os W Obermühlhausen; NNE Schöffelding?

**RO:** Os am Bleichbachmoos 1,5 km NE Au bei Aibling (eisenbahndammartig); S Autobahn bei Dettendorf; bei Forsting; 7-8 m hoher dammförmiger Hügel in NNW-SSE-Richtung durch Eulener Filze S Aibling: trennt Niedermoore verschiedener Niveaus (485 m/478 m); Os W Halfing;

**TS:** Leitgering; 2 N-S-gerichtete Wälle in der Schotterfläche b. Mooswinkel; am Weidsee bei Petting;

**WM:** Marieninsel im Gr. Ostersee; Sindelsdorfer Os.

#### C.1.6.12 Toteiskessel, Toteislöcher, Kesselfelder

**Schwerpunktverantwortung:** RO, EBE, STA, LL

**Weitere Landkreise mit Verantwortung:** LI, OA, OAL, GAP, MB, TS, TÖL, BGL, AÖ, MÜ, M, WM, FFB, REG

Kesselfelder, stark verkesselte Moränen:

**BGL:** Kesselfeld Weidsee - Lehen;

**EBE:** W Wildenholzen und Doblergraben zwischen Elkofen und Grafing, Egmatinger Forst von Großhelfendorf bis Kastensee: naturschutz wichtigstes Kesselfeld Bayerns, über 200 zum großen Teil nasse bis vermoorte Kessel aller Größenordnungen, Verlandungsphasen und Moortypen, eiszeitliche Reliktpflanzen; Taubenberg E Buch; Kesselmoränen zw. St. Christoph und Haag;

**FFB:** Kesselfeld nahe Rothschaig (vgl. EBERS 1934), Kesselgruben SSE Bf. Grafrath, Ammersee-Rückzugsmoränen um Eresing (mit LL), Kesselfeld N Wildenroth neben B 471 (z.T. durch umgekehrte Pyramidenform außerordentlich auffallend), bei Jensenwang (moränen vorgelagertes Schotterfeld);

**LL:** Hofstettener Kesselfeld (S, E, N des Ortes), Kesselfeld mit vielen Kleinmooren Dachauerberg-Thalhof E Pürgen, Kesselfeld mit vielen Kleinmooren Christelsberg-Jungfernbogen-Siebertasten SW Schöffelding, Kesselfeld mit Kleinmooren Faretshäuser Hölzer-Bärnau N Schöffelding, Grubenfeld bei Eresing, S Stoffen, NW Unterfinning (eines der schönsten in Oberbayern), Egelseegebiet bei Hofstetten und Rott; Kesselfeld b. Roßletten, W Kalvarienberg bei Rott;

**MB:** trockenes Kesselfeld zw. Keilsried und Fuchsbichler E Waakirchen;

**MÜ:** zwischen Gars und Haag, S und SW Wang;

**OAL:** am Schorn S Schweinberg, SW-Rand Wasenmoos NE Pfronten, NW Rettenbach, S Krottenhill, südl. Ortsrand Roßhaupten (trocken);

**RO:** Zwinglerholz und Weitholz bei Babensham, b. Mernham, an der Bahn b. Rimsting, S Mühldorf b. Halfing, N Schambach, Toteisfeld SW Rechtmehring;

**STA:** Schluifelder Wald - Grünsink; Verkesselte Moränen b. Hochstadt, Moränen beiderseits der Wadlhauser Gräben im Wald zwischen Irschenhausen und Wangen (mit TÖL); linear in einer Kette liegende Hohlformen am Außenrand der Würmseegletscherzunge S Neufahrn, wohl durch Auskolkung eines subglaziären Tunneltales entstanden (Subglaziäre Kolke), W und NW Söcking, NW Starnberg, Leutstettener Moräne, Eßseegebiet;

**TÖL:** 2 km SE Degerndorf; N Kirchbichl, Schindelberggebiet-Kirchsee, Kesselmoränen N Ellbach (Wald N Walgerfranz, S Rain), "In der Sauhöhle" SSW Kirchbichl (Wald), N Bf.Reichersbeuern (trocken, offen);

**TS:** NW Seon, Lohholz zw. Pittenhart und Obing, Wald N Rothbuch W Pittenhart, Nußdorfer Kesselmoränen NE Chiemsee, Scheitzenberg SE Ilzham, Wald zw. Windschnur und Thalham W Seon;

**WM:** Gebiet Bodenloser See - Egelsee - Forchenmühl S Burggen; Zerkesselte Terrasse SW Iffeldorf, trockenes Kesselfeld um Steig N Burggen, Borzenwinkel SW Burggen, S Peustelsau, zw. Unterhäusern und Schwaig bei Wildsteig, NE Schwarzenbach SW Wildsteig, Flachmoorsenke W Schwabbruck; S Kinsau.

Mustergültige einzelne Toteishohlformen (außerhalb der o.g. Kesselfelder und Eiszerfallsgebiete):

**EBE:** SE Moosach im Wald;

**FFB:** Zwei modellhafte Toteiskessel E Unteralting, deren Trennrücken einer Gletscherspaltenfüllung entspricht;

**GAP:** Buckelwiesengebiet b. Tonihof;

**LI:** bei Einöde Vogelsang bei Röthenbach (mit Niedermoor);

**LL:** großer, verlandeter Kessel E Issing; Muster-Toteiskessel zwischen Westerschondorf und Unterfinning (Moorzonation); großer Toteiskessel bei Hagenheim: starke Spiegelschwankungen, periodisch ganz austrocknend;

**MB:** Einzelkessel bei Mittenkirchen mit Kleinmoor;

**RO:** Schratzsee b. Soyen;

**TÖL:** NE Degerndorf, zwischen Happerger und Degerndorf, E Jugendherberge Lochen und SE Schlickeried (auffallender Wasserstandswechsel);

**TS:** schöner Einzelkessel W Wolkersdorf, E Hausmann b. Inzell (mit inselartiger Gesteinskuppe);

**WM:** Kesselmoor S Häusern bei Wildsteig: Moor-tiefe: 11 - 12 m; Ghagertslauch;

### C.1.6.13 Buckelfluren, -landschaften

**Hauptverantwortung in Deutschland:** GAP

**Schwerpunktverantwortung:** BGL, OAL, TÖL

**Mitverantwortung:** WM, TS, RO, MB, OA, LI, FRG

Ergiebige, wenn auch keineswegs widerspruchsfreie Datenlage erlaubt detaillierteren Verbreitungsüberblick. Buckelfluren gibt es zwar auch in anderen Karbonatgebirgen des Alpenumkreises (z.B. Slowenische Alpen) und der inneren Alpen (z.B. Pitztal, Südtirol, oberes Lechtal, Inntal), ja sogar entgegen früheren Annahmen auch in Silikatmoränengebieten (z.B. Niedere Tauern/Salzbürger Land, Steiermark) und in ähnlicher Form wohl auch in anderen Hochgebirgen der Erde (z.B. Pamir, Nanga Parbat-Gebiet nach Fotos von G. RITTER), jedoch sind die oberbayerischen (neben den slowenischen Pokljuka-) Vorkommen vielleicht ihr europäischer Schwerpunkt und "locus classicus".

Die ursprüngliche Verbreitung ist leider durch weitgehende Einebnung nur noch in Umrissen rekonstruierbar. Manche der höheren Schotterterrassen, Talalluvionen und Moränen der Alpentäler und manche Drumlinfelder, Terrassen und Grundmoränengebiete im Vorland dürften einst fast durchgehend gebuckelt gewesen sein (vgl. C. 1.8). Dies gilt z.B. für die Iffeldorf-Seeshaupt-Antdorfer Terras-

sen, das Eberfinger Drumlinfeld, die Drumlinfelder westlich des Roßhauptener Speichers, westlich des Hopfensees und zwischen Seeg und Marktoberdorf - allesamt Gebiete, wo noch an vielen Stellen kleinflächige Buckelflurfragmente die ehemalige Großflächigkeit andeuten. In den Berglagen verbirgt der Waldmantel viele Buckelflächen.

Noch in den 1930er Jahren war der Mittenwald - Krün - Wallgauer Talraum mit einer geschlossenen Buckelflur im Umfang von etwa 1200 ha ausgekleidet (H. KRAUS 1982), einschließlich der direkt anschließenden, ebenfalls komplett gebuckelten Kranzberg- und Hirzeneckhänge umfaßte dieser damals größte zusammenhängende Kalkmagerrasen Deutschlands nicht weniger als 2500 ha (KAU & RINGLER 1979). LUTZ (1959) schätzte die bayerischen Vorkommen damals noch auf ca. 20 000 ha, H. KRAUS (1982) auf rund 18 000 ha. Das aktuelle Verbreitungsbild in Oberbayern fassen ENGEL-SCHALK (1971) sowie eine Punktkarte bei RINGLER (1982) zusammen.

Der Erstdurchgang der alpinen Biotopkartierung ergibt einen groben Überblick der 1977 mehr oder weniger intakten Buckelwiesenvegetation (SCHÖBER 1982), der zwar nicht alle Vorkommen beinhaltet und einige der großen Talräume ausspart, aber die Verteilungsrelationen deutlich aufzeigt: Innerhalb der **Gebietskulisse der Alpenbiotopkartierung wurden insgesamt 1 118 ha** erfaßt. Davon entfielen auf das Kranzberggebiet bei Mittenwald-Klais 727 ha, das Aggensteinmassiv/OAL und seine Unterhänge/OAL 150 ha, das Loisachtal/GAP 57 ha, die Vorländer und Talräume des Rauhorn-Hochvogelmassives/OA 56 ha, das Weißbachtal/TS 51 ha. Unter den naturräumlichen Haupteinheiten stechen das Werdenfelser Land mit insgesamt 830 ha und das Vilser Gebirge mit 156 ha heraus.

Im Nationalparkvorfeld Berchtesgaden unterhalb der Almregion kommen nach HAUPT (1982) noch ca. 200 ha offene Buckelfluren auf 4,4 % der landwirtschaftlichen Nutzfläche zusammen. 1953 waren aus Luftbildern mindestens weitere 30 ha nachweisbar. Die Durchschnittsgröße liegt bei 3 ha, die Maximalgröße (Bredler im Loipl) 8,5 ha.

Heute sind die Vorkommen der montanen Stufe (ca. 900 - 1500 m) bei weitem in der Überzahl. Die Almlandschaft ist das wichtigste Refugialgebiet dieser bemerkenswerten Periglazial-, z.T. auch Karsterscheinung. "Almbuckelfluren", die allerdings in der o.g. alpinen Biotopkartierung nicht immer oder auch unter anderen Kartiereinheiten erfaßt worden waren, finden sich durch die ganzen Bayerischen Alpen vor allem in fern- und lokalmoränenüberkleideten Sattelzonen, Hochtälern und Karen, häufen sich aber in BGL, RO, MB und OA (siehe [Abb. C/18](#)).

In den alpinen Talräumen kommen gebuckelte Restflächen heute nur noch in folgenden 7 Teilräumen noch in landschafts(mit)bestimmender Dichte vor: Berchtesgaden-Ramsauer Talräume, Weißbachtal bei Inzell/TS, BGL, Mittenwalder Becken mit seinen angeschlossenen Tälern, Isarwinkel bei Jachenau - Wackersberg - Lenggries - Fleck, Alpenfuß

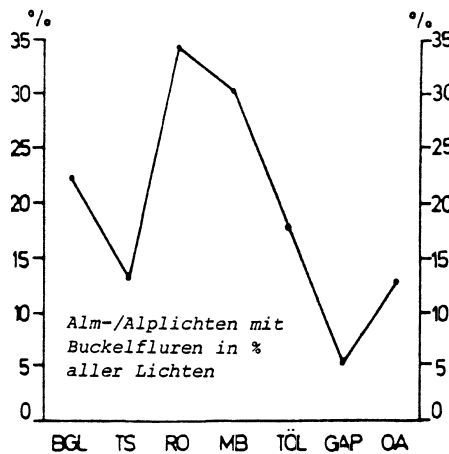


Abbildung C/18

### Relative Häufigkeit von Almbuckelfluren nach Alpenlandkreisen (aus RINGLER 1982)

Dargestellt ist der relative Anteil der alpinen Lichtalmflächen, die schutzwürdige Buckelfluren enthalten. Da die Zahl der Almen von Landkreis zu Landkreis sehr unterschiedlich ist, sagt dies allerdings wenig über die Absolutfläche je Landkreis.

zwischen Weißensee und Pfronten mit Vilstal, Becken von Oberjoch, Hochtallandschaft von Ringang - Freibergsee/OA. Sämtliche Vorlandvorkommen liegen im Südteil der würmglazialen Vorlandvergletscherung mit Schwerpunkten im Isartal und seinen Randterrassen N Tölz, in der Kirchseerinne bis gegen Sachsenkam, im Ammer- und Lechvorland. Aus dem gesamten Inn- Chiemsee- und Salzachvorland sind heute keine Buckelwiesen (mehr?) bekannt.

Wenig bekannt sind die vereinzelt Buckelfluren des Böhmerwaldes, z.B. NNE Finsterau/FRG, deren morphogenetische Zuordnung zu periglazialen echten B. allerdings noch aussteht.

**BGL:** um Antenbichl im Dreieck Hintersee - Taubensee - Ramsau (Heimweiden, Vor- und Nachweide); Hochschwarz-eck (beweidet); Loipl bei Bischofswiesen (Roisler, Bredler); Marxenlehen bei Maria Gern; Kollmann bei Eitenberg; Scharitzkehlalm, Vogelhüttenalm, Mitterkaser (Watzmann), Wasserfallalm, Seeaualm, Saletalm, Grubenalm, Lahneralm, Mordaualm, Bindalm, Mittereisalm, Schwarzbachalm;

**LI:** Buckelfluren b. Unterthalhofen;

**GAP:** Talräume und Unterhänge im Raum Mittenwald-Kranzberg-Krün; Hänge beiderseits der Bahn Garmisch-Klais; Hangfuß des Kramers; Fragmente b. Linderhof (dort aber in Wäldern großflächig), Ammergauer Wiesmahdhänge, Langentalalm, Waldalm;

**MB:** Ankelalm, Bayralm, Bernaualm, Durhammer Alm, Geißalm, Halmeralm, Kellerbauernalm, Kogelthalalm, Kothalm, Königsalm, Obere Krainsbergalm, Luckengrabenalm, Petzinger Alm, Probstalm, Ochsenalm/Valepp, Schlagalm, Schmidalm, Schön-

leitenalm, Untere Schöfeldalm, Spitzingalm, Stockeralm, Stubenalm, Weiße Valeppalm, Wolfsschluchtalm;

**OA:** Gundsbachalpe, Vordere Seealpe, Schratte-wangalpe, Osterbergalpe, Hinterengealpe, Schattwaldalpe, Scheidtalalpe, Hornalpe, Moselalpe, Gschwendersbergalpe, Kammereggalpe, Metzbergalpe, Moosbach I und II, Sonthofer Hof, Reuterwannealpe, Altstädter Hof, Beilenberghof, Hinanger Hof, Vordere Krumbachalpe, Vorderauwalpe, Falkenalpe, Straußbergalpe, Erzbergalpe, Gratvorsäß, Laubgundalpe, Hohenschwandalpe, Hirschbadalpe, Rauhgundalpe, Mitterälpe; Schwandeggalm, Hochsiedelalpe, Kuhschwandalpe, I. Holzschlagalpe, Mittelbergalpe, Hirschgundalpe I, Rappenschwendtalpe II, Schwandalpe I, Vorderwiesle-Alpe, Ornachalpe, Eckl/Älpen-Alpe, Gundalpe, Hinterbachalpe, Kematsriederalpe, Obere Wiedhagalpe, Vordere Wiedhagalpe, Zipfelsalpe, Buckelalpe, Obere Schwanddealpe, Hüttenholzalpe, Ochsenhofalpe, Hintere/Vordere Schwandalpe, Untereggalpe, Seifenmoosalpe, Wildegundalpe, Hofackeralpe, Jugend I-Alpe, Mühleschwandalpe, Riedlealpe, Untere Wirtsalpe, Herzenbergalpe, Kindsbangetalpe, Lochbachalpe, Buralpe, Eibealpe, Eineneckalpe, Vorderhochwiesalpe, Hornbachalpen, Simatsgundalpe, Unterstiegalpe;

**OAL:** Falkensteinvorland, Gebiet zwischen Weißensee und Pfronten;

**RO:** Vogelsang am Sudelfeld; Oberaudorfer Alm, Daffneralm

**TÖL:** SE Wackersberg; b. Wallgau; Jachenau noch an mehreren Stellen; Terrassen SE Königsdorf, Untere Sachenbacher Alm, Grasbergalm, Griesmannleger, Höllenalm, Bergstaffelalm, Kotalm, Peterer Alm, Pessenbacher Alm, Tanner Alm, Walchenalm, Garlandalm, Lärchkogel-Niederleger, Ludernalm, Mooslahneralm, Oswaldalm, Schronbachalm, Adelwartalm, Brunnlochneralm, Vordere Fellalm, Gabrielalm, Lexenalm, Moaralm;

**TS:** Mühlau b. Schleching, Weißbach b. Inzell, Erlbergalm, Oberauer Brunstalm, Gräbenalm, Sotteralm, Jochbergalm, Hauseralm, Branderalm, Klausenalm, Maiergschwendtal, Hemmersuppenalm, Pötschalm, Zwerchenbergalm, Obere Nesselauer Alm, Thoraualm;

**WM:** Hänge bei Sachsenried; Nordrand des NSG Hartwiesen; Drumlins b. Magnetsried.

### C.1.6.14 Periglaziale Trockentäler und -rinnen, fossile eiszeitl. Abflußtäler

Landkreise mit Verantwortung für diesen Geotyp: die meisten Landkreise Bayerns

**Schwerpunktverantwortung wegen außerordentlich schöner Beispiele mit hervorragender Biotopausstattung:** OAL, GAP, MB, M, TS, DGF, LA, MÜ, AÖ (Karsttäler und asymmetr. Täler siehe Teil D.1.6; weitere Periglazialtäler siehe D.1.6)

**A:** Neufnachtsystem (markante Hangrinnensysteme);

**ED:** Lappachtal (markante Hangrinnensysteme);



**GAP:** im Mittenwalder Buckelwiesengebiet: Schmalenseehöhe-Nordhang, Brendten-Nordhang (Unterhang), N Tonihof, W Gerold u.v.a.;

**M:** Ayinger Talzug - Kupferbachtal;

**MB:** Teufelsgraben; markante Periglazialrinnen NW Deisenried, beim Koller N Hundham, W Eben b. Wörnsmühl, Kellpoint b. Parsberg;

**OA:** Nordhang der Adelegg bei Altusried;

**OAL:** Trockenrinnenfächer am Fuß des Falkensteines NE Pfronten; Hangrinnen-Serien N Marktobendorf; b. Niederried N Weißensee; periglaziale Trockenrinnen S Remnatsried (Buchen, Hofstatt, Osterberg, Prachtsried u.a.);

**TÖL:** Markante Trockenrinne zum Isartal SE Königsdorf; Thanninger Tal;

**STA:** Wadlhauser Gräben zwischen Irschenhausen und Wangen.

#### C.1.6.15 Natürliche Glazial-Aufschlüsse (siehe auch Teil B Kap. 1.6)

Wenige Beispiele:

**GAP:** Isarhochufer am Horn bei Mittenwald/GAP;

**RO:** Wasserburger Innschleife (zeitweise mit Erdpyramiden und scharfen Erosionsgraten);

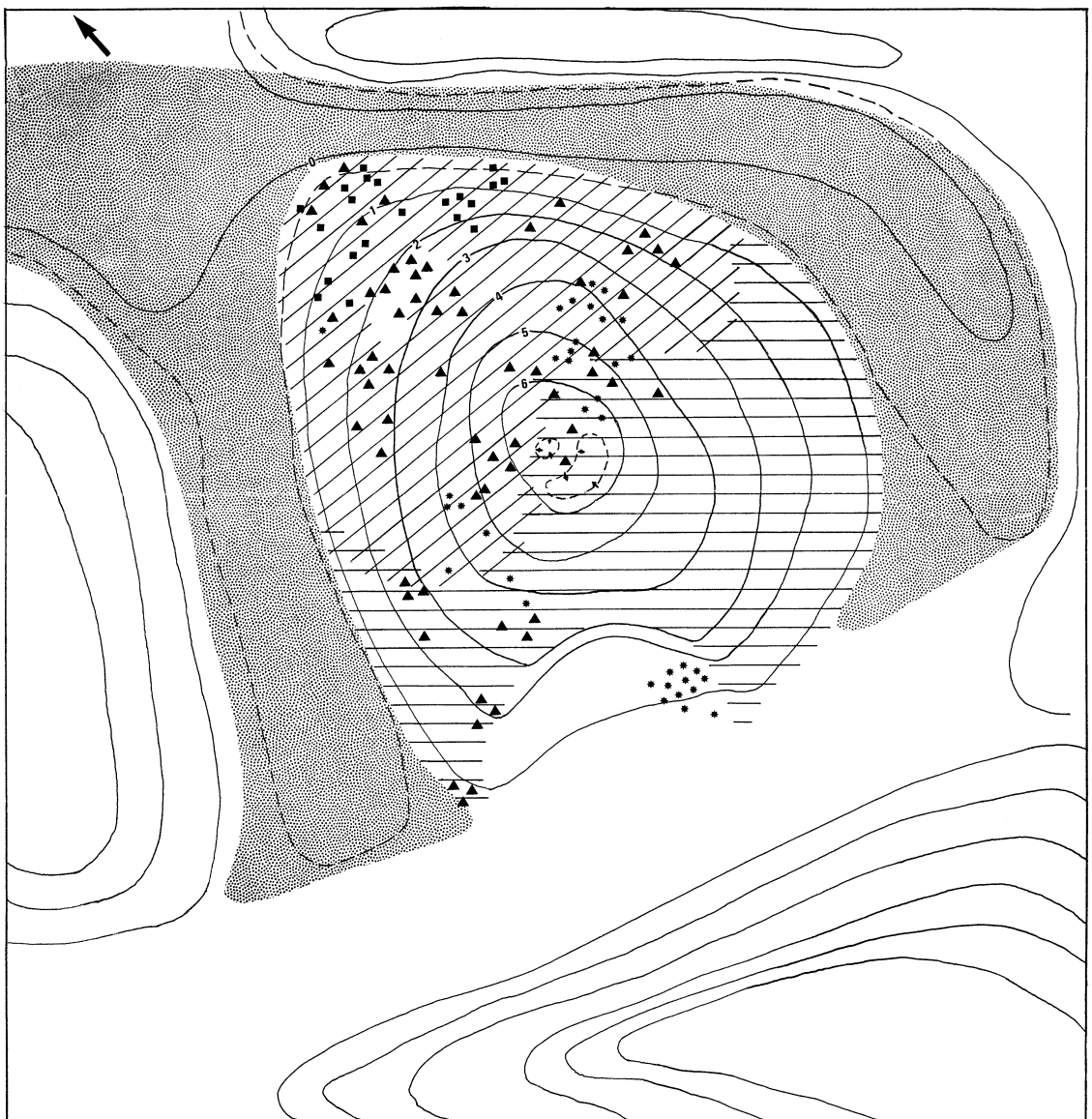


Abbildung C/19

**Expositionsabhängige Verteilung einiger landkreisbedeutsamer Pflanzenarten an einem 6 m hohen und 50m langen Tumulus am Hirschberg/WM (eigene Bestandsaufnahme);**

Horizontalschraffur: *Carex humilis*, Schrägschraffur: *Carex sempervirens*, Dreiecke: *Bellidiastrum michelii*, Quadrate: *Bartsia alpina*, kleine Sternchen: *Gentiana clusii*; Höhenlinien: 1m Abstand; Grauton: Niedermoor. Tumulus identisch mit Foto 6 (Bildteil)

**TÖL:** Weiße Wand S Icking (Deckenschotter, Grundmoräne); Schwarze Wand E Icking ;

**TS:** Mühlberg-SW-Hang bei Waging; Bachanbruch b. Seifen;

**WM:** Graben bei Herzogsägmühle, Talriß der Peitnach bei Peiting; Spätglazialer Seeton; Lechhochufer bei Apfeldorf-Epfach/LL,WM; Hangrutschung beim Litzauer Viehstall am Lech.

### C.1.7 Bedeutung für Naturschutz und Landschaftspflege

#### C.1.7.1 Arten- und Biotopschutz

Viele eiszeitliche Denkmäler sind auch besonders wertvolle (Trittstein-)Biotop. Der eiszeitliche Formenschatz bietet ein reichhaltiges Inventar an Standortbedingungen für Tier- und Pflanzengemeinschaften. Voll- und Hohlformen wie Kames, steile Moränenkuppen, Terrassenränder, Oser, Kesselehänge und Toteislöcher sind letzte Rückzugsräume für Magerwiesen und Grasheiden, naturnahe Waldreste, Kleinsümpfe, Kleinmoore, Bruchwälder, oligotrophe Seen und Kleinseen, dystrophe Moorkolke; vgl. weitere Beispiele im [Kap. C.1.4](#). Das Verbreitungsbild naturnaher Orchideen-, Hainsimsen- und Waldmeister-Buchenwälder stimmt auffällig mit den in [Kap. C.1.6.6](#) genannten herausragenden Endmoränenzonen überein. Viele der bemerkenswerten Biotop auf glazialen Geotopen werden in anderen LPK-Bänden näher beschrieben: II.1 "Kalkmagerrasen", II.8 "Stehende Kleingewässer", II.9 "Streuwiesen", II.19 "Bäche und Bachufer".

Die glazialmorphologische Einheit ist gleichzeitig die Mindest-Schutzinheit des Naturschutzes; in vielen Fällen (z.B. Kare mit Karwänden, Eiszerfallsgebiete, Schmelzwasserrinnen und Trompetentälchen) umreißt sie gleichzeitig die in jedem Fall belastungsfrei zu haltende Mindestpufferzone.

Auffallend häufig fallen im Alpenvorland besonders schutzwürdige Vegetations- und Geotopeinheiten zusammen (Trockenrasen im Ostermoosgebiet N Ohlstadt/GAP, Pähler und Magnetsrieder Hart, Schotterstufen, Toteismoor usw.; siehe [Kap. C.1.4](#)). Hochspezifische Arten- und Gesellschaftsmuster und Ökotope (Grenz- und Übergangssituationen) sind nur den speziellen glaziären Relieftypen und Bodenmosaiken zu verdanken. [Abb. C/19](#) zeigt exemplarisch, wie sich auf einem nur 6 m hohen Tumulus submediterrane oder subkontinentale Arten (z.B. Erdsegge, Rauher Alant, Bienenragwurz) und alpine/ boreal-alpine Arten wie Horstsegge (*Carex sempervirens*), Alpenhelm (*Bartsia alpina*) und Alpenmaßliebchen (*Bellidiastrum michelii*) auf verschiedene Expositionen verteilen.

Einige der morphologisch schutzwürdigsten Drumlinfelder sind Schwerpunkte des oberbayerischen und schwäbischen Biotopschutzes. Sie besitzen den größten Flächenanteil, die beste räumliche Vernetzung und die größte Typenvielfalt von Nieder- und Hochmooren in den betreffenden Landkreisen (z.B. Schwaigwaller Drumlinfeld/TÖL und Marnbach-Magnetsrieder Drumlinfeld/WM). Nirgendwo sonst

sind Übergänge von Mooren zu Trockenrasen bzw. zu Trockenwäldern erhalten geblieben. Die vielleicht deutlichste Übereinstimmung des heutigen Biotopmosaiks mit der glaziomorphen Landschaftsstruktur besteht in der Allgäuer Molasserippenlandschaft (z.B. N Sonthofen, E Immenstadt), wo die hier bandförmigen Moore, Halbtrockenrasen und Naturwaldreste getreulich das Muster der Nagelfluhrinnen und der dazwischenliegenden ausgehöhlten Mergelschichten nachzeichnen.

Die hohe standörtliche Kleinteiligkeit und -vielfältigkeit durchbewegter Glazialformen reduziert die Artenkonkurrenz und erhöht die Zahl der darin vorkommenden Arten (siehe das Beispiel der Buckelwiesen [Abb. C/20](#)). Die dargestellten Arten Akelei, Rindsauge, Großer Wiesenknopf, Breitblättriges Laserkraut und Schwarzwurzel können sich im Buckel-Mulde-Relief auf kleinstem Raum "aus dem Wege gehen".

#### C.1.7.2 Naturgüter, Landschaftswasserhaushalt, Stoffhaushalt

Bewegte Stirnmoor- und Eiszerfallsgebiete sind wichtige Bereiche für die Wasserrückhaltung und Grundwassereinspeisung (oft durchlässige Substrate, viele abflußlose Einmündungen, periodische Wasseransammlungen und stark schwankende Wasserstände, Armut an Fließgewässern). Für vorgelagerte, oberflächlich abgedichtete Altmoor-, Hochterrassen- oder Lößlehmgebiete sind sie wichtige Grundwasserentstehungsorte. Markante Glazialformen teilen die Landschaft in viele Kleinstzugsgebiete auf (am deutlichsten vielleicht in den Endmoränengebieten und eisüberprägten Molasserippenlandschaften des südwestbayerischen Alpenrandgebietes (LI, OA, OAL, GAP, WM, TÖL), wodurch die Entstehung von Hochwasserspitzen gedämpft wird. Auch die fast unzählbaren kleinen Moorbildungen und Versumpfung in den stark durchbewegten Glaziallandschaften (z.B. Molasserippegebiete bei Ottackers-Ried-Burgberg/OAL und zwischen Kohlgrub und Murnau, Endmoräne N Rott/LL, bei Harpfetsham/TS und E Egmatting/EBE) sind Ausdruck des hohen Wasserrückhaltvermögens dieser Gebiete.

Den "Grundwassertransport" von den Jungmoränen in die altglazialen Vorländer und Schotterplatten übernehmen zum erheblichen Teil Schmelzwasserläufe und Trockenrinnen, die ebenfalls z.T. in den Geotopschutzbereich fallen (z.B. Halsbachtal/AÖ, Trockentäler zur Mörn/TS, MÜ, Teufelsgraben/MB, M, Harthauser Tal, Täler im Forstenrieder Park/STA, M).

Talquellen in solchen Talzügen machen den Transport des Wasserschatzes für jedermann sichtbar (z.B. Hachinger Bach/M). Trompetentälchen stellen hydraulische Verbindungen zwischen oft wasserreichen Moränenniederungen südlich der Endmoränenkränze und deren nördlichen Vorländern her (z.B. im Lkr. LL-Ost).

Das Muster von oberflächlichen und unterirdischen Wasserströmungen durch die Landschaft reagiert

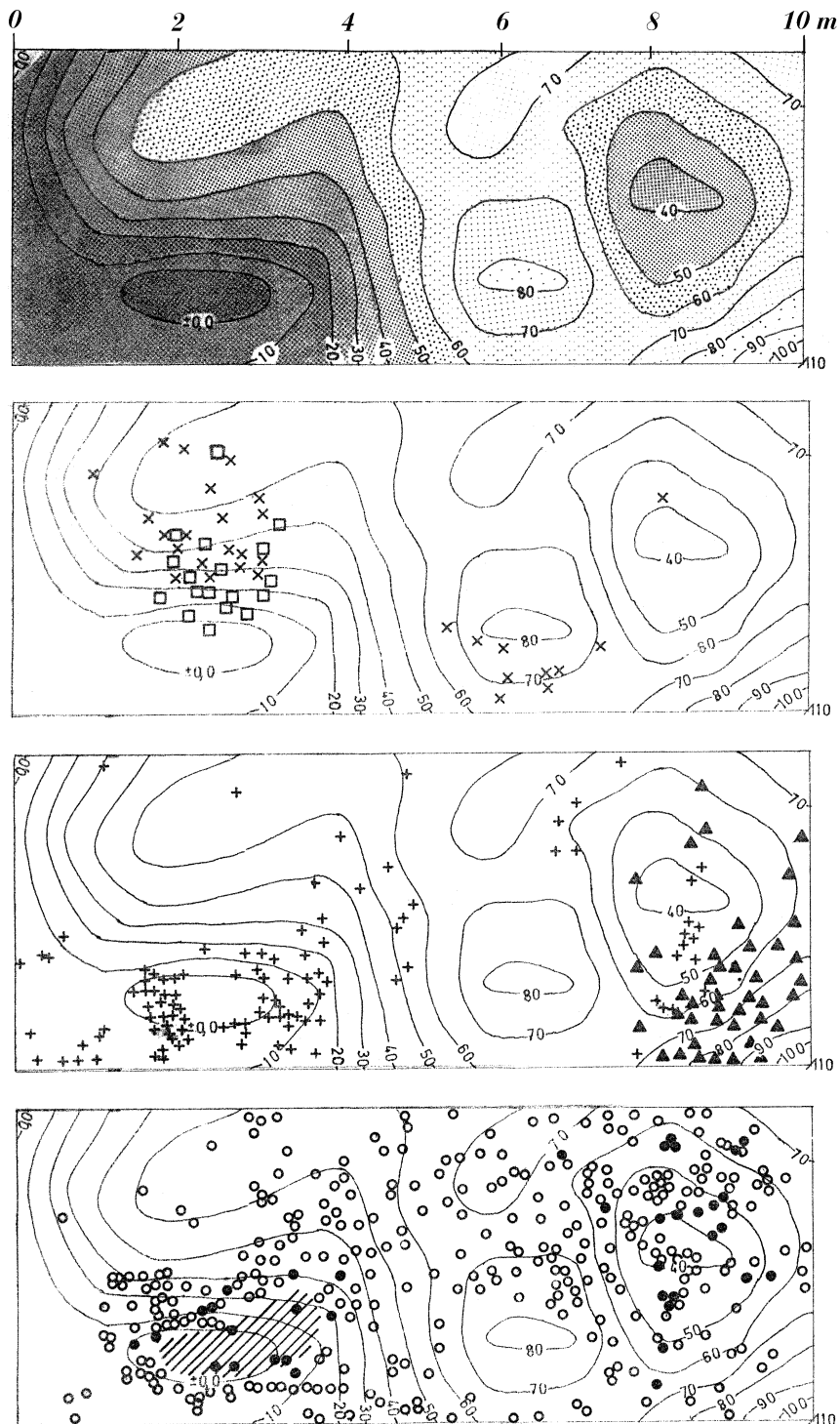


Abbildung C/20

**Verteilung ausgewählter Arten und Reliefierung in einem 4x10 m-Ausschnitt der Buckelwiesen NE Klais/GAP (aus RINGLER 1984)**

Rechteck ist NNW-(oben) SSE-(unten)- ausgerichtet.

Oben: Kleinrelief mit 10 cm-Höhenschichtlinien; Gesamteliefenergie des Ausschnittes: 100 cm, dunkel: Mulde, hell: Buckel.

Obere Mitte: *Buphthalmum salicifolium* (Rindsauge) blühend (Kreuze) und *Aquilegia atrata* (Akelei) (blühend und nichtblühend);

Untere Mitte: *Sangisorba major* (Gr. Wiesenknopf) blühend und nichtblühend (+) und *Laserpitium latifolium* (Breitbl. Laserkraut) nichtblühend (Dreiecke);

Unten: *Scorzonera humilis* (Schwarzwurzel) blühend (schwarze Punkte), nichtblühend (Kreise) und geschlossene Herden (Schraffur).

Der Ausschnitt zeigt u.a. eine deutliche bis strenge Bindung einzelner Arten an Teilstandorte unterschiedlicher Feuchte, Humosität, Basizität und Exposition. Interessant ist auch eine gewisse Kleinstandortsdifferenz zwischen sterilen und fertilen Individuen (z.B. *Scorzonera*).



Abbildung C/21

#### Muster von Schlenken, Fließrinnen und Strängen im Wampenmoos E Kirchbichl/TÖL (aus CIR-Luftbildern)

Auffällig sind Systeme höhenlinienparalleler Schlenken in der Engstelle zwischen 2 Kuppen (rechts oben) und mehrere schlierenartige Schlenken-Abflußrinnen entlang der Hauptachse des Wampenmooses (links unten), die von randzugewandten feinen Schlenkensystemen gespeist werden.

Rechts unten: Lages des Ausschnitts; grau punktiert: Moore zwischen Moränenwällen

Augenfällig wird eine starke Abhängigkeit des Schlenken- und Wasserströmungsmusters von der umgebenden Glazialmorphologie.

aufs feinste auf die Glazialmorphologie. Gut nachvollziehbar ist dies z.B. in unkultivierten, von Tumuli, Rundhöckern und Moränen durchragten Durchströmungsmooren, wie z.B. im zentralen Murnauer Moos, im Bergener Moos und im Wampenmoos bei Kirchbichl/TÖL (siehe [Abb. C/21](#))

Abgedichtete Toteislöcher können selbst im (halb) verfüllten, vorübergehend landwirtschaftlich genutzten Zustand wichtige Neubildungs- oder Regenerationsstellen für Feuchtgebiete und Kleinmoore sein. Bilden sich hier nach dem Zurückweichen der Bewirtschaftung wieder Seggensümpfe, Röhrichte oder gar Moosmoore, so kann Torfbildung (wieder) einsetzen und eine positive Stoffbilanz (mehr Bevorratung als Abbau) sowie die hohe Denitrifikationsleistung (mikrobieller Nitratabbau) von Feuchtstandorten zur De-Eutrophierung der Landschaft beitragen.

Trockene Toteislöcher sind i.d.R. wichtige Fenster zu Grundwasserkörpern. Dies wird besonders deutlich, wenn Fließgewässer in trockenem Toteisformen versitzen (z.B. Egelsee bei Niederseeon/TS).

Mit ihrem enorm feingekammerten Muldenrückhalt (bei gleichzeitig meist versickerungsaktiven Böden) sind Buckelfluren wie sonst vielleicht nur noch intakte Moosmoore auf Wasserrückhaltung einge-

stellt. Schmelzwässer und Niederschläge werden nicht in einem gefiederten, von stauenden Vertiefungen fast freien Vorflutersystem zusammengeführt, sondern quasi in einer riesigen Zahl von Mikro-Niederschlagsgebieten (nämlich den Dellen mit ihren Hängen) dezentral aufgefangen (je nach Bodenart können Pfützen bis 10 Stunden nach einem größeren Regenereignis stehen bleiben), versickert oder verdunstet und am Abfließen in einen Vorfluter gehindert. Für die nachhaltige Wasserspende in Quellen können Buckelfluren und andere Glazialgeotope (aber nicht nur diese) somit lokal wichtige Beiträge leisten.

Sehr steil aufgewölbte Glazialformen stellen ein gewisses Hindernis für Grünschnitt, maschinelle Heuernte und maschinelle Ausbringung von Düngern und Agrochemikalien dar. Der Bauer hat hier die Magerflora zwangsläufig oft geduldet und hält mit dem Mist- oder Güllestreuer aus fahrtechnischen Gründen einen gewissen Sicherheitsabstand.

So hält sich die schutzwürdige Magerflora bisweilen bis direkt zum Hangfuß (siehe dazu [Abb. C/22](#)), während im Randbereich vergleichbarer Magerrasen auf "Nicht-Geotopstandorten" die düngerzeigenden Pflanzen stets viel weiter in die Fläche eindringen. Stark bewegte Glazialreliefs dürften aus diesen Gründen häufig deutlich weniger gedüngt

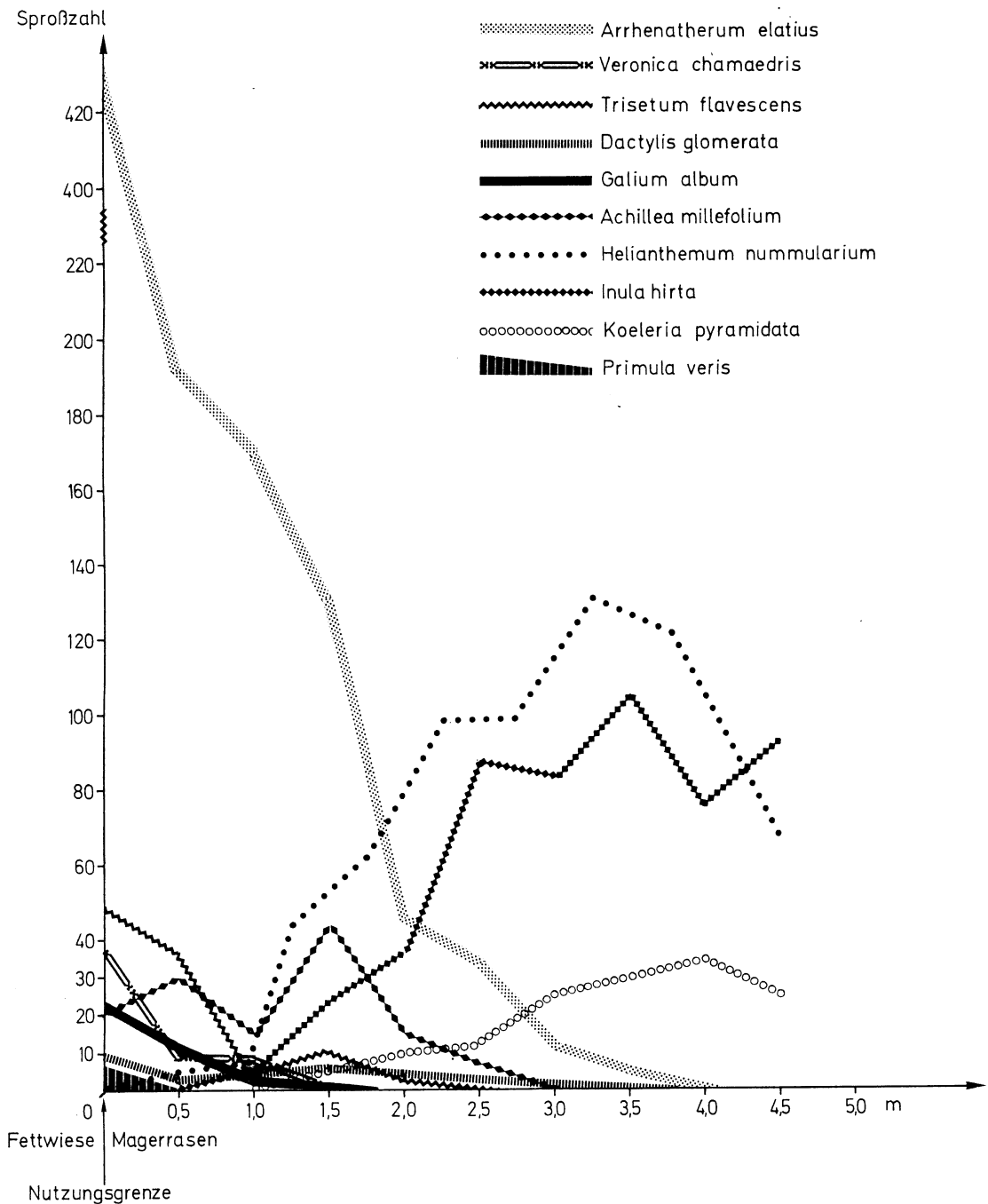


Abbildung C/22

**Verteilung von Fettwiesen- und Magerrasenarten am Rand eines Glazialgeotops am Hirschberg/WM**

Auf einem Transektstreifen vom Fuß eines Tumulus auf den Tumulushang hinauf wurde die Abundanz (Sproßzahl) ausgewählter Düngerzeiger (z.B. Glatthafer *Arrhenatherum elatius*) und Heidepflanzen (z.B. Alant *Inula hirta*) in jeweils 1,0 x 0,5 m großen Transektabschnitten ausgezählt. Schon etwa 2 m oberhalb des Tumulus-Fußes hört der floristisch ausgeprägte Düngereinfluß fast völlig auf. Düngerfliehende Heidepflanzen wie *Inula hirta*, *Koeleria pyramidata* und *Helianthemum ovatum* dringen zumindest spärlich bis fast an den Rand der angrenzenden Fettwiese vor.

und gespritzt werden. Sie wirk(t)en als Intensivierungsbremse und könnten lokal den Stoffeintrag in die Grund- und Oberflächenwässer gedämpft haben.

### C.1.7.3 Landschaftsbild, Naturerleben, Erholung

Jungglazial geprägte Landschaften gehören zu den morphologisch bewegtesten und abwechslungsreichsten Landschaften Bayerns. Ihre Nordgrenze bildet oft auch die Nordgrenze von Fremdenverkehrs- und Naherholungsregionen. Dahinter wird die Landschaft plötzlich "langweiliger", seen- und moorärmer und damit weniger attraktiv. Der reizvolle Wechsel aus verschiedenartigsten Vollformen und Hohlformen mit Kleinmooren, Trockenrasen usw. wartet immer wieder mit Überraschungen auf; ständiges Auf und Ab, bei relativ geringen Höhenunterschieden kommt dem Familienwandern sehr entgegen; im Herbst und Frühjahr betretbare Wiesen faszinieren vor allem Kinder (unvermeidlich auch Motocrosser) durch die bewegte Morphologie. Die im Endmoränengebiet oft besonders windungsreichen Straßen und Wanderwege ziehen Biker und Motorrad-Fans magisch an. Massenhaft aufgesuchte Ausflugsgaststätten und Naherholungsziele, auch Klöster, Sanatorien und Kurkliniken verdanken ihre Attraktivität nicht zuletzt der unmittelbar vorgelagerten, reizvollen Jungmoränen- oder Eiszerfallslandschaft (z.B. Reutberg/TÖL, Ilkahöhe/STA, Iffeldorf/WM, Bauerbach/WM, Linden/TÖL, Maisinger See/STA, Seeon/TS, Stampföschl/MÜ, Lauterbachermühle am Ostersee/WM, Andechs/STA, St. Ottilien/LL usw.).

Die Buckelwiesen enthalten einen Großteil (bis zu 85 %) des gesamten Rasenarteninventars der alpinen und subalpinen Stufe. Wo könnten Touristen und Naherholungsgäste Arten wie Stengellosen Enzian, Mehlprimel, Silberwurz, Nacktstengelige Kugelblume und Arnika eindrucksvoller und "bequemer" erleben als auf den leicht zugänglichen Buckelwiesen?

Eiszeitgeologische Denkmäler bedürfen jedoch einer gewissen Werbung, um ins Bewußtsein der Bevölkerung einzudringen. "Ein Lehrer in einer sehr findlingsreichen Gemeinde fragte mich einmal, ob es wohl bei ihnen auch Findlinge gebe. Und ein in Ostermundigen aufgewachsener Mann war erstaunt darüber, daß es auf ihrem Berg so viele Findlinge gebe und wollte wissen, wo denn die zu finden seien." (SCHMALZ 1979). Derlei Defizite können nur durch systematisch betriebenen Geotopschutz abgebaut werden. Sicherlich steigert die Heraushebung und Etikettierung als Geotope mit entsprechend bekannt gemachten Schutz- und Pflegemaßnahmen den Bekanntheitsgrad und erleichtert damit den Schutz und die Pflege.

### C.1.7.4 Geowissenschaften, Erdgeschichte, erdgeschichtliche Heimatkunde

Für das Erkennen der jüngeren Erdgeschichte spielen Oberflächenformen eine wichtigere Rolle als für alte Erdformationen. Deshalb gibt eigentlich das

gesamte Alpenvorland Einblicke in glaziales Geschehen. Allerdings befördern bestimmte Glazialelemente (eben die oben ausgewählten "Geotope") und Schlüssel-Landschaften in besonderer Weise das Verständnis und Begreifen der jüngsten Erdgeschichte. Ideal ist dabei oft die Kombination mit einem kleineren Aufschluß (der aber Formen nur anritzt, nicht aber zerstört; vgl. Band II.18 "Kies-, Sand- und Tongruben"). Die Erklärung des Isar-Loisach- und Innngletschergebietes zu weltweit gültigen Typusregionen des Würmglazials (Subkomm. Europ. Quartärstratigraphie 1983) zeigt eindringlich den Erhaltungswert des Formenschatzes dieser Gebiete.

Geotopwürdige Moränenauftragungen und Hohlformen sind gleichzeitig oft letzte Erhaltungsgebiete periglazialer Kleinformen wie der Buckelwiesen, die in anschließenden Geländepartien längst planiert sind (z.B. tumulusartige Kuppen beim Roisler W Bischofswiesen/BGL, noch gebuckelte Einhänge der Toteismoores im weitgehend planierten Gebiet "Buckelwiesen" N Mittenwald/GAP, einige gebuckelte Drumlins bei Marbach - Magnetsried und um den Forgensee).

Bayerische Eiszeitgeotope spiel(t)en bei der Aufdeckung der glazialen Vergangenheit eine große Rolle. Südbayerische Findlinge erklärte GRUTHUISEN bereits 1809 mit dem Eistransport. Die Terminologie der verschiedenen Eiszeiten (Würm, Mindel, Günz usw.) hat sich weltweit durchgesetzt. Viele der damit verbundenen Typuslokalitäten (z.B. im schwäbischen Alpenvorland und S München) besitzen zu ihrer landschaftlichen Bedeutung eine gewisse "wissenschaftsgeschichtliche Ehrwürdigkeit". Eine Gedenkplatte für A. PENCK an einem alteiszeitlichen Nagelfluhfelsen am Falken b. Wolferschwenden/MN und der dortige "A. PENCK-Weg" erinnern beispielhaft an die glazialgeologisch besonders aufschlußreiche Landschaft östlich des Illerdurchbruches bei Grönenbach/MN, OA, in der sich zunächst kaum entwirrbare eiszeitgeschichtliche Zusammenhänge leichter aufdecken ließen als anderswo, weil hier die Endmoränen von drei Eiszeiten, Deckenschotterwände, Terrassen und Gletschertore unmittelbar nebeneinander vorkommen, so daß sich dem Beobachter PENCK gerade hier die Gliederung in mehrere Eiszeiten aufdrängte.

Glazialgeologische Sachverhalte erschließen sich oft nicht aus der Betrachtung einzelner Eiszeitdenkmäler, sondern besser aus deren räumlicher Zuordnung. Die Gesteinsart der Findlinge indiziert Eisherkunftsgebiete und Eisstromrouten. Beispielsweise lassen die zwischen Schongau und Bernbeuren zahlenmäßig am stärksten vertretenen Irrblöcke "eine auffallende Hintereinanderreihung roter, kieselsäurereicher Unterjurakalke erkennen (jeweils mit gesteinsartentypischen Karrenfurchen). So liegt der nördlichste davon etwa 1 km E des Waldhauses im Sachsenrieder Forst, der nächste ca. 3,5 km davon entfernt am Aussichtspunkt S Sachsenried, während der dritte Irrblock 9,3 km S davon sich auf der Höhe einer den Haslacher See abdämmenden Rückzugsmoräne befindet" (MICHELER 1953). Solche



räumlichen Muster sind Indizien für die Existenz von Eisstromlinien oder Teilströmen (B. EBERL).

### C.1.7.5 Volkskunde, Kulturgeschichte, Denkmalschutz

Schon auf unsere Altvorderen übten rätselhaftige Eiszeitformen offensichtlich eine besondere Anziehungskraft aus. Solche auserwählten Stätten innerhalb der Glazialmorphologie sind z.B. natürliche Tumuli, denen wiederum künstliche Tumuli (keltische Gräber) aufsitzen, wie z.B. zwischen Pähl und Vorderfischen/WM oder NE Hochschloß Pähl, die keltischen Kultstätten um den großen Findling "Dengelstein" im Kemptener Wald, die Kalvarien- und Galgenberge.

Mit historischen Funktionen belegt sind oft jene Eiszeitformen, die seit altersher wegen ihrer Prägnanz und kulturellen Funktion eigene Namen führen (-bichel, -bühl, -berg usw.), z.B. die vielen "Kalvarienberge", "Lausbichel" bei Buching/OAL, "Im Loch" bei Rottach/OA, "Heumoosberg" (ein Rundhöcker im Murnauer Moos), "Mesnerbichl"/STA, "Weingarten" (sowohl ein schöner Drumlin bei Rothanschöring/BGL wie ein Kameshang bei Seon/TS).

Besonders alte Bäume, Klöster, Kirchen, Kapellen, Schlösser, Burgen, Burgställe und Ruinen krönen häufig solche glazialmorphologisch bedeutenden Stellen oder nutzen sie als Wehrvoraussetzungen (z.B. Hochschloß Pähl auf einem mindeleiszeitl. Nagelfluhausbiß, Speckerturm an der Ratzinger Höh/RO, Ruine Ödenburg NE Thaining/LL, Burgstall am Kalvarienberg b. Bidingen/OAL, die Klöster Reutberg und Andechs, die Rundkirche St. Kolomann bei Iffeldorf/TÖL, die dem altglazialen Hochsporn aufsitzende Kapelle von Kreen/OAL, Berghof/OAL, Wonneberg/TS, Asten/AÖ, Kirchbichl/TÖL, St. Florian bei Wildenwart, Grainbach / RO, Anger/BGL, Neubeuern/RO, Haslach/EBE, Vogelsberg b. Ebersberg, Holzhausen am Würmse/TÖL, Kameslandschaft als Wehrgraben des Schlosses Elkofen/EBE, Kloster Seon, Weidsee/TS).

Jedes dieser und viele andere Denkmäler haben einen bestimmten eiszeitlichen Geotop als Sockel und Vorfeld. Dieser liefert den Orientierungsrahmen für den notwendigen Ensembleschutzbereich in der Denkmalpflege, Landschafts- und Ortsplanung.

Reich an mythischen Assoziationen sind die Findlinge, deren "erratisch-unerklärlicher" Charakter immer schon mit höheren Mächten in Verbindung gebracht wurde (Druidenstein und "Blutrinnen" bei Egmating/EBE und Grafrath/FFB, Schalensteine, Grenzblöcke, sagemumwobene Findlinge wie z.B. Brändlstein/TS mit seinen "Teufelstritten", Grauer Stein bei Oberaudorf/RO). Einige tragen Kreuze, Denksteine und Kriegergedächtnisstätten. In Norddeutschland sind Findlinge eng mit Megalithgräbern verbunden, bei uns tauchen sie als Rundum-Steinsetzungen in Hügelgräbern auf.

Wer noch nie einen der letzten, noch mit Findlingen überstreuten Hügel (also einen flächigen Eiszeit-Geotop) gesehen hat, dem werden die aus unzähligen Silikatblöcken zusammengesetzten Bauernhäuser (nicht nur in Oberbayern, sondern auch in Ostbrandenburg und Polen), Friedhofsmauern, dörflichen Gedenksteine, Backöfen und Kalköfen ein Rätsel bleiben. "Wie sehr die Erratika zum Charakterbild der Jungmoränen gehören, bezeugen nicht wenige aus groben Gesteinstrümmern gefügte Mauern von Kirchen, Friedhöfen, Bauernhäusern und Burgen", sagt MICHELER (o.J.) und nennt als Beispiele Hirsberg/RO, Elsbeth und Straß b. Wasserburg, Linden, Lochen und Großdingharting/TÖL, MÜ, die Ruinen und Burgen Speckerturm b. Hirsberg/RO und Stampfeschlössl/MÜ.

### C.1.7.6 Naturschutzgeschichte

Eiszeitformen standen auch in Bayern (neben anderen Geotopen) mit am Beginn des Naturschutzes. Am 6.3.1857 ordnete das Kgl.Staatsministerium der Finanzen auf Anregung der Kgl. Akademie der Wissenschaften an, daß "seitens der Kgl. Forstbehörden bezüglich des Vorkommens der sogenannten erratischen Blöcke, isolierter Felsstücke älterer Formation, welche in Bayern längs der Alpen teils in Ebenen, teils auf Berggehängen und Höhen zerstreut liegen und bei der Untersuchung des Landes vorzügliche Beachtung verdienen, die erforderlichen Recherchen gepflogen, sodann die geeigneten Notizen und topographischen Momente hierüber gesammelt werden...". Dieser frühe Vorläufer des GEOSCHOB-Programmes ist auch deshalb besonders bemerkenswert, weil er den Impuls des "Unerforschten" und "Unerklärlichen" im frühen Naturschutz deutlich macht (damals war die Glazialnatur dieser Erscheinungen noch nicht erkannt).

Auch die ersten Ankäufe zur Naturkonservierung fanden im Glazialbereich statt: Schon vor der Jahrhundertwende pachtete die DAV-Sektion München den Gletscherschliff bei Berg/STA und zäunte ihn ein, "bis es in anderen, den Bestand des Schliffes gewährleistenden Besitz übergang" (EIGNER 1905). Der Pfälzerwaldverein kaufte nach der Jahrhundertwende u.a. eine "Gletschermühle" an.

### C.1.8 Gefährdung, Rückgang, Zustand

Der oft filigrane eiszeitliche Formenschatz gehört zu den für Zerstörungen und Überformungen aller Art anfälligsten Erderscheinungen. Kleine Elemente wie Findlinge und Gletscherschliffe sowie das Mikrorelief sind natürlich gefährdeter als etwa große Altmoränenwälle oder Trompetentäler, also das Meso-Relief, oder gar das Makro-Relief der Trogtäler, Umfließungsrinnen, Zweigbecken usw. Aber auch ganze Formengesellschaften von Endmoränen, Buckelfluren usw. sind vor allem seit dem 2. Weltkrieg von maschineller Einebnung betroffen.

Bereits 1882 sah BAYBERGER mit Besorgnis die Zerstörung der Glazialspuren (z.B. Findlinge, Gletscherschliffe) durch menschliche Eingriffe im Alpenvorland. "Was würde er erst heute sagen, wo man



durch Sprengungen unbesehen die kostbarsten eiszeitlichen Naturdenkmale immer wieder zerstört" (KRAUS & EBERS 1965, S.99).

Im Rosenheimer Land lagen 1886 "noch ungefähr vor jedem Bauernhaus Findlingsblöcke, von Gräsern und Nesselblättern überwuchert" (FINSTERWALDER 1886). Schon um die Mitte des 19. Jahrhunderts betonten aber GÜMBEL, EMMRICH, SCHMITZ u.a., daß die Verbreitung der Irrblöcke früher eine viel ausgedehntere war (AMMON 1894).

Viele der von ARNOLD (1896 ff.) für seine Flechtenforschungen aufgesuchten Gletscherblöcke südlich München existieren nicht mehr. Allerdings verschwanden die ausgegrabenen oder gesprengten Gesteinsstücke nicht immer spurlos. Soweit die damit errichteten Trockenmauern (vgl. LPK-Band II.12 "Agrotopen"), Bauernhäuser, Backöfen (vgl. Titelfoto in KRAUS & EBERS 1965), Nebengebäude, Gedächtnissteine, Kriegerdenkmäler, Kirchen und Kirchhofmauern nicht übertüncht bzw. abgebrochen worden sind, sind die Blöcke substantiell noch vorhanden, ja zum Kulturelement "veredelt". Am größten waren die Verluste bei den Kalkblöcken, die man leichter zerteilen und zum Kalkbrennen benutzen konnte. Noch 1952 befürchtete SCHILD (zit. nach SCHMALZ 1979) offenbar auf Grund früherer Erfahrungen, daß in der Berner Gemeinde Brienz von den "Findlingen nichts mehr übrigbleiben wird", weil eben die Grundbuchvermessung beschlossen worden sei und zur Marksteingewinnung die Findlinge aufgebraucht werden würden.

Bei großtechnischen Erdbewegungen zutage geförderte und an passende Präsentierplätze (z.B. Rastplätze, Schulgelände, Rand von Kiesgruben) transportierte Blöcke wurden seit den 1960er Jahren relativ immer häufiger (z.B. Böhmerwaldfindling beim Parkplatz im Reschwassertal/FRG, Rosenheimer Südumgehung, Wasserburger Umgebung), lagerichtige Findlinge aufgrund der seit dem 19. Jahrhundert zunehmenden Beseitigung im Agrarbereich aber immer seltener.

Viele der schönsten Kesselfelder und liegen relativ gut geschützt in größeren Waldungen und sind dort zumindest im Staatswald gut geschützt, wenn sie nicht größeren Kiesgruben zum Opfer fallen (wie der Kernteil des Dobel-Kamesfeldes S Grafing in den 1960er und 1970er Jahren, Weitholz SE Rechtmehring) oder durch neue Trassen völlig zerstört werden (z.B. RINGLER 1980). Im Privatwald gelegene Toteislöcher sind allerdings durch Verfüllung, Entwässerung, Einlagerung von Holzabfällen, Bringungsschäden und Aufforstung erheblich gefährdet (siehe auch LPK-Band II.8 "Stehende Kleingewässer"). Toteisformen in der offenen Landschaft wurden dagegen mit zunehmender Mechanisierung und Schlagvergrößerung in der Landwirtschaft immer mehr als Hindernis empfunden. Als spätestens in den 1960er Jahren viel mehr Bauaushub, Bauschutt, Müll, Kiesgrubenabraum, Ernte- und Silorückstände, Abdeckfolien etc. anfielen, verwandelten sich viele der kleineren, nicht gerade voll einsehbar an Hauptstraßen gelegenen Toteislöcher zu wilden Deponien. Zunächst punktuelle Randablagerungen

wuchsen oft zu ringförmigen Abraumkrägen zusammen, die zunächst den äußeren Vegetationsgürtel des Toteisfeuchtgebietes angriffen. Vielfach schritt die Verfüllung aber bis zur kompletten Zerstörung fort (z.B. um Irlham/RO). HARRER (1996) beobachtete in ihrem Untersuchungsgebiet in der Garser Endmoräne, daß leider auch noch 1987 - 1994 erhebliche Müll- und Abraumeinlagerungen in Toteislöcher stattgefunden haben, z.B. bei Anfelden/MÜ.

Einige Kessel wurden durch Durchstiche entwässert, zu Fischteichen ausgeräumt (z.B. Gänsgerbl/MÜ, S Petting/TS), beim Straßenbau verfüllt oder durchschnitten (z.B. A 93 bei Pfaffing, Callabruch im Osterholz NW Wasserburg, vgl. RINGLER 1980). Welche Schwierigkeiten bei Trassierungen durch Toteiswannen auftreten können, zeigt das Absacken der Schüttung beim Neubau der B 304 im Osten von Wasserburg. In vielen wassergefüllten Toteislöchern ist auch ohne erkennbare Entwässerung eine Austrocknung zu erkennen, so etwa in den Weihern bei Maxau/MÜ (HARRER 1996).

Außerhalb von Wäldern sind im Durchschnitt verschiedener Untersuchungsgebiete des Salzach-, Inn- und Würmseegletschers 40-60% aller vermoorten oder als Feuchtbiotop bedeutsamen Toteishohlformen (teil-)verfüllt, entwässert oder sonstwie zerstört (RINGLER 1976, 1979).

Einstmals oft einschürig genutzte Einhänge trockener oder vermoorter Toteislöcher sind heute in der Regel durch Aufdüngung oder starke Beweidung intensiviert oder aufgeforstet. Schutzwürdiges Subrelief innerhalb der Hohlform (z.B. Buckelfluren am Kesselhang) leidet darunter.

Planierungen ganzer Moränenlandschaften: Die Ämter für Bodenkultur und Pflanzenbau (frühere Moorkulturstellen) führten in besonders bewegten, also auch morphologisch besonders schutzwürdigen Moränengebieten vor allem in den 1960er und 1970er Jahren z.T. großflächige Einebungen durch. Anders als in früheren Zeiten standen geeignete Erdbaumaschinen zur Verfügung. Später wurde möglicherweise stärker auf Naturschutzgesichtspunkte Rücksicht genommen und auf Großplanierungen eher verzichtet. Als Beispiele seien erwähnt die Endmoränen und Trockenkessel zwischen Bobenstätt und Giglberg/MÜ (noch 1977 wurde hier eine Großplanierung durchgeführt), sowie das bewegte Gelände bei Maxau/MÜ (2malige Planierung; vgl. HARRER 1996). Fotobeispiele siehe Anhang.

Auch die drumlinoide Wellung der Grundmoräne, zahllose Terrassenkanten von geringer Stufenhöhe, die Kleinmorphologie innerhalb landwirtschaftlich nutzbarer Rückzugsmoränenstaffeln und ähnliche Erscheinungen sind durch moderne Nutzungstendenzen (z.B. Tiefpflügen, Geländeausgleich durch Ackergroßgeräte, optische Verschleierung durch Maisfelder, Aufforstung) substantiell oder visuell beeinträchtigt.

Vollformen sind besonders durch Abbau bedroht. Bei Hörmating und Mühldorf/RO wurden beispielsweise die Ristlinien großer Drumlins weitge-

hend zerstört. Eine einseitige Abgrabung, wie beim Drumlin Höhenberg bei Aschau, hätte dessen landschaftlichen Charakter mehr geschont. Einige der markantesten Endmoränenkuppen und "Tumuli", wie sie in alten Meßtischblättern noch eingezeichnet sind, sucht man heute vergebens (z.B. Nachbarbichel des Bäkerbichl bei Erling/STA). Die unter Moränen und Alluvialgeröll verborgenen subglazialen Auskolkungsflächen (Gletschergärten) wurden durch technische Eingriffe entdeckt, aber teilweise auch vernichtet, z.B. Kiesabbau beim Wimmerkreuz/Reit.i.W/TS, Autobahnbau bei Fischbach/RO.

Moränenwälle, einzelne an sich schutzwürdige Tumuli und Rundhöcker sind unter Neubebauungen ganz oder z.T. verschwunden (z.B. Gmunder Moräne am Tegernsee, Teile der Leitzach-Rückzugsmoräne b. Hausham, Rundhöcker bei Pfronten).

Zunehmend beeinträchtigt eine undifferenzierte, allein das Vorkommen von 6d1-(20c-)Biotopen aussparende Neuaufforstung die Erleb- und Untersuchbarkeit des eiszeitlichen Vollformenschatzes. Kleiner dimensionierte, aber u.U. als eiszeitarchivale Dokumente unersetzliche End- oder Seitenmoränenwälle können ganz oder teilweise zugeforstet werden (z.B. Ufermoräne des Klais-Standes W Klais/GAP).

Bei einigen Glazial- und Periglazialelementen erlauben detailliertere archivalische Unterlagen einen genaueren Einblick in die Zustandsveränderungen des 20. Jahrhunderts. Exemplarisch beleuchtet sei das Schicksal der Buckelwiesen.

Das deutschlandweit größte Buckelwiesengebiet im Raum Mittenwald/GAP geriet ab den 1930er Jahren unter zunehmenden Umwandlungsdruck, der z.T. aus der Verknappung ortsnaher Talgründe durch Militäransiedlung und Fremdenverkehr, z.T. aus dem allgemeinen Rationalisierungs- und Mechanisierungsbestreben resultierte. Meliorationen im peripheren Gemeindebereich, sprich in den bisher aus-

schließlich einschürig genutzten Buckelmähdern, wurden anfangs der 1930er Jahre durch eine Ödlandgenossenschaft (vgl. F 1.8) in Angriff genommen, durch den Reichsarbeitsdienst und nach dem 2. Weltkrieg durch die Bodenkulturstellen weitergeführt. Mehrere Aussiedlerstellen entstanden auf ehemaligem Buckelwiesengelände.

Blieben hier wenigstens größere Bruchstücke bis heute unplanirt, so haben die großflächigen Einebnungen und Kultivierungen des Buckelwiesengebietes zwischen Pfronten und Weißensee/OA nur wenige ha große Restinselchen übriggelassen. Noch in den 1970er Jahren fanden sogar in der Almregion einzelne Buckelflurplanierungen statt.

Kare sind im Hochgebirge zwar als Großform durch den Menschen nicht bedroht, ihre reichhaltigen und kontrastreichen Biotopmosaiken und der geomorphologische Kleinformenschatz können allerdings durch Skistationen, Skiabfahrten, Erschließungen, ja sogar durch almwirtschaftliche Intensivierung empfindliche Einbußen erleiden (Beispiele: Durchbrüche von Karschwellen für Skiabfahrten wie z.B. am Tegelberg/OAL, Planierungen und Moorschädigungen im Grasgehrenkar/OAL). Im Mittelgebirge sind sie besondere Konfliktbereiche des Naturschutzes (Arbersee, Schwarzwald, Vogesen, Riesengebirge). Unterhalb der Gipfelbereiche sind wohl die Karböden die touristischen Anziehungspunkte schlechthin: Eben aus dem Bergwald herausgetreten, erlebt der Bergwanderer hier erstmals die felsige Hochgebirgsszenerie. Dies lockt bisweilen kaum mehr steuerbare Besucherströme an, provoziert weitere biotop- und landschaftsbeeinträchtigende Erschließungen und Trittschäden (Beispiele: Kleiner und Großer Arbersee/REG, Plöckenstein-, Teufels- und Schwarzer See/Sumava, Feldberg im Schwarzwald, Frillensee am Hochstaufen/TS, im Hochgebirge z.B. Nebelhornkar/OA, Dammkar/Karwendel, Hochalmkar an der Alpstipitze/GAP, Schlappoltkar am Fellhorn/OA).

## C.2 Möglichkeiten für Pflege und Entwicklung

"Pflege" von Eiszeitgeotopen bedeutet vor allem anderen rücksichtsvolle Behandlung im Rahmen der Landnutzungs-, Landschafts-, Infrastruktur- und Siedlungsentwicklung und -planung, die die landschaftsästhetische, morphologische und biologische Wirkung des Glazialformenschatzes (wieder besser) zur Geltung bringt (C.2.1 - C.2.5).

Daneben existieren natürlich vielfältige Möglichkeiten der vegetationsbezogenen Pflege und Gestaltung (C.2.6) wie auch der rekonstruktiven Wiederherstellung (C.2.7).

### C.2.1 Erhaltung bzw. Herstellung formangepaßter Flurstückmuster

Anders ausgedrückt: Erhaltung bzw. Herstellung von Flurstücksformen und -mustern, die jeweils ei-

nen wichtigen Glazialbereich zusammenfassen oder umschließen:

- Nutzungshinderliche Hohl- und Vollformen nicht einem größeren, überwiegend ebenen oder flachwelligen Flurstück zuschlagen, was die Verfüllungs- und Einebnungsgefahr drastisch erhöhen würde;
- Toteiskessel im Offenland, Tumuli, isoliert stehende Moränenwälle, Buckelwiesenreste usw. möglichst als eigenes Flurstück oder Gewanne ausweisen und dadurch eine geschlossene formgemäße Bewirtschaftung und Pflege ermöglichen;
- Durch geeignete Parzellenumlegung oder Arrondierung Flächeneinheiten schaffen, die eine geotopgerechte Bewirtschaftung oder Brache erleichtern;

- Verzicht auf Aufteilung von großflächigen, derzeit extensiv genutzten Gemeinheitsflächen in Glaziallandschaften (Genossenschaftsweiden). Die Aufteilung löst eine stärker divergierende Bewirtschaftung auf den neugeschaffenen Parzellen (Aufforstung, Grünland, Acker, nachwachsende Rohstoffe usw.) aus, die das homogene Erscheinungsbild durch harte Randlinien stören.

Wichtiger Umsetzungspartner ist die Ländliche Entwicklung bzw. die Teilnehmergeinschaft eines Verfahrens.

### C.2.2 Förderung geeigneter Nutzungsarten und -verteilungen

- Erhaltung und Wiederherstellung eines Nutzungsmosaik aus Acker, Wiese, Riedwiese/Moor, Heidewiese, Wald und Gewässern, das die Voll- und Hohlformen einer Eiszeitlandschaft in ihrem Erscheinungsbild und ihrer Zuordnung am besten zur Geltung bringt.
- Erhaltung und Wiederherstellung von Dauergrünland oder Brache in stark reliefierten Moränen, die unter Ackernutzung auf Dauer abgeschliffen würden.

Wichtige Instrumente zur Umsetzung sind die gemeindliche Landschaftsplanung, die ländliche Entwicklungsplanung und die gezielte Anwendung des Vertragsnaturschutz- und Kulturlandschaftsprogrammes sowie des Erschwernisausgleichs.

### C.2.3 Zurückhaltende bzw. formsensible Neuaufforstungsplanung und Waldeinrichtung

Standortsensible Forstplanung und Waldentwicklung, in der glaziale Sonderstandorte des trockenen und feuchten Flügels durch unterschiedliche Waldtypen ausgeprägt sind; von entscheidender Bedeutung ist eine sehr behutsame Genehmigungspraxis von Neuaufforstungsanträgen. Hilfreich ist dabei, Glazialgeotope, wie sie in [Kap. C.1.6](#) beispielhaft aufgeführt sind, gleichrangig mit 6 d 1-Flächen in die Beurteilung einzuführen. Zu den Leitbildern der Neuaufforstung in diesem Bereich siehe C.4.2.1.

### C.2.4 Rücksichtnahme bei der Bebauungs- und Infrastrukturplanung

- Vermeidung baulicher Fehlentwicklungen wie die Überbauung ganzer Wallmoränenzüge, Drumlins oder Kames (z.B. Hohenschäftlarn/M, Gmund/Tegernsee oder Wildenroth/FFB);
- Keine Bebauung des unmittelbaren Vorfeldes wichtiger Terrassenböschungen usw.;
- Bewußtere Berücksichtigung wertvoller Glazialformen in der Bebauungs- und Landschaftsplanung;
- Berücksichtigung bei Bestimmungsverfahren für Trassenkorridore, bei Umweltverträglichkeitsstudien und Landschaftspflegerischen Begeleitplanungen (incl. optischem Pufferbereich).

### C.2.5 Ausweisung von Reliefschongebieten

- Aufstellung einer Gebietskulisse vorrangig schutzwürdiger glazialer Teillandschaften, in denen zumindest größere Reliefveränderungen unterbleiben sollten bzw. in denen höhere Ansprüche an eine reliefchonende Bewirtschaftung gestellt werden.
- Sicherung bzw. Reliefveränderungsvorbehalte durch LSG, durch Angabe entsprechender Zonen in der regionalen Landschaftsrahmenplanung (z.B. Abbau-Tabuzonen), in den regionalen Landschaftsentwicklungskonzepten und in der kommunalen Landschaftsplanung.

Reliefschongebiete wurden beispielhaft für die gesamte Planungsregion 18 auf der Basis von Landschaftseinheiten ausgewiesen (Regierung v. Oberbayern; siehe RINGLER 1981).

### C.2.6 Biotoppflege und -regeneration, landschaftsarchitektonische Gestaltung

Viele der besonders auffälligen Glazial-Geotope werden heute von den Bauern nur noch als Pflege-Biotop oder Aufforstungsstandorte, nicht mehr als reguläre Nutzflächen angesehen. Über 20° steile Hänge sind mit normaler Technik nicht mehr nutzbar. Würde man dieser Tendenz freien Lauf lassen, so verschwänden die meisten höher aufragenden, noch waldfreien Moränenkränze und -kuppen, die Kames- und Toteisböschungen, die Oser und Terrassenränder völlig unter Aufforstungen und Sukzessionswäldern. Dies wäre für den "Naturhaushalt" kein Schaden, falls erhaltenswerte Trockenvegetationsreste nicht betroffen wären. In einem wohldefinierten Umfang sollte man dem auch nachgeben (siehe unten). Ein weitgehendes Verschwinden landschaftsprägender Glazialauftragungen und -einsenkungen aus dem offenen Landschaftsbild wäre jedoch fatal; der vielgerühmte Landschaftscharakter des Alpenvorlandes wäre nicht mehr zu halten.

Kleinere Vollformen können durch Bäume, Baumgruppen, kleine Wäldchen und Sträucher überhöht und hervorgehoben werden. Allerdings sollte eine Glaziallandschaft nicht als Spielwiese von Grünplanern mißverstanden werden. Vielmehr entstehen die gewünschten Wirkungen von selbst durch kleinflächiges Aussparen alter kleiner Gruben, Terrassenoberkanten oder einseitiger Kuppenabhänge aus der Pflege und Bewirtschaftung. Interessante Kleinstformen (z.B. Buckelfluren) bleiben nur unter möglichst extensiver Wiesennutzung (Mahd) optimal sicht- und erlebbar. Schon eine intensivere Weidenutzung führt hier allmählich zu einer Nivellierung der Kleinformen durch Abtreten. Wo eine Magerrasenwiederherstellung und anschließende Steilhangmahd nicht möglich ist, können zumindest größere Vollformen, Terrassenböschungen, Trompetentälchen usw. auch unter Weidenutzung ihr charakteristisches Erscheinungsbild behalten. Unter Umständen können Weidegangeln sogar die Hanghöhe besser ermessen lassen.

Auf (ehemaligen) Heidekuppen und -böschungen ist jedoch auch die Wiederaufnahme der Pflege von

verfilzten und verbuschenden Halbtrockenrasenkuppen (z.B. Tumuli Gilgenhöfe/TÖL, Tumulus beim Kogler Weiher und Nußberger Weiher/TÖL, WM, Kuppe im Trogener Moor/LI) sowie eine Regeneration ehemaliger Magerrasen (Beispiel: Pfarrbichel/WM) eine wichtige Option. Düngerfreie Bewirtschaftungsvarianten (BVNP und KULAP) sollten unabhängig von früheren Magerrasen in jeden Falle auf schutzwürdige Glazialformen konzentriert werden.

Bei wichtigen glazialen Großformen (wie z.B. Murnauer Köchel) ist die Art des Bewuchses nebensächlich, da sie durch ihre landschaftliche Dominanz immer zur Geltung kommen, falls sie nicht überbaut oder abgebaut werden.

Hohlformen benötigen im allgemeinen auch dann eine düngerfreie Schutz- und Pufferzone, wenn sie keine nährstoffempfindlichen Naßstandorte enthalten, weil hier bevorzugt die Einsickerung in das Grundwasser stattfindet.

### C.2.7 Rekonstruktion abgebauter Glazialformen, natürliche Neubildung

Eine Sichtung rekultivierter Kiesgruben im Jungmoränengebiet ergab, daß die für den Typus der Eiszerfallslandschaft kennzeichnenden steilen Terrassenhänge sowie die dazugehörigen Ober- und Unterkanten nicht mehr oder nur plump rekonstruiert werden. Eine morphologisch originalgetreue Wiederherstellung scheidet im allgemeinen an der Knappheit geeigneten Auffüllmaterials, aber auch am Wunsch des Bewirtschafters nach maschinenbefahrbaren Neigungswinkeln (GAREIS 1978). Das Mittel der künstlichen Form-Restitution scheidet im

Regelfall aus (siehe auch einschlägige Diskussion in F.3 sowie C.3). Konsequenz daraus kann nur sein, einen formzerstörenden Großabbau zu vermeiden.

Allerdings gibt es auch gelungene Beispiele einer morphologischen Rekonstruktion völlig oder teilabgebauter schutzwürdiger Formen, z.B. die Restauration eines abgebauten Eskers (Os) S Ahrensburg/Holstein mit dem Aushubmaterial einer nahegelegenen Straßenbaumaßnahme (GRUBE 1993).

So skeptisch man grundsätzlich derlei gutgemeintes Tun aus der Sicht einer mehr präventiven als reparativen Naturschutzstrategie beurteilen muß (Kap. A.2), so bleiben doch 3 positive Aspekte, wenn das Material unmittelbar aus der Umgebung stammt:

- Werbung für Erhaltungswürdigkeit eines Glazialelements, Interesse wecken für die künftig sorgfältigere Erhaltung der autochthonen Formen;
- Keine anderweitige, viel schädlichere Verwendung von Erdabraum, z.B. zur Verfüllung schutzwürdiger Abbaustellen oder natürlicher Hohlformen;
- Verkürzung von Material-Transportwegen.

Eine natürliche Neubildung scheidet bei Formresultaten der Eiszeit naturgemäß aus. Lediglich gewisse Periglazialerscheinungen des Gebirges (Frostmusterböden, Frostsortierung, Solifluktionsgirlanden usw.) können sich auch rezent weiterentwickeln (vgl. HAUNER 1985 in der Gipfelregion des Böhmerwaldes mit hohem Nebelniederschlag bei ausreichender Durchfeuchtung des Substrates; alpine Stufe der Kalkhochalpen: *Carex firma*-Rasengirlanden, nordseitige Karhänge auch der subalpinen Stufe, z.B. Ebersberger Alm an der Hochries/RO).

## C.3 Situation und Problematik der Pflege und Entwicklung

Die Berücksichtigung schutzwürdiger Glazialelemente im Naturschutz ist sehr ungleich.

In gewissem Sinne stehen "Findlinge an der Wiege des Naturschutzes" (siehe gleichnamiger Aufsatz von H.J. SCHMASSMANN in "Schweizer Naturschutz" 1978). Schon im 19. Jhd. wurden sie ausdrücklich auch in Bayern in die Liste der besonders denk- und schutzwürdigen Elemente aufgenommen (siehe Teil F Kap. 3).

Landkreise wie TÖL, STA, LL, WM, OA, OAL, LI haben schon seit langer Zeit (z.T. weit) über 10 erratische Gletscherblöcke (neben einigen Tumuli, Stirnmoränenwällen, Terrassenhängen), in ihrer Naturdenkmalliste. Trotzdem präsentieren sich heute auch viele geschützte Findlinge keineswegs optimal (zu stark verwachsen, unter überhängenden Bäumen versteckt, mit Müllbehältern verunziert, durch unmittelbar daneben entstandene Privatgärten oder Straßen an den Rand gedrängt usw.), verlieren einmalige "natürliche Grabhügelfelder" durch Mahdrückzug allmählich ihre Bildwirkung (z.B. Tumuli bei den Gilgenhöfen und am Koglerweiher/TÖL).

Auch einige größerflächige Eiszeitdenkmäler stehen ausdrücklich (auch) wegen ihres erdgeschichtlichen Aussagewertes unter Schutz, so z.B. das Gögerl/WM, der Bäckerbichel bei Erling/STA, die Oster-, Eggstatter und Seoner Seen (wo das "seltene Gefüge einer Eiszerfallslandschaft mit zahlreichen Toteiskesseln, Rücken, Seen und Mooren" geschützt werden soll), das Eggeburger Os bei Ebersberg (LSG), der Tumulus bei Unteröd/TS, die Buckelwiesen bei Ettenberg/BGL, am Plattele/GAP, am Geißschädel/GAP, bei Pfronten-Weißbach/OAL und bei Königsdorf-Geretsried/TÖL, bei denen es auch um die Sicherung der geomorphologischen Besonderheiten und "die für die hervorragende Schönheit des Landschaftsbildes charakteristische Oberflächenform" geht, der Große und Kleine Arbersee mit Karwänden/REG, der geschützte Landschaftsbestandteil "Langer Kögel" im Murnauer Moos/GAP (damit "das durch die Erhebung des Langer Kögels und die umgebende Moorlandschaft geprägte Landschaftsbild erhalten bleibt"), die Flächennaturdenkmale "Toteiskessel bei Häusern" S Wildsteig/WM und das Frohmoos SW Halfing/RO (Schutzzweck u.a. "den Toteiskessel wegen seiner

geologischen Bedeutung in seiner jetzigen Form zu erhalten").

Trotz dieser gutgemeinten, aber vereinzelt Bemühungen muß festgestellt werden: Die Gesamtqualität der erhaltungswichtigen Eiszeitlandschaft kann nicht durch noch so eifrige Schutzgebietsausweisungen garantiert werden. Besorgniserregender als ein Mangel an geowissenschaftlich motivierten Schutzgebieten ist das Defizit an landschaftstypgerechter Pflege, Bewirtschaftung oder auch Tourismuslenkung, aber auch eine noch unzureichende Respektierung im Planungsprozeß (siehe unten). Rechtlicher Schutz allein verhindert nicht automatisch Beeinträchtigungen wie kleinformenverhüllende Hochgras- und Buschbrachen (z.B. Buckelfluren vor dem Falkenstein/OAL und an der Kneifelspitze/BGL), Entstellungen klassisch geformter Toteiskessel durch massive Einhangaufforstung (z.B. Häusern/WM), den naturnahen Waldsonderstandortcharakter beeinträchtigende Holznutzung und Walderschließung (z.B. Köchelwälder/GAP), Endmoränen im Großhaager Forst/MÜ, Doblergraben / EBE).

### C.3.1 Berücksichtigung im Planungsprozeß

Positiv zu konstatieren ist: In alpenvorländischen Bauleit- und Landschaftsplänen tauchen Glazialwassertäler, Terrassenkanten usw. regelmäßig als Begründung für freizuhaltende Grünräume auf, manchmal sogar häufiger als rein landschaftsökologische Argumente wie "potentieller Biotopentwicklungsraum", "Sicherung der Einsickerung ins Grundwasser", "Kaltluftentstehungsgebiet" usw. Dies zeigen z.B. Landschaftspläne für Landsberg, Kaufbeuren und Rosenheim (Terrassenzüge!), Ufing - Murnau (Rückzugsmoränen und Molassehärtlinge!), Seon, Iffeldorf - Staltach (Eiszerfallsformen!), Baierbrunn/M, Ebersberg und Kirchseon/EBE (Stimmoränenkuppen!, Oser!, Toteisverkesselungen!), Haag/MÜ (Wallmoränen, Kessel!) und für viele andere Orte.

Gleichwohl ist der Stellenwert eiszeitlicher und anderer Erddenkmäler in Verkehrsausbauplanungen, in der Kiesabbau(rahmen)planung, in der nicht durch Landschaftspläne qualifizierten Bebauungsplanung, d.h. in der Abwägung mit massiven Konfliktinteressen, vielfach noch zu gering. Das "raumplanerische Geotopdilemma" läßt sich hier etwa folgendermaßen kennzeichnen: Ist ein bemerkenswerter, bereits allein aus geomorphologischen und landschaftsarchitektonischen Gründen erhaltenswürdiger Hügel, ein Tälchen oder ein Kessel nicht als Schutzgebiet (ND, FND, NSG, LSG) gesichert und weist er/es aktuell keine generell geschützten Vegetationseinheiten (6d1) auf, so hat er gegenüber Konfliktinteressen einen schweren Stand und wenig Fürsprecher.

Eine unbeachtete Nebenwirkung heute geltender Planungsgewohnheiten (Abbaurahmenplanung, Rekultivierungszwänge) ist das Aufschlußdefizit im Glazialbereich (siehe auch Teil B). Ergiebige glazifluviale Terrassenschotter, vor allem der Würmeiszeit, sind heute allenthalben im Übermaß großge-

werblich aufgeschlossen. Im Gegensatz zu früher herrschen jedoch Aufschlußdefizite im Bereich der End- und Rückzugsmoränen, der Drumlins (vgl. Teil B Kap.1.8), da fast alle kleineren, die Glazialformen nur ankratzenden, aber nicht zerstörenden Privatabbaustellen geschlossen sind.

Die auf wenige Großabbaubereiche konzentrierten Großaufschlüsse erschließen nur einen relativ geringen Teil aller interessanten glazialen Phänomene. Die Ausweitung der Abbauzonen wäre allerdings die falsche Konsequenz. Nachzudenken wäre aber über die derzeitigen Regularien zur Rekultivierung bestehender oder bereits genehmigter Gruben und eine geringere Behinderung extensiv betriebener Kleinabbau an unbedenklicher Stelle.

### C.3.2 Stellenwert und Engagement in der Bevölkerung

Politischen Funktionsträgern und Anliegern leuchtet der erdgeschichtliche Signalwert ("Hügel markiert den weitesten Gletschervorstoß", "Umrandung eines Gletscherzungenbeckens vor etwa 20000 Jahren", "Füllung einer Gletscherspalte", "ehemaliges Gletschertor" u. dgl.) oft mehr ein als die "modernerne" Argumente des Naturhaushaltes und Biotopschutzes. Innerhalb der ländlichen Bevölkerung stößt man immer wieder auf eine beachtliche Kenntnis assoziierter erdgeschichtlicher Ereignisse, meist ein Verdienst einzelner Lehrkräfte, einzelner Lokalredaktionen wie auch der von Vereinen angebotenen heimatkundlichen Führungen.

Wo markante gletscherbürtige Erhebungen mit lebendigen ländlichen Traditionen verbunden sind (z.B. Johannisfeuer, Winteraustrübung mit herabrollenden Feuerrädern, Kalvarienberge mit Kreuzwegen, Fronleichnamaltäre auf dorfnahen Höhen, traditioneller Festplatz) oder gleichzeitig Burgställe, Klöster, Sakralbauten, Kreuzigungsgruppen usw. tragen, bedarf es im Regelfall keiner hoheitlich-planerischen Einwirkung, um die Schönheit der natürlichen Geländeform ungeschmälert der Nachwelt zu hinterlassen. Bekannte Beispiele sind vollendet in die bewegte Eiszeitlandschaft hineinkomponierte Kapellen (z.B. Stephanskapelle auf Drumlin bei Erling/STA, Heuwinklkapelle bei Iffeldorf auf tumulusartiger Kuppe/WM, Aussichtskapelle von Törwang am Samerberg/RO, St. Floriankapelle bei Wildenwart/RO, Streichenkapelle bei Schleching/TS auf Ufermoränenzug am Achentalhang), Solitärkirchen (z.B. Wieskirche/WM auf einer eisüberschliffenen und grundmoränenüberdeckten Molasseauftragung inmitten eines Moorgebietes, die Kirchen von Elendskirchen und Grainbach/RO auf markanten Rückzugsmoränenkuppen oder die Kirche von Kirchbichl/TÖL an einer Eiszerfallsform) oder gar Kloster- und Schloßanlagen als Bekrönung glazialer Reliefhöhepunkte (z.B. Andechs/STA, Vilgertshofen/LL, Reutberg/TÖL, Schloß Pähl/WM, Schloß Seehaus im Weidsee-Toteisgebiet bei Petting/BGL, Kirchenruine von Jakobsbairern/EBE am Schmelzwassertal, Schloß Elkofen/EBE im Kamesgebiet, alter Burghügel am Hochterrassensporn von Kraiburg/MÜ, Ruine Haus N Tengling/TS auf steiler Endmoräne).

Heimathistorische Assoziationen (Galgenhügel, historische Gerichts- und Versammlungsorte, alte Burgställe, Schwedenschanzen aus dem Dreißigjährigen Krieg usw.) veranlassen Kommunen und Anlieger aus freien Stücken, solche markanten Reliefelemente aus Bebauungszonen- oder Aufforstungsgewannen u. dgl. herauszuhalten.

**Planer tun nach allen bisherigen Erfahrungen gut daran, Reliefqualitäten nicht nur ästhetisch, sondern in heimat- und geohistorischen Zusammenhängen darzustellen.** Die Suche nach derartigen Hintergrundinformationen lohnt sich in der Regel, da sie u.U. mehr Verständnis für eine Nutzungsrestriktion bewirken kann als manche (RL-)Arten- und Biotopinventur, die allerdings deshalb keineswegs überflüssig wird.

Planen einzelne Grundeigentümer im Bereich hervorstechender Glazialbereiche form- oder aussichtstörende Umnutzungen, z.B. größere Außenwirtschaftsgebäude, Lagerplätze oder größere Fichtenaufforstungen, kann es sogar zu heftigen Konflikten mit der Gemeinde und ihren Bürgern kommen, so z.B. im Falle der laufenden Aufforstung der berühmten Ilkahöhe bei Tutzing/STA. Hier sieht sich der Grundeigentümer sogar genötigt, sein Aufforstungskonzept immer wieder in der Öffentlichkeit vorzustellen und Zugeständnisse zu machen.

### C.3.3 Zunehmende Respektierung in der Kulturtechnik und Bodenmelioration

Als einen Akt der Pflege könnte man auch den zunehmenden Verzicht auf Einplanung und Verfüllung unersetzlicher Glazialreliefelemente zumindest im Rahmen staatlicher Förderung und Bodenordnungsverfahren bezeichnen. Die agrarpolitische Wende und die geringere Um- und Neubauneigung in landwirtschaftlichen Anwesen, d.h. ein geringerer Abraumfall, haben diese ermutigende Entwicklung begünstigt. Früher einschlägig tätige Stellen (Ämter für Landwirtschaft und Bodenkultur) haben umgedacht und sich zunehmend auf ihre landschaftliche Sorgfaltspflicht besonnen. Immerhin hatte die Bayerische Landesanstalt für Bodenkultur und Pflanzenbau (vormals für Moorkultur) bereits während des 2. Weltkriegs und in den 1950er Jahren auf Betreiben von H. PAUL und J.M. LUTZ, späterhin auch gedrängt durch die Bayer. Landesstelle für Naturschutz (O. KRAUS) aus Gründen des Arten- und Geotopschutzes einige Kernbereiche des Mittenwalder Buckelwiesengebietes mit besonders schönen Schmelzwasserrinnen aus dem Kultivierungsprogramm ausgespart. E. EBERS, einer Pionierin des glazialformenbezogenen Naturschutzes in Bayern überhaupt, war es immerhin bereits Ende der 1930er Jahre unter schwierigsten Naturschutzrahmenbedingungen gelungen, wenigstens einige kleinere Ausschnitte der großen Pfrontener Buckelfluren aus dem großangelegten Reichsarbeitsdienstkultivierungsprogramm herauszulösen (EBERS 1937b).

Den damals fast unüberbrückbaren Konflikt zwischen Naturschutzwillen und Ödlandkultivie-

rungsideologie mögen einige Zitate aus LUTZ & PAUL (1947, verfaßt allerdings bereits während des 2. Weltkrieges) veranschaulichen. Zunächst betonen die Autoren die außerordentliche Bedeutung des periglazialen Bio-/Geotops und auch dessen Formenheterogenität: "Die Eingliederung der Buckelwiesen in eine großartige Gebirgsumrahmung, der Reichtum an geologischen Einzelbildungen, Groß- und Kleinformen des Diluviums, die imponierende Weite und Ausgeglichenheit der Mähderlandschaft und die Eigenart der Pflanzendecke im Mittenwalder Gebiet sind für das Reichsgebiet etwas Einmaliges und Einzigartiges". Sie verlangen eine "planmäßige, durch naturwissenschaftlichen Sachverstand angeleitete Durchführung der Landschaftsgestaltung". "Man könnte an die Ernennung eines dem Reichslandschaftsanwalt (damals A. SEIFERT; d. Bearb.) unterstellten Landschaftsbeauftragten für die Buckelwiesen denken". Gefordert wird eine "unberührte Erhaltung der für den Nachweis der Buckelwiesenentstehung wichtigen Teile der Landschaft. Da zunächst nur eine Kultivierung der mehr oder minder ebenen Lagen vorgesehen ist, Hanglagen aber im ursprünglichen Zustand belassen bleiben, ist diese Forderung unschwer erfüllbar. Als Beleg sind aber auch Ausschnitte der ebenen Lagen wichtig. Trotz aller durch Flurbereinigung gemachten Aufteilungen des Geländes ist, wo vom wissenschaftlichen Standpunkt aus erforderlich, nachdrücklich auf der Erhaltung solcher Partien zu bestehen!" (LUTZ & PAUL 1947:138).

Man mußte sich also zwangsläufig mit der Aussparung von wissenschaftlichen Belegflächen zufriedengeben. Wenigstens dieses Ziel wurde im Mittenwalder Buckelwiesengebiet teilweise erreicht - obgleich hier die öffentlich geförderten Kultivierungen bis 1974 anhielten-, in den anderen Buckelwiesengebieten, vor allem im Alpenvorland, aber kaum (ENGLSCHALK 1971).

### C.3.4 Pflege im engeren Sinne, Pflegedefizite

Mit der Fragmentierung stark durchbewegter (Peri-) Glaziallandschaften durch Planung und Kultivierung trat allenthalben ein unerwünschter Nebeneffekt ein: die Nutzungsbereitschaft auf den nunmehr von mechanisiert nutzbaren und viel ertragreicheren Flächen umgebenen Restinseln sank rapide. Verbrachung, Verwaldung und teilweise Aufforstung griff auf Restflächen über, die eigentlich zur sorgfältigen Zustandskonservierung von der Kultivierung ausgespart worden waren.

Die Umwandlung von Mähdern in Jungviehweiden führte dazu, daß bemerkenswerte Eiszeitgeotope, die von unbeweidbaren Feuchtbiotopen umgeben sind, ganz aus der Nutzung fallen und verwachsen (z.B. Tumuli bei den Gilgenhöfen/TÖL, Nußberger Weiher/WM).

Ein erheblicher Teil der geomorphologisch noch intakten Areale ist visuell nicht mehr erlebbar, weil der sensengepflegte Mähderassen in dichte Vorwaldstadien oder Fichtendickungen übergegangen ist. Besonders schmerzlich ist diese Entwicklung,

wo Aufforstungsblöcke quer über klassische Schmelzwassertäler hinwegziehen und diese optisch "amputieren", so z.B. bei Grub am Mangfallknie/MB, beim Tonihof bei Klais/GAP und am Fuß des Falkensteins/OAL.

Allerdings brachte der Vertragsnaturschutz in einigen Alpenlandkreisen für einige Glazialgeotypen, z.B. steile Heidehügel und Teile der Buckelwiesen, eine deutliche Zustandsverbesserung. Bald waren allein im Mittenwalder Raum die Flächen von mehr als 80 Landwirten "unter Vertrag" und es konnte wenigstens ein Teil der noch nicht zugewachsenen Buckelfluren wieder in den Ausgangszustand rückgeführt werden.

Manchmal sind Eiszeitgeotope, deren Steilheit eine reguläre landwirtschaftliche Nutzung zunehmend hinausdrängt, Objekt spezieller Pflegearbeiten, wie z.B. Freistellungen halb zugewachsener Findlinge, Bepflanzungen von Findlingen und Kulminationspunkten, Entbuschungen optisch langsam verschwindender Kleinformen. Beispielsweise gilt die regelmäßige Pflegeaktion des Obst- und Gartenbauvereins Pähl/WM am Eichberg, einem einzelstehenden aussichtsreichen Gletschertumulus, weniger dem noch erhaltenen Resttrockenrasen, sondern der prominenten, zum Ammerseebecken vorgeschobene Form, die man "ja nicht verwildern lassen darf". Auch die Buckelflurenpflege, insbesondere des Weißenseegebietes/OAL, des Oberjocher Talraumes/OA, des Ringang-Tales/OA, der Mittenwalder und Berchtesgadener Talräume, ist nicht nur "dem Enzian" und den Pflegezuschüssen geschuldet, sondern auch dem einmaligen Kleinformenmuster, welches schon nach wenigen Brachejahren optisch fast verschwinden würde. Eine kleine muster-gültige Randmoräne mit vorgelagerter Kamesterasse am südöstlichen Ortsrand von Garmisch-Partenkirchen wird durch gezielte Förderung unter extensiver Weidenutzung gehalten.

Für Puffermaßnahmen, die um nasse Toteishohlformen vor allem in den Eiszerfallslandschaften mit durchgehenden Grundwasserkörpern vordringlich notwendig sind, gibt es durchaus vorzeigbare Beispiele, die es verdienen, mehr als bisher nachgeahmt zu werden. So etwa den entschädigten Düngungsstop auf Kames- und Kesselhängen oberhalb kalkoligotropher Toteisseen, Quellgebieten und Mooren im Eggstätter Seengebiet/RO (N Hartmannsberg) und im Osterseengebiet/WM.

Wichtige Teile des glazialen Formenschatzes, z.B. Kare, Rundhöckerlandschaften hochgelegener Eisüberströmungsgebiete, Hochgebirgsmoränen, Strukturbodenformen der alpinen Stufe, bedürfen keiner Pflege, ja meist auch keiner hoheitlichen Sicherung, wenn man von potentiell massentouristisch nutzbaren Bereichen absieht. Dasselbe gilt für naturnahe Waldkessel, für bewaldete Rundhöcker, Kames, Oser oder Drumlins in naturnahen Mooregebieten (z.B. Tumuli im Wampenmoos und Kirchseefilz/TÖL, Wölfelsberg bei Schönram/BGL, steiler Wallrücken im Wald bei den Urschlachquellen nahe Halfing/RO, Kames am Stettner See/RO, Mine-

ralbodeninseln im Irlhamer Moos bei Wasserburg, Wildmoos bei Gilching/FFB). Die in solchen Zonen vorherrschend extensive Weidenutzung (Hochgebirge) und Holzwirtschaft (Vorland) steht meist im Einklang mit den Erfordernissen des Geotopschutzes (jedoch nicht immer mit Biotopschutzbelangen!).

Konflikte können auftreten bei Windwürfen oder Kahlschlägen, die dicht aufgepflanzt werden und in wenigen Jahrzehnten als Fichtendickung oder dichten Stangenholz das Formerlebnis beeinträchtigen. Manchmal tun gutgemeinte "Pflegetmaßnahmen" zuviel des Guten, so z.B. die Ausräumung natürlicher Sümpfe in verlandeten Toteislöchern (z.B. bei Ringham/TS, Limberg/MÜ) und das "Ausschmücken" mit eingebrachten Röhricht- und Wasserpflanzenarten an ebensolchen Stellen.

Ein Gesamtkonzept für die Pflege und Entwicklung eines eiszeitlichen Geotopsystems, das die landschaftsgeschichtliche Entwicklung dieser unterschiedlichen Räume erhalten und aufzeigen kann, ist derzeit nicht erkennbar. Unterliegen Eiszeit-Geotope einer Pflegemaßnahme, so ist das meist zufällig oder gilt meist ausschließlich darauf befindlichen Trocken- und Feuchtbiotopen.

### C.3.5 Probleme der Pflegedurchführung

An sich gut gemeinte Spezialpflege kann bei ungeeignetem Maschineneinsatz kleinmorphologische Schädigungen heraufbeschwören, so etwa fahrspur- und schlegelmäherbedingte Abscher- und Quetscheffekte in den anmoorigen bodensaurigen Molassebuckelwiesen der Murnauer Mulde (z.B. NE Saulgrub/GAP, WM), Zerfahren und unbeabsichtigte Entwässerung von Kalktuff-Quellkuppen in Schichtquellmooren. Zu starke Beweidung und Gangelbildung hat verschiedentlich morphologisch filigrane Terrassenkanten, Buckelungen und andere Mikroreliefqualitäten empfindlich beeinträchtigt.

Die Tendenz zur Rationalisierung und Mechanisierung von Pflegearbeiten, u.a. auch im Rahmen von Maschinenringen, erschwert in orographisch extremen und sehr kleinteiligen Geländeabschnitten eine Behandlung, die auch Mikroformen schont.

Durch Findlingsblöcke und einzelne Steinköpfe bereicherte Buckelwiesen, z.B. bei Ettenberg und beim Roisler im Loipl/BGL sowie Tenseehöhe bei Klais/GAP, werden bei mechanisierter Pflege tendenziell ausgespart und verwachsen.

### C.3.6 Wiederherstellungsversuche nach Totalzerstörung, geomorphologische Wiedereingliederung

Auf diesem Feld herrscht Uneinigkeit. Das "landschaftskonservative", stark ästhetisch orientierte "Lager" plädiert z.T. leidenschaftlich für eine angenäherte oder rekonstruktive Wiederausformung durch Abbau zerstörter Formen oder Landschaften. Demgegenüber verfechten viele Artenschützer und "biotische" Naturschützer den Primat des Sekundär-



lebensraumes Altbaustelle und des Rekultivierungsverzichtes.

GERMAN (1975) sammelt die vor allem in den 1960er und 1970er Jahren in Naturschutz- und Landschaftspflege-Fachkreisen vorherrschenden "konservativen", bis heute nachwirkenden Ansichten (Unterstreichungen durch Bearb.). Diese gehäuften Stellen des Materialabbaues bilden eine Belästigung beim Anblick durch den Naturbetrachter und einen Landschaftsschaden, weil sie die natürlichen Formen der Landschaft im Sinne der Geomorphologie und außerdem die Pflanzendecke zerreißen ... Die bekanntesten Landschaftsschäden sind hohe Steilwände, übersteile Wände, Krater mit seitlichen Sichtblenden, künstliche Hohlformen und der Abbau entlang von Grundstücksgrenzen. Die Hauptursache für den Landschaftsschaden sehe ich in den in der Regel viel zu kleinen Abbauflächen. Der Fachmann erkennt im Gelände meist schnell die ehemaligen Abbaustellen an den unmotiviert auftretenden Oberflächenformen und an Gebüsch- und Baumgruppen am Hang. Im Gegensatz zu den langgestreckten Feldhecken haben sie meist rundliches Aussehen. Es ist eigentlich eine legitime Forderung, daß nach einer Materialentnahme zumindest das normale Erscheinungsbild der Landschaft und ihre Formen wiederhergestellt werden. Nach erfolgtem Abbau muß daher eine landschaftliche (geomorphologische) Wiedereingliederung erfolgen. Ob dies durch "kosmetische" oder durch "landschafts-chirurgische" Maßnahmen erfolgen soll, ist am Einzelbeispiel zu entscheiden. Durch Gesteinsabbau dürfen keine fremden Landschaftsformen entstehen. Beim Endzustand soll das geomorphologische Bild der Abbaustelle nicht auffallen, also kein störender Fremdkörper sein. Gesteinsabbau soll möglichst an wenigen Stellen konzentriert, z.B. großflächig erfolgen, weil zusammenhängende Flächen wieder besser an die Umgebung angeglichen werden können als viele kleine Abbaustellen. Dabei wird ein pockennarbiges Aussehen der Landschaft vermieden. Der völlige oder teilweise Abbau kleiner Landschaftsteile (Berge, Bergkuppen, Bergnasen, Terrassen usw.) kann dem aushöhlenden Abbau vorzuziehen sein. Sofern nur Teile von Bergen usw. abgebaut werden, muß eine Angleichung der Abbaustelle an die Formen der Umgebung erfolgen (meist ist wohl eine erhebliche Abschrägung oder Abstufung der Abbauwände erforderlich)."

Diese Denkweise führte auch in Bayern im Zuge der Abbaurekultivierung zu vielfältigen Versuchen, zerstörte Glazialformen zu rekonstruieren oder "pas-

sende" Ersatzformen zu schaffen. Dabei werden sowohl Terrassenböschungen als auch Moränenkuppen, selten auch Toteislöcher "nachgebaut". Allerdings sind der vorbildgetreuen Sekundärmorphologie material- und folgenutzerbedingte Grenzen gesetzt. In den meisten Fällen werden die ursprünglichen Hangneigungen, Hangknicks, Kanten, Serien konkaver und konvexer Hangteile nicht wieder erreicht. Schon die landwirtschaftlichen Folgenutzungsinteressen sorgen in vielen Fällen für eine Abflachung des Originals und eine abrupte unnatürliche Übersteilung des unplanierten Resthügels (bei der Verpachtung an den Abbaunternehmer mag manchesmal auch die Hoffnung auf nach dem Abbau ebenere Wiesen und Felder eine Rolle spielen). Ehemalige kuppige Aufragungen über Hügelplateaus hinaus werden nicht wieder hergestellt. Das Verfüllmaterial ist im Regelfall nicht mit dem Originalsubstrat identisch, denn "man muß alles nehmen, was kommt und wasserwirtschaftlich einigermaßen unbedenklich" ist. Eine Restitution der physikalischen und geohydrologischen Gesteinseigenschaften, damit auch der originären Wasserspeicher und -strömungen in der Vollform ist prinzipiell kaum erreichbar.

Diese Rekultivierungsrichtung wird seit einigen Jahren mit zunehmender Schärfe von Arten- und Biotopschützern als äußerliche Kosmetik angegriffen. Den Gegensatz der Meinungen illustriert z.B. GÖRNER (1988): "Die genannten anthropogenen Sonderstandorte, zu denen auch Kies- und andere Grubenaufschlüsse zählen, wurden bis in die Gegenwart meist als Wunden in der Landschaft empfunden. Es handelt sich aber um insular auftretende Biotope, deren Wert als Pflanzen- und Tierhabitate, also für den Artenschutz, nicht hoch genug eingeschätzt werden kann."

### Wiederherstellung nach Verfüllung oder Verunreinigung

Verfüllte Glazial-Hohlformen werden bislang nur in jenen Fällen wiederhergestellt, wo Kleingewässer oder Kleinmoore betroffen waren. In mehreren Landkreisen wurden im Zusammenwirken mit freiwilligen Helfern (z.B. BN- und LBV-Gruppen) Teilverfüllungen und Vermüllungen aus kleineren Toteiskesseln ausgeräumt. Eine Pionierfunktion hatte dabei der Lkr. Mühldorf, der auch seit über 10 Jahren in Flugblättern und Aufklärungsveranstaltungen für die Erhaltung des vorhandenen Restbestandes der Sölle und Kleinsümpfe wirbt.

## C.4 Pflege- und Entwicklungskonzept

### C.4.1 Grundsätze und Ziele

#### (1) Erfassung des eiszeitlichen Formenschatzes auch auf regionaler und lokaler Basis!

Selbstverständlich ist die Fortführung und Förderung eiszeitgeologischer und -morphologischer For-

schung und Raumerfassung eine entscheidende Voraussetzung für ein wirkungsvolleres Einbringen dieser Belange in die Raumentwicklung. Vor allem die "einheimischen" Hochschulen sind aufgerufen, die von PENCK, TROLL, KNAUER, EBERL, SCHAEFER, LOUIS u.a. begründete Forschungstradition im nordalpinen Vergletscherungs- und Fluvioglazialbe-

reich nicht in zufallsorientiertes Stückwerk absinken zu lassen. Allerdings genügt es nicht, die Ergebnisse lediglich in wissenschaftlichen Fachorganen zu publizieren oder in ausgewählten Beispielen dem GEOTOPKATASTER BAYERN einzugliedern. Wichtig ist das Herausstellen und Bewerten bedeutender glazialmorphologischer, für Heimatverständnis und -pflege fundamentaler Erscheinungen auch auf regionaler und örtlicher Ebene in jedermann verständlicher Weise.

Örtliche Planungen, wie z.B. der kommunale Landschaftsplan, können und sollten den Informationstransfer von der Fachebene zur Bevölkerung und zur Gemeinde im Rahmen intensiver Bürgerbeteiligung mit übernehmen. Eiszeitmorphologische, allerdings mit anderen ökologischen und heimatgeschichtlichen Informationen verknüpfte Lehrpfade und regelmäßige Führungen können diese Aufgabe sinnvoll flankieren. Auch im schulischen Heimatkundeunterricht sollten diese, vor Jahrzehnten für beschlagene Lehrerpersönlichkeiten selbstverständlichen Unterweisungen wieder aktuell werden.

## **(2) Einschlägige Grundkenntnis von Fachplanern und Naturschutzverantwortlichen verbessern!**

Defizite bei der landschaftsplanerisch angemessenen Umsetzung erdkundlicher, z.B. eiszeitmorphologischer Erfordernisse liegen teilweise auch an mangelnder Vertrautheit, ja manchmal erschreckender Unkenntnis der Fachverantwortlichen. In einer einsömmrigen Gemeindefassung lassen sich die auf den ersten Blick recht komplexen glazialgeschichtlichen Kausalzusammenhänge nicht mehr nachholen, wenn im Landespflegestudium zwar z.B. der Chemismus der Tonminerale, aber nicht die Grundphänomene und Entstehungsprinzipien von Eiszeitlandschaften ausreichend vermittelt werden. Bei den Einstellungs- und Übernahmenvoraussetzungen in den Naturschutzdienst können auch solche Kenntnisse eine Rolle spielen. Die fachtechnische Kontrolle von Planungsergebnissen durch höhere Fachbehörden sollte künftig mehr Gewicht auf die fachlich einwandfreie und angemessen detaillierte Berücksichtigung und Umsetzung solcher Grundlagen legen.

## **(3) Einblick und Grundverständnis in den Gesamtaufbau von Eiszeitlandschaften erleichtert eine über Biotopinseln hinausweisende Naturschutzstrategie!**

Unter den vorherrschenden Finanz-, Personal- und Zuständigkeitszwängen verengt sich praktischer Naturschutzhandeln oft in unbefriedigender Weise auf "Restbiotope". Zeitgemäßer, mit den angestammten Nutzungen kooperierender und biotopverbundorientierter Naturschutz im Alpenvorland braucht aber die gesamtlandschaftliche Perspektive, in der alle edaphischen und morphologischen Teileinheiten jeweils spezifische ökologische Entwicklungsbeiträge leisten. Das durch die Eiszeiten vorgegebene Standort- und Formenmosaik steckt dafür den Rahmen ab (vgl. Grundsatz 2). Seine Berücksichtigung ermöglicht es z.B., daß

"Biotopverbundelemente" nicht nach abgehobenen theoretischen Prinzipien, sondern in landschaftsökologisch und -gestalterisch effizienter Placierung und Verknüpfung entwickelt werden. Geotopschutz und Biotopentwicklung verbinden sich in Eiszeitlandschaften zur unauflöselichen Handlungseinheit.

## **(4) Das Nutzungsgefüge sollte prägende Eiszeitformen nicht verwischen, sondern herausheben!**

Auffällig, erlebniswirksam und in größeren räumlichen Zusammenhängen überblickbar ist das Glazialrelief nur in einer teilweise bis weitgehend offenen, nur gering überbauten und wenig durch Bodenbewegungen umgeformten Kulturlandschaft. Die Eiszeitgeologie hätte in einem gänzlich waldbedeckten Südbayern, in dem Kies- und Lehmgruben fehlen, wohl kaum den heutigen Kenntnisstand erreicht.

Dies ist jedoch kein Lobpreis der Waldfreiheit. Nicht nur aus allgemein landschaftsästhetischen Gründen, sondern auch im Interesse der von den Eiszeiten geschaffenen Landschaftsarchitektur und als "Konservierungsinstrument" kommt es auf den Zusammenklang von Relief, glazial geprägter Standortverteilung und Nutzungs- bzw. Waldverteilung an.

Glaziale Voll- und Hohlformen sollten in ihren vertikalen Konturen (Silhouette im Horizontalblick) und Grundrißlinien (Konturen der Horizontale) erfaßbar und wirkungsvoll bleiben. Biotop-/Nutzungsflächengrenzen sollten in allerdings nicht zu stereotyper Weise solche Geotopgrenzen aufnehmen. Die agrarisch-forstliche Nutzungsintensität sollte im Bereich markanter eiszeitlicher Voll- und Hohlformen mit ihren teilweise marginalen bis extremen (azonalen) Standorteigenschaften deutlich herabgesetzt sein/werden oder teilweise, z.B. in Bruchwaldkesseln und Kesselmooren, ganz eingestellt werden.

## **(5) Auf Einplanieren und Verfüllen von Glazialformen völlig verzichten!**

Bis in die 1970er Jahre, vereinzelt noch bis in die 1980er Jahre, führten die Bodenkulturstellen (Ämter für Landwirtschaft und Bodenkultur) an vielen Stellen des Alpenvorlandes z.T. großangelegte Einebnungen landwirtschaftlicher Nutzflächen durch, insbesondere in außergewöhnlich stark skulpturierten zerkesselten Moränen, Eiszerfallsgebieten und Buckelwiesen, so z.B. E Lengmoos/MÜ, auf gebuckelten Almen in den Tölzer Voralpen, auf der Klais-Krüner Terrasse/GAP und Iffelderter Terrasse/WM. Derartige irreversible Zerstörungen schutzwürdiger Eiszeitdokumente müssen endgültig der Vergangenheit angehören. Kleinplanieren in Eigenleistung (mit dem Planieschild vor dem Schlepper) und das allmähliche Abschleifen kleinteiliger Moränenwellen durch den Pflug sollte durch gezielte Ausnutzung reliefschonender Extensivierungsangebote überflüssig gemacht werden.

Verfüllungen sollten nicht nur in naturdenkmalwürdigen Kesseln, sondern auch in kleineren Hohlfor-

men völlig aufhören. Der Abgang kleinerer nasser und trockener Glazialhohlformen im gesamten Alpenvorland durch Verfüllungen vor allem zwischen 1960 und 1980 war derart einschneidend, daß keine weiteren Toteisformen und Sölle mehr zur Disposition stehen dürfen.

#### **(6) Beim Bodenabbau den prägenden glazialen und fluvioglazialen Formenschatz respektieren!**

Kies-, Sand-, Mergel- und Tonabbau kann in begrenztem Ausmaß und nach naturschutzfachlichen (incl. geotopschutzfachlichen) Kriterien auch in Glaziallandschaften stattfinden. Vergleiche hierzu die Abwägung zwischen Landschaftseingriff und Renaturierungsgewinn nach Abbaueinde bei Rekultivierungsverzicht in LPK-Band II.18 "Kies-, Sand- und Tongruben". Für die Bewilligung oder Versagung von Abbaustandorten und -größen sollten neben biologischen auch geologisch-geomorphologische Kriterien zur Anwendung gebracht werden.

Die Schwere des morphologisch-landschaftlichen Eingriffs bemißt sich nach der Abbaugröße, -form, -positionierung in Relation zum (fluvio)glazialen Formenspektrum. (Biotische Eingriffskriterien siehe aber LPK-Band II.18!) Untragbar ist beispielsweise das "Ausnagen" landschaftsbestimmender fluvioglazialer Terrassenkanten durch Kiesabbau, der Großabbau an einem typischen Drumlin, in einer exponierten Endmoränenkette oder einem kleinteiligen Kleinmoränen- oder Buckelflurenbereich (wie z.B. SE Klais/GAP oder S Seeshaupt/WM). Unvertretbar ist es weiterhin, unersetzliche Glazialformen wegen ihrer landwirtschaftlichen Erschwernis zu opfern. Die sorgfältige Schonung singulärer Mittel- und Kleinformen wie Kames, Oser, Tumuli sollte selbstverständlich sein.

Verbreitetere schutzwürdige glaziale Mittelformen (z.B. Drumlins, Trompetentälchen) vertragen allenfalls kleinflächigen, extensiven Privat- oder Kommunalabbau ohne Expansionstendenz (vgl. LPK-Band II.18, Kap. 4.2.1). Schutzwürdige Kleinformen (z.B. periglaziale Buckelungen, fossile Rutschbuckelhänge an Seetonhängen) sollten überhaupt tabu sein, auch wenn darauf derzeit noch kein schutzwürdiger Vegetationstyp stockt.

#### **(7) Raumteiligkeit des Glazialreliefs bestimmt Pflegegrad und Nutzungsdifferenzierung!**

Teilverwaltung, sparsame Bebauung, ja sogar vereinzelter Bodenabbau sprengen nicht die Gesamtwirkung eines Zungenbeckens oder einer großen Gletscherumfließungsrinne, wie z.B. des Leitzach - Gars - Talzuges. Würde ein Stirrmoränenkranz oder ein Drumlinfeld nicht mehr gemäht und verbuchte punktuell, bliebe seine landschaftliche Wirkung weitgehend erhalten.

Die genannten Veränderungen wären allerdings für ein drumlinoides Kleinrelief oder eine Buckelflur ungleich schwerwiegender. In der Reihenfolge Makro- > Meso- > Mikro-Relief wächst also die Notwendigkeit spezifischer Pflege von Glazialformen. Auch die Differenzierung des Nutzungs- und

Schlagmosaiks in unterschiedliche Intensitätsstufen, Brachephase und naturnahe Flächen sollte möglichst auf die Raumteiligkeit (den Kammerungsgrad) des Glazialreliefs abgestimmt sein.

#### **(8) Eiszeitgeotope und -komplexe in den Gebietskulissen der Förderprogramme und bei der Aufforstungsgenehmigung besonders berücksichtigen!**

Glaziomorphe, für den Erholungs- und Erlebniswert und damit den Fremden- und Naherholungsverkehr oft zentrale Landschaftsqualitäten sind in Förderprogrammen und fachlichen Leitlinien der Bodennutzungen zu "operationalisieren", d.h. Verzicht auf Intensivierung oder Umnutzung sind in Bezug auf nachvollziehbar definierte Landschaftselemente und -typen gezielt zu entschädigen.

Voraussetzung dafür ist eine Ausarbeitung einschlägiger Gebietskulissen für den Anhang der Förderprogramme. Ein Vorstadium solcher Gebietskulissen findet sich in [Kap. C.1.6](#).

### **C.4.2 Handlungs- und Maßnahmenkonzept**

Dem üblichen Schema folgend werden gestalterische Leitbilder entwickelt ([Kap. C.4.2.1](#)) und deren Realisierungswege anschließend skizziert ([Kap. C.4.2.2](#), S. 202).

#### **C.4.2.1 Landschaftsgestalterische Leitbilder**

Die Leitbilder beziehen sich auf die "äußerliche" Grobgestaltung (Erscheinungsbild aus der Ferne, Landschaftsphysiognomie, Wald- und Gehölzverteilung, Bebauungsfreiheit usw.) und auf die Feingestaltung (Bodennutzungsintensität bzw. Vegetationstyp).

Alle in erster Linie gestalterischen Vorschläge geben Zielrichtungen an, sollten also in jeweils landchaftsgerechter Flexibilität und nie schematischstarr angewendet werden. Es sind keine verbindlichen Planungsschemata, sondern Entwicklungsideale, die bei jeder Planungs- und Einzelfallentscheidung als Zielprojektion im Auge zu behalten sind, d.h. in vielen kleinen Schritten über längere Zeiträume realisiert werden sollten.

Wenig Auslegungsspielraum bieten dagegen landschafts- und bioökologische Erfordernisse, wie z.B. Pufferung und Ausmagerung auf bestimmten Glazialstandorten.

Das Darstellungsschema ist dreiteilig: Zunächst werden die Anwendungsräume genannt, dann in Text und Modellzeichnung die Entwicklungsideale umrissen und abschließend Vorzeigebeispiele aufgeführt, wo die vorgenannten Ziele bereits derzeit relativ am besten realisiert sind.

Aus pragmatischen Gründen werden morphogenetisch oben zu Recht getrennte und in [Kap. C.1](#) auch getrennt dargestellte Glazialelemente dann zusammengefaßt, wenn ihre landschaftsarchitektonischen Verhältnisse und landschaftsgestalterischen Erfordernisse relativ ähnlich sind. Dies erspart mehrfache

Wiederholungen der gleichen Teilziele bei verschiedenartigen Formtypen.

#### C.4.2.1.1 Wallartige Jungmoränenstrukturen, modellartige Jung- und Rückzugsmoränenzüge

##### Geltungsbereiche:

Alle Eisrandlagen mit stark hervortretenden Formen.

Solche Gebiete sind z.B.: Warngau-Hartpenninger Isargletschermoränen S Holzkirchen/MB, Wertachendmoränenkränze bei Aitrang - Ruderatshofen/OAL, Salzachendmoränenwälle bei Haus - Roitham/TS, Lechmoränenwälle des Hohenfurcher Stadiums N Schongau, Ammersee-Randmoränenzüge bei Erling-Frieding-Hadorf/STA sowie bei Issing - Thaining - Ludenhausen/LL, steile Bogenwallmoräne des Burggener Rückzugsstadiums/ WM, Rückzugsmoränenkränze auf dem Irschenberg bei Hackling/MB, Werdenfelser Rückzugsmoräne des Schwaiganger-Stadiums N Ohlstadt und bei Apfelbichl/GAP und ähnliche Eisrandmoränenketten im Alpenvorland (weitere Bereiche siehe Kap. C.1.6 und A.1.6).

##### Vorbildlandschaften (annähernd leitbildgerechte Modellbeispiele):

- Rückzugsmoränen und Tumuli am Südrand des Kerschbacher Forstes bei Pähl/WM;
- Moränenarena um das Zungenbecken des Masinger Sees/STA bei Jägersbrunn und im Hochgelände;
- Randmoränen der Weßlinger Gletscherzunge zwischen Hochstadt und dem Höhenberg/STA;
- Waldgebiet zwischen Kogl und Kirchsee/TÖL (für weitgehend bewaldete Endmoränen);
- Wallmoräne des Weilheimer Standes N Eberfing (modellartig mit transparenten Laub- und Nadelbaumgruppen und Solitären überstellt; Magerweiden).

##### Gestaltungs- und Entwicklungsideale:

- Alle geomorphologisch angepaßten, die Reliefstruktur betonenden oder überhöhenden Wald-Offenland-Muster, d.h. Waldrandlinien, erhalten und die vorhandene Kleinteiligkeit der Waldverteilung nicht vergrößern, d.h. bei Neuaufforstungen oder Rodungen größte Vorsicht walten lassen, orographische und landschaftsästhetische gleichrangig mit biologischen Beurteilungskriterien (6d1) heranziehen, auf jeden Fall die Neuschaffung längerer linearer Waldränder vermeiden;
- bei Walderweiterungen nicht nur 6d1-Fragmente, sondern die für deren Arrondierung und Erweiterung notwendigen flachgründigen sonnseitigen Verbindungsbereiche aussparen;
- den Aufbau gestufter, naturnaher Waldrandzonen unter Einfluß magerer Gras- und Staudensäume forcieren und damit auch eine gewisse Waldrandfixierung unterstützen (weitere Empfehlungen siehe Abb. C/23, S. 188).

Wallartig geschlossene, an Versteilungen und Kleindepressionen reiche Stirn- und Rückzugsmoränen- girdanden sind Vorzugsstandorte für die Ausmagerung von Fettwiesen, d.h. die Wiedergewinnung einst verbreiteter "bunter Bauernwiesen" (z.B. magerer Glatthaferwiesen, im nördlichen Isar- und Lechgletscherbereich Salbei-Glatthafer-wiesen, im Inngletscherbereich auch schwach bodensaurer Pechnelken-Glatthaferwiesen, im alpennahen Rückzugsmoränenbereich auch magerer Goldhaferwiesen) und Kalkmagerrasen.

Oberste Priorität haben dabei relativ durchlässige Schuttmoränen (sandig-kiesig-blockige Moränen der äußeren Haupteisrandlagen), in denen meist noch Restartenpotentiale der Kalkheiden, naturnahen voralpinen Trocken-waldtypen (z.B. Orchideen-Buchenwälder, Mehlbeeren-Kiefern-Buchenwälder) und Bauernwiesen verstreut sind.

Sie sind als **Schwerpunktachsen eines das ganze Alpenvorland durchziehenden, wenn auch nicht korridorartig geschlossenen Trockenverbundsystems** vorzusehen (vgl. Abb. C/24, S. 190). Dafür sind sie nicht nur aus edaphischen und floristisch-botanischen Gründen prädestiniert, sondern können auch wegen ihrer engen räumlichen Verknüpfung mit den nordwärts abstrahlenden, meist steilhängigen Schmelzwassertälern, deren Steiflanken und Nagelfluhwänden mit den endmoränentypischen Trockenstandortarten in einen Populationszusammenhang gebracht werden (der früher bestand oder z.T. heute noch fragmentarisch existiert).

##### Beispiele:

Potentielle Trockenstandortverknüpfung zwischen den Lechendmoränenwällen bei Bernbach - Bidingen - Ingenried/OAL und den Trockenhängen der Kaltentalrinne sowie des Reichling - Issing - Hagenheim - Hofstettener Moränenzuges/LL und den Trockenhängen des Lechtales N Schongau, der Vilgertshofener Rinne, der Eglinger-, Epfenhausener- und Penzinger Talzüge.

#### C.4.2.1.2 Typische Drumlins, Drumlinfelder

##### Geltungsbereiche:

Bei Sonthofen-Ofterschwang/OA, Tannenbühl-Drumlinfeld N Lechbruck/OAL, WM, Wagegger Drumlinfeld SW Hopfensee/OAL, Drumlins zwischen Halblech und Roßhauptener Speicher/OAL, Eberfing Drumlinfeld/WM, Herrenhauser Drumlinfeld W Geretsried/TÖL, Ostermünchen-Ellmoosener Drumlins/RO, Schönram-Lampodinger Drumlinfeld zwischen Waginger See und Tittmoninger Becken/TS (weitere Lokalitäten siehe Kap. A.1.6 und C.1.6).

##### Vorbildlandschaften (annähernd leitbildgerechte Modellbeispiele):

- Drumlins bei Lachen - Hegratsried/OAL;
- Drumlins zwischen Hartkapelle und Magnetsried/WM;
- Brunnenberg bei Marnbach/WM;

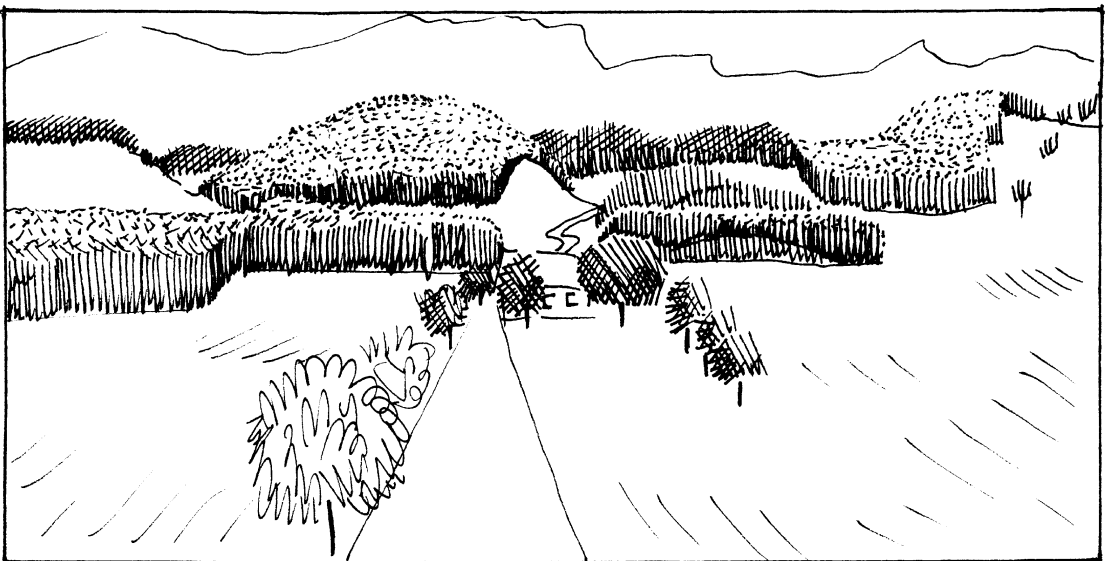
**DENKBARE IDEALGESTALTUNG****UNGÜNSTIGE GESTALTUNG**

Abbildung C/23

Gestaltung von Jungendmoränenketten (Abbildungsbeschreibung auf S. 189).

- Drumlin-Moorgebiet bei Babenstuben/TÖL (hoher Waldanteil);
- Drumlin-Moorgebiet SW Hohenkasten/WM (hoher Waldanteil).

Gestaltungs- und Entwicklungsideale:

Im wesentlichen gelten auch hier die Vorschläge aus [Kap. C.4.2.1.1](#). Zusätzlich sind aber bei vielen Drumlinfeldern folgende morphologische Grundmerkmale zu berücksichtigen:

- Zwischen einer weitgehend ebenen Basisfläche und den relativ scharf "daraufgesetzten" Walfischrücken besteht oft eine relativ scharfe Trennlinie, die häufig mit den Moor/Mineralbodengrenzen zusammenfällt;
- eine rhythmische, auf Lücke stehende Wechselfolge eines wiederkehrenden Hügelformtyps schafft ganz eigentümliche, außerordentlich reizvolle Staffelungseffekte und Mehrfach-Kullissenwirkungen (z.B. Blick von Magnets-



**Abbildungsbeschreibung zu Abb. C/23, S. 188****Oben:**

Mögliche **Idealgestaltung**, die sich auszeichnet durch

- Waldverteilungsmuster verdeckt nicht den glazialmorphologisch vorgegebenen Silhouettenverlauf; zusammenhängende Waldgürtel der Endmoränenzonen lassen einen Teil der meist besonders steilen und xerotherm getönten Südabdachungen frei:  
Abnahme der Nutzungsintensität vom ebenen Vorland (z.T. Ackerbau, größere Schläge) über die vorgelagerten kleinwelligigen Moränen (Dauergrünland, mäßig intensiv bis extensiv, möglichst wenige Großschläge) zu den geotopwürdigen und dominanten, äußerst bewegten Wallmoränenketten (möglichst extensives Dauergrünland, z.T. Magerrasen und Brachparzellen);
- morphologiegerechte Flurgehölzstruktur: im vorgelagerten Intensivbereich sind Gehölzstrukturen spärlicher und dann überwiegend linear an Schlaggrenzen und Wegen orientiert, im durchbewegten Moränenbereich sind sie entsprechend der ständig wechselnden Kleinmorphologie sehr dispers (Baumgruppen, Solitäräume, buchtige Waldgrenzen, kleine Kuppenwäldchen, Gebüschinseln);
- Waldungen im geotopwürdigen typischen Endmoränenbereich sind möglichst naturnah: deutlich verlängerte Umtriebszeit, autochthone Baumartenzusammensetzung mit Buchendominanz und Einzelstamm- oder Plenternutzung schafft recht durchsichtige, z.T. hallenartige Wälder mit mäßiger Stammzahl, die auch im Waldesinneren den eindrucksvollen Reliefcharakter (z.B. Findlingsstreunungen) kaum verschleiert; Fichtendickungen und dichte Stangenhölzer werden vermieden; feuchte, anmoorige und moorige Senken tragen ungenutzte Bruch- und Moorwälder.

**Unten:**

Gestaltung **ungünstig**, weil

- prägende Moränensilhouette teilweise durch ungünstige Waldverteilung verschleiert, zu einförmige und zu linear begrenzte Aufforstungsgewanne;
- ein Großteil der für Hutbaumstrukturen und Magerwiesen prädestinierten Steilhänge aufgeforstet ist;
- der Kulturgradient zwischen Vorland und Steilmoränen aufgehoben ist; die Agrarintensität ist kaum mehr geomorphologisch und standörtlich abgestuft (in der Skizze nicht darstellbar);
- Fichtendickungen und Stangenhölzer dominieren und verhüllen das Moränenrelief weitgehend

ried/WM nach Süden auf die Schmalseiten der Drumlins).

Hieraus ergeben sich folgende zusätzlichen Gestaltungsziele (vgl. auch [Abb. C/25](#), S. 191):

- Konturenwirkung der Hangfußlinien erhalten und möglichst nicht mit Aufforstungsblöcken, Siedlungseinheiten und größeren Baukörpern verstellen.
- Soweit Drumlins bereits (teil)bewaldet sind oder teilaufgeforstet werden, sollten die Waldgrenzen oberhalb des Hangfußes haltmachen, diesen aber keinesfalls überschreiten.
- Den morphologischen Landschaftscharakter völlig umkehren würde eine zunehmende dichte Bewaldung der Senken (z.B. in den vielen ausgetorften Mooren oder brachgefallenen Streuwiesen) bei gleichzeitiger Freihaltung der Rücken, die dann oft nur wenig über den Baumwipfelhorizont emporragen würden.
- Idealer Waldstandort: Schopffartig um den Kulationspunkt des Drumlins (im Regelfall im Südteil) konzentriert, dadurch Überhöhung der typischen Längsprofilform des Drumlins (man beachte aber nächsten Punkt).
- Soweit möglich, die proximalen (SW-SE-exponierten) Steilanstiege der Drumlin-Schmalseite wenigstens teilweise waldfrei halten (Vorzugsstandorte für die Magerrasenwiederherstellung).

Zur "Feingestaltung" klassisch geformter Drumlins gehört:

- Holznutzung so extensiv halten oder gestalten, daß der für viele Drumlingegebiete charakteristische expositionsbedingte Wechsel der Waldgesellschaft (z.B. Pfeifengras-Kiefernwald am W-Hang, Waldmeister-Buchenwald am Osthang) bestehen bleibt oder wieder gefördert wird.
- Rückführung gebuckelter Drumlinflanken in ein 1-schüriges Management (z.B. bei Marbach und Magnetsried/WM, bei Rieden/OAL); hier liegen immerhin die alpenfernsten Buckelwiesenvorkommen Bayerns!
- Erhaltung und weitgehende Offenhaltung der meist west- bis südwestseitigen Kulturterrassen, die in manchen Drumlingegebieten an den kleinteiligen Ackerbau bis etwa 1955 erinnern (z.B. bei Haunshofen/WM, Görisried/OAL, Vogtareuth/RO und Lampoding/TS).
- Konsequentes Ausmagerungsmanagement der Rankenböschungen durchführen.
- Ranken eventuell durch heckenartige Sukzessionsstreifen oder unregelmäßig-reihenförmige Bepflanzungen in ihrer landschaftlichen und Biotopwirkung optimieren und stärker konturieren.

#### **C.4.2.1.3 Rundhöckerlandschaften im Alpenvorland, sonstige markante Einzelhügellandschaften**

##### Geltungsbereiche:

Hier sind heterogene Glaziallandschaften mit Sondercharakter zusammengefaßt, die ebenso wie

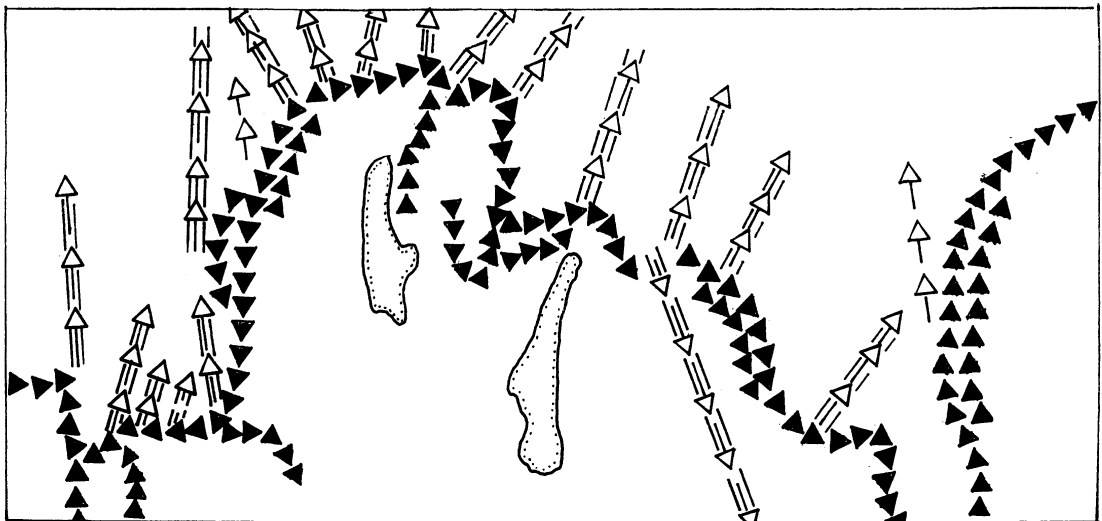
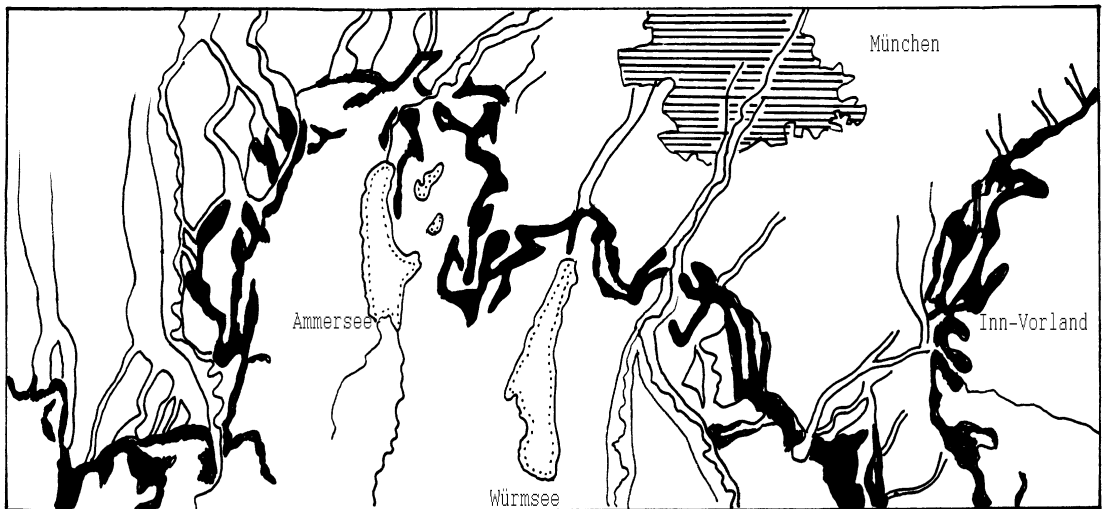


Abbildung C/24

**Verknüpfung der Hauptendmoränenzüge, Schmelz- und Flußtäler zu einem Trockenverbundsystem** (unvollständig, stark schematisiert und vereinfacht)

**Oben:** Hauptwälle der kiesig-sandigen Moränen (vergrößert nach GROTENTHALER 1985) sowie markanteste Randböschungen der Schmelzwassertäler.

**Unten:** Trockenbiotopverbundsystem der Stirn- und Seitenmoränenwälle (schwarze Dreiecke) und der damit verknüpfte Schmelzwassertäler (weiße Pfeile).

Drumlinge durch mehr oder weniger regelmäßig wiederkehrende, durch Verebnungen voneinander getrennte größere Auftragungen gekennzeichnet sind. Solche rhythmisch strukturierten Kuppenlandschaften in der End- und Grundmoränenzone sind z.B.: Hohenburger Hügelfeld bei Soyen/RO, Inselkuppenlandschaft zwischen Andorf und Untersöchering/WM, Molasse-Rundhöcker um den Tinninger See/RO, überschiffene Molasserippenlandschaften zwischen Sulzberg und Rottach/OA, bei Sameister/OAL usw., Nagelfluh-Rundhöcker-

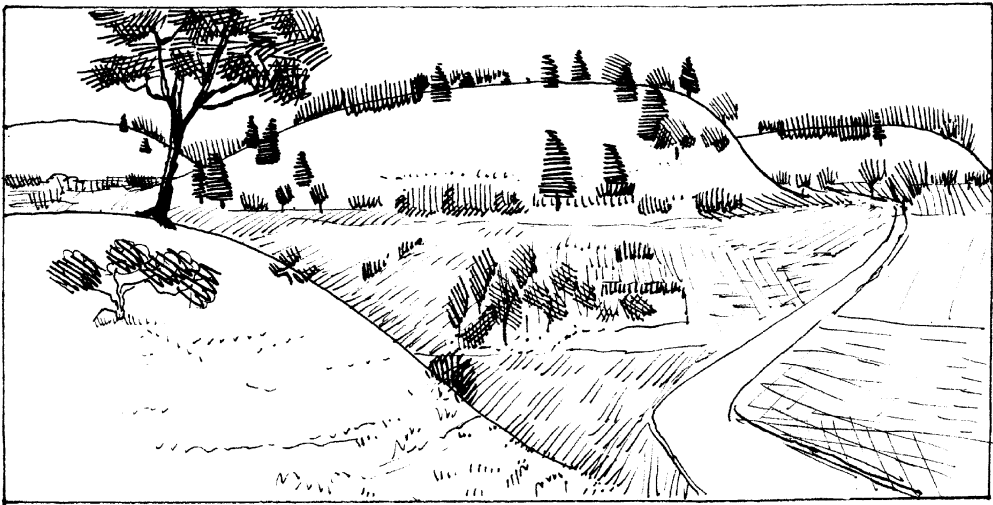
landschaft zwischen Agathazell und Immenstadt/OA, helvetische Köchel im Loisachmoos (Geistbühl bei Bichl) und Murnauer Moos (weitere Beispiele siehe Kap. A.1.6 und C.1.6).

Vorbildlandschaften (leitbildnahe Modellbeispiele):

- Mesnerbichel mit südlicher Kontaktzone/STA,
- Schwanenfilz bei Söchering/WM,
- Molasserippen- und Rundhöckerlandschaft SW Rottach/OA,



**DRUMLINGERECHTE GESTALTUNG: WALDARME VARIANTE**



**DRUMLINGERECHTE GESTALTUNG: WALDREICHE VARIANTE**



**UNPASSENDE GESTALTUNG**

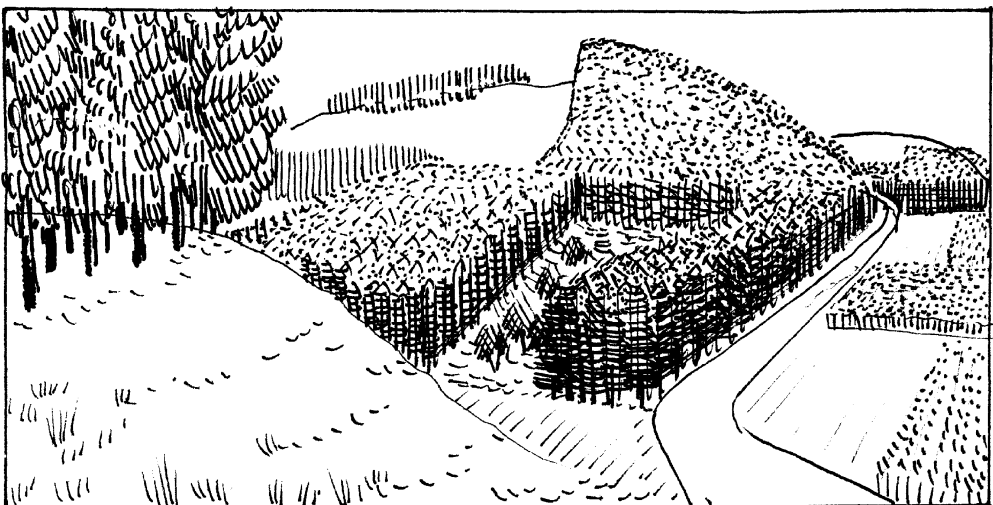


Abbildung C/25

Gestaltung von Drumlingebieten (Erläuterungen auf S. 192)

**Beschreibung** zu Abb. C/25, S. 191

**Oben:** Drumlingerechte Landschaftsgestaltung; waldarme Variante (Typ Allgäu).

- Typische Hügelprofile in ihrer räumlichen Staffelung sind transparent, trotzdem durch unterschiedliche Flurgehölz-, Hutbaum- und Waldstrukturen reizvoll gegliedert und faunenförderlich strukturiert.
- Hügelbasis durch Abschnittsbestockungen, Einzelbäume, Heckenabschnitte u. dgl. hervorgehoben.

**Mitte:** Drumlingerechte Landschaftsgestaltung; waldreiche Variante (Typ Oberland).

- Vorherrschend naturnahe Bestockungen (Buchen-dominiert).
- Waldschopf reicht von oben kaum über Drumlinfuß in die Verebnung hinaus.
- Der für Drumlingegebiete typische, außerordentlich hohe Moor- und Streuwiesenvernetzungsgrad wird durch großflächige Streuwiesenpflege und Moorrenaturierung in den Senken und Verzicht auf weitere Aufforstung erhalten bzw. wieder verbessert.
- Sonnflanken bleiben zumindest teilweise offen: Trockenrasenpflege, Magerwiesenrestituitio.

**Unten:** Unpassende Landschaftsentwicklung.

- Neue Waldverteilung konterkariert das natürliche Formengefüge.
- Der drumlinoide visuelle Eindruck verschwindet durch Verschleierung der Hügel-silhouette und der Hügelbasis.
- Die Moorvernetzung geht verloren.

- Helvetische Rundhöckerlandschaft bei Tiefenbach/OA.

Gestaltungs- und Entwicklungsideale:

Weitgehend wie Drumlinlandschaften; der Kontrast zwischen weitgehend offenen Zwischenräumen (Senken) und (teil)bewaldeten Vollformen ist noch bedeutsamer als bei den Drumlins, da die Zwischenräume oft viel schmaler, z.T. wiesentalartig sind. Relativ schmale eisüberschliffene Nagelfluh-Härtlinge mit kleinflächig offenen Schriff-Flächen sollten teilweise nur wenig bestockt sein, da sie für diese Räume wichtige Magerrasen und Felsrasen enthalten. Waldschöpfe sollten so naturnah wie möglich gestaltet sein.

**C.4.2.1.4 Tumulus-Gebiete, tumulusartige glaziale Bergsturzlandschaften**Geltungsbereiche:

Gebiete mit auffallenden, den normalen Moränen abrupt aufsitzenden "Brotlaiben" oder Höckern in den End- und Rückzugsmoränenzonen, sowie ähnlich geformte Relikte spätglazialer Bergstürze, wesentlich kleinteiliger und kleinkuppiger als die in Kap. C.4.2.1.3 dargestellten Formen. Vgl. auch Abb. C/26 (S. 193).

Beispiele:

- bei Unteröd/TS und Hainbuchreuth/AÖ,
- im Loipl/BGL (z.B. Roisler),
- Bergsturzgebiet bei Raithen-Marquartstein/TS,
- um Hackling und Seham/MB,
- Bäckerbichl-Gebiet/STA,
- Egelseegebiet E Issing/LL,
- N Schöffelding/LL,
- St. Kolomann bei Allmannshausen/TÖL,
- Gebiet des Nußberger Weihers/WM,
- Kirchseeilz und Randbereich des Wampenmooses/TÖL,
- bei Rückholz/OAL (weitere Vorkommen siehe C.1.6),
- Buckelwiesengebiet am Quicken/GAP.

Vorbildlandschaften (annähernd leitbildgerechte Modellbeispiele):

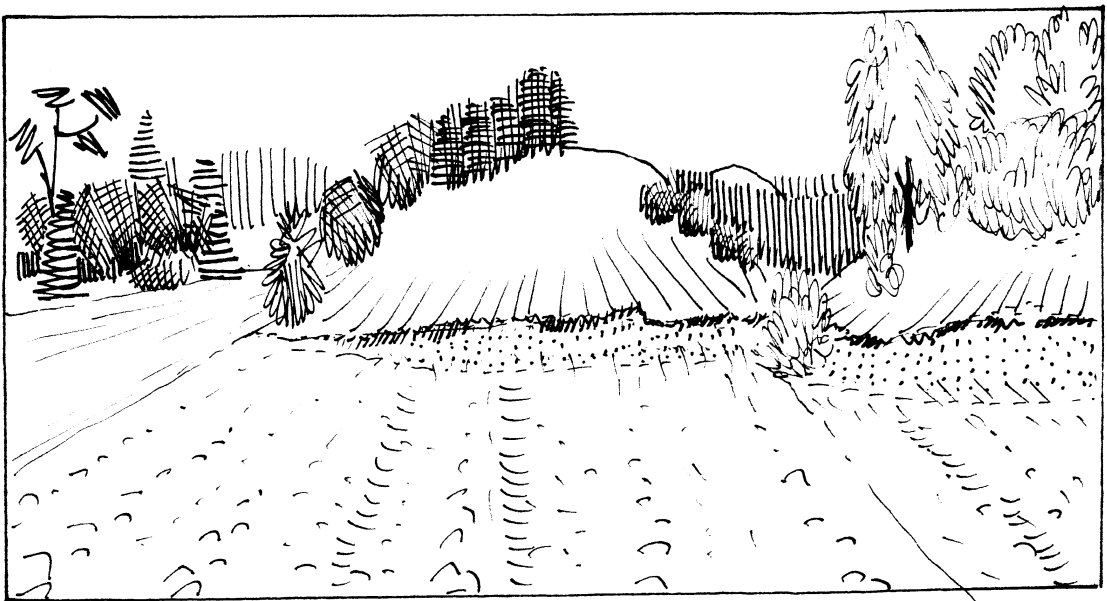
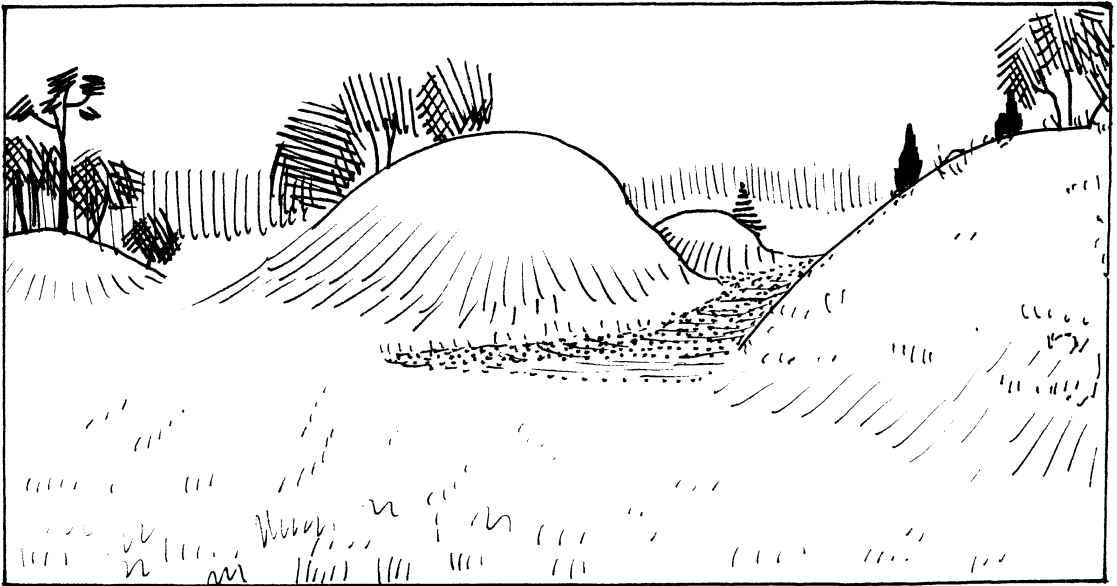
- Hirschbergplateau/WM,
- Teile des Tumulusfeldes bei den Gilgenhöfen/TÖL,
- Tumuli bei Hainbuchreuth/TS,
- Kleinkuppen bei der Allgäukapelle E Piesenkam/MB.

Gestaltungs- und Entwicklungsideale:

- In jedem Fall Pflege bzw. Regenerierung von Halbtrockenrasen, da i.d.R. durchlässige, zur Bereiche bezeichnen i.d.R. Kernzonen innerhalb der wallmoränengebundenen Trockenverbund-Hauptachsen (siehe Kap. C.4.2.1.1).
- Weitgehende Freihaltung von Gebüsch und Bewaldung sowohl auf den Kleinkuppen wie in den Zwischenräumen, keinerlei Aufforstung; schopfartige naturnahe Gehölzinseln auf den Schattseiten einzelner Tumuli wirken aber landschafts- und biotopbereichernd.
- Kiesabbau ist auch in kleinflächiger Form nicht vertretbar.
- Sorgfältige Ausweisung und Einhaltung von Pufferzonen um die meist an seltenen Arten reichen und sehr kleinflächigen Heideinseln.
- In größeren Tumulusfeldern können einige der kleineren, niedrigeren und angedüngten Hügel auch zu Flurgehölzinseln entwickelt werden.

**C.4.2.1.5 Eiszerfallsgebiete, Toteislöcher, Kames, Oser**Geltungsbereiche:

Siehe Kap. A.1.6 und C.1.6; insbesondere fallen hierunter:

**Oben:** Idealzustand

- Sockelfläche der Tumuli weitgehend offen und wenigstens in Tumulus-Nähe extensiv genutzt;
- markantere Tumuli nur mit Baumgruppen, Einzelgebüsch oder -gehölzen bestanden;
- sorgfältige Magerrasenregenerierung bzw. Vertragsnaturschutz auf der gesamten Tumulusfläche (in der Skizze nicht darstellbar).

**Unten:** Verbesserungsbedürftiger Zustand

- Formschönheit der Tumuli verschwindet allmählich hinter Kulissen;
- zwischen kleinkammeriger Morphologie und Vegetationsstruktur besteht keine Beziehung mehr;
- notwendige Pufferzonen mißachtende Ackernutzung führt zu Hangfußanschnitten der Tumuli.

**Abbildung C/26****Gestaltung von Tumulusgebieten im Alpenvorland**

- 1) In sich geschlossene, morphologisch herausragende Eiszerfallslandschaften; dazu gehören außer den bekannten Seenplatten (Eggstätt-Hemhof/RO, Osterseen/WM, Seon/TS) mehrere kleinere, aber ebenso formtypische Eiszerfallsgebiete, so z.B.
- Weidseegebiet/BGL,
  - Taubenseegebiet bei Schwarzbachwacht/BGL,
  - Tüttenseegebiet/TS,
  - Teile der Toteis-Bergsturzlandschaft von Marquartstein/TS,
  - Dobelgebiet bei Elkofen/EBE,
  - Weidholz S Rechtmehring/MÜ,
  - Schnaitsee- und Banseegebiet/TS,
  - Buchseegebiet zwischen Rachertsfelden und Bachham/RO,
  - Wildmoosgebiet bei Gilching/FFB,
  - Buchseegebiet bei Münsing/TÖL,
  - Toteislandschaft N Urschlachquellen bei Haslach/RO,
  - Gebiet des Oberbuchener Weihers/TÖL,
  - Sachsenkammer Eiszerfallsgebiet/TÖL,
  - Gebiet des Egel- und Bodenlosen Sees S Burggen/WM,
  - Eiszerfallslandschaft bei Ettenhofen/STA,
  - Ostermoos-Gebiet bei Ohlstadt/GAP,
  - Südrand des Wampenmooses bei Pfronten/OAL.

Derartige Teilräume enthalten oft auch Kames (steile Eisrandterrassen und isolierte Schmelzschotterrücken) und Oser (z.B. Ostersee- und Langbürgener Os). Letztere kommen aber vereinzelt auch in anderen Gebieten vor (vgl. Kap. C.1.6).

- 2) Kesselfelder, also Häufungsgebiete wannen- bis kesselförmiger Sölle und trockener Toteishohlformen im Endmoränen- und moränennahen Schotterterrassenbereich. Beispiele: siehe C.1.6 und A.1.6; im allgemeinen frei von Kames und Osern.
- 3) Einzelne, dabei aber oft klassisch ausgeformte Toteislöcher; durchsetzen alle Haupt-Eisrandlagen ("zerkesselte Moräne"), z.B. auch Rückzugslagen (viele Beispiele im Kap. A.1.6 und C.1.6).

#### Vorbildlandschaften:

- Eisrandterrasse S Seeshaupt/WM,
- Kamesgebiet SW Fohnsee/WM,
- Waldkessel NE Leutstetten/STA,
- Waldkesselfeld SW Schindelberg und N Kogler Weiher in der Kirchseemoräne/TÖL.

#### Gestaltungs- und Entwicklungsziele:

Eiszerfallslandschaften gehören zu den bayernweit bedeutsamsten Gebieten für Artenschutz, Ressourcenschutz (Wasservorräte, Quellwasser), Geotopschutz und Landschaftsbild und damit auch zu den nutzungsempfindlichsten Gebieten. Sie sind durchwegs bedeutende Grundwasserspeicher. Ihre hydrogeologische Komplexität macht die landschaftsökologischen Folgen von Nutzungen unberechenbar.

Besiedlung, Verkehrsausbau, Freizeiterschließung, erhöhter Freizeitdruck, land- und forstwirtschaftliche Intensivierung stoßen auf allergrößte Vorbehalte. Die Unterscheidung von Teilbereichen mit unschädlichen und biotopgefährdenden Trinkwasserentnahmen fällt außerordentlich schwer, da die Grundwasserkörper der glazifluvialen Schotterfüllungen fast immer mit wertvollen Mooren, Quellseen und Quellgebieten kommunizieren (vgl. auch Abb. C/27, S. 195).

Sowohl Siedlungs-, Tourismus- und Infrastrukturerwicklung wie land- und forstwirtschaftliche Nutzung sollten sich in Eiszerfallslandschaften mehr als anderswo der herausragenden Natur- und Geotopschutzfunktion unterordnen.

Eiszerfallslandschaften sind allesamt kleinere oder größere "Gletscherparks", d.h. besonders eindrucksvolle Anschauungsgebiete für Vorgänge am Ende der Eiszeit, und tragen auch im bioökologischen Naturschutz stets Reservatcharakter. Die Aufgabe der Renaturierung und Extensivierung sollte hier den gesamten Landschaftsraum und nicht nur einzelne Geoelemente wie Oser oder gestörte Toteismoores erfassen.

Im einzelnen sind folgende Erfordernisse hervorzuheben:

- Siedlungsentwicklung möglichst aus dem Kernformenschatz des Eiszerfalls (Kames, Oser, Kessel usw.) heraushalten; Zerschneidungseffekte streng vermeiden (auch in nicht NSG- oder LSG-gesicherten Eiszerfallsgebieten); keine Überspannungen mit Hochspannungsleitungen; Abwasserbelastungen auf das strengste vermeiden.
- Vertragsnaturschutzprogramme konzentriert einsetzen, z.B. zur Magerrasenpflege auf Eisrandterrassenböschungen, zur Streuwiesenpflege in Kesselquellmooren, möglichst aber auch zur Extensivierung der Holzwirtschaft, vor allem an Steilböschungen; Pufferzonenförderung konzentrieren (alle Einhänge oligotropher Moore und Seen).
- Holznutzung in den Bruch- und Moorwäldern möglichst ganz unterlassen.
- Rückentwicklung der auch in Eiszerfallsgebieten weitverbreiteten Fichtenforste zu Buchenwaldgesellschaften; Handlungsschwerpunkt an den Steilabfällen.
- An naturnahe Moor-/Verlandungszonationen anschließende (Mineralboden)Wälder ebenfalls zu naturnahen Zonationen entwickeln, die die Standortserie bis zu den oberen Kamestrassen abbilden (vgl. KAULE & PFADENHAUER 1973).
- Unbewaldete sonnige Kamesböschungen unbedingt zu Magerrasen entwickeln (schmale Schotterrücken sind wasserärmer und trocknen stärker aus als ihre Umgebung).

Toteislöcher mit landwirtschaftlichem Umfeld stellen hauptsächlich Pufferaufgaben. Außer den unmittelbaren Kesseleinhängen sollte eine erweiterte Schutzzone, die das kesseleigene Kleineinzugsgebiet umfaßt, möglichst dünger- und agrochemikalienfrei

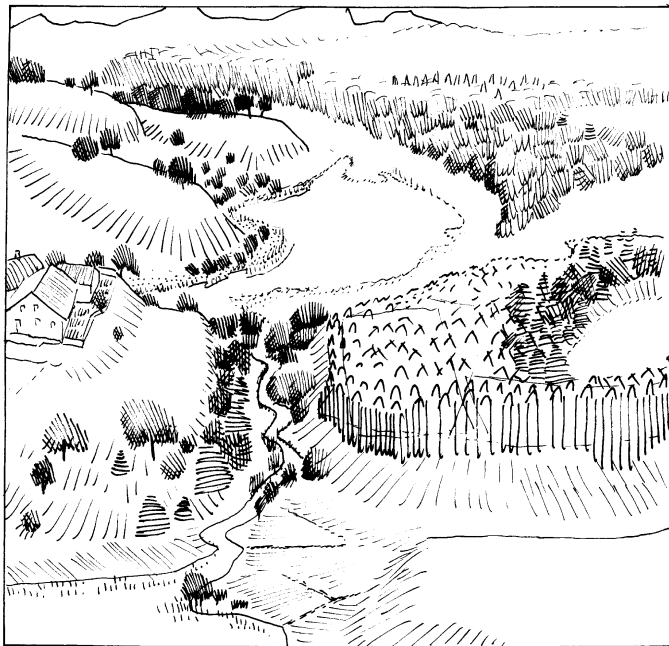
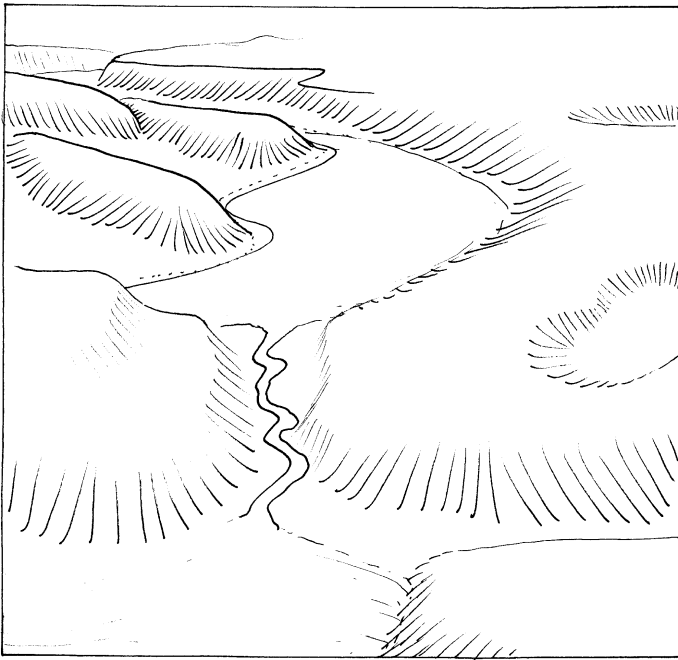


Abbildung C/27

#### Landschaftsentwicklung in Eiszerfalls-landschaften

##### Oben:

Natürliche Morphologie, wie sie die Würmeiszeit hinterließ.

##### Unten:

Passende Landschaftsgestaltung:

- Steile Einhänge überwiegend standortheimisch bestockt;
- Grenzbereiche Hangwald/Moor/See sind als ungestörte Ökotope (z.B. natürliche Bruchwaldmäntel als Saum des Buchenwaldes) ausgebildet;
- Die letzten noch nicht aufgeforsteten und verbuschten Kamesböschungen (links oben) werden als ein- bis zweischürige Magerrasen/-wiesen genutzt;
- Abbaustellen werden aus dem Gebiet verbannt bzw. vermieden.

bewirtschaftet werden. Neuaufforstungen an den Einhängen schmälern nicht nur die Gesamtwirkung, sondern auch die häufig mögliche Entwicklung von Magerrasen.

Der zur dauerhaften Sicherung der eingelagerten Kleinmoore, Sümpfe und oligotroph-mesotrophen Gewässer erforderliche ökologische Sicherheits- und "Respektbereich" sollte deutlich über die unmittelbaren Kesselböschungsoberkanten hinausreichen.

Dies kann und sollte durch lockere, unschematisch angelegte Abschränkungsplantagen, deutlich abgerückt vom Kesselrand, unterstützt werden (siehe [Abb. C/28](#), S. 196). Dies verstärkt die Fokus-Wirkung von Toteislöchern im Offenland. Dabei darf allerdings nicht der Eindruck künstlicher Zaunhecken entstehen.

Versumpfte, vermoorte oder wassergefüllte Waldkessel sollten grundsätzlich nicht als isolierte naturnahe Biotopinseln mißverstanden werden, sondern

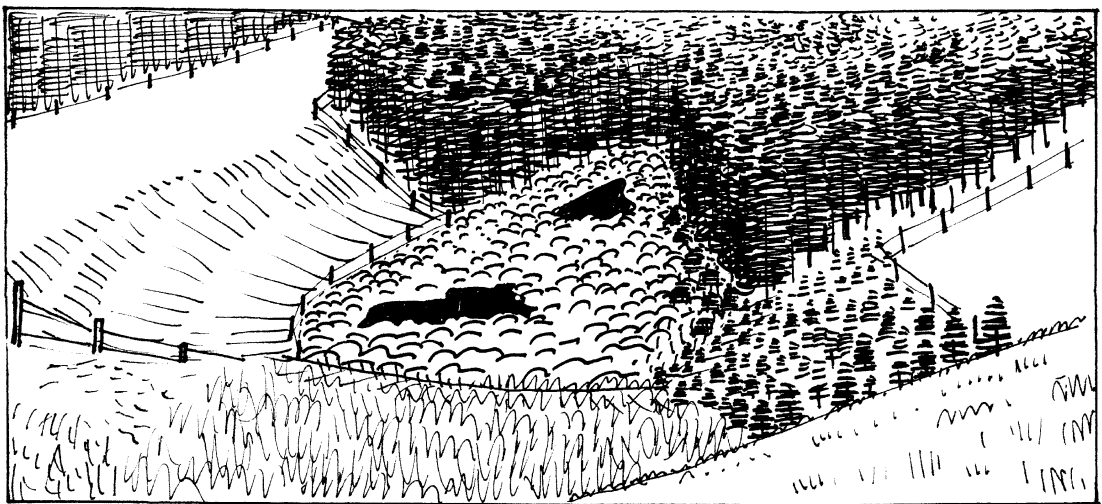
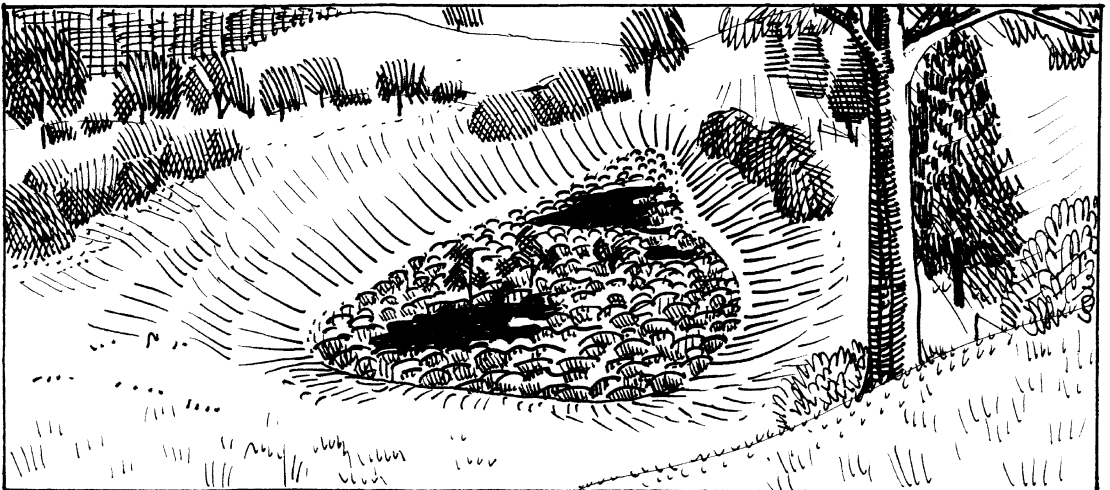


Abbildung C/28

#### Gestaltung einzelner Toteislöcher im Offenland

##### Oben:

Vorbildliche Gestaltung durch

- über die unmittelbare Kesselböschung hinaus erweiterte Extensivierungszone;
- unregelmäßige Außenmarkierung der Kessel-Pufferzone durch Gebüschelemente, Solitäre und Baumgruppen;
- freie Sicht auf die gesamte Hohlform.

##### Unten:

Ungünstige Gestaltung

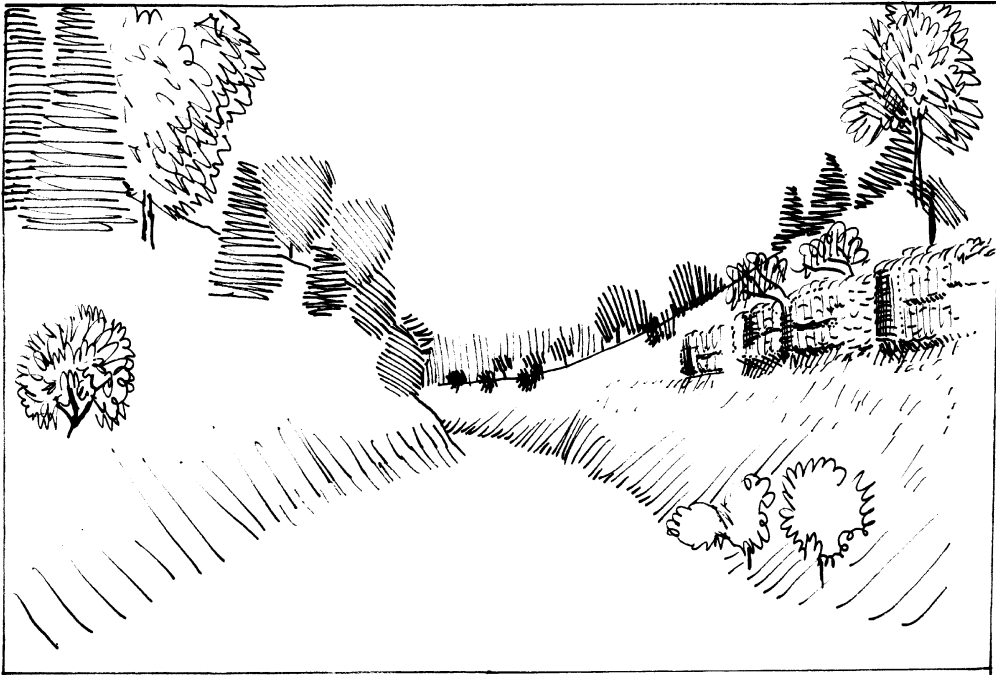
- Morphologische Integrität durch falsch plazierte Neuaufforstungsblöcke gestört;
- Magerrasenentwicklung am Einhang durch Brachfallen und Verbuschung unterbunden (Vordergrund);
- Weidekoppeln rücken zu nahe an Kleinmoor heran (links), so daß der Ökoton Moor/Mineralboden nicht zur Entfaltung kommt.

als Innenzonen eines erweiterten naturnahen Waldbereiches, der zumindest die Einhänge miteinschließen sollte. Der Mißbrauch des Kesselbodens als Ablage von Holzabfällen oder gar als Holz-Schleif- und -Lagerplatz sollte aufhören.

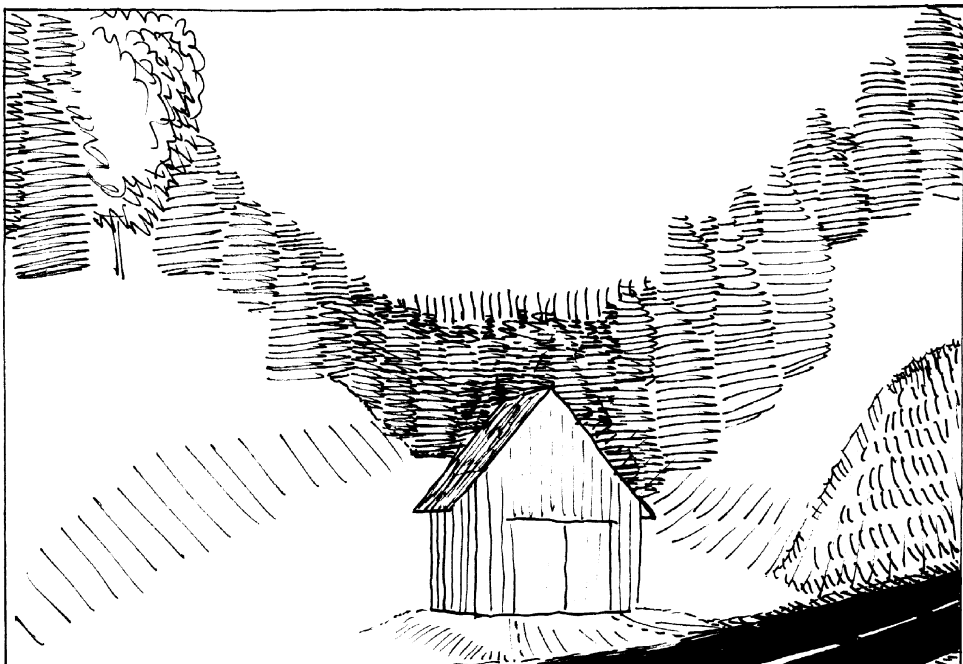
Kleinere teilweise oder ganz verfüllte Toteislöcher sollten nach Möglichkeit wiederhergestellt werden.

Ihre Biotopwirkung läßt sich bis zu einem gewissen Grade manchmal allein dadurch rückgewinnen, daß die häufig auf den Verfüllkörpern eintretende Sekundärversumpfung bzw. Wasseransammlung nicht durch erneute Verfüllung zunichte gemacht wird. Eine dauerhafte Sicherung wiederhergestellter oder sekundärer Kleingewässer und -sümpfe sollte durch



**Oben:**

Idealgestaltung: voller Durchblick im Talverlauf; Talhänge mit charakteristischem Kleinrelief teilweise offen und als Magerwiesen oder Magerrasen bewirtschaftet; von den geschlossenen Waldrändern an der Oberkante rücken Baumgruppen und Einzelbäume etwas den Hang herunter.

**Unten:**

Talwirkung und erdgeschichtliche Lehrwirkung geht durch Fichtenriegel quer übers Trockental verloren; Bauwerke, z.T. mit Aufschüttungen verbarriadiert und stören vollends den landschaftlichen Eindruck; Talhang durch Straßenüberquerung in Tieflage aufgeschnitten.

Abbildung C/29

Gestaltung glazialer Schmelzwasserrinnen im Endmoränenvorland



eine gewisse abmarkende Bepflanzung unterstützt werden.

#### C.4.2.1.6 Trompetentälchen, markante Schmelzwassertäler

##### Geltungsbereiche:

Siehe auch Kap. A.1.6 und C.1.6; in den engeren Geotopschutzbereich fallen dabei vor allem die schmäleren, trotzdem aber sehr charakteristischen Schmelzwasser(trocken)täler, wie z.B. im Sachsenrieder Forst/WM, der Teufelsgraben bei Holzkirchen, das Unterschnitzinger Tal/AÖ oder das obere Mörntal/TS, AÖ (vgl. [Abb. C/29](#), S. 197). Großvolumige Schmelzwassertäler, wie z.B. die Leitzach-Gars-Rinne (EBE, MÜ), das Tal des Verlorenen Baches (LL, AIC) oder das Kaltental/OAL erfordern zwar ebenfalls landschaftliche Rücksicht, übersteigen aber den Wirkungsbereich dieses Bandes; vgl. auch Teil D, Kap. 4. In solchen Fällen stellen die Talflanken und Terrassenböschungen besondere Aufgaben, die in Teil F behandelt werden.

##### Vorbildlandschaften:

- Trompetentälchen bei Lengenfeld/LL,
- Endabschnitt des Maisinger Bachtals S Söcking/STA,
- Trockental bei Gungolding/EI.

##### Gestaltungs- und Entwicklungsziele:

Vgl. Kap. F.4.2.1. Hier nur ergänzende Hinweise.

Schmelzwasser- und Trompetentäler sind als Eiszeitzeugen ebenso bedeutsam wie Moränen. Vordringlich ist daher der Verzicht auf optische Überprägungen und Abriegelungseffekte. Dies bedeutet im einzelnen:

- Freihaltung des flachen Talgrundes; hier keinesfalls größere Baukörper zulassen und aufforsten;
- soweit irgendmöglich, störende Talüberquerungen, insbesondere Straßen in Hochlage, großtechnische Einschnitte in die Talflanken vermeiden;
- im Falle enger Schmelzwassertäler Aufforstungsverzicht auch auf noch freien Talflanken ;
- im Falle glazialer Tälchen in waldfreier Agrarlandschaft (z.B. Alzplatte, Terrassentälchen im Unteren Inntal usw.) abschnittsweise Grundstücksteile hinter der Taloberkante dauerhaft stilllegen und der Verwaltung überlassen (Sukzession, naturnahe Aufforstung), dadurch entwickeln sich an den Oberhängen reichhaltige Saumgesellschaften;
- Übergang zu Ausmagerungsmanagement und Magerrasenregeneration auf allen noch waldfreien Talhängen;
- prägende Kleinreliefierungen der Talhänge (Sollfluktions-Buckelungen wie z.B. am Maisinger Tal S Söcking, scharfe Kleinspornbildungen an der Einmündung von Seitentälchen, postglaziale Eintiefungskanten im glazialen Talboden wie z.B. SW Landsberg) sorgfältig pflegen: 1-schürige Wiesennutzung mit Kleingeräten oder im Handbetrieb;

- Bachversickerungsstellen und periodische Wasseraustritte der Talsohle renaturieren (weidefrei stellen, z.T. als Seggen- oder Rohrglanzgrasbrachen auch optisch abheben);
- Anlage landschaftseingebundener Fußwege im Talverlauf: überwiegend auf der Sohle, gelegentlich aber zu aussichtsreichen Oberkanten hinführen.

#### C.4.2.1.7 Glazifluviale Terrassen

##### Geltungsbereich:

Markante Terrassenkanten in den großen Flußtälern und Schmelzwassertälern innerhalb und außerhalb des Vereisungsbereiches; siehe auch Kap. D.4.2.2.

##### Vorbildlandschaften:

Siehe D.4.2.2; zusätzlich: Salzachtalrand S Laufen/BGL, Isartalrand bei Arzbach-Bibermühle/TÖL, Leinhang bei Fellheim/MN.

##### Gestaltungs- und Entwicklungsziele:

Siehe D.4.2.2; Freihaltung vor allem des unteren Vorfeldes; Entwicklung als Trockenrasenverbundachsen; lockere und/oder abschnittsweise dichte Bestockung eines Randstreifens hinter der Stufenoberkante läßt die Trockenverbundachse offen, erhöht den Böschungseindruck im Sichtfeld des unteren Plateaus und markiert die Terrassenränder auch aus der Sicht des oberen Plateaus.

#### C.4.2.1.8 Findlinge

##### Geltungsbereich:

Alle Findlingsvorkommen in Wald und Flur.

##### Vorbilder:

Nagelsteine im Standortübungsplatz Bodelsberg/OA sowie W Rottach/OA, Großblock bei Grub W Au/MB.

##### Gestaltungs- und Entwicklungsziele:

Im offenen Freiland:

- Nächstes Umfeld extensives Dauergrünland mit einigen Bäumen und Baumgruppen, die zumindest teilweise vom Block etwas abgerückt stehen; dies verstärkt die Mittelpunktfunktion (vgl. [Abb. C/30](#), S. 199);
- Kennzeichnung größerer Findlinge mit relativ unauffälligen Tafeln bzw. Einbeziehung in Wander- oder Lehrpfade.

Im Wald:

- Möglichst naturnahe Waldbewirtschaftung; keine größeren Schläge mit nachfolgender Dickungsbildung, die die aus dem Boden ragenden Findlinge verdeckt;
- keine Eingriffe in Bachgräben mit abgestürzten Findlingsansammlungen.

#### C.4.2.1.9 Gletscherschliffe

Vegetationsfreie Gletscherschliffe unterliegen der Verwitterung: Polituren und Schrammen verwischen sich allmählich. Außerdem wachsen vor



Abbildung C/30

#### Idealgestaltung im Bereich erratischer Blöcke

Jahrzehnten freigelegte Partien zumindest teilweise wieder zu.

Spezifische "Pflegemaßnahmen" erhalten in erster Linie die geologische Denkmalswirkung und wissenschaftlich bedeutsame Spuren, sind also keine Landschaftspflege im eigentlichen Sinn und werden hier nur am Rande erwähnt:

- Schutz durch eine Überdachung, z.B. beim Gasthaus "Am Gletscherschliff" etwa 1 km südlich der Leutasch-Klamm, 1930 von A. PENCK in einem Bau-Aufschluß entdeckt und durch eine Überdachung weitgehend vor Verwitterung geschützt.
- Konservierende Wiederverfüllung nach der wissenschaftlichen Untersuchung;
- Abkratzen neu gebildeter Vegetationsüberzüge, vorsichtiges Reinigen bei zu starkem Flechtenbewuchs; dies erhält die Sichtbarkeit der Striung, die die Eisfließrichtung anzeigt, legt Parabelrisse und andere Kleinformen der Gletscherbewegung auf Gesteinsoberflächen wieder frei.

Aus naturschutzfachlicher Sicht vordringlicher ist die Sicherung einer naturnahen Umgebung, was den Charakter eines vom übrigen glazialen Formenspektrum isolierten Einzeldenkmals hemmt.

#### C.4.2.1.10 Buckelfluren, Rutschbuckelhänge

##### Geltungsbereich:

Alle offenen Buckelflurenrelikte im Alpenraum und Vorland; Schwerpunkte: Nieder- und Mittelalmen auf Karbonatmoränen bis ca. 1400 m, Mittenwalder Talraum, Berchtesgadener Talräume, Vilstal bei Pfronten, Weißenseegebiet, Isarterrassen bei Geretsried-Tölz-Wackersberg, Drumlins im Forggenseegebiet, im südlichen Eberfinger Drumlinfeld; weitere Vorkommen siehe LPK-Band II.1, Kap.1.6).

An dieser Stelle stehen jene Buckelfluren im Vordergrund, die heute Fettgrünland oder zumindest nicht eindeutig 6d1-würdige Grünlandtypen tragen, deren Pflegenotwendigkeit derzeit wegen früherer Intensivierung weniger biotisch, sondern geomorphologisch begründet ist. Diese vielfach kaum bekannten und naturgemäß auch nicht biotopkartierten Vorkommen liegen über das gesamte einstige Verbreitungsgebiet der Buckelmäher verstreut, so etwa in den Oberstdorfer Tälern (z.B. N Schwand/OA), bei Ober- und Unterjoch, Wertach, an den Sachsenrieder Moränen/WM, auf der Iffelderter und Seeshaupter Terrasse, im südlichen Kirchseegebiet/TÖL, im Wagenbrüchgebiet/GAP und bei Antenbichl-Hintersee/BGL, vor allem aber im Bereich der Kamm-



Abbildung C/31

**Idealgestaltung von Buckelfluren**

- Mähderrasen zieht über unterschiedliche Teilräume des Mesoreliefs hinweg;
- Baumverteilung verstärkt Tiefenwirkung und läßt die markanten Trockenrinnen offen.

gras- und Milchkrautweiden vieler Almen/Alpen von der Allgäuer Nagelfluhkette bis Berchtesgaden.

Entgegen der gängigen Entstehungstheorien finden sich auch im Bayerischen Wald vereinzelt Buckelfluren, deren morphogenetische Herkunft (eventuell verborgene Felsbuckel) aber hier dahingestellt sei, z.B. bei Finsterau. Auch diese Vorkommen seien hier angeschlossen.

Ebenfalls mehr den Geotopschutz betreffend sind morphologisch und bodenkundlich abweichende Sonderausbildungen, so etwa

- mit Dolinen, Ponoren, Trompetentälchen und Trockenrinnen verknüpfte Buckelungen (z.B. E Pfronten/OAL, Jugendherberge Mittenwald, Tonihof, Tennseegebiet/GAP);
- aus Mooren oder Anmooren aufragende Buckelfluren, die sich unter transgredierenden Vermoorungen fortsetzen (z.B. im Raum Oberjoch, Hartwiesen-Nord/WM);
- mit Tumuli, Toteishohlformen und Terrassenböschungen assoziierte Buckelungen (z.B. Jachenau, Wackersberg, Winkl, Gilgenhöfe/TÖL);

- offensichtlich mit Polygonnetzen verwandte ebene Buckelungen auf Karalluvionen, z.B. Mittereismalm am Hochkalter/BGL;
- subrezente, weitgehend unbewachsene Schuttbuckel alpiner Hochlagen, z.B. im Steinernen Meer.

Vorbildlandschaften:

- Geisschädel/GAP,
- Hartwiesen/WM (Nordrand des NSG),
- Ettenberger Buckelwiese/BGL,
- Buckelwiesen in Hintergern und beim Roisler im Loipl/BGL.

Gestaltungs- und Entwicklungsziele:

"Buckelwiesen", d.h. alpin geprägte 1-schürige Kalkmagerrasen, z.T. auch bodensaure Magerrasen, sind in diesem Zustand zu erhalten. Hier erfüllen die Biotopschutzziele automatisch auch die Geotopschutzziele am besten. Leitbilder und Pflegevorschläge werden in den LPK-Bänden II.1 und II.3 vorgelegt. Reine Beweidung ist stets nur die zweitbeste Pflegeart, weil das charakteristische Kleinre-

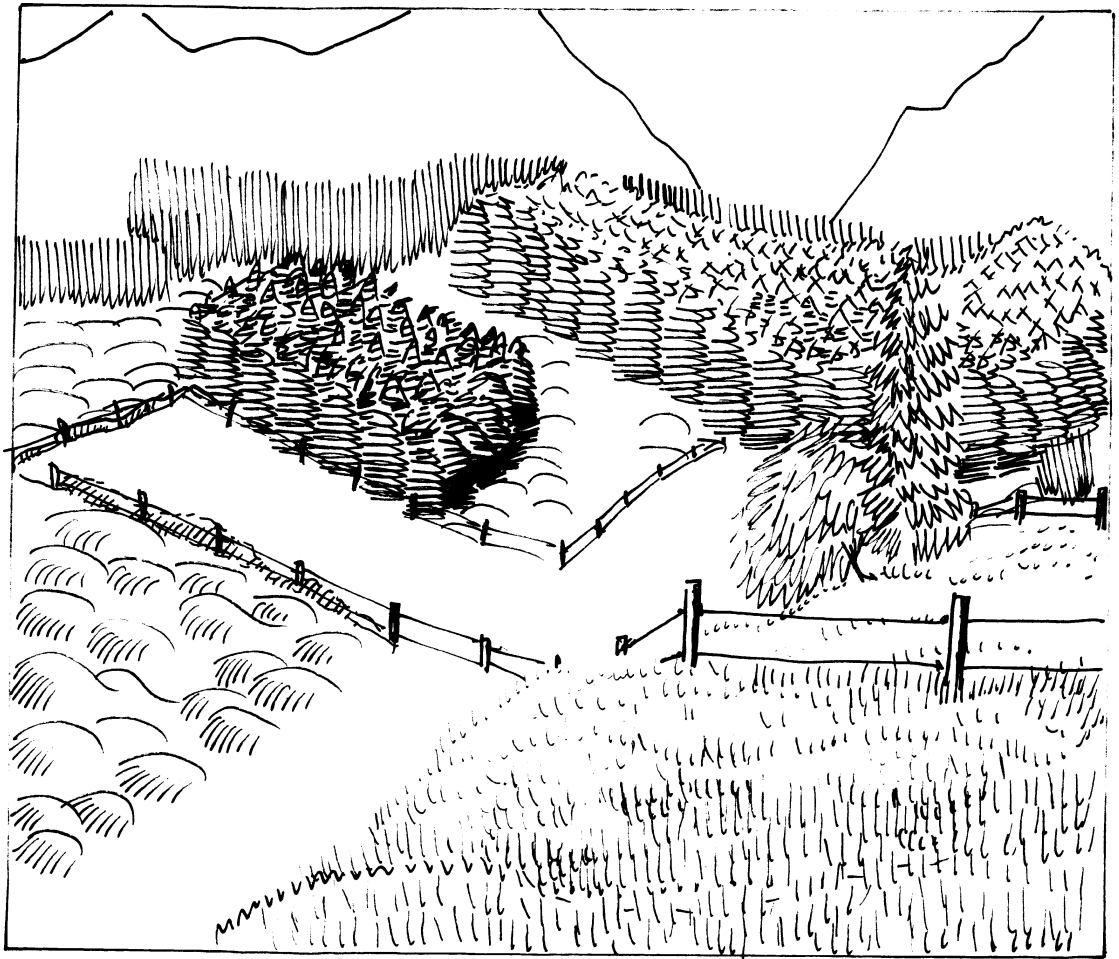


Abbildung C/32

**Fehlentwicklung in Buckelfluren**

- Aufdüngung auf Teilflächen verbirgt Kleinrelief in hoher Grasflur;
- landschaftlich unangepasste Aufforstungsblöcke riegn charakteristische fluvioglaziale Längsstrukturen ab, verringern Tiefenwirkung, fragmentieren Heiden;
- Zug um Zug privat weitergeführte Planierung verkleinert auch die geomorphologische Grundsubstanz;
- Aufteilung in Weideparzellen beeinträchtigt das einst geschlossene Gesamtbild.

lief nur bei relativ hoher Weidedichte gut zur Geltung gebracht wird, dann aber die Huftritte und Trittschlipfe langfristig einebnend und erodierend wirken können. Auf lehmigen, teilflächig nassen, anmoorigen oder bodenfeuchten Buckelfluren, wie sie z.B. in der Murnauer Mulde zwischen Bayer-soien und Staffelsee auf Molasse vorkommen, ist der Einsatz schwerer Pflegegeräte besonders schädlich, weil hier sehr leicht empfindliche Bodenabschürfungen und Kleinformennivellierungen auftreten.

Gedüngte oder fettwiesenartige Buckelfluren sind Vorrangflächen der Magerrasenrestitution, weil

- ihre spezifischen heterogenen Substratverhältnisse, ihre Flachgründigkeit und Verkarstungsneigung auch nach früherer Intensivierung eine

höhere Arten- und Gesellschaftenvielfalt als ungebuckelte Standorte erwarten lassen;

- die ausgeprägte Kleinmorphologie die Überdauerung vereinzelter Populationsreste der früheren Mähderassen wahrscheinlich macht;
- nach dem weitgehenden, regional fast vollständigen Verlust von Buckelfluren seit den 1950er Jahren der gesamte botanische und/oder morphologische Restbestand strikt zu erhalten ist; die einzige dauerhaft kleinformenschonende Bewirtschaftungsart ist aber die Rückkehr zur händischen oder kleinmaschinellen Buckelwiesennutzung.

Mehr als andere Magerrasenlandschaften leben Buckelfluren von locker verstreuten Gehölzstrukturen. Die Abbildungen C/31 (S. 200) und C/32 (S. 201) machen dies anschaulich.

### C.4.2.2 Pflege- und Entwicklungsmaßnahmen

Viele detailliertere Handlungsempfehlungen wurden sinnvollerweise in die Leitbilder integriert (siehe oben). Das Procedere vieler oben angesprochener Pflegemaßnahmen (Art, Zeitpunkt, Geräte, Träger, Fördermöglichkeiten) wird weitgehend in den entsprechenden Lebensraumtypenbänden, z.B. LPK-Band II.1 "Kalkmagerrasen", II.8 "Stehende Kleingewässer", II.8 "Streuwiesen", II.19 "Bäche und Bachufer", besprochen. Viele der einschlägigen Maßnahmen gelten auch für andere Geotoptypen und wurden dann bereits unter A.4 aufgeführt.

#### C.4.2.2.1 Aufklärung, Bewußtseinsbildung

Von zentraler Bedeutung ist die Aufklärung der Eigentümer, Nutzer, Verbände und der Bevölkerung über Wert und Bedeutung der glazialmorphologischen und -geschichtlichen Aussagekraft bestimmter Formen und Landschaftsteile in ihrem Eigentums- und Bewirtschaftungsbereich. Ein wesentliches Mittel dazu ist die Veranschaulichung der ästhetischen, erdkundlichen und biologischen Bedeutung im Nachgang zu kommunalen Landschaftsplänen, auch mit Hilfe von Exkursionen, Bildern und Grafiken. Wesentliche Bedeutung kommt in diesem Zusammenhang auch dem Heimatkundeunterricht an den Grundschulen zu.

Grundlage der Aufklärungsarbeit können die in [Kap. C.1.6](#) für jeden Landkreis aufgeführten Beispiele und ähnliche, landkreisweise noch zu ergänzende Fälle sein.

#### C.4.2.2.2 Noch gezieltere Anwendung gültiger Förderprogramme

Einige der Förderpositionen des Bayer. Vertragsnaturschutzprogrammes und des Kulturlandschaftsprogrammes sind gut geeignet, einige für Glazialgeotope vorteilhafte Nutzungsformen durchzuführen oder zu realisieren. So ermöglicht z.B. das Vertragsnaturschutzprogramm ein angemessenes Entgelt bei Bewirtschaftungerschwernis für Landwirte, die extrem bewegten, mit Steilhängen und Einmündungen durchsetzten Glaziallandschaften eine extensive Grünlandnutzung fortführen oder wieder aufnehmen.

Diese Angebote sollten aber gezielter als bisher in Anspruch genommen werden. Die gezielte Lenkung der Programme in die Gebietskulisse hervorragend schutz- und pflegewürdiger Eiszeitformen sollte künftig durch Landschaftspflegeverbände, Untere Naturschutzbehörden, Landwirtschaftsämter und im Rahmen der Umsetzung der kommunalen Landschaftsplanung durchgeführt werden.

Grundstock der Gebietskulissen der jeweiligen Landkreise (A, AÖ, BGL, EBE, ED, FFB, FRG, GZ, M, MB, MN, MÜ, NU, OA, OAL, REG, RO, STA, TÖL, TS, WM) sind die in [Kap. C.1.6](#), Kap. A.1.6 und im GEOTOPKATASTER aufgeführten Objekte und Flächenausschnitte. Die GEOSCHOB-Objekte allein genügen dafür allerdings keinesfalls, weil sie pro Landkreis nur einige wenige ausgewählte, über-

wiegend kleinflächige Objekte enthalten. Jeder Landkreis im Jung- und Altglazialbereich (s.o.) sollte zügig die vom LPK angestoßene Gebietskulisse für seine eigenen Zwecke vervollständigen. Dabei sollten landkreisspezifische Erfassungsschwellen zur Anwendung kommen.

#### C.4.2.2.3 Restriktionen beim Bodenabbau

Siehe auch LPK-Band II.18 "Kies-, Sand- und Tongruben". Glaziale und glazifluviale Voll- und Hohlformen sollten in ihrer morphologischen Integrität erhalten bleiben. Grundsätzlich sollten alle im Geotopinventar (GEOTOPKATASTER + LPK-Liste; siehe [Kap. C.1.6](#), A.1.6) aufgeführten Typen frei von größeren Abbauen bleiben. Eine angebliche Aussicht auf "Wiederherstellung" der Form nach Abbauende sollte nicht zum Anlaß für eine Genehmigung genommen werden, weil nach bisherigen Erfahrungen kaum je eine vollwertige Rekonstruktion machbar ist. Gerade wegen ihrer morphologischen Feinstruktur (kurvige Hangkanten, Hangnischen usw.) schutzwürdige Formengesellschaften wie Kames-Toteisloch-Gebiete, Oser, os-artige Hügelfelder wie das Hohenburger Hügelfeld/RO vertragen grundsätzlich keinerlei Abbau, auch nicht in geringem privaten Umfang. Lediglich im Bereich großvolumiger Vollformen ohne Feinreliefierung (z.B. Drumlins ohne aufgesetzte Buckelflur, ganze Wallmoränenzüge, größere Molasserippen) sind Kleinprivatgruben oder Gemeindegruben von begrenzter, dem Formtyp deutlich untergeordneter Ausdehnung vertretbar.

Das Aufschlußdefizit in bestimmten Sektoren der Glaziallandschaft (Endmoränen, Drumlins), welches die eiszeitgeologische Lehre immer schwieriger macht, sollte zum Anlaß genommen werden, einige der klassischen, noch nicht völlig zugewachsenen und völlig rekultivierten Aufschlüsse durch einfaches Abgraben und Anreißen, vor allem aber Räumen wieder teilweise zu öffnen. Solche Beispiele sind z.B. der "Rothpletz-Aufschluß" bei Eberfing/WM (heute verstürzt), der Jungmoränenaufschluß an der B 2 bei der Hirschbergalm (dabei allerdings keine Trockenrasen beschädigen). Die Funktionen für die Lebensraumstrukturierung der Kulturlandschaft, den Singvogel-, Libellen-, Amphibien-, Hautflüglerschutz etc. (siehe LPK-Band II.18) sollten aber deshalb nicht aus dem Auge verloren werden. Von den bereits existierenden oder bereits genehmigten Abbaustellen sollten so viele wie möglich von Rekultivierungsmaßnahmen ausgenommen werden.

#### C.4.2.2.4 Biotoppflege und -entwicklung

Besondere waldbauliche Rücksichten erfordern insbesondere die kleinen, wenn auch markanten Glazialformen, z.B. Tumuli im Kerschbacher Forst, Molasserippen im Wald südlich des Tischberges/TÖL: Plenter- oder Einzelstammnutzung; Schonungs-, Dickungs- und Aufforstungsphasen vermeiden.

Vordringlich ist die Erhaltung der naturnahen Buchen- und Buchen-Tannen-Fichten-Bestände in den stark bewegten Endmoränenketten (siehe C.1.6).

Windgeworfene Fichtenreinbestände auf Moränenbuckeln (z.B. im Raum Rechmehring-Albaching/MÜ, RO) sollten in buchenreiche Mischwälder rückgeführt werden.

Grundlage der Glazialgeotop-spezifischen Pflegeprogramme des jeweiligen Landkreises sind die in Kap. A.1.6 und C.1.6 aufgelisteten Objekte und Landschaftseinheiten, jeweils nach landkreisspezifischen Maßstäben ergänzt.

## C.5 Modellprojekte und -beispiele

### **Pauschale Inschutznahme von Toteislöchern im Lkr. Mühldorf**

Über 35 Kessel wurden "auf einen Schlag" als Flächennaturdenkmale bzw. Landschaftsbestandteile ausgewiesen. Dieses Vorgehen trägt nicht nur der Tatsache Rechnung, daß das biotische und geologische Schutzgut "Toteisloch" nicht mit einigen wenigen ausgewählten Beispielen zu erschöpfen ist, sondern erzeugte auch bei den betroffenen Landwirten das Gefühl einer konsequenten Gleichbehandlung.

Die Schutzbemühungen wurden flankiert durch ein Faltblatt "Toteiskessel" an sämtliche Landwirte der Jungglazialgebiete des Landkreises und einen persönlichen Appell des Landrates, auf Verfüllungen und Vermüllungen künftig zu verzichten.

### **Gezielte Aufklärungsarbeit in der Gemeinde Gars/MÜ**

Auf Einladung des Bürgermeisters wurde in einer Versammlung mit Exkursion den gezielt eingeladenen Eigentümern bisher immer wieder verfüllter und vermüllter Toteisbiotope der hohe Wert dieser Elemente veranschaulicht. Der Appell für die Erhaltung führte in den darauffolgenden Jahren nachweislich zu einem starken Rückgang der Verfüllungen.

### **Geotopschutzkarte in Norwegen**

Landesweit werden quartärgeologisch schutzwürdige Zonen nach Kriterien wie Typlokalität, Unberührtheit, Komplex oder Serie aus mehreren Formeinheiten, Formenreichtum, Repräsentanz, naturhistorisches Dokument ausgewiesen und regionsweise beschrieben (Geotopschutzkarte). Zumindest in Mustergebieten, wie z.B. der Gemeinde Ullenker N Oslo, werden Karten der Bodenressourcen mit den

Karten national bedeutsamer quartärgeologischer Objekte überlagert, Konflikte ermittelt und bereinigt (NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE 1989, MATTIG 1993). Vorbildhaft ist die Abstimmung der Abbauplanung mit den ermittelten quartärgeologisch hervorragenden Zonen.

### **Vorbildhafte Nutzungs- und Pflegebeispiele:**

Tumuli am Hirschberg/WM, Gögerl bei Weilheim, periglaziale Hangrinnen und -rippen mit Maisinger Tal S Söcking/STA, Buckelwiesen am Geißschädel/GAP, Kameslandschaft Ostermoos/GAP, Tumulus Unteröd/TS.

### **Berchtesgadener Modell**

Vor Einführung des KULAP erhielten die Bergbauern des Berchtesgadener Landes vom StMELF einen speziellen Pflegezuschlag für Steilhang- und Buckelwiesen. Die Förderflächen wurden in gemeinsamen Begehungen mit dem Amt f. Landwirtschaft Laufen festgelegt.

### **Buckelwiesenfreistellung im Lkr. Garmisch-Partenkirchen**

Seit vielen Jahren betreibt der Lkr. GAP gemeinsam mit den angestammten Nutzen ein vertragsnaturschutzgestütztes Pflegeprogramm für Buckelwiesen. Erstmals 1997 konnten auch großflächige Freistellungsmaßnahmen völlig zugewachsener Buckelwiesen im Kranzberg-Ferchensee-Gebiet in Angriff genommen werden. Die Zusammenarbeit mit dem Ziegenhalterverband Mittenwald, der Gemeinde Mittenwald und dem Forstamt ist beispielgebend für viele ähnlich dringliche Vorhaben.





## D Fluviale Formen, Tal-, Strömungs-, Absatz- und Abtragsformen, Massenbewegungen

*"Schon rauscht ein Bach zu Bächen mächtig nieder,  
Aus Schluchten kehren sie gedoppelt wieder;  
Ein Strom nun wirft den Bogenstrahl;  
Auf einmal legt er sich in flache Felsenbreite  
Und rauscht und schäumt nach der und jener Seite,  
Und stufenweise wirft er sich ins Tal.  
Was hilft ein tapfres, heldenmäßiges Stemma?  
Die mächtige Woge strömt, sie wegzuschwemmen;"*  
(GOETHE, Faust II)

Die Formungsarbeit des fließenden Wassers zeigt sich allenthalben in der Landschaft, trotz "tapfren heldenmäßigen Stemmens" auch heute noch. Sie bestimmt zusammen mit Gesteinsart, Erdkrustenbewegungen bzw. Tektonik am stärksten das Landschaftsbild. "Fluviale" Formen sind so landschaftsbestimmend, daß sich Geotopschutz und -pflege hier auf herausragende Erscheinungen beschränken müssen:

- Schöne oder schulmäßige Talausprägungen (z.B. Kasten-, Kerb-, asymmetrisches Tal, Flußdurchbrüche) und
- interessante Elemente in Tälern (Wasserfälle, Katarakte, Mäander und Umlaufberge, (fossile) Prallhänge, Schotterstufen, Terrassen(böschungen),

### D.1 Grundinformationen

#### D.1.1 Charakterisierung fluvialer und verwandter Geotope

Wiederum werden "eindeutige" Geotope und naturschutzvorrangige Situationen normal groß gedruckt und rein geowissenschaftliche Grundlageninformationen sowie nicht immer eindeutig geotopwerte Fluvialformen ("zu groß") durch Kleindruck gekennzeichnet. Bei der Typisierung kam es auf Verständlichkeit und allseits bekannte Bezüge an, weniger auf morphogenetische Wissenschaftlichkeit. Überlappungen der gewählten Formtypen ließen sich dabei kaum vermeiden.

**Kap. D.1.1.1** bringt Talformen, also langgestreckte Erosions-(Aushöhlungs-, Eintiefungs)formen des

- für den Naturschutz besonders wichtige natürliche Auflandungsstandorte: Schwemmfächer, Deltas, Aufschüttungsreliefs in Flußauen;
- in ihrem Fortbestand regional oder bayernweit stark bedrohte und/oder seltene Formtypen (z.B. subfossile Flutrinnensysteme der Flußauen, Seedeltas);
- sonstige eindrucksvolle Singularitäten/Einzelerschöpfungen (z.B. Tuffkaskaden, Strudeltöpfe, Erdpyramiden, Bifurkationen (Gewässergabelungen, in Bayern z.B. am Craimooser Weiher bei Schnabelwaid/BT, der sowohl zur Pegnitz wie zum Roten Main abfließt, sowie bei Oberhochstätt östlich des Chiemsees/TS).

Über streng fließwasserbürtige ("hydromechanisch-sedimentologische") Tal-, Strömungs-, Absatz- und Abtragsformen hinaus werden auch verwandte und interessante Mischformen fluvialer und nicht-fluvialer Erosion sowie der natürlichen Massenbewegung mitbehandelt, z.B. eindrucksvolle Reissen, Hanggrate, Hangabbrüche, schutzwürdige Zonen der Massenbewegung und des Hangabtrages, sinnvollerweise auch hydrochemische Ausfällungsformen des fließenden Wassers wie Kalksinterbildungen. Viele dieser Sondererscheinungen sind ohnehin weitgehend an Talhänge gebunden.

fließenden Wassers; sie variieren je nach Fließgefälle bzw. Höhenabstand zur Erosionsbasis, Abflußmenge und Gewässer-Schleppkraft, Sedimentmenge und -körnung, Widerständigkeit des Untergrundes, Intensität von Erdkrustenbewegungen und Himmelsrichtung des Gewässerverlaufes (Corioliskraft der Erddrehung!).

Das Querprofil bestimmt sich aus dem Kräfteverhältnis von Tiefen- und Seitenerosion im Zusammenwirken mit Hangabtrag durch Massenbewegung und Oberflächenabfluß (Tab. D/1, S. 205).

Natürlich kann nicht jedes Tal als Geotop behandelt werden. In den Brennpunkt des Geotopschutzes gerückt werden die erdgeschichtlich, naturschutzfach-

Tabelle D/1

#### Formung des Talquerschnittes

Tiefenerosion	Seitenerosion	Hangabtrag	Taltyp
groß	-	-	Klamm
groß	mäßig	mäßig	Kerbtal
gering	groß	mäßig	Kastental

lich und landschaftlich herausragenden Tal-  
ausprägungen.

Die [Kapitel D.1.1.2 - D.1.1.7](#) behandeln natur-  
schutzwichtige Sonderstandorte und Spezialer-  
scheinungen innerhalb der Täler bzw. Gewässerver-  
läufe (Mäander, Terrassen, Aufschotterungen, Au-  
enrelief, Katarakte usw.), die [Kapitel D.1.1.8](#) und  
D.1.1.9 widmen sich den Formen und Geotopen der  
Kalk-/Sulfat-/Schwefelausfällung und endlich der  
Massenbewegung. Andere Ausfällungsformen (z.B.  
Eisenocker) kommen in Bayern zwar auch, aber  
nicht in geotoprelevanter Form vor.

### D.1.1.1 Talformen

#### D.1.1.1.1 Kastental (auch Sohental oder Sohlen-Kerbtal)

Talboden scharf gegen die steilen, +/- glatten Tal-  
hänge abgesetzt (Trapezprofil siehe [Abb. D/1](#), S.  
206). Entsteht aus einem ehemals viel tiefer  
eingegrabenen Kerbtal, das durch (relative) Hebung  
des Vorfluter-Niveaus von der eigenen Sediment-  
fracht wieder aufgeschottert wurde, durch Seitenerosi-  
on einen breiteren Talboden erhielt oder aus einer  
Kombination beider Prozesse.

Vor allem jene Kastentäler verdienen den "Geotop-  
Rang", die wichtige landschaftsgeschichtliche Indi-  
zien und Zeugnisse darstellen:

- fossile Trockentäler oder Eisrandrinnen der eis-  
zeitlichen und frühholozänen Flußgeschichte  
(z.B. Talenden des Wiesent- und Pegnitz-Sy-  
stems in der Fränkischen und Hersbrucker  
Schweiz, Hopfental bei Kelheim, Schmelzwäs-  
serrinnen des Gleißentales/M, Teufelsgrabens  
und Fellacher Grabens bei Holzkirchen/MB,  
Erlstätter Tal/Ts, Täler der Alzplatte, Tanning-  
Eglinger Tal/TÖL; vgl. auch Teil C);
- fossile Talreste von "Altlandschaften", z.B. Re-  
likte tertiärer Talbildungen (z.B. Talzüge im Ho-  
henfelder und Pegnitzjura, pliozäner Hochtalrest  
der Kronberger Alm am Wildalpjoch/RO).

Aber auch als relative landschaftliche Höhepunkte  
in morphologisch sonst eintönig gestalteten Natur-  
räumen sind sie eine Verpflichtung für den Natur-  
schutz:

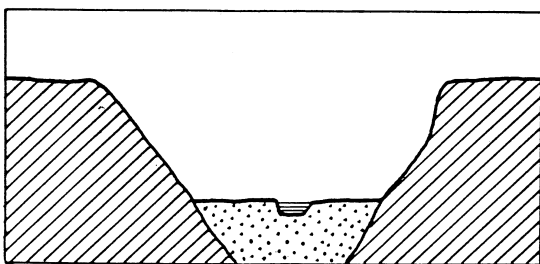


Abbildung D/1

Schema-Querschnitt durch ein Kastental (aus WIL-  
HELMY 1981a)

- markante Wiesentäler;
- markante Talkorrekturen innerhalb talarmer Na-  
turräume und Ebenen, die
- vielfältigen Subformen, wie z.B. seitlichen  
Kerbtälchen, Klingen, Quellnischen, Talfelsen  
einen Rahmen geben (z.B. Wissinger und  
Schwarze Laaber/NM, R, Anlautertal zwischen  
Nennslingen und Titting/WUG, EI, Ipp-  
bachtal/KT, Kesseltal/DLG, DON).

Allerdings darf der Geotopbegriff hier nicht über-  
dehnt werden: Extrem breite Kastentäler, die mei-  
sten Stromtäler, die Haupttäler der Schotterplatten  
und des Keuperlandes verdienen zwar stets Rück-  
sichtnahme in der Raumentwicklung, können aber  
kaum als Talganges aus Geotopschutzgründen mit  
Sonderstatus belegt werden. Auch bei fossilen  
Stromtälern von höchster landschaftsgeschichtli-  
cher Bedeutung, die zweifellos in ihrer vollen Länge  
und Breite den Geotoprang verdienen würden, ist es  
kaum praktikabel, die gesamte Landschaftsentwick-  
lung der Vorrangfunktion Geotopschutz unterzuor-  
nen (z.B. Wellheimer und Altmühltal, Schuttertal,  
Donautal, Leitzach-Gars-Talzug/MÜ, EBE, MB,  
Eglinger Tal/TÖL). In großdimensionierten Fällen  
sollten aber wenigstens die Talränder oder bestim-  
mende Terrassenlinien als besonders prägende Teil-  
strukturen mit großer Sorgsamkeit behandelt wer-  
den.

#### D.1.1.1.2 Asymmetrische Täler (Zur Genese siehe auch Teil C; siehe [Abb. D/2](#) S.189)

Unter periglazialen Bedingungen (um)gebildete,  
meist kleinere Täler mit ungleichzeitigem Talquer-  
schnitt: S- bis W-exponierte Hänge bis über 20 °  
steil, die gegenüberliegenden Flachhänge nur 3-5 °.  
Asymmetrie meist am Oberlauf am klarsten ausge-  
bildet. Sie erklärt sich aus der glazialen Schnee- und  
Lößakkumulation an den Leeseiten (die u.a. den  
Bachlauf zur anderen Talseite abdrängte), dem län-  
geren Andauern der abflachenden Solifluktion in  
(Wind-)Schattlagen, während der Sonnenhänge ra-  
scher abtrockneten und der solifluidalen Einebnung  
früher entzogen waren. Fast immer haben sich die  
Bäche dicht unter dem östlichen Talhang einge-  
schnitten. Bei sekundärer Einschneidung bildeten  
sich z.B. im Frankenwald auf der Westseite am  
Hangfuß Terrassenstufen heraus.

Mit ihren steilen, wald- oder magerrasenüberzoge-  
nen, oft konvex profilierten Ost- bis Nordostseiten  
und ihren flacheren West-/Südwestseiten sind sie  
auffällige Zeugnisse periglazialer Landschaftsfor-  
mung. Zwar gibt es solche Täler in nahezu allen  
Naturräumen, doch wirken sie am bereicherndsten  
in morphologisch sonst eher gleichförmigen Gebie-  
ten wie dem Tertiärhügelland oder der Marktheiden-  
felder Platte.

#### D.1.1.1.3 Muldental

Tal mit rel. breitem Talboden, der ohne deutli-  
che Grenze in die flachen Talhänge übergeht

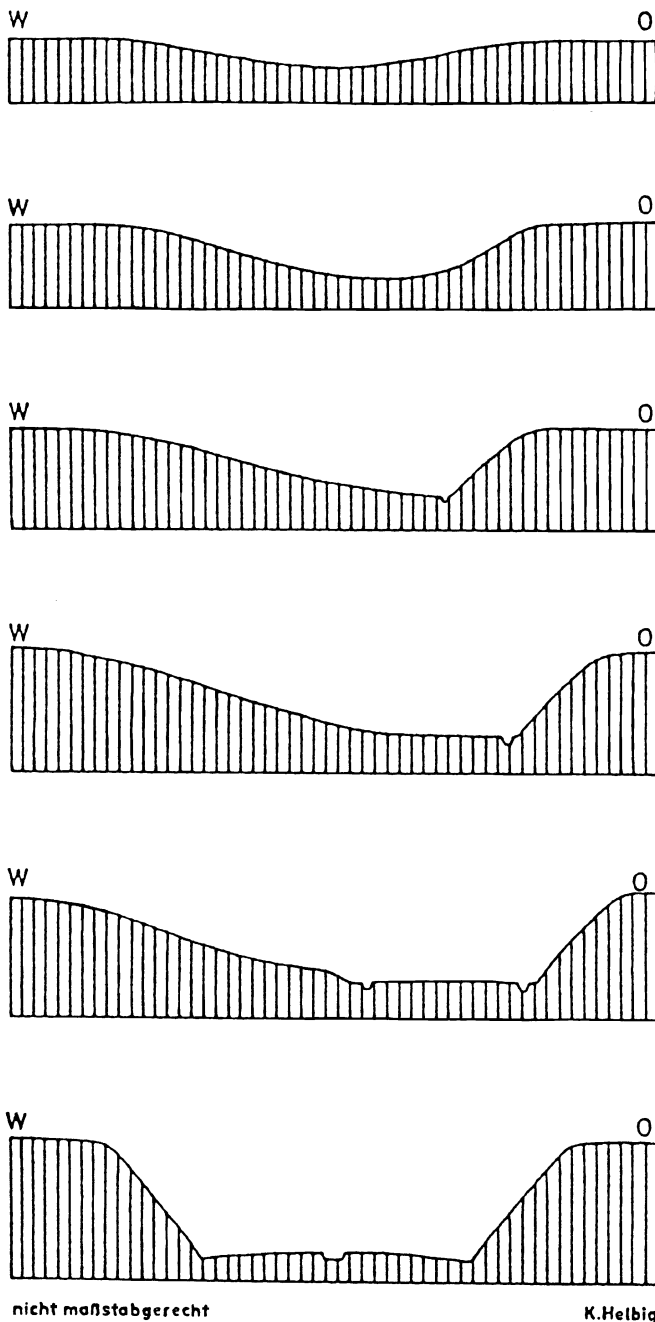


Abbildung D/2

Typische Abfolge von Querprofilen innerhalb eines asymmetrischen Eiszeittales (aus HELBIG 1965)

Von oben nach unten:

- 1 Symmetrische Mulde (Talbeginn)
- 2 Asymmetrisches Muldentale
- 3 Asymmetrisches Muldentale mit scharfer Kante am Steilhangfuß
- 4 Asymmetrisches Sohlentale
- 5 Asymmetrisches Sohlentale mit verbreiteter, auch den Flachhang unterschneidender Sohle
- 6 Asymmetrisches Kastentale

(Abb.D/3, S. 208); im allgemeinen für den erdkundlichen Naturschutz ohne größeren Belang. Charakteristisch sind stark hangabtragende Prozesse und fehlende Seitenerosion. Muldentäler entstehen aus Kerbtälern, die durch Solifluktion von den Hängen her aufgefüllt werden, weil das Fließgewässer durch Klimawechsel oder zunehmende Sedimentfracht aus dem Oberlauf nicht mehr zur Ausräumung der Denudationsmassen fähig ist. Muldentäler sind für ältere Erosionslandschaften aus relativ weichen oder Lockergesteinen charakteristisch (z.B. Tertiärhügelland, Obermainisches Bruchschollenland, Mittelfränkisches Becken).

Die glaziale Ausschürffungsform des **Trogtales (U-Tal)** wird in Teil C besprochen. Auch hier wird die Dimension des "Geotops" meist überschritten. In den Bayerischen Alpen sind Trogtäler etwas "Normales", im Böhmerwald dagegen eine große Besonderheit (z.B. oberes Reschwassertal).

#### D.1.1.1.4 Klammen

Stets herausragende, ausnahmslos hochschutzwürdige Geotope. Zeigen das Formungspotential des strömenden Wassers auf geradezu atemberaubende,

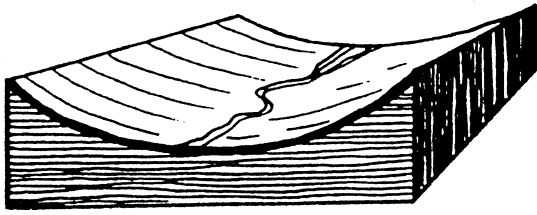


Abbildung D/3

Schema-Querschnitt durch ein Muldental

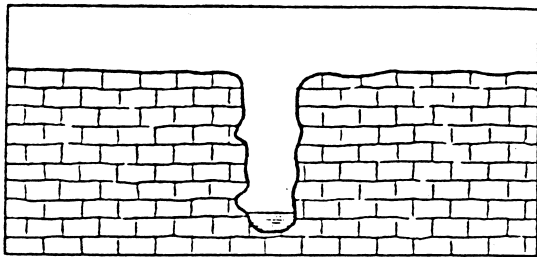


Abbildung D/4

Schema-Querschnitt einer Klamm (aus WILHELMY 1981a)



Abbildung D/5

Schema-Querschnitt eines Kerbtals (aus WILHELMY 1981a)

ja manchmal angsteinflößende Weise, dokumentieren als Naturaufschlüsse ganze Schichtserien, aber auch tektonische Strukturen und landschaftsgeschichtliche Umbrüche (z.B. erosionsauslösende Hebungsperioden); stets hoher Biotopwert.

Echte Klammen sind extrem enge, sich auch nach oben kaum erweiternde "Einsägungstäler" mit senkrechten bis überhängenden Wänden, deren Gerinne im anstehenden Gestein verläuft. Über lange Zeiträume gleichmäßige Heraushebung (auch in den Alpen) verhindert eine sohlenartige Aufweitung und ermöglicht einen tiefen, aber gleichmäßig schmalen Einschnitt. Insofern sind Klammen unmittelbare Dokumente großtektonischer Prozesse.

Manche Klammabschnitte sind durch Einbruch von Durchfluhöhlen durch Felsschwellen entstanden (z.B. Breitachklamm/OA), andere durch rückschreitende Erosion von Wasserfällen an hängend über glazial übertieften Haupttälern ausmündenden Seitentälern nach Abschmelzen des Eises. Extrem hohe Reliefenergie ermöglicht ein rasches "Einsägen". Klammen durchsägen auch talquerende Hartgesteinsrippen (z.B. Wettersteinkalk der Kettenklamm bei Aschau/RO, Pfahl in der Saußbachschlucht und Buchenberger Leite/FRG) (siehe [Abb. D/5](#), S. 208).

Noch herausgehobener als im Hochgebirge erscheinen klammartige Durchbruchstäler in den bayerischen Mittelgebirgen, so etwa durch den Quarzkeratophyr der "Steinachklamm" bei Waffenhammer/KUL, die Rätssandsteinstufen südlich und südöstlich Nürnberg, des Burgsandsteins im Albvorland bei Weißenburg-Spalt. Durch Hebung entstandene Stufenränder waren bevorzugte Ansatzstellen der Schlucht- und Klammabildung.

Klammen sind reich an interessanten Kleinformen des fließenden und tosenden Wassers wie Strudellöcher (z.T. mit Mahlsteinen), Schießbrinnen, Hohlkehlen, Querrippen mit Wasserfällen, Wandgesimse als Relikt einstiger Bachsohlen, Blockverstürzungen, Kalkaussinterungen, Tuffkaskaden, Spaltenquellen usw.

Nicht alle als "Klamm" bezeichneten felsigen Bach-einschnitte entsprechen der eingangs gegebenen Definition, so etwa die "Wolfslohlklamm" bei Leuchtenberg/SAD, Gsteinachklamm bei Nürnberg und die "Saulochklamm" bei Deggendorf. Wo der Volksmund einem Bachlauf den Zusatz "Klamm" verleiht, handelt es sich aber stets um fluviale "Geotope"!

#### D.1.1.1.5 Schluchten, V- oder Kerbtäler (oberbayerisch "Gräben", alemannisch z.T. auch "Tobel")

Bilden sich an den meisten Fließgewässersystemen im Ober- und Quelllauf bei hohem Längsgefälle. Talsohlen fehlen (fast ganz). Ursache der meist konvexen Talprofile ist eine allmählich beschleunigte Tiefenerosion infolge verstärkter tektonischer Hebung oder vermehrter Wasserführung (Klimawechsel) bzw. erhöhte Erosionskraft des Wassers bei verminderter Sedimentführung. Kerbtäler können sich auch aus Klammen entwickeln, wenn eine Rückverlegung der Oberhänge erfolgt ([Abb. D/4](#), S. 208).

Für die Aufschüttung ebener Talsohlen ist die Ausräumungsenergie aufgrund eines hohen Fließgefälles (meist Oberläufe) und hoher Abflußwellen zu groß. Wilde Kerbtäler kennzeichnen vor allem solche Landschaften, in denen das Wasser über kurze Entfernung einer tiefgelegenen Erosionsbasis zuströmt, wo lockere oder veränderlich-feste Gesteine (z.B. Moräne, Molasse, Flysch, Keupertone) ein rasches Eingraben mit nachfolgender Seitenerosion und Talhangdynamik erlauben. Hangabnutzungen, Staffelbrüche und Talhang-Ausspülrinnen schaffen zumindest periodische Naturaufschlüsse, lassen immer wieder am Hang freigelegte Blöcke ins



Bachbett abrutschen, wo sie bemerkenswerte Turbulenzonen, Katarakte, Kleinwasserfälle, ja ganze Blockströme bilden können.

Kerbtäler können im Alpenvorland mit Ansammlungen von (Gletscher)Blöcken "verrammelt" sein, die nicht nur eine geognostisch bedeutsame Musterkollektion der glazialen Geschiebe bieten, sondern auch die Tiefenerosion durch natürliche Stauschwellen hemmen können. Beispiele: Schluchtbäche zum Inntal bei Gars - Au - Reichertsheim/MÜ und Schambach - Wang/MÜ, RO, Schluchten zum Ammersee bei Dießen - Utting/LL und Andechs/STA (z.B. Kiental), Bachkerben rings um den Würmsee und das Weilheimer Becken (Tischberggebiet, bei Tutzing, Hirschberg-Südabdachung, Peißenberg usw.).

Im Quarzrestschottergebiet des östlichen Tertiärhügellandes (PAN-Ost, PA-Südwest) ließ die glaziale und postglaziale Erosion immer wieder Quarzitnagelfluhblöcke von den verfestigten Hochplateaus abbrechen und verwandelte so Kerbtalbüche im Steinkart bei Griesbach und im Triftern Hügelland in wilde Felszenerien. Solche Blockverstürzungen gibt es auch in einigen schluchtartigen Kerbtälern des Rhät- und Burgsandsteins (z.B. Teufelsloch bei Bayreuth, N Mainleus/KUL) und in den mainnahen Buntsandsteinkerben des Südspessars (siehe Teil F).

Von den Felsfreistellungen des Grundgebirges bewegten sich Granitriesenblöcke durch eiszeitliches Bodenfließen in die Bacheinkerbungen, wo sie heute an manchen Stellen zyklonische, wasserdurchflossene Blockströme bilden (z.B. Hölle bei Wiesent/R, Lerautal/SAD, Girmitztal/NEW, mittleres Waldnaabtal/NEW; vgl. Teil F).

Steil eingegrabene Kerbtäler mit ihren stets wichtigen Sonderstandorten und Rückzugsfunktionen für relativ seltene, teilweise azonale Artengemeinschaften (vgl. Kap. D.1.7, S. 243) ragen natürlich in flachhügeligen oder ebenen Landschaften am meisten heraus (z.B. am Maintalrand, Inn-Seitengraben bei Gars und Simbach, Iller- und Isartal-Hanggraben, Seitenschluchten der Altmühl und Püttlach). Die biologisch wie geologisch-morphologisch gleichermaßen eindrucksvollen Molassetobel des Alpenvorlandes sind die zentralen Aufschlüsse des tertiären Landschaftssockels und der voralpinen tektonischen Strukturen unter der glazialen Überdeckung.

Da die Tiefenerosion immer wieder Quellhorizonte anschneidet, sind Kerbtalhänge oft mit Kalktuffbildungen überkrustet. Manchmal bilden sich kaskadenartige Sinterbecken. Beispiele: Isarseitenschluchten bei Landshut, oberes Steinbachtal bei Holzmann/RO, Hanggraben am Neumarkter Albrauf/NM.

Für einen Großteil besonders steiler und romantischer Kerbtäler ("Tobel", "Gräben") sind die durch Nutzungerschwernis außerordentlich naturnahen Biotope Schutzgrund genug. Es bedürfte hier keines Geotop-Etikettes mehr. Andere Kerbtalformen sind zwar schutzwürdiger Teil des naturräumlichen Formenspektrums, aber derzeit ohne adäquaten oder zumindest der Geotopfunktion nicht gleichrangigen Biotopwert.

Hierunter fallen Kerbtalformen in Fettwiesen, Äckern und Fichtenforsten, z.B. die für die glazialen Seebecken des Alpenrandes charakteristische, scharf herauspräparierten, vielästigen Kerbtälchensysteme im Seeton, z.B. die Verzweigungen der Pettinger Achen im Tittmoninger Becken, die Rinnen des Murner und Rotter Forstes/RO, die steilen, oft asymmetrisch ausgeformten Hangrinnen am Rande der Altmoränen- und Deckenschotterriedel Mittelschwabens und des Isen-Sempt-Hügellandes (z.B. Oberhänge des Neufnachtsales/A, MN, oberes Günztal/OA, MN, Lappachtal/ED, Nordflanke des Tannberges/MÜ, Hangrinnen N Schnaitsee/RO, TS, MÜ, die Tälchen und am donauseitigen Albrand zwischen Vohburg und Weltenburg/PAF, EI, KEH, die langen, z.T. periodisch wasserführenden Trockentalgräben in den Wäldern der Staudenplatte/A oder Günz-Zusam-Platte/GZ, A, die steilen Trockentalchen in den obermiozänen Sanden der Deimhausen-Pobenhausener Wälder (ND, PAF), die Kerbtälchen der nordseitigen, z.T. lößüberdeckten Donaurandterrassen (z.B. Niederachdorf/SR) und des Dungaues (DEG, SR).

Den Übergang zu anthropogenen Hohlwegen bilden viele "Klingen" (oft sehr steilwandige Kerbtälchen) in den flußseitigen Plateaurändern der unterfränkischen Muschelkalkplatten, des Obermainischen Hügellandes, sowie die in der Hangfalllinie parallel gebündelten hohlwegartigen Rinnen in den Gips- und Lettenkeupertonen (z.B. Südrand der Windsheimer Bucht bei Oberntief).

Die Biotop-Geotopnatur wilder, steil eingeschnittene Schluchten steht außer Zweifel, sind sie doch ähnlich wie Klammern wichtige landschaftsgeschichtliche Zeugen, außerdem meist herausragende Naturaufschlüsse und in allen Naturräumen besonders wertvolle Biotope.

Aber auch weniger großartige, doch landschaftsprägende, periglaziale, z.T. trockene Kerbtalbildungen in Löß-, Altmoränen- oder Keupergebieten müssen als schutzwürdige Landschaftselemente angesprochen werden, auch wenn sie nicht immer aktuell schutzwürdige Vegetation enthalten.

#### D.1.1.1.6 Flußdurchbrüche (Talengen, Canyons)

Großartige und großflächige Sonderform der vorgenannten Talbildungen. Gehören zu den wichtigsten Geotoptypen Bayerns. Auf engstem Raum werden hier mehrere erd- und formengeschichtliche Prozesse augenfällig. Innerhalb der imposanten Großform eröffnen sich vielfältige Kleinformen (z.B. Auswaschungskehlen, Katarakte, Kalktuffablagerungen, Hangabbrüche, Sturzfelsen, Strudellöcher, Kolke, Felsstufen, Runsen, z.T. pyramidenförmige scharfe Hanggrate). Stets sind geologische Schichtserien, z.T. auch tektonische Strukturen auf großartige Weise aufgedeckt (besonders hochwertige und stratigraphisch-tektonisch umfassende Naturaufschlüsse).

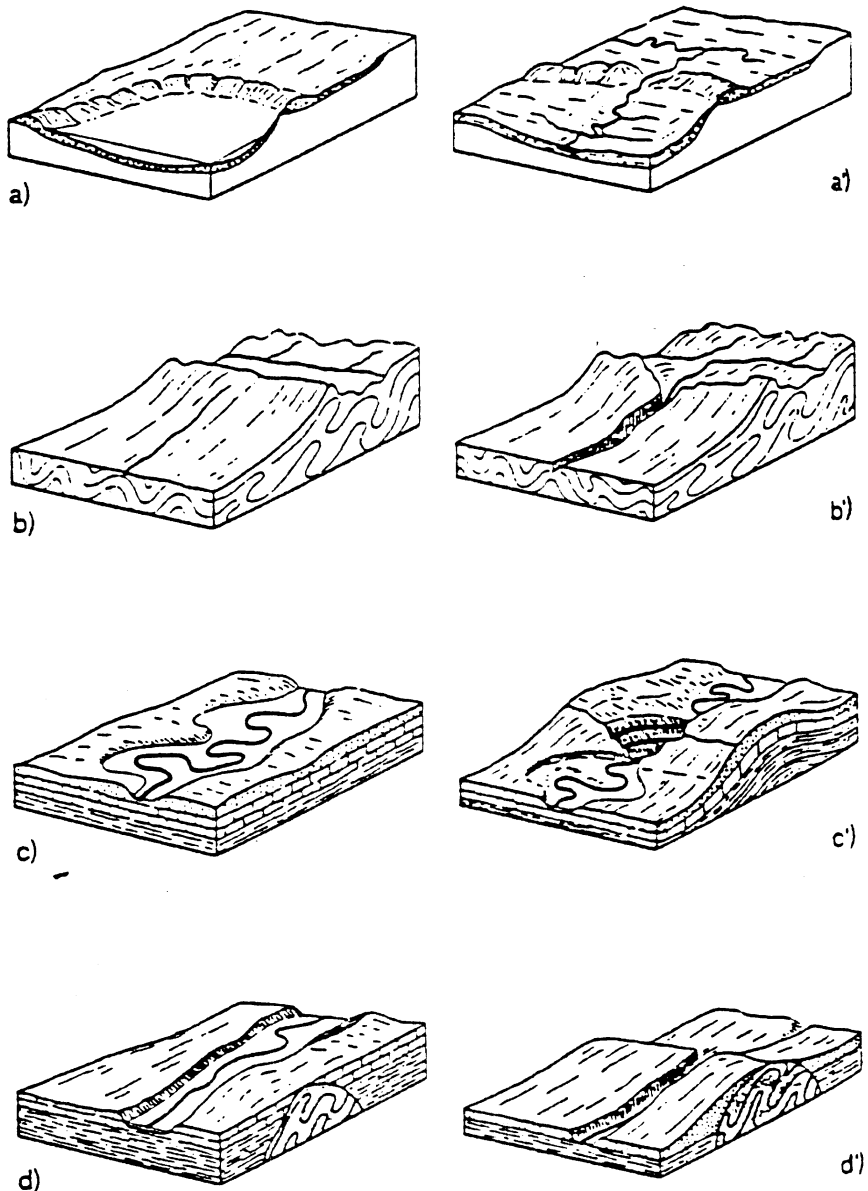


Abbildung D/6

Entstehungsmöglichkeiten von Durchbruchstälern (aus WILHELMY 1981a)

Durchbruchstäler entstanden in Bayern folgendermaßen (vgl. auch [Abb. D/6](#), S. 210):

- Überlaufen eines großen Schmelzwassersees an einer Moränenschwelle, daraufhin Einsägen des Abflusses in den Beckenrand; Kennzeichen: Seeablagerungen hinter der Geländeschwelle; "Strandterrassen" innerhalb des Beckens (a-a'); Beispiele: Isarengel Icking-Grünwald, Innenge Wasserburg-Gars, Salzachdurchbruch bei Raitenhaslach;
- rückschreitende Erosion; u.U. können Wasserläufe jenseits der ursprünglichen Wasserscheide angezapft werden (mit darauffolgender Flußumleitung) (b-b'); Beispiel: Mangfalldurchbruch bei Grub;
- Hebung einer Scholle mit darauf verlaufendem Fluß, der sich während der Hebung in die Schwelle eintieft (antezedentes Durchbruchstal); Kennzeichen: Terrassenzüge in den Durchbruchstälern; z.T. klammartige Abschnitte, wenn die Hebung stärker als die Eintiefung ist (c-c'); Beispiel: Weltenburger Enge;
- "normale" Tiefenerosion in jüngeren Ablagerungen und anschließender Durchschneidung des älteren Festgesteinsuntergrunds (epigenetisches Durchbruchstal); falls es später zu einer Abtragung der überlagernden Deckschichten mit Freilegung des Altreliefs kommt, wird das "neue" Tal vom Fluß beibehalten; Kennzeichen: flache Talabschnitte wechseln mit schluchtartigen Abschnitten im Bergland (d-d').

Durchbruchsstrecken sind filigran mit vielfältigen Kleinformen ausgestaltet, z.B. kataraktbildende querende Härtlingsrippen (z.B. Ammer- und Wertachschlucht), Felseninseln und Klippen (ehemals z.B. in der Innenge Schärding - Vormbach), die bei der Tiefenerosion den abschleifenden Gerölltrieb teilen und herumlenken, sobald sie sich etwas über die umgebenden weicherer Gesteinspartien erhoben hatten. Strudeltöpfe oder -löcher (mit Mahlsteinen) entstanden durch die unablässige Kreisbewegung von Mahlsteinen in der wirbelnden Strömung, in der Vormbacher Innenge bis zu 3 m tief und 2 m breit manchmal schön zylindrisch; Strudelfurchen (entstanden durch dauerndes Darüberrollen von Gestein an den Schwächezonen flußparallel geklüfteter Felsen, z.B. in der Vormbacher Innenge/PA); seitliche Auskolkungen und Hohlkehlen, z.B. an den senkrechten Malmkalkwänden der Weltenburger Enge.

Flußdurchbrüche sind als nutzungsabweisende Sonderstandorte azonalen oder extrazonalen Charakters ebenso hochwertige Biotope wie Geotope und daher meist als NSG, zumindest aber LSG gesichert. Trotzdem geraten sie immer wieder in den Konflikt zwischen Naturschutz, Wasserkraftnutzung und Wildwassersport.

Im nord- und mittelbayerischen Raum passen die dort oft kurzen und schmalen Durchbruchsstrecken (z.B. Rotmain S Bayreuth, Buchberger Leite bei Freyung, Ascha bei Neunburg, Röslau bei Schirmding) viel besser in die Geotopdefinition des LPK. Gleichwohl dürfen geräumigere und längere Canyons und Flußdurchbrüche wie das Egertal bei Selb-Hohenburg, der Regen bei Ramspau-Nittenau, der Salzachcanyon bei Tittmoning-Burghausen oder die Ammerschlucht zwischen Bayersoien und Peißenberg nicht wegen ihrer "unpassenden" Größe unberücksichtigt bleiben.

#### D.1.1.2 Mäanderstrecken, Umlaufberge

Stark gewundene Fluß/Bachstrecken oder Mäanderabschnitte (benannt nach dem türkischen Fluß Menderes, griech. Mäander) sind typisch für unverbauete Flußabschnitte mit relativ geringem Gefälle und damit relativ geringer Fließgeschwindigkeit sowie hoher Sedimentfracht (VOLLRATH 1976). Sie sind Ausdruck der ungebändigten Fließgewässerdynamik (des Ausufernd-dürfens) in breiten Tälern mit geringem Gefälle.

Aus landschaftlicher, limnologischer, erdwissenschaftlicher, morphogenetischer und hydromechanischer Sicht gleichermaßen schutzwürdig, zumal schöne Mäanderstrecken nach den umfangreichen Verbauungen der ersten Jahrhunderthälfte zur Rarität, zum unbedingt erhaltenswürdigen Naturdenkmal geworden sind. Schutzwürdig ist dabei nicht nur das seltene landschaftliche Ensemble und ein aquatischer Lebensraum mit hoher Uferlänge, sondern die Dynamik dieses Systems. Bach- und Flußschlingen "wandern", gelegentlich bricht sogar ein Isthmus zwischen zwei Schlingen durch Altläufe entstehen.

Ursachen für das Pendeln sind u.a.:

- Gesteinsverschiedenheiten im Gerinnebett;
- rhythmisches Phänomen zweier in relativer Bewegung befindlicher Körper (Wasser und Gesteine; KAUFMANN 1929, in MACHATSCHEK 1973), was die stets wieder neu einsetzende Mäandrierung begründeter Flüsse beweist;
- Ablenkung des Stromstrichs durch die Erdrotation (jeder bewegte Körper wird auf der Nordhalbkugel nach rechts abgedrängt), die aber durch andere Einflüsse überdeckt oder gar ins Gegenteil verkehrt werden kann und selbst auch wieder eine Ausgleichsbewegung (Umkehr im Mäanderbogen) verursacht;
- Einmündungen von stark sedimentführenden Nebenflüssen, die den Hauptfluß daraufhin zur Seite drängen;
- Schrägstellung des Flußspiegels durch Einfluß des Windes;
- leichte Krustenverbiegungen.

Diese Faktoren können erste Laufabweichungen auslösen. Damit verlagert sich der Stromstrich, d.h. die Linie der größten Fließgeschwindigkeit aus der Flußmitte. Ob daraus auch eine stärkere Seitenerosion resultiert, hängt vom Gefälle des Fließgewässerspiegels zum Grundwasserspiegel und der Durchlässigkeit bzw. Erosionsresistenz der Ufer ab.

Die Mäandrierung verstärkt sich im Laufe der Zeit unter Einwirkung der Fliehkraft: Schließlich sind die Schleifen nur noch durch schmale "Hälsen" getrennt. Auch diese können schließlich durchbrechen (Mäanderdurchbrüche), Altwasser-Schlingen entstehen. Allerdings hat bei vielen Isthmus-Durchbrüchen stark mäandrierender bayerischer Bäche und Flüsse der Mensch "nachgeholfen", z.B. an der unteren Paar, an der Amper, an der Schmutter bei Augsburg-Diedorf.

Die größte Tiefe und Geschwindigkeit liegt stets etwas unterhalb der stärksten Krümmung, weshalb die Mäander auch langsam flußabwärts wandern. Dabei kann sich die Mäanderwanderung auf recht kleine Fluß- oder Bachabschnitte beschränken. Solche hochdynamischen Talbereiche sind dann oft mikromorphologisch, vegetations- und tierökologisch besonders vielfältig und ragen auch im Geotopschutz hervor, so z.B. die Pfatterer Au innerhalb des Donautales (Abb. D/7). 3 Mäandergenerationen haben sich hier in der unteren Auenstufe innerhalb von 65 Jahren etwa 3 km donauabwärts verlagert.

Durch die Mäanderschlingen wird der Lauf verlängert, was eine weitere Gefällsminderung und eine Verringerung der Fließgeschwindigkeit zur Folge hat. Mäander können aber nur einen bestimmten Radius erreichen, der in Relation zur durchschnittlichen Hochwassermenge des Flusses steht (MACHATSCHEK 1973: 56). Der "Wanderkorridor" der Mäander beansprucht also nur einen bestimmten Teil der Talsohle.

**Freie Mäander** resultieren aus Bewegungen des Fließgewässers selbst und sind nicht durch den Untergrund aufgezwungen. Bei Flüssen, die fast im Niveau des Grundwassers in einem mit mächtigen



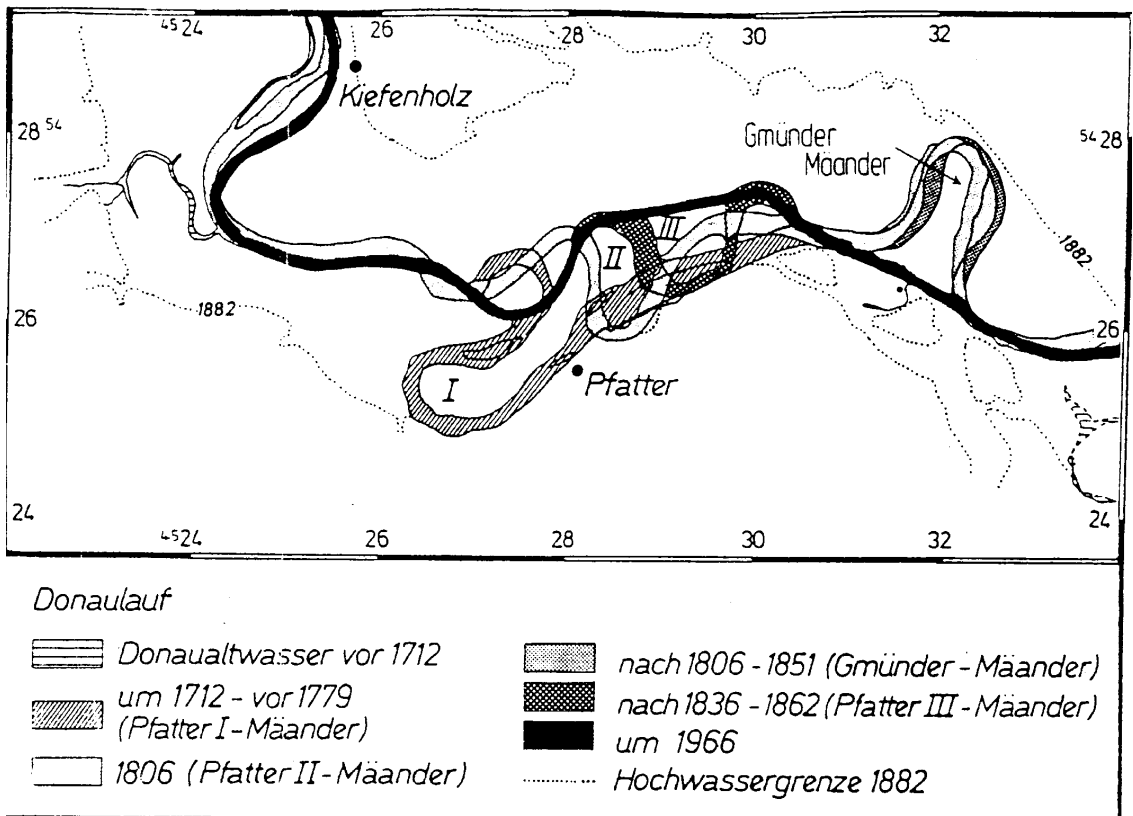


Abbildung D/7

Historische Mäanderverlagerungen der Donau bei Pfatter zwischen 1712 und heute (aus BUCH &amp; HEINE 1988)

Lockermassen erfüllten, ebenen Talraum fließen, erfolgt kaum ein erkennbarer Angriff der Strömung auf die konkaven Ufer. Hier werden weder Uferhänge noch ein asymmetrisches Bett ausgebildet. Freie Mäander entstehen besonders rasch in den wenig widerständigen sandigen und schluffigen Auensedimenten der Mittel- und Unterläufe. Freie Mäander sind +/- unabhängig von der Linienführung des Tales.

Im Gegensatz dazu verlaufen bei den **Eingesenkten Mäandern (= Talmäandern)** Fließgewässer und Tal konvergent. Das mäandrierende Tal ist in die Landschaft eingeschnitten. Eingesenkte Mäander werden durch flachlagernde, widerständige Gesteinsschichten begünstigt, die eher eine Seitenerosion als eine Tiefenerosion zulassen. Bei Flüssen, die ein stärkeres Gefälle zum Grundwasserspiegel aufweisen, verstärkt sich die Seitenerosion auf der dem Stromstrich jeweils näherliegenden Uferseite. Es entstehen Prallhang (steiles, oft überhängendes Ufer) und Gleithang (flach ansteigendes, breites Ufer) und somit eine deutliche Asymmetrie des Gerinnequerschnitts.

Bricht der "Mäanderhals" eingesenkter Flußschlingen durch, so entsteht ein inselartig abgeschnürter Umlaufberg (Abb. D/8, S. 213). Gräbt sich der Fluß weiter ein, verbleibt die abgeschnürte Talschlinge auf höherem Niveau. Durch rückschreitende Gerinnebildung vom neuen Flußniveau aus können sich

innerhalb der Altschlinge Talwasserscheiden ausbilden (z.B. Umlaufberg bei Rothenfels/MSP). Viele Umlaufberge und Flußmäanderstrecken überschreiten die diesem Band vorgegebene Geotop-Größenordnung bei weitem, gehören aber doch zu den hervorragenden Objekten eines großflächigen Landschaftsschutzes. Umlaufberge sind wichtige Weiser für flußgeschichtliche Ereignisse. Sie kommen auch in fossilen Tälern (z.B. Wellheimer Tal) vor.

#### D.1.1.3 Uferabbrüche, (fossile) Prallhänge, Reissen, Hanggrate und -pyramiden

Die Seitenerosion untergräbt die Uferhänge, erzeugt dabei eindrucksvolle Naturaufschlüsse und einen vielfältigen Kleinformenschatz. Natürlich ist nicht jeder Uferabbruch als schutzwürdiger Geotop zu werten. Großflächig offene Prallhänge an Flüssen sind aber nicht nur als selten gewordene Sonderbiotope, sondern auch als Zeugen der ständigen Formungsarbeit des Wassers, als Feststoffherde zur Auslastung der Schleppkraft und Verhinderung unerwünschter Tiefenerosion sowie als oft ganze Schichtserien und Paläofaunen offenlegende Großaufschlüsse von großer Bedeutung.

Wo große natürliche Wasserenergie auf hohe Talflanken stößt, kann sich ein eindrucksvoller Formenschatz fluvialer (auch äolischer, z.T. auch so-

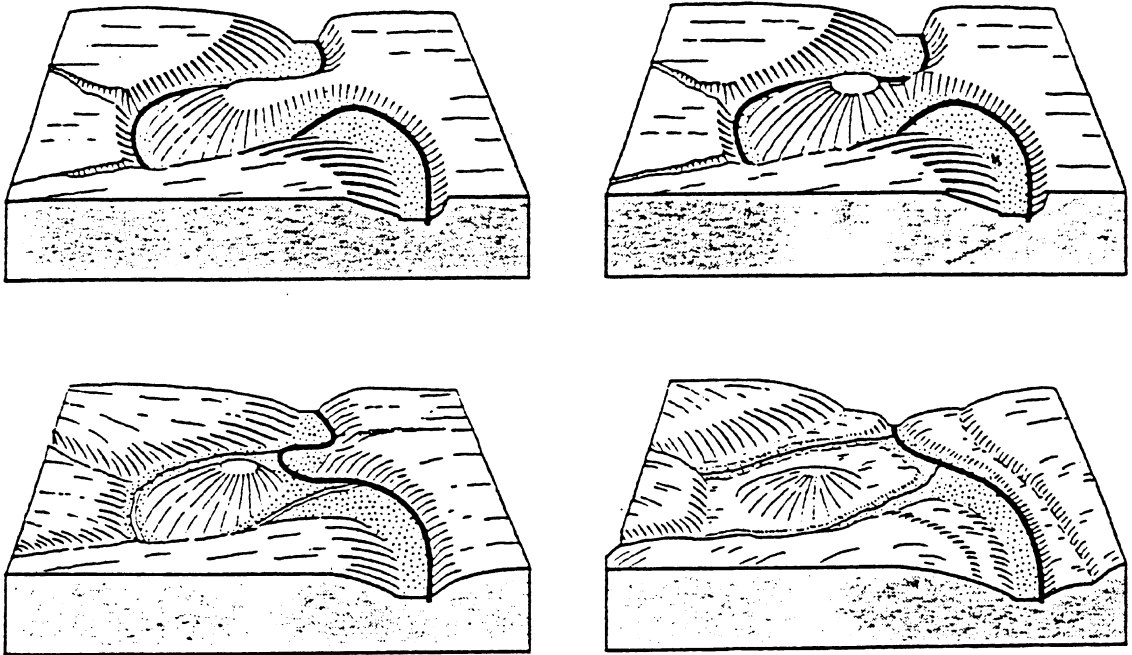


Abbildung D/8

Entstehung eines Umlaufberges (aus WILHELMY 1981a)

lifluidaler und gravitativer) Abtragung entwickeln: Hangzerschluchtungen mit scharfen Erosionsgraten, die bisweilen pyramidenförmige Gestalt annehmen (z.B. Innleiten bei Wasserburg, Isar-Reissen bei Krün), fast schlotartige Windausblasungen (z.B. am Isarhorn bei der Jugendherberge Mittenwald), Hohlkehlen unter verhärteten Schichtbänken usw. Eine der wenigen regelrechten großen Erdpyramiden Bayerns am Isarhorn N Mittenwald/GAP (abgedeckt mit einem Gletscherfindling) ist vor einigen Jahrzehnten eingestürzt.

Sogar an fossilen Prallhängen kann die Hangdynamik in leicht abbröckelndem Material (z.B. Miozänsande) erhalten bleiben, auch wenn der Stromstrich heute längst nicht mehr den Hangfuß erreicht (z.B. Weiße Wand bei Hangenham/FS, Dachwand/MÜ). Aber auch im überwachsenen Zustand sind fossile Prallhänge und Steilufer als flußgeschichtliche Zeugnisse von Bedeutung.

Sie dokumentieren auf besonders eindrückliche Weise eiszeitliche, frühnacheiszeitliche, in Nordbayern sogar tertiäre Flußläufe und Talgenerationen. Als Beispiele seien genannt die Wertachleite bei Unterthingau/OAL, die Talwände des Friesenrieder Tales/OAL, die Nagelfluhsteilflanken des Eglinger (Trocken-) Tales NW Landsberg, die Deckenschotterwände des gleichnamigen Eiszeittales W und SW Egling/TÖL, die Alt-Prallhänge des Kupferbachtals bei Unterlaus/EBE, M (eines "Urmangfalltales"), die einem wasserreicheren Urmain entsprechenden Talwände bei Zell-Haßfurt/HAS, die Hohlkehlen bei Schirradorf/BT.

Großartige Prallhang-Arenen haben sich herausgebildet, wo ein feststoffreicher Zufluß den Hauptfluß ab-

drängt. Hier stehen sich großangelegte Schwemmfächer und oft felsige Steilflanken gegenüber. Beispiele: Alzmündung und Dachwand bei Altötting, Lechmündung mit felsigen Weißjura-Steilufern der Donau bei Steppberg/ND.

Eine gesonderte Erwähnung benötigen die vielen, oft großartigen Tiefenerosionshänge in den glazialen Talverfüllungen der Bayerischen Alpen (nach KARL & DANZ 1969 "Stausedimente" in durch Ferneis gestauten Seen, nach BECHT 1989 dagegen gletscherrandnahe Moränensedimente des Ferneises). Sie werden je nach Standpunkt und Lokalsituation als "Landschaftswunden", als willkommene Geschiebe-Quellen zur Deckung der Geschiebedefizite in den Flüssen, als "man-made" (durch frühere Kahlhiebnutzung und Waldüberbeweidung) oder Stellen alter natürlicher Dynamik angesehen.

Keineswegs alle "Reissen" sind als "Sanierungsobjekte" anzusehen, sondern als wertvolle Aufschlüsse (siehe Teil B), besonders interessante Geotope und Biotope für den Schutz abiotischer und biotischer Prozesse, "die im mitteleuropäischen Raum recht seltene Gelegenheit, den Verlauf einer primären autogenen Sukzession zu verfolgen" (HÖLZEL 1990, S.2). Eine differenziertere Neubewertung ist wichtig, weil "der bisher betriebene Verbauungsaufwand bisher in keinem Verhältnis zur damit erzielten Wirkung steht" (HÖLZEL 1990).

#### D.1.1.4 Schwemmfächer, Deltas, Umlagerungsstrecken, Kiesbänke

Auf diesen Standorten konzentriert die Natur auf engstem Raum ihre Akkumulationsarbeit, als not-

wendiges Gegenstück zu den Abtragsformen (Täler, Runsen usw.). Naturnahe Auflandungsstandorte geben einen konzentrierten Einblick in den Stoff- und Geschiebehaushalt von Einzugsgebieten. Z.B. "entsorgt" das Friedergries/GAP den natürlichen Abtrag in einem 500 ha großen Dolomit-Schuttkargebiet (siehe Teil C). Durchschnittlich 500 m<sup>3</sup>/Jahr fallen hier vor allem bei großen Sommerunwettern an (KORTENHAUS 1987).

Naturnahe aktive Auftragsstandorte sind Schwerpunkte des abiotischen und biotischen Prozeßschutzes. Der Geotop-Aspekt ist dort vorrangig, wo Rote Liste-Arten und -Gesellschaften derzeit (noch) nicht vorhanden oder beobachtet sind. Der geotopbezogene Naturschutz ist dann Wegbereiter für die Einwanderung von (seltener) Flora und Fauna.

Als Höhepunkte der außeralpinen Naturlandschaft und wegen ihrer großen Bedeutung für Kiesbrüter, Limikolen, Röhrichtbrüter, Schwemmlingsfluren etc. stehen die größeren Flußdeltas (mehrarmige Mündungsfächer an Seen oder Strömen) seit langem unter Naturschutz (Achenmündung am Chiemsee, Ammermündung am Ammersee, Isarmündungsgebiet). Zu wenig beachtet sind dagegen kleinere Mündungsschwemmfächer, z.B. am Kochelsee-Südufer, die Weißachmündung am Tegernsee, am Niedersonthofener See und Alpsee bei Immenstadt und der Laine in den ehemaligen Rohrsee bei Pessenbach/TÖL (Rieder-Alm).

Auch die letzten naturnahen Umlagerungsstrecken (Furkationsstrecken) feststoffreicher Alpenflüsse mit ihren sich ständig verlagernden Kiesbänken und Flußarmen sind sowohl großartige Dokumente der abtragenden und transportierenden Kräfte des Gebirges als auch einmalige Biotop hochspezialisierter Tier- und Pflanzengemeinschaften (Beispiele siehe D.1.6).

Wo feststoffbeladene, turbulent fließende (Wild-)Bäche unter Schleppkraftverlust in Ebenen oder Haupttäler eintreten, bilden sich Schwemmfächer oder Griese (= Schwemmkegel). Kleinere Gebirgsbäche können in ihren durchlässigen Schwemmkegeln völlig versinken. Geotoprelevant sind natürlich nicht die ausgedehnten spätglazialen bis frühholozänen Schwemmfächer, die heute morphologisch nur undeutlich abgehoben, intensiv genutzt und häufig stark besiedelt sind (z.B. Iller-Haupttal Oberstdorf-Sonthofen, Hangfuß Bad Feilnbach-Brannenburg/RO). Im Zentrum des Geotopschutzes stehen aber die aktiven Griese der Bayerischen Alpen, großartige "Laboratorien der Natur", an denen die unbeeinflusste geomorphologische wie biotische Sukzession, die Sedimentationsdynamik in ihren vielfältigen Erscheinungsformen noch eindrucksvoll studiert und erlebt werden kann.

Auszuklammern sind viele anthropogene, meist kurzlebige Schwemmkegel kleiner und kleinster Dimension, die sich bei der Ackererosion, bei Böschungsdurchbrüchen an Straßen, am Fuß von großen Lockergesteinsabbauen und an anderen Stellen bilden. Überhaupt nähert sich der Geotopschutz in diesem Bereich manchmal dem Konfliktbereich

mit Belangen des Schutzwasserbaues und der Gefahrsicherung (siehe [Kap. D.4](#)).

#### D.1.1.5 Terrassen(ränder, -hänge), Schotterstufen

Terrassenränder entstehen durch +/- plane Aufschüttung und nachfolgende Unterschneidung eines nächstfolgenden Flußeintiefungsniveaus. Sie sind also Kennmarken ehemaliger Tal-/Aufschüttungssohlen und bezeichnen Stillstandsphasen der Tiefenerosion.

Nach der Zusammensetzung bzw. Genese lassen sich Akkumulations- und Erosions-(bzw. Fels-)terrassen unterscheiden (vgl. MACHATSCHEK 1973). Bei den Akkumulationsterrassen folgt die Tiefenerosion des Fließgewässers auf eine Phase der Sedimentation, bei den Erosionsterrassen auf eine Phase der Talverbreiterung ohne nennenswerte Ablagerung, meist in Verbindung mit einer erneuten Hebungphase. Terrassenbildungen werden ausgelöst durch mehrfachen Wechsel von Tiefenerosion und Seitenerosion, tektonische Hebung, Absenkung des Meeresspiegels, veränderte Wasser- und Sedimentführung (als Folge von Klimaänderungen).

Böschungen eiszeitlicher und nacheiszeitlicher Flußterrassen sind die linienhaftesten unter den Geotopen Bayerns. Mit einem Minimum an Fläche wird ein Maximum an Signifikanz "erreicht". Die Stellung der Terrassenrandstufen zueinander macht Klima- und Eiszeitphasen erkennbar. Vorrückungs-, Stillstands- und Rückzugsphasen der Vorlandgletscher lassen sich an Terrassentreppen auf indirekte Weise oft eindeutiger entschlüsseln als anhand von Moränen. Die älteren Kaltzeiten (Mindel, Günz, Donau und Biber) konnten praktisch nur über Schotterterrassen nachgewiesen werden (siehe auch Teil C).

Terrassensysteme der (Ur-)Donau und des Lech W Neuburg als Beispiel: Die Donau floß während des Tertiärs und eines großen Teiles des Quartärs bei Stepperg/ND in die Frankenalb (bis zu Riß I über das heutige Wellheimer- und Altmühltal, bis Riß II durch das Schuttertal und ab Riß II durch das heutige Neuburger Donautal). Diese Laufverkürzung um insgesamt 50 km erhöhte natürlich das Donaugefälle, vertiefte die Vorflutbasis für den einmündenden Lech. Dessen rückschreitende Erosion führte sukzessive zu einer Terrassentreppe bei Rain (Rainer Hochterrasse). [Abb. D/9](#) macht das anschaulich.

Terrassenränder (= Schotterstufen) sind nicht nur landschaftsgeschichtliche Zeugnisse, sondern auch Leitlinien und Kulissen des Landschaftsbildes sowie Biotopverbundlinien (Magerrasen, Böschungsgelände, artenreiche Extensivwiesen). Sie prägen auch viele Siedlungsstandorte und Außenfronten von Dörfern (z.B. Bergrheinfeld/SW und Erlengbach/MIL am Main, Sarching-Pfatter/R und Niedermünchsdorf/DEG an der Donau, Heimertingen-Fellheim-Kellmünz an der Iller, Dornstetten/LL am Lech, Flintsbach/RO, Altmühldorf/MÜ und Seibersdorf/AÖ am Inn, Arzbach/TÖL und Grünseiboldsdorf/FS an der Isar, Siegsdorf und Traunwalchen/TS an der Traun, Garching/AÖ an der Alz,

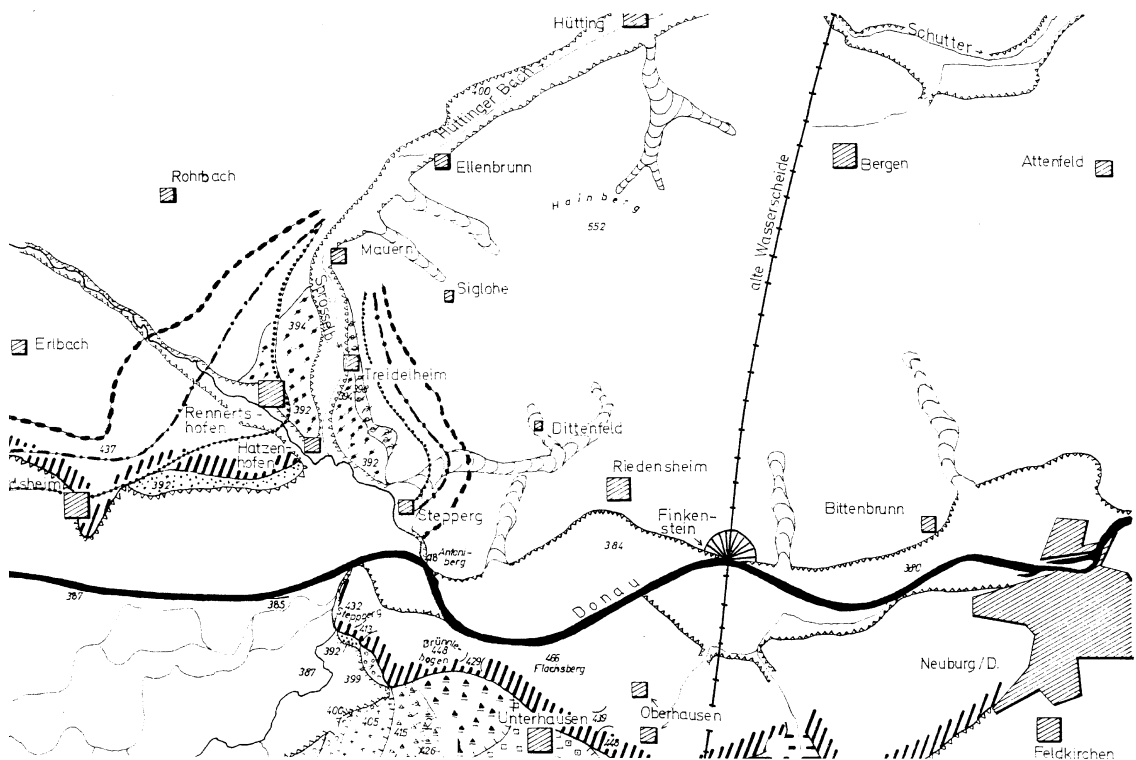


Abbildung D/9

#### Terrassenlinien W Neuburg als Dokumente der Flußgeschichte der Donau (aus STAHL 1971)

Außer den verschiedenen Urdonau- und Donauterrassenrändern sind auch einige ebenfalls als Geotope bedeutsame Erosionstälichen aus dem Jura eingetragen (z.B. Dittenfeld, Bittenbrunn). Das dargestellte Liniensystem ist eine zentrale Orientierungsgrundlage für den Naturschutz im Lkr. Neuburg-Schrobenhausen, verkörpert es doch die wesentlichen Prägungslinien des Landschaftsbildes und die für Biotopverbundbemühungen vorgezeichneten Hauptlinien.

Hammerau/BGL an der Saalach; vgl. RINGLER 1994).

Im Idealfall verlaufen die Terrassenränder flußparallel in mehreren Etagen übereinander und sind auf beiden Seiten des Flusses gleich stark ausgebildet. Oft sind sie aber nur noch an erosionsgeschützten Stellen erhalten. Wasserdurchlässige Schotter bilden schärfere Terrassenstufen und eine standfestere Form als Lehm-, Schluff- oder Sandterrassen. Schon aus diesem Grunde sind die Terrassenbildungen der nordbayerischen Flüsse im allgemeinen morphologisch weniger prägnant als diejenigen der Alpenflüsse.

Normalerweise lassen sich ausgedehnte, landwirtschaftlich, verkehrlich, baulich und gewerblich genutzte Terrassenebenen, die noch dazu im Landesentwicklungsprogramm als wirtschaftliche Entwicklungsachsen vorgesehen sind, kaum als Geotope behandeln. In der Geotoppflege geht es vor allem um die Randböschungen (siehe oben). Eine Ausnahme bilden aber räumlich eng gestaffelte Terrassentreppen, die in ihrer Gesamtheit landschaftsgeschichtlichen Denkmalscharakter tragen, so etwa die Stufensysteme am Inn zwischen Gars und Mühlendorf, am Lech zwischen Apfeldorf und Landsberg

oder am nördlichen Stadtrand von Schongau, die großartigen Isarterrassen bei Fleck-Winkl/TÖL, die sich teilweise auf reizvolle Weise mit eiszeitlichen Rundhöckern verzahnen.

Meist sind die ribgazialen "Hochterrassen" und würmglazialen "Niederterrassen" markanter abgekannt als die nacheiszeitlichen und subrezentenen Stufen. So bricht die Hochterrasse S Altötting und Mühlendorf über eine 60 m hohe Randstufe zum Inntal ab, die Niveauunterschiede der postglazialen Schotterstufen sinken dagegen auf unter 10 m. An der mittleren Isar und am mittleren Lech sind die jüngsten Schotterstufen (z.B. die Auwaldstufe, die ab ca. 1750 entstandene Dichtlstufe, die ca. 700 bis 200 n.Chr. entstandene Lerchenfeldstufe) oft nur wenige Meter hoch. Aber auch sie sind wichtige landschaftliche und talgeschichtliche Erkennungslinien und verdienen sorgfältige Beachtung in der Raumentwicklung.

#### D.1.1.6 Kleinformen des Auenreliefs, Überströmungsformen

Geologisch-morphologisch wenig spektakulär und doch im Natur- und Landschaftsschutz höchst be-

deutsam sind Kleinformen, die die Strömungen des Hochwassers in den Talböden auskolken, ausspülen und auflanden (z.B. Aurinnen, s. Abb. D/10). Wenn auch keine klassischen Geotope, gehören sie aber doch zu den bedrohtesten Reliefelementen, die gleichzeitig einen hohen, oft erst auf den zweiten Blick sichtbaren Biotopwert besitzen.

Entsprechend seiner Schleppekraft, Hochwasserturbulenz und Sedimentkörnung entwickelt jeder Fluß ein anderes Auenrelief (vgl. BUCH 1987), eine andere Dimension der Flutrinnen (an Donau, Naab und Vils "Seigen" geheißen), Kolke und Aufschüttungswälle. Regelmäßig bogig angeordnete Flachwellen wie an der Donau, stark durchbewegte, mit tiefen Kolken und scharfen Kleinterrassen angereicherte "Auenskulpturen" wie an der Isar, fast kleindünenartige Längswälle wie am Main.

Laufend durch kräftige Hochwässer erneuerte und nicht gleich wieder einplanierte Auenmorphologien werden auch in Bayern immer seltener (Beispiele: Donau Eining-Weltenburg/KEH, Regnitz bei Sassanfahrt/FO, Aisch vor der Mündung, Main bei Viereth/BA, Naab oberhalb Nabburg). Die Hochwässer 1988, 1994 und 1995 haben an vielen nordbayerischen Flußabschnitten für eine gewisse Neumodellierung gesorgt.

Bedeutsam sind aber auch die reliktiären Flutrippeln, -wälle und -rinnen an vielen kleineren und größeren, heute oft hochwasserfreien Flüssen oder auf heute nicht mehr vom Hochwasser erreichten Talterrassen, die dort fast immer mit Überresten relativ extensiven und artenreichen Dauergrünlandes oder Auwäldern zusammenfallen, so etwa neben der Isar

bei Dietersheim-Grüneck/FS, bei Kronwinkl/LA, bei Moosthenning/DGF und im Mündungsgebiet, an der Sempt in den Langengeislinger Ängern/ED, am Lech im Sperrgebiet Lagerlechfeld/LL, am Inn bei Schechen-Lengdorf/RO, im Ilm-Mündungsgebiet/PAF.

Der hohe Gestaltwert des Auenreliefs belebt die oft eintönig genutzten und ausgeräumten Talalluvionen. Die kleinformologische Vielfalt bedingt ein entsprechend kontrastreiches Mosaik an Auenböden, Feuchte- und Überstauungsstufen, Pflanzengesellschaften und Teilhabitaten (vgl. Kap. D.1.4 und D.1.5). Stark modellierte Geländepartien hinderten die Landwirte an der Umwandlung des Auengrünlandes in Ackerland (z.B. b. Kronwinkl/LA).

#### D.1.1.7 Wasserfälle, Katarakte, Stromschnellen

Bayern bietet zwar keine Iguacu- oder Sambesifälle, aber doch eine beachtliche Vielfalt an kleinen und mittleren Wasserfällen mit einer faszinierenden Vielfalt an Tosbecken, Strudelkolken, überströmten Felsrampen, V-förmig ausgeprägten Überlaufschwällen usw. Wasserfälle und Katarakte sind nicht nur Höhepunkte elementaren Naturerlebens, sondern meist auch Indikatoren für Strukturen des Gebirgsbaues und Weiser der Landschaftsgeschichte (vgl. Klammern). Sie entstehen z.B., wenn die rückschreitende Gewässereintiefung auf eine widerständigere Gesteinsschicht oder Schichtstufe trifft; wenn sich ein Vorfluter schneller eintieft als der Zufluß (Härtling als Schwelle); wenn Sturzblöcke oder Bergstürze ein enges Bett verbarrikadieren.

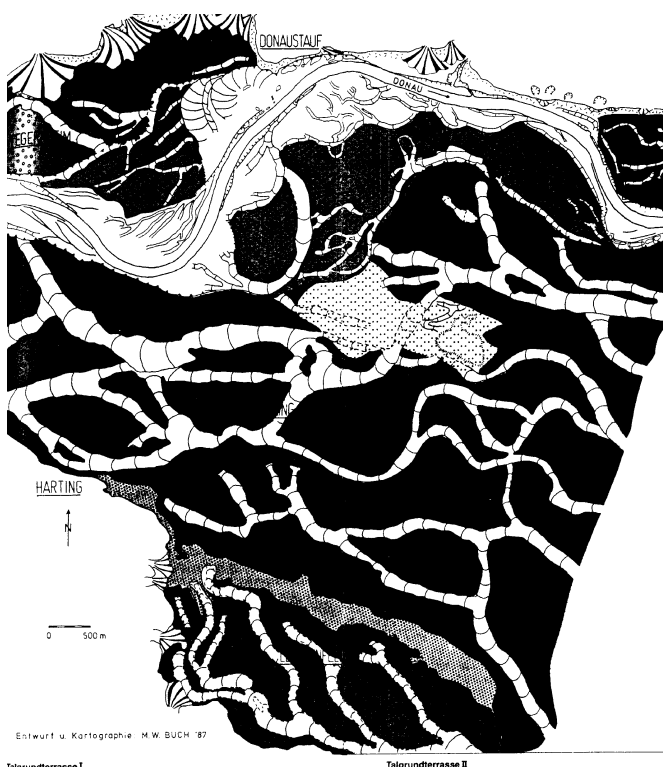


Abbildung D/10

Netz von Aurinnen an der Donau bei Donaustauf/R (aus BUCH & HEINE 1988)

Viele Wasserfälle markieren die Ausmündung von Hängetälern über glazial übertieften Haupttälern und sind dann eine Vorstufe der Klamm- und Kataraktbildung.

Wasserfälle gibt es durchaus nicht nur in den Alpen und höheren Mittelgebirgen (vor allem Bayerischer Wald), sondern auch im Alpenvorland (wo sie häufig die unter den Moränen auftauchende härtere Meeresmolasse anzeigen), im Bruchschollenland (z.B. an Tuffschwellen zwischen Weiß- und Braunjura und an Bergstürzen bzw. Schichtstufen des Keupersandsteins, im Südspessart, sehr vereinzelt sogar im östlichen Tertiärhügelland (Quarznagelfluhblöcke).

Flußschnellen oder Katarakte bildeten sich, wo mehrere Hartgesteinsschwellen aufeinanderfolgen, z.B. in den Durchbruchsstrecken der Alpenflüsse durch die Sandsteinserien der subalpinen Molasse-mulden (Isar bei Roßwies, Ammerdurchbruch, Wer-taldurchbruch, Traun bei Siegsdorf, Lech bei Lechbruck u.a.). Wildromantische Gebirgsbachkaskaden, die über Felsstufen und Blöcke tosen, stürzen und schießen, sind natürlich stets auch besonders wertvolle Biotope. Außer in den Alpen gibt es eindrucksvolle Beispiele im Bayerischen Wald (z.B. Höllbachgspreng, Rieslochfälle), im Oberpfälzer Wald (z.B. N Flossenbürg, N Furth i.W.), im Fichtelgebirge, im Buntsandsteinspessart und Alpenvorland (wo die Kaskaden aus Molasseschwellen oder angesammelten Findlingen gebildet werden können).

#### D.1.1.8 Ausfällungsformen des fließenden Wassers (Kalktuff, Sinterbildungen)

Besondere Höhepunkte des Kleinformenschatzes an Fließgewässern sind Treppen von Kalksinterbecken (Sinterkaskaden), die sich unterhalb gleichmäßig schüttender Hangquellen im Weißjura, im Alpenvorland (hier vor allem an Flußsteilhängen und Beckenrandhängen), ja sogar im Tertiärhügelland (z.B. Isarabhänge unterhalb Moosburg) bilden. Noch bekannter sind die "Steinernen Rinnen", d.h. wallförmig durch Kalkausfällung in die Höhe wachsende Quellrinnen, die bis zu mehrere Meter hoch werden können (Wachsender Stein bei Usterling/DGF). Weitere Beispiele sind aus der Alptraufregion (insbesondere Hahnenkamm-Weißenburg), von den Landshuter Isarleiten und aus den Bayerischen Alpen (Wackersberg, Baunalm/TÖL) bekannt. Viele kleinere "unentdeckte" Sinterrinnen bestehen und entstehen in der Frankenalb (z.B. an den Quellbalkonen des Opalinustones), in den Alpen und selten auch im nordbayerischen Muschelkalk. Dem vielfältigen biogenen Kalkausfällungskleinformen der Kalkquellmoore könnte man ein eigenes Kapitel widmen (vgl. aber LPK-Band II.9 "Streu-wiesen").

Eine große Besonderheit sind Sulfat-Ausfällungen an "Stinkerquellen" im Jura und in den Alpen (z.B. Sippenauer Moor/KEH).

In Flußdurchbrüchen ausrieselnde Quellhorizonte können mächtige, manchmal vorhang-, grotten- oder höhlenartige Kalktuffbildungen vorwölben,

z.B. die Schleierfälle mit einer Kalktuffhöhle in der Ammerschlucht bei Bayersoien/WM, die Tuffquellbereiche bei Murgbach/WM, an der Schnalz bei Böbing/WM, die Kalktuffgrotte an der Attel bei Oberübermoos/RO.

Kalktuffbildungen stehen vor allem im Weißjura und Muschelkalk im Zusammenhang mit Karstwas-sersystemen (siehe Teil E).

#### D.1.1.9 Naturschutzwichtige Bereiche der Massenbewegung (Rutschhänge, Erdströme, Moorbrüche)

Wie im Falle der Bach- und Flußaufschüttungen eröffnet sich hier ein Grenzbereich, manchmal auch Konfliktbereich zwischen dem Schutz von Naturprozessen und davon geprägten Biotopen und der Gefahrensicherung. Trotzdem kann die Ausgrenzung mancher labilen Hangzone als Geo-/Biotop-schutzbereich mit Nutzungstabu einen Beitrag leisten, künftigen Nutzungsbeeinträchtigungen und Gefährdungen für Mensch, Nutztier, Verkehrswege und andere Anlagen aus dem Wege zu gehen. Es wäre verfehlt, Zonen (weitgehend) natürlich angelegter Massenselbstbewegung grundsätzlich als "Landschaftsschäden" mißzuinterpretieren und dadurch vielleicht volkswirtschaftlich nicht verantwortbare Dauerbaustellen mit unsicherem "Sanie-rungserfolg" auszulösen (vgl. auch Teil A und Teil B).

**Rutschungen** entstehen aus bzw. vollführen Gleitbewegungen von Fels-, Lockergesteins- und Bodenmassen an präformierten Gleitbahnen. Es bilden sich jeweils auffällig geformte Abrißnischen (z.B. Oberhang Paterzeller Eibenwald/WM), Gleitbahnen bzw. Anbruchflächen und Ablagerungsgebiete. Die Vielfalt der tektonischen Kleinformen (Translationsrutsche, Translationsbodenrutsche, Rotationsrutsche, zusammengesetzte Rutschungen) kann hier nicht erläutert werden. Wichtige Rutschursachen sind starkes Wasserangebot durch Regen, Schneeschmelze und Eindringmöglichkeiten des Wassers in den Hang (Klüfte, Zugspannungsrisse, Gesteins-textur usw.).

Solche Hänge liegen bevorzugt an steilen Flußtalhängen (z.B. Isartal zwischen München und Wolf-ratshausen, Illerdurchbruch zwischen Dietmannsried und Buxheim/OA, MN), an Steiflanken von Gletscherzungenbecken (z.B. Würmsee-Hochufer bei Assenhausen-Allmannshausen/STA, TÖL) oder an Schichtstufen und Traufzonen des Schichtstufenlandes. Sie sind dort letztlich die Folge von Druckentlastungen durch wegschmelzende Gletscher, von Flußdurchbrüchen und Tiefenerosionen, die sich in Gleithorizonte wie Feuerletten, Liasmergel, Opalinuston, Molassemergel und eiszeitliche Seetone eingesechnitten haben.

Unter oft fast senkrechten Abrißstellen sind häufig Erdwälle und -wülste staffelförmig angeordnet (z.B. Lechhang S Landsberg und b. Mundraching, Salzachhang S Tittmoning), die durch tiefe Furchen und Gräben voneinander getrennt sind. Überlagernde Schotter-, Nagelfluh- und Sandsteinbänke wer-



den rückschreitend von den Hangrutschungen erfaßt. Große Festgesteinsblöcke können nachstürzen und die Fließhänge überstreuen (z.B. Höllbach/BT). Rutschkörper sind i.d.R. vielfach in Schollen zerlegt. Ihr Lockermaterial besteht je nach geologischem Standort aus Jura- und Keupermergeln, Moräne, Schotter, Seeton und Molassemergeln und ist häufig mit grobem Blockwerk aus Kalkstein, Sandstein (z.B. Eisen- und Burgsandstein) und Nagelfluh durchsetzt. Die i.d.R. gestuften Rutschhänge erstrecken sich meist 100 bis mehrere 100 m weit von den Abrißstellen bis zum Talboden bzw. Trauf-Fuß.

Viele Rutschhänge gehören zu den strukturreichsten Biotopen überhaupt. Das kleinteilige Nebeneinander extrem unterschiedlicher, steiler und flacher, felsiger bis tiefgründiger, humoser und humusfreier, beschatteter und offener, staunasser, fließnasser und trockener Kleinstandorte erzeugt eine Standort- und Habitatvielfalt, die kaum anderswo übertroffen wird. Beispielsweise wechseln die Grundwasserstände im Rutschhang Holzen im Isartal kleinräumig zwischen 0 und 20 m. Vielfältige Kleingewässer wie Nackenseen (in Abrißspalten) und aussickernde Rinnsale treten auf. Entsprechend groß ist die Vegetations- und Artenvielfalt. Eine Besonderheit vieler Rutschhänge im Alpenraum, Alpenvorland und Jura ist die Bildung von Kalksinterbildungen, ja sogar Steinernen Rinnen (z.B. westliche Leite des Weilheimer Beckens, Juratrauf von Wolfsbronn/WUG).

Ursachen, Bewegungsmechanik: Labile Gesteins- oder Bodenmassen können, der Schwerkraft gehorchend und mit Unterstützung natürlicher oder anthropogener Auslösfaktoren, langsam fließen und wulstartig-buckelige Kleinformen bilden (Rutschbuckelhänge) oder aber in stürzend-rutschende Bewegung geraten und wildbewegte Areale bilden (BUNZA 1976). Die Neigung zur Hangbewegung resultiert aus orographischen (fluviatile oder glaziale Übersteilung und Übertiefung), geologisch-tektonischen (Festigkeitswechsel der Gesteinslagen, Überschiebungsgrenzen, Störungszonen), hydrologischen und bodenkundlichen Gegebenheiten. Die rutschauslösende Überlastung des Böschungskopfes und Schwächung des Böschungsfußes kann anthropogen ausgelöst sein (z.B. Kahl-schlag, Wege- und Straßenbau). Rutschanfällig sind besonders die quellfähigen Schluff- und Tonböden, die bei starker Vernässung schlagartig die kritische Fließgrenze überschreiten können (z.B. Feuerletten, Ornatenton, Flyschmergel), aber auch gipsreiche Gesteine.

Die Bruchtektonik und Bewegungsart kann sehr vielfältig sein:

- Hangparalleles Fließen, Kriechen und Gleiten (z.B. von Seetonen und Grundmoränen, Tertiärmergeln);
- Gleiten auf schalenförmigen, meist weniger als 20 m tief reichenden Bruchflächen;
- tiefreichende Grundbrüche (meist > 30 m) über nachgiebigen und meist durch Trennflächen mit Harnischen geschwächten Tonmergeln, wobei große Bruchschollen entstehen, die sich erst im Verlauf weiterer Verschiebungen zerlegen.

Entstehung und weiterer Ablauf der Rutschungen werden vom Wasser beeinflusst, dessen Druck Brüche erzeugt, Schollen verschiebt, gebrochene Partien aufweicht sowie entstandene Gleitflächen schmiert. Durch Baumwurzeln zusammengehaltene Bruchschollen können erhebliche Verschiebungsstrecken zurücklegen. Am Isartalhang bei Holzen/TÖL maß BAUMANN (1987) in einer Rutschscholle 8 m zwischen 1974 und 1982. In den Fließbereichen der Rutschung stellen sich die materialabhängigen Endneigungen ein, die im Tertiärmergel am Böschungsfuß 7-8°, im Seeton an der oberen Hangkante 15-18° betragen und etwa den jeweiligen Restscherfestigkeiten entsprechen (BAUMANN 1987).

Häufig bewegen sich diese Hänge nicht kontinuierlich, sondern in jahreszeiten- und witterungsabhängigen Schüben. Bei starker Durchfeuchtung der Rutschmasse in Regenperioden und Aufweichung der Gleitschicht oder auch bei erneuter Hangunterschneidung durch einen Vorfluter können alte Rutschhänge wieder in Bewegung geraten. Werden dabei Fußpartien des dahinter aufsteigenden, noch unebrochenen Hanges entlastet, so sind Neuanbrüche möglich (z.B. Paterzeller Eibenwald/WM). Daß die relativen Ruheperioden auch relativ lange währen können, unterstreichen immer wieder plötzlich eintretende Absackungen von Straßen (z.B. 1979 am Isartalhang zwischen Bruckenfischer und Beigarten). Der Isarhang bei Holzen/TÖL geriet 1970 in Bewegung. Die Rutschung erfaßte den ganzen Hang, von der Kammlinie eines Moränenwalles bis zu den Isarauen über 250 m Länge.

Die bei uns seltenen, dafür aber umso bemerkenswerteren **Moorbrüche** entsprechen den geschilderten Verhältnissen, finden aber in relativ stark hängigen und mächtigen Hangmooren statt. Gletscherartige Spaltensysteme, wassergefüllte Querrinnen, dem Bruch folgende Bildung unterirdischer Moorkanäle und Moordolinen machen sie zu außergewöhnlich vielfältigen und schutzwürdigen Sonderstandorten unserer Moore. Schwerpunkte liegen hier in den Vilser und Allgäuer Alpen, selten auch im Vorland (z.B. Schönberg/WM, wo am 13.6.1961 in einer Streuwiese ein fast 1 km langer Moorbruch mit vielfältigen tektonischen Erscheinungen abgegangen ist).

**Bergstürze** (hier auch im Sinne eines von Sturzmassen überzogenen Gebietes verwendet) entstehen aus mehr oder weniger abruptem Abbrechen und Ablösen von z.T. riesigen (bis mehrere Millionen m<sup>3</sup>) Massen an präformierten, richtungsgebenden Spalten, Schichtfugen und Druckentlastungsklüften und aus dem darauffolgenden, mehr oder weniger freien Fall von Gesteinstrümmern oder großen Felskomplexen von steilen Talböschungen und Wänden zum Talgrund (BUNZA 1976). Bei großen Felsstürzen sind anthropogene Auslöser oft bedeutungslos oder nachrangig. Abrißgebiet, Sturzbahn und Ablagerungsgebiet sind oft durch einen jeweils charakteristischen Formenschatz unterscheidbar. Bergsturzlandschaften sind oft sehr unregelmäßig geformte Hügellandschaften mit Quer- und Längswällen,

Rinnen, Randwülsten, z.T. sogar geschliffenen Trümmern. Ehemals aufgestaute Bergsturzseen haben Tone und Moore hinterlassen (z.B. Bergsturzlandschaft S Marquartstein/TS). Bergstürze in der Frankenalb sind einfacher strukturiert und fallen vor allem durch außergewöhnlich große Felstrümmernmassen auf (vgl. auch Teil F).

**Fließhänge bzw. Rutschbuckelhänge** spiegeln sehr langsame Kriech- oder langsame bis schnelle Fließbewegungen von Felsgesteinen, Lockergesteinen oder Böden wider. Diese bruchlosen Bewegungen plastischer Körper (z.B. Flyschmergel, Lias- und Doggertone der Frankenalb, Feuerletten) setzen bei geringeren Scherspannungen als bei Rutschungen und Stürzen ein. "Saisonales" Kriechen kann bereits ab Hangneigungen von 2° auftreten (BUNZA 1976). Blockströme der Mittelgebirge und Alpen spiegeln Fließbewegungen im Periglazialklima wider (siehe Teil F).

Ständig bewegte oder immer wieder abbrechende Steilhänge, insbesondere **Murgänge** (sehr schnelle Reissende Bewegung einer breiartigen Suspension aus Wasser, Erde, Schutt, Baumstämmen), aber auch Rutschungen und Felsstürze, können Gefahrenherde für darunterliegende Siedlungen, Straßen, Flußverbauungen bedeuten (z.B. Feriendorf Hutterer bei Inzell/TS um 1990, 1996 bei Geitau/MB; Zufahrt zur Talstation der Hochgratbahn im Weißbachtal/OA, Mure von Landl an der Tiroler Grenze/MB, Alpbachgraben ob Tegernsee/MB, Ebermannstadt/FO, Riedbergpaßstraße/OA, bei Griesen/GAP). Sie können im Extremfall sogar Fließgewässer zuschieben und Überflutungen auslösen. Wo Massenbewegungen (teilweise) mit menschlicher Mißwirtschaft (z.B. überhöhte Schalenwildbestände, Kahlschlagwirtschaft, rücksichtsloser Wirtschaftswegebau) zusammenhängen, geben sie zu Sanierungsmaßnahmen Anlaß, die i.d.R. die Naturnähe der Hänge verringern. **Weitgehend naturbedingte, schon immer aktive Fließ- und Rutschhänge abseits solcher gefährdeter Objekte können und sollten jedoch als interessante, ja besonders schutzwürdige Geotope und Biotope gelten und respektiert werden. Ihr biotop-nachschaffender Wert ist stets gegen eventuelle wirtschaftliche Einbußen (z.B. Einschränkung der Holzbringbarkeit) abzuwägen.**

### D.1.2 Wirkungsbereich

Die Sorgfaltspflicht für Täler und Fließgewässer erstreckt sich auf deren gesamten Verlauf, nicht nur auf isolierte Besonderheiten wie Prallhänge, Wasserfälle, Hohlkehlen oder Felsschwellen. Noch stärker als bei anderen geowissenschaftlich bedeutsamen Landschaftsteilen steht der räumliche Zusammenhang des Formenspektrums im Blickpunkt.

Das Herausgreifen einzelner besonders auffälliger Bachbett-, Terrassenkanten - oder Hangbereiche als NSG oder ND deckt oft nicht die Gesamterfordernisse des Geotopschutzes ab. Eine Tuffkaskade am Talhang, ein Bündel von Flutmulden, ein schöner

Terrassenbogen sind stets eingebunden in einen größeren Formenzusammenhang. Die großartige Mäanderlandschaft der Alz zwischen Truchtlaching und Baumburg/TS mit ihren beeindruckenden Ausblicken (z.B. Offling) muß als Ganzes, d.h. zumindest bis zu den oberen Terrassenkanten, respektiert werden. Geomorphologisch hervortretende Täler sind meist auch Rückgrat- und Verbundlinien des biotischen Naturschutzes, weit über den Fließwasserlebensraum hinaus (steile Talhänge, Galerien von Hangquellhorizonten und Kalktuffbiotopen etc.; siehe LPK-Band I "Einführung und Ziele der Landschaftspflege in Bayern" und Band II.19 "Bäche und Bachufer").

Immerhin sind bereits heute auffällig viele Nutzungsvorbehalte in Landschaftsrahmenplänen und Landschaftsplänen für Talräume festgeschrieben.

Eine Talform als Geotop zu hegen und zu pflegen, bedeutet in aller Regel, seine Biotop-Funktion zu fördern. Die Wiederbelebung der Morphodynamik, z.B. durch "Entfesselung" eines verbauten, abgedämmten Bach- oder Flußlaufes, liefert neue Geotope ebenso wie neue Biotope. Die Erhaltung und Pflege der derzeit "schutzwürdigen" Talbiotope deckt aber keineswegs alle naturschutzfachlichen Sorgfaltspflichten in Tälern ab.

Beispiele:

- Das Münnersdorfer Tal/KG ist ein im Naturraum Wern-Lauer-Platten besonders schönes, talmäanderreiches glaziales Stromtalrelikt. Neben den bereits derzeit gepflegten und gesicherten Talhangheiden und thermophilen Trockenwäldern sollten aber auch die nicht biotopkartierten Tal- und Hangfettwiesen, Extensivacker-Terrassensysteme am Oberhang, Koniferenaufforstungen in die Talentwicklungskonzeption eingebunden werden, z.B. durch Verzicht auf Talbodenaufforstung, Umbau oder Beseitigung unpassender Hangaufforstungen, Ausmagerung offener Talhänge zur Wiederherstellung des Heideverbundes.
- Das Mörntal, ein besonders repräsentatives Beispiel glazialer Schmelzwassertäler in der Alzplatte südlich Altötting, enthält nur mehr wenige kleinflächige "Biotope". Trotzdem sind hier zunächst vor allem aus landschaftlichen und morphologischen Motiven heraus Entwicklungsmaßnahmen erforderlich, die die Integrität eines über viele Kilometer fast bis zur Jungmoräne zurückreichenden, klassisch ausgeformten Kastentales mit spezifischer Hydrographie (Verstetzstellen, Quellaufstöße, Talrandquellen usw.) innerhalb eines sehr strukturarmen Naturraumes wiederherstellen: Umorientierung der früheren bzw. derzeitigen Neuaufforstungspraxis von den Talböden (optische Absperrung) auf die Taloberkanten, "Wiedervergrünlandung" und Extensivierung potentieller Grundwasseraufstoßgebiete (z.B. in der Talweitung des Mörmmooses), gezielte Renaturierung der Bachschwinden und (periodischen) Bachquellen, Optimierung der Talrandböschungen als lineare Trockenstandorte, Verzicht auf weitere Verfüllung der kleinen seitlichen Trockentälchen u.a.

In diesem Beispiel ist zunächst geotoporientierte Landschaftspflege der Motor einer ökologischen Revitalisierung taltypischer Biotope.

Landschaftspflegerische (einschl. -planerische) Wirkungsbereiche in Tälern und (einstigen) Fließwasserbereichen lassen sich zusammengefaßt folgendermaßen abgrenzen:

- 1) Alle Bereiche, in denen das fließende Wasser heute noch durch Abtrag und Auftrag Standortmuster und Oberflächenformen schafft und schutzwasserbauliche Schadensvorkehrungen nicht zwingend erforderlich sind (rezente Auen und Überflutungsgebiete, aktive Seitenerosionsgebiete);
- 2) vom gesamtlandschaftlichen Rahmen her prägende, für morphologische Beeinträchtigung (z.B. Abbau, technische Einschnitte, Überbauung) und optische Überprägung (z.B. Neuaufforstung) sensitiven Formelemente von Tälern (Flanken, fossile Prallhänge, Terrassenränder, Grabeneinschnitte, Klingen u.a.);
- 3) tal- und flußgeschichtliche "Schlüssel-Landschaften" wie Umlaufberge mit ihren benachbarten Talhängen, Terrassen- und Durchbruchsysteme, an denen sich auf engem Raum mehrere Talgenerationen und Stromumlenkungen manifestieren.

"Pflegetmaßnahmen" im engeren Sinn sind nur selten geboten. In der Hauptsache geht es innerhalb der genannten Raumeinheiten um

- Vermeidung von Eingriffen in die natürliche Dynamik: Uferabbrüche, Durchbruchstäler, Klammern, Kerbtäler mit Tiefen- und Seitenerosion, Prallhänge, Mäanderstrecken usw.;
- Erhaltung oder Herbeiführung einer die Talform oder das fluviale Kleinrelief bestmöglich heraushebenden Bodennutzung;
- Unterlassung bzw. Minimierung formverdeckender Baukörper, Geländeeinschnitte, Trassenführungen, Planien, Auffüllungen;
- landschaftsform-angepaßte Lenkung anstehender Aufforstungsanträge.

### D.1.3 Standortverhältnisse, Hydrologie

Die zwangsläufig stark verkürzte Darstellung folgt im wesentlichen der Typenabfolge in [Kap. D.1](#), faßt aber die Talformen etwas stärker zusammen.

#### D.1.3.1 Täler

Ausgeprägte Talformen sind auch unabhängig von ihrer "Naturnähe", ihrer aktuellen Biotop- und Artenausstattung im Naturschutz wertvoll, weil ihre standörtliche Vielschichtigkeit und ihre Standortdynamik in jedem Fall ein höheres biotisches Potential ermöglicht als in anderen Teilräumen der Landschaft. Trivial ausgedrückt: "Renaturierung bringt in Tälern im allgemeinen mehr ein als in der sonstigen Landschaft". Geomorphologisch sehr ausgeprägte, also geotopwerte Talformen zeigen hierbei ein besonders großes Potential.

Täler und Steiflanken sind jene Landschaftsausschnitte, in denen die Teilstandorte ("Tope") durch Austausch- bzw. Transportprozesse am stärksten miteinander in Verbindung stehen (Funktionsverkettung, Catena). Grundsätzlich neigen Taloberhänge zu Stoffverlusten, Unterhänge und Talsohlen zu Stoffakkumulationen. In Abhängigkeit von geologischen, morphologischen, geländeklimatischen, mesoklimatischen und Nutzungsfaktoren entwickeln sich an Talflanken charakteristische Stoff- und Element-Ströme (Wasser, Pflanzennährstoffe, Spurenelemente, Humusstoffe). Im Regelfall entstehen Standortgradienten zwischen oberseitigen Auslagerungs- und talseitigen Anreicherungsstandorten.

Je nach Talform und Abflußregime werden die Hangabträge am Talboden dauerhaft oder wenigstens periodisch (bis zum nächsten Hochwasser) deponiert (Kastental) oder unverzüglich weggeführt (V-Tal, Klammern usw.). Die ausgerundete Form der Muldentäler beruht wesentlich auf fossilen oder (sub)rezenten Unterhangkolluvien (Hangfußschleppen aus Hangabtragsmaterial).

Azonale Standorte, enge Standortbündelung: Taleinschnitte zergliedern den "normalen, zonalen" Aufbau der Landschaft. Sie weichen in ihrer Standorteigenart und -abfolge (Catena) stark von den Kleinklima-, Substrat-, Boden-, Wasserhaushaltsverhältnissen des übrigen Naturraumes ab. Auch bei geringem Flächenanteil, wie z.B. in den Endmoränengebieten, den Karstlandschaften der südlichen Frankenalb und im Main-Tauber-Gäu, konzentriert sich in den wenigen Talzügen ein unverhältnismäßig hoher Anteil des Naturrauminventars an Standortklimatypen (Klimatopen), Sedimentarten, Boden(profil)typen und Bodenarten. Die Häufigkeit von Freistellungen des anstehenden Gesteins ist an Talrändern erhöht. In flach(wellig)en Landschaften gibt es Steilhänge und fast senkrechte Abstürze fast nur in Tälern. Rohböden, flachgründige Humuskarbonatböden oder Ranker sowie Auen- und Grundwasserböden finden sich oft nur in Talprofilen. Häufig sind Talböden mit "naturraumfremdem" allochthonem Material ausgefüllt, das auch aus ökochemischen Gründen ganz abweichende Lebensgemeinschaften ermöglicht.

Geologische-/Substratdiversität: Schichtgrenzen (z.B. Braunjura-/Weißjura, Gipskeuper/Sandsteinkeuper) sowie Quell- und Stoffausfällungshorizonte diversifizieren die Boden- und Reliefgliederung an Talhängen, z.B. Kalktuff, Eisenoxidhydrat, elementarer Schwefel, Sulfat, Torfbildungen in Hang- und Talrandquellfluren und Schwemmkegel von Seitentälchen. Viele südbayerische Flußtalhängen werden unterhalb der Flinz/Moränen-Grenze noch steiler, weil die Erosion am Flinz stärker angreift. Der Geschiebemergel- oder Molassesockel von Talengen ist oft sehr stark in Rinnen und Rippen gegliedert (z.B. Wasserburger Innschleife, Hirschauer Steilhalde und Litzauer Schleife am Lech).

Die Bodenlandschaft deutlich eingeschnittener Täler unterscheidet sich sehr stark von umliegenden Gebieten. Hauptcharakteristikum ist häufig eine talparallele Zonation von Bodentypen und -arten. Fast

immer sind Bodentypen vorhanden, die dem übrigen Naturraum weitgehend fehlen. Dies bedingt natürlich auch spezifische Abfolgen von Bodenbiozöosen und Vegetationstypen. Mit jedem morphologischen Taltyp ist eine andere Bodengesellschaft verbunden. An steilen Talhängen (vor allem  $< 35^\circ$ ) bestimmt das Ausgangsgestein viel stärker die Boden-, Habitat- und Wuchsorteigenschaften als in der übrigen Landschaft (Humushorizont meist unter 3 dm, Böden stark verblockt, viele offene Stellen und Felsen). Das bayernweite Spektrum kann hier nicht beschrieben werden.

Den in situ gebildeten oder durch Erosion überprägten, oft oligotrophen Bodenbildungen der Talflanken stehen allochthon (durch Überschüttung) bestimmte, i.d.R. eutrophe Auenbodenserien auf den regelmäßig überfluteten Talsohlen gegenüber. Die Schichtfolgen der Auenböden mit überschotterten oder überschlickten Humus- und sogar Niedermoorhorizonten sind wissenschaftlich bedeutsame Dokumente der Landschafts- und Nutzungsgeschichte im Einzugsgebiet (Nachweis von Entwaldungsperioden mit stärkerer Abtragung, heute überdeckte Quellkalke als Beleg für Grundwasseranstiegsphasen usw.). Das Mosaik der verschiedenen Sedimenttypen und Auenböden gehorcht für sich wiederum taltypischen sedimentologisch-hydraulischen Gesetzmäßigkeiten und verdient Beachtung im geowissenschaftlichen Naturschutz.

Im Talprofil spielen die generell vom Strömungsstrich nach außen abnehmende Schleppekraft und die gleichsinnig feiner werdende Sedimentkörnung eine Rolle. Rehnen (Uferaufsattelungen) bedingen paradoxerweise in Bach-/Flußuferhöhe oft trockenere Standorte als im Überflutungsraum dahinter. Auch im Tal-Längsprofil besteht ein Körnungsgradient der Sedimente. Talengen können Sedimentstau verursachen und die Abfolge der Auenböden beeinflussen. Mühlstau wirken sich z.T. auf die Bodenfeuchtestufen beiderseits eines Baches aus (vgl. VOLLRATH 1967). Außerordentlich kleinteilig wechselnde Boden- und Feuchtemuster herrschen in den Seigengebieten der Stromtäler (siehe D.1.3.6), insbesondere an den noch nicht aufgestauten und kanalisierten Donauabschnitten.

**Strahlungsgenuß, Geländeklima:** Da die räumlichen Unterschiede des Strahlungsgenusses allein durch die Topographie (Hangneigung, Exposition, Abschattung usw.) bestimmt werden (LANG 1982), sind Taleinschnitte und ihr Verlauf entscheidend für das Vorhandensein besonders strahlungsbegünstigter oder -benachteiligter Sonderstandorte in einer Landschaft, was ja wesentlich ihre Artenschutzbedeutung beeinflussten. Der Strahlungsgenuß wechselt im Tal-Querprofil, bei gewundenen Tälern auch im Längsverlauf eines Talhanges in charakteristischer expositions- und neigungsabhängiger Weise. Innerhalb von Talquerprofilen bilden sich starke Kontraste der Luft- und Bodentemperaturen, der Luft- und Bodenfeuchte (und ihrer Tages- oder Jahresgänge), so daß sich Pflanzengesellschaften ganz unterschiedlicher Feuchte- und Temperaturansprüche ganz eng bündeln (Zonationen). Dies erklärt

zusammen mit der hohen Substratdiversität (meist werden ganz unterschiedliche geologische Schichten angeschnitten) die oft exorbitante Biodiversität (Biozöosen, Arten) von Talsystemen. LANG (1982) hat dies am Beispiel des Tales der Schwarzen Laaber bei Regensburg in exemplarischer Weise dargestellt.

Die Besonnungsdauer nimmt in engen Tälern hangabwärts rasch ab. Mit zunehmender Taltiefe und -enge verkleinert sich natürlich der in der Jahres- und Tagessumme lang besonnte Hangbereich. Relativ breite und steil eingesenkte Kastentäler, wie das Eger-, Altmühl-, Lauterach-, Naab-, Fränkische und Sächsische Saale- und Taubertal, zeigen die Insolationskontraste am deutlichsten. Wenig eingesenkte Muldentäler heben sich nach Temperaturregime und Strahlungsgenuß viel weniger von der umliegenden Landschaft ab.

Talsonnseiten erreichen 10-20% höhere Globalstrahlungswerte als Normlagen. Ihren Lebensgemeinschaften steht also eine deutlich höhere Primärenergie zur Verfügung. Deswegen werden hier die höchsten Anteile südlicher (submediterraner) Arten in der Vegetation erreicht: in Frankenalbtälern oft 20 - 30 %. Täler "ziehen" somit aufgrund ihrer lokalklimatischen Eigenarten seltene und biogeographisch bemerkenswerte Arten, insbesondere aus kontinentalen und mediterranen Floren- und Faunenregionen, an. Eine submediterrane Art wie der Libellenhaft *Ascalaphus libelluloides* kann nur an südexponierten Prallhängen des Lechs die rauhe submontane Stufe besiedeln, die Mauer- und Smaragdeidechse nur da den südl. Bayer. Wald (Ilztal), die Äskulapnatter nur da das Salzachtal.

Jeder größere Eingriff in Form von Überbauung, Überfüllung oder Auskoffierung tangiert hier ein außerordentlich komplexes Standort- und Stoffhaushaltsgefüge, dessen Schonung bzw. sensitive Nutzung ein wichtiges landschaftspflegerisches Anliegen sein sollte.

**Klammern, Schluchten und Tobel:** Bis weit hinauf sehr geringer Lichtgenuß, übers Jahr relativ gleichmäßige Kühle und hohe Luftfeuchtigkeit, Abgeschlossenheit vom Windsystem der Landschaft, Sprühnebel im unteren Einschnittsbereich bewirken ein eigenartiges Schluchtklima mit azonalen und extrazonalen Eigenschaften.

**Durchbruchstäler:** Der schmale Abflußquerschnitt in Flußengen und Durchbruchstälern erzeugt außergewöhnlich hohe Hochwasserstände. Dies bewirkt Übersandungen und Überschlickungen von Uferhängen und Felsen, z.B. in der Vornbacher Innenge vor dem Staustufenbau bis 8 m über dem Mittelwasser. 2 m über dem Mittelwasser war die Feinsandablagerung stellenweise über 1 m mächtig (BRESINSKY 1965). Kalkreiche Sedimente gelangen so auf silikatische Uferhänge und umgekehrt, was wiederum den Sondercharakter der Vegetation erklärt. In den Engstrecken erreichen Flüsse ihre größten Fließgeschwindigkeiten. Im Inndurchbruch bei Vormbach/PA betrug vor dem Einstau die mittlere Querschnittsgeschwindigkeit bei Mittelwasser 175

cm/sec., die maximale Oberflächengeschwindigkeit 265 cm/sec. Beim Hochwasser 1954 stiegen diese beiden Parameter auf 310 bzw. 385 cm/sec. An der engsten Stelle nahm VOLLRATH (1961/63) noch wesentlich höhere Fließgeschwindigkeiten zwischen 2 und 5 m/sec. an.

Flußengen stauen Hochwasserwellen. Im Oberwasser von Durchbruchsstrecken werden die höchsten Hochwasserpegel Bayerns erreicht. Beispielsweise vor der Vornbacher Innenge etwa 14 m Differenz zwischen Normal- und Höchsthochwasserstand (VOLLRATH 1961/63).

#### **D.1.3.2 Uferanbrüche, Reissen, Prallhänge etc.**

Siehe u.a. Teil B.1.3. Abtragsstandorte höchster Dynamik, an denen nie eine Bodenreifung eintritt, beschränken sich weitgehend auf steile, stetig unterspülte Uferwände. Muttergesteinseigenschaften, Fließgewässerregime (Hangfußvernässung, Gischt, Luftfeuchte), Zuschußwasser, Frostlockerung (z.B. Kammeis) und Windausblasung bestimmen die Ökologie. Werden Prallhänge durch Verbauung (und) Abrücken des Flusses oder Baches stillgelegt, so suchen sie allmählich ihren substratabhängigen natürlichen Böschungswinkel herzustellen. Ständige Abtragstätigkeit reduziert die Ausgangsteilheit (30 - 70°) durch Ausbildung rückschreitender Rinnen und Hangrippenmuster und schafft dabei aber immer wieder neue Pionierstandorte (z.B. Rotmainental oberhalb Bayreuth, Weiße Wand bei Hangenham/FS). Lockersande (z.B. der Oberen Süßwassermolasse) ohne innere Bindung rutschen aber immer wieder flächig nach (z.B. Innleite b. Markt/ÄÖ). Ansätze zu Erdpyramiden brechen immer wieder nach (z.B. Dachlwand bei Markt/ÄÖ, Isarhorn/GAP). Runsen können in windkanalisierenden Alpentälern zu heftigen, hangaufwärts gerichteten, kaminartigen Windausblasungen führen (z.B. in den Seekreiden bei der Jugendherberge Mittenwald). Unterhalb von Felsabbrüchen sammeln sich Schutt und Blöcke (z.B. Burg- und Rhätsandsteintäler Mittel- und Oberfrankens). Verfestigte Moränen und Nagelfluhen brechen über auserodierten tertiären Mergeln immer wieder nach.

Reissen der Voralpen (insbesondere in glazialen Lockersedimenten, Flyschmergeln, z.T. auch Molasse) sind i.d.R. keine daueroffenen Standorte wie aktive Prallufer, sondern Fließgleichgewichte, in denen Abrutschungen, Abspülungen und Murenabgängen eine oft recht großflächige Sukzession zu dealpinen Rasengesellschaften und Wäldern gegenübersteht (siehe D.1.4.2).

#### **D.1.3.3 Fluß- und Bachdeltas, Schwemmflächen, Kiesumlagerungsstrecken**

Prägender Standortfaktor ist hier die ständige Auflandung, Umlagerung bzw. stetiges Vorschütten in den See. Die Tiroler Ache lagerte in ihrem Chiemsee-Mündungsdelta zwischen 1909 und 1950 jährlich durchschnittlich 160 000 m<sup>3</sup> ab (SCHAUER 1984). Extreme Sonderbedingungen kennzeichnen

fluviale Spezialstandorte wie Griese (Kieschwemmkegel; vgl. z.B. KORTENHAUS 1986), Kiesbetten der Wildflüsse (vgl. z.B. PLACHTER, 1985, REICH 1989), offene Prallhänge und Reissen. Zur außerordentlichen Dynamik (Boden- und Vegetationssukzessionen werden immer wieder durch Umlagerung auf den Initialzustand zurückgeworfen) kommen hier hohe Tages-Temperaturamplituden, Windausblasung bzw. -umlagerung. Auf ständige Substratumlagerung und -abtragung angewiesene Arten sind vielfach auf Sonderstandorte angewiesen, die noch dem Angriff des fließenden Wassers und daraus resultierenden Sekundärkräften unterliegen. Korngrößengradienten zwischen Grobschotter (unten, innen) und Flußsand (oben, außen) bestimmen die Zonation der Vegetation.

#### **D.1.3.4 Terrassenböschungen**

Verlaufen im allgemeinen ziemlich gestreckt. Der geringe Expositionswechsel bewirkt relativ gleichmäßige Milieubedingungen, prädestiniert die außerdem morphologisch über längere Strecken oft recht gleichförmigen Terrassenränder für den Biotopverbund und als Ausbreitungslinien bestimmter Arten. Häufig Sickerwasser- und Quellaustritte aus den Terrassenkiesen und -sanden (z.B. Oberflossinger Quellhangmoor/MÜ, Erlstätter Trockental/TS und Schwangauer Lechtterrasse/OAL mit Quellmooren).

Die vielen Abstufungen eines rezenten Flußterrassensystems und seine anhaltende Dynamik illustriert beispielhaft [Abb. D/11](#).

#### **D.1.3.5 Auenkleinrelief**

Flutmuldensysteme (Seigen) in den rezenten Talauen haben hochspezifische Lebensraumfunktionen:

- nur periodische Wasserführung, was für einige Arten wesentlich ist
- Sortierung und Körnungsverteilung spiegelt Strömungsmuster des Hochwassers wider;
- Entstehung von Qualmwasser (durch Rippenfiltriertes Wasser oder aus dem Hauptgerinne einströmendes Uferfiltrat) hat andere Lebensraumqualität als oberirdisch anströmendes Wasser);
- hochkomplexes Mikrorelief; kleinteiliger Feucht-Trockenwechsel.

Die typische Heterogenität in Relief, Feuchte, Überflutungshäufigkeit und Bodenart sei durch [Abb. D/12](#) angedeutet.

#### **D.1.3.6 Wasserfälle, Katarakte**

Bestimmender ökologischer Faktor: Mechanischer Angriff des Wassers, Turbulenz; hohe Dauerluftfeuchtigkeit.

#### **D.1.3.7 Kalktuffbildungen**

Sonderstandorte und -formen von extremer Eigencharakteristik, die in ihrer Vielfalt hier nur angedeutet werden kann. Häufig entwickeln sich Tufflager an der Grenze zwischen tertiären Mergeln und Kiesen (z.B. Isarleiten bei Landshut), an der Obergrenze

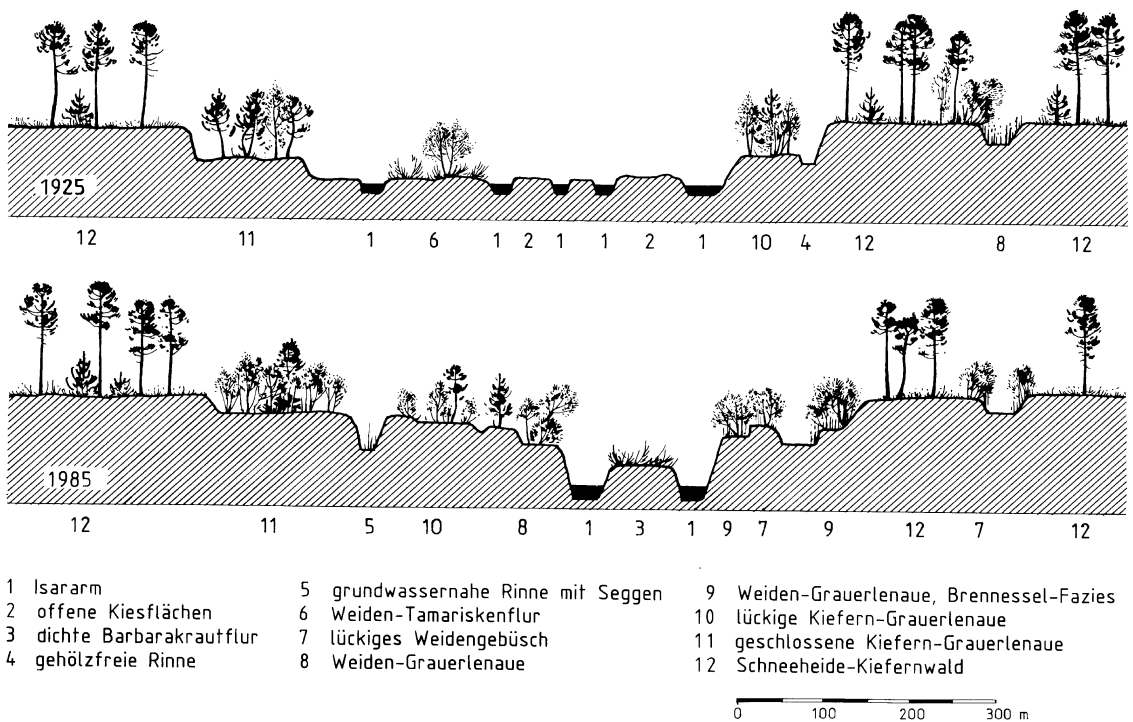


Abbildung D/11

**Holozänes Terrassensystem der Isar bei Geretsried-Ascholding mit Vegetationsgliederung** (aus JERZ et al. 1986); das Beispiel zeigt neben bei auch die Dynamik der Vegetationsentwicklung und eine für die meisten Alpenflüsse heute typische, bedenkliche Eintiefungstendenz

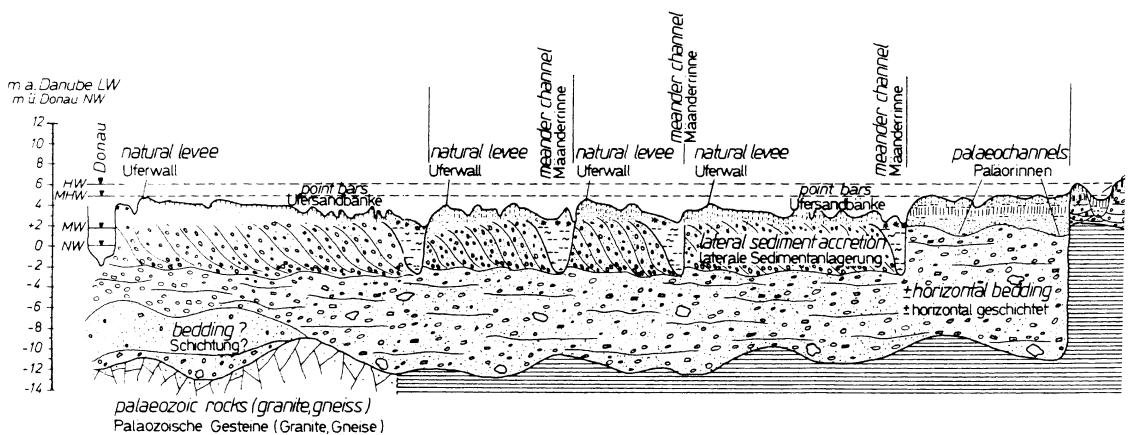


Abbildung D/12

**Auen-Kleinrelief zwischen Regensburg und Straubing** (aus BUCH 1987)

des miozänen Flnizes in voralpinen Flußengstrecken, besonders dort, wo grundwasserleitende Terrassenschotter und Jungmoränen angeschnitten sind (z.B. Mangfall N Weyarn, Litzauer Schleife am Lech, Lech-Ostseite S Landsberg und S Kaufering,

Priental bei Dösdorf/RO) oder im Grenzhorizont zwischen Ornatenton und Weißjurakalken. Tuffabsätze konzentrieren sich in ständig nur mäßig überrieselten Hangrinnen, wo sie in gewissem Grade sogar als hangstabilisierender Panzer wirken kön-



nen oder die rückschreitende Erosion von Hangrunsen abblocken (in mächtigen Hangtufflagern kommen aber auch plattenartige Kalktuffabbrüche vor; z.B. Litzauer Schleife am Lech, Ammer bei Murgentbach/WM). Durch Hinauswachsen über die direkte Falllinie des Hangwassers entstehen Tuffbalkone. In Quellschleiern vorhangartig vorwachsende Moospolster (*Cratoneuron*, *Eucladium* u.a.) können durch ihre Kalkinkrustierung regelrechte Tuffgrotten und -höhlen entstehen lassen (z.B. Ammer bei Bayeroien/WM, Attel bei Oberübermoos/RO). Kennzeichnend und hochinteressant ist die natürliche Verlagerungstendenz der Kalktuffausscheidung an kleinreliefierten Hängen und Quellmooren, die immer wieder Partien trockenfallen läßt und das Tufflager seitlich ausdehnt. An voralpinen Flußhängen dringen insbesondere Arten der Schneeheide-Kiefernwälder auf solche trockenfallende Tufflager vor, überdecken sie mit Humus und bauen sie allmählich ab (BRESINSKY 1965). Natürliche Sukzession verändert hier also nicht nur die Böden und die Biozönose, sondern auch das Primärsubstrat.

#### D.1.3.8 Zonen mit Massenbewegungen

Siehe 1.1.9

#### D.1.4 Pflanzenwelt

Eine reichhaltige Literatur (z.B. BRESINSKY 1959 und 1965, SEIBERT 1958, 1962, ASMUS 1984, VOLLRATH 1967, ZAHLHEIMER 1979, KORTENHAUS 1986, STROHWASSER 1985, WINTERHOLLER 1988) belegt die herausragende Vielfalt an Pflanzengesellschaften, -arten und gefährdeten Arten in naturnahen Tälern und auf anderen Fluvialstandorten.

##### D.1.4.1 Täler

Viele Waldgesellschaften beschränken sich zumindest gebietsweise (fast) auf Flußtalsteiflanken und Alluvialstandorte mit Geotopcharakter, z.B.:

Kleeschaumkraut-Tannen-Buchenwald (CARDAMINO TRIFOLIAE-FAGETUM) und Alpenheckenkirschen-Tannen-Buchenwald (Alpenvorland, Alpenrandgebiet), Bergahorn-Buchenwald (ACERIFAGETUM) in Tobeln des Bayerischen Waldes, Zahnwurz-Buchenwald im Sulztal/NM und südlichen Bayerwald, Sternmieren-Stieleichen-Hainbuchenwald (STELLARIO-CARPINETUM) auf Bachterrassen, Humus-Schluchtwald (ARUNCO-ACERETUM), Hirschzungen-Ahornwald (PHYLLITIDO-ACERETUM), Eiben-Steilhang-Buchenwald (TAXO-FAGETUM; z.B. Wiesent-, Trubach- und unteres Altmühltal, Leitzachtal, Westallgäu, Priental), präalpiner Schneeheide-Kiefernwald (ERICO-PINETUM) auf Nagelfluhsteilkanten und Alluvionen, Hexenkraut-Erlen-Fichtenwald (CIRCAEO-ALNETUM) in Kälte-tälchen und Schluchten des Sandsteinkeuper, Lavendelweiden-Tamariskengebüsch (RL 1 nach WALENTOWSKI et al. 1990), Lavendelweiden-Ufergebüsch, Riesenschachtelhalm-Erlen-Eschenwald, Winkelsegen-Erlen-Eschenwald (z.B. Seetonebe-

nen am Alpenrand), ja sogar oft Steinsamen-Elsbeeren-Traubeneichenwald (Alb, Wellenkalk), Orchideen-Buchenwald, Blaugras-Buchenwald, Sanddorn-Trockenbusch.

Fluß- und Bachtäler (und flußbegleitende Terrassen; siehe unten) sind wichtige pflanzliche Ausbreitungswege (vgl. MÜLLER 1991, GAUCKLER 1938, GRADMANN 1900). Dabei verbreiteten sich alpine Florenelemente gehäuft auf den ständig umgelagerten Kiesbänken und Alluvionen ("Alpenschwemmlinge"; hier aus Platzgründen nicht weiter exemplifiziert; vgl. z.B. BRESINSKY 1965 und 1959, MICHELER 1953 und 1956), submediterrane Elemente wie Spinnenragwurz (*Ophrys sphecodes*), Steinrösler (*Daphne cneorum*) und Backenklees (*Dorycnium germanicum*) mehr auf den unteren Talterrassen und subkontinentale, z.T. auch west-submediterrane Arten eher auf den höheren Talterrassen, Terrassenrändern und Talhangheiden (z.B. Heideröschen *Fumana procumbens*, Fingerkuschelle *Pulsatilla patens*, Gelber Lein *Linum flavum*, Pyramidenorchis *Anacamptis pyramidalis*). Auch fossile Täler sind heute noch an auffallend gehäuften Vorkommen der Gegend sonst fehlender Arten als (z.B. spätglaziale oder frühholozäne) Ausbreitungskorridore erkennbar, z.B. das Kupferbachtal N Feldkirchen, ein "Urmangfalltal", an seinen dealpinen Arten (vgl. ZAHLHEIMER 1985). Die nordbayerischen Talsande waren zentrale Achsen des Ost-West- bzw. auch West-Ost-Vorstoßes kontinentaler bzw. submediterraner Arten, so z.B. für die Silberschärte (*Jurinaea cyanooides*), die Sand-Steinkresse (*Alyssum gmelini*), den Sandmannsschild (*Androsace septentrionale*), das Kochkraut (*Kochia laniflora*); vgl. hierzu auch LPK-Band II.4 "Sandrasen". Der Hybridschwarm der von Osten entlang des Donautales eingewanderten Großen Küchenschelle (*Pulsatilla grandis*) mit der Gemeinen Küchenschelle (*P. vulgaris*) ist entlang Donau und Isar von Vilshofen bis München zu verfolgen. Französischer Maßholder (*Acer monspessulanum*) und Flaumeichen-Bastarde sind streng an die Steilhänge und Seitentalhänge der Fränkischen Saale gebunden.

Kerb-, Kasten-, asymmetrische Täler: Schon kleinere (asymmetrische) Täler und Kerbtälchen können aufgrund ihrer morphologischen und edaphischen Eigenschaften dem üblichen Vegetations- und Artenmuster zusätzliche Facetten hinzufügen. Oft enthalten sie die einzigen Restvorkommen naturnaher Waldgesellschaften (z.B. Ahorn-Eschen-Hangwälder, Eschen-Quellwälder), das letzte Grünland in vorherrschend beackerten Ebenen (z.B. Mörn-Seitentälchen S Tüßling/AÖ, Trospedinger Tälchen bei Kraiburg/MÜ), manchmal Magerrasenreste (z.B. einige der asymmetrischen Isarseitentäler im Lkr. Landshut und Freising, asymmetrische Tälchen der Marktheidenfelder Platte). Sogar hochbedeutsame Reliktvorkommen können an morphologisch unspektakuläre Kerbtälchen und kleine Quellmulden glazialen Ursprungs gebunden sein, so z.B. einige der seltenen alpenfernen Reliktvorkommen der Grünerle an den periglazialen Erosionsrinnen der Staudenplatte bei Augsburg und des Unterallgäus (BRE-

SINSKY 1959). In der Riedellandschaft Mittelschwabens zeigt(ten) *circumalpine* und arktisch-alpine Arten wie *Huperzia selago*, *Polygonatum verticillatum*, *Trollius europaeus*, *Aruncus dioicus*, *Veratrum album*, *Centaurea montana*, *Betula humilis*, *Oxycoccus palustris*, *Vaccinium uliginosum*, *Carex capitata*, *Minuartia stricta* eine auffällige Koexistenz mit den kalten, z.T. vermoorenden Talböden (mehrere Darstellungen von HIEMEYER). Aber auch weniger spektakuläre montane und präalpine Arten wie *Chaerophyllum hirsutum*, *Aconitum lycoctonum*, *Hepatica nobilis*, *Actaea spicata* beschränken sich in alpenfernen Schotterplatten- und Altmoränengebieten auf Taleinschnitte wie dem Diebel-, Anhauser-, Vögele-, Schwarzbachtal SE Augsburg oder dem Lappachtal/ED.

Tal-Steilhänge sind auch Refugien für seltene und bedrohte Waldgesellschaften, z.B. den Färbeginster-Eichenwald N Trising/SAD, den Linden-Eichen-Hainbuchenwald an den Felsleiten der Pfreimd bei Gnötzendorf/SAD, Gesellschaften in denen viele Besonderheiten wie *Lembrotropis nigricans*, *Fragaria moschata*, *Campanula persicifolia*, *Melampyrum nemorosum*, *Hepatica nobilis* und *Digitalis grandiflora* vorkommen.

Der besondere Florencharakter morphologisch stark abgehobener Kasten- oder Trockentäler kommt z.B. an der "exklusiven" Kryptogamenflora von Nagelfluhwänden in eiszeitlichen Abflußtälern des Alpenvorlandes (z.B. Gleißental/M, Maisinger Schlucht, Kiental/STA) zum Ausdruck. POELT (1950) und PAUL & POELT (1950) melden hiervon z.B. die Flechten *Leptogium lacerum* und *Peltigera aphthosa* und die seltenen, bzw. überwiegend alpin verbreiteten Moose *Jungermannia lanceolata*, *J. atrovirens*, *Isopachis bicrenatus*, *Leiocolea badensis*, *Scapania aequiloba*, *Dichodontium pellucidum*, *Seligeria pusilla*, *Distichium inclinatum*, *Meesia trichodes*, *Mnium affine*, *Plagiopus oederi*, *Orthothecium rufescens* (vgl. ausführlich Teil F).

**Klammern, Schluchten und Tobel** enthalten meist sehr spezifisch vom feucht-nassen Sonderklima, dem hohen Beschattungsgrad, dem Fels- und Blockreichtum der Überrieselung der Wände und der meist intensiven Nährstoffnachlieferung geprägte Vegetationstypen, z.B. Schluchtweidengebüsche (SALICETUM APPENDICULATAE), Quellmoosfluren (CRATONEURION), pseudoalpine Rasen (SESLERIA-Gesellschaften, CARICETUM FERRUGINEAE), POTENTILLION CAULESCENTIS-Felsspaltenfluren, verschiedene Hochstauden-Schluchtwaldgesellschaften (ADENOSTYLION, TILIO-ACERION usw.). Außerordentlich artenreiche Moosvereine und Flechtengesellschaften kennzeichnen die feuchtesten Bereiche, z.B. an Klammwänden, in Wasserfallnähe, an Hangwasseraustritten (vgl. z.B. DUNK 1970/72). Tobel und Klammern mit weit die Berghänge hinaufreichendem Einzugsgebiet liefern einen oft erstaunlich reichhaltigen Artenquerschnitt verschiedener alpiner Höhensufen einschließlich der Fels- und Mattenstufe (vgl. SCHERZER 1927). Oft nur hier existieren noch forstlich wenig überprägte Waldgesellschaften, z.B. Ahorn-Eschen- und

Linden-Ahorn-Schluchtwälder sowie Hangschutt- und Blockwälder (z.B. Hirschzungen-Ahornwald in der Mangfallschlucht bei Valley/MB und in den Tobeln der Dachwand bei Altötting). Klammern und Kerbtälchen bieten bei Durchschneiden einer Gesteinsschicht, die ansonsten nirgends an der Oberfläche ansteht, besondere Floreninseln: Im Miozänhügelland stocken richtige Schluchtwälder mit der Hänge-Segge (*Carex pendula*), dem Tüpfelfarn (*Polypodium vulgare*) und dem Laubmoos *Thamnobryum alopecurum* nur im Ausstrich des Quarzit-Konglomerats, der die Kerbtalbildung bedingt (PAN/PA). In den sonnigen felsigen Oberhangabschnitten finden sich auch seltene Arten der Felspflanzenflora und Magerrasen. Da sie mit ihren steilen Hängen und oft nur sehr engen Talböden schwer nutzbar sind, stellen sie sehr bedeutende Florenstandorte dar.

Artenaufzählungen erübrigen sich, da sie immer nur willkürliche Ausschnitte aus einer unüberschaubaren Vielfalt bedeuten würden. Lediglich einige Belege für die hohe Bedeutung von Kerbtaleinschnitten, Wildbachrinnen, Sturz- und Gießbächen und Schluchten für den Schutz und die Arealstruktur seltener Pflanzenarten seien erwähnt: Das Ostalpenfingerkraut (*Senecio subalpinus*) und die Österreichische Gemswurz (*Doronicum austriacum*) schmücken blockreiche Wildbäche des Böhmerwaldes. Die Schluchtsegge (*Carex brachystachys*) kennzeichnet in den Nordalpen eine eigene schlucht- und wildbachnahe azonale Gesellschaft, der Kiessteinbrech (*Saxifraga mutata*) kommt außer an einigen Wildflüssen in Bayern regelmäßig nur an den Allgäuer Molassetobeln vor. Der äußerst seltene glazialreliktische Wimperfarn *Woodsia ilvensis* hat in der Breitachklamm bei Oberstdorf einen Restposten. Der seltene Schildfarn *Polystichum braunii* wächst in den Bayerischen Alpen nur sehr selten meist an schluchtnahen Standorten.

Eibe (*Taxus baccata*) und Stechpalme (*Ilex aquifolium*) haben in manchen Teilen des Alpenvorlandes und der Alpenrandzone nur in tobelartigen Sonderbiotopen noch reichliche Restbestände (z.B. Irschen- und Auerberg/MB, Rabenstein bei Feilnbach/RO, Westallgäuer Molassetobel/LI, Wertachdurchbruch bei Görrisried/OAL). Verblüffenderweise sind es strichweise vor allem alte vernarbte Tiefenerosionshänge (Reissen), an denen kapitale Eiben und Stechpalme massiert in Reitgras-Kiefernwäldern oder Weißseggen-Buchenwäldern vorkommen, die weit mehr als ein Jahrhundert zur Entwicklung gebraucht haben müssen, so etwa im Weißbachtal bei Hundham/MB, am Auer Berg/RO, MB, im Vorkarwendel und im Lainbachgebiet/TÖL (vgl. auch HÖLZEL 1990). Die enge Benachbarung von Stechpalmen, Eibe, floristisch sehr bemerkenswerten Reitgras-Kiefern-, Orchideen-Buchenwäldern mit rezenten Reissen und Anbrüchen mag nur demjenigen seltsam vorkommen, der diese Erosionen grundsätzlich und allesamt für Folgen menschlicher Übernutzung (Kahlschläge, Waldweide, überhöhte Wildbestände) hält und dabei übersieht, daß deren auffälliger Reichtum an extrazonal (weit unterhalb ihrer eigentlichen Höhenstufe) vorkommenden und reliktären Arten wie z.B.

Spirke, Almrausch, Kiessteinbrech kaum ohne ein Fließgleichgewicht von Anbruch und Zuwachsen über viele Jahrhunderte erklärt werden kann.

Die Burg- und Rhätsandsteinschluchten des Albvorlandes sind Reliktstandorte einiger regional sehr seltener Phanerogamen (z.B. *Asplenium fontanum*; einziger Standort in Bayern in RH; KRACH 1981), vor allem einer recht charakteristischen Moosflora. HÖHENBERGER (1989) fand in seinem Arbeitsgebiet der Riesalb und Umgebung einige seltene Moose wie *Pellia epiphylla*, *Lophozia ventricosa*, *Lophozia reptans*, *Campylopus pyriformis*, *Rhizomnium magnifolium* ausschließlich in den schattigen Schluchten und Kerbtälern des Keupersandsteines, z.B. im Öttinger Forst und in der Eitersberger Schlucht/AN. Auch seltene Flechten sind hier gemeldet, z.B. die Flaumflechten *Cystoloeceus niger* und *Racodium rupestre* (GAUCKLER 1960). Zum Bryophytenreichtum siehe Teil F.1.4.

Auch Molassegräben fallen, wenn auch viel weniger untersucht als die Nagelfluhtäler um München, durch bemerkenswerte Moosfunde auf, z.B. *Antitrichia curtipendula* in der Wolfsschlucht bei Possenhofen/STA, *Lophocolea cuspidata* (Bachschlucht der Ratzinger Höh/RO).

In einer geländeklimatisch stark abgeschlossenen Voralpenschlucht fanden sich 1992 auf nur 2-5 m hohen Jungtannen auf einer früheren Schlagfläche 3 für Mitteleuropa neue Blatt- oder Nadelflechten (foliicole Flechten), darunter sogar eine neue Art (POELT 1993). In jeder Waldbiotopkartierung wäre dieser Bestand "durchgefallen". Offensichtlich beruht das seltene Vorkommen auf speziellen geomorphologisch-kleinklimatischen Standorteigenschaften, die eher nach den Kriterien von Geotopen und nicht Biotopen erfaßbar sind. Dieses Beispiel zeigt die Relevanz von Geotopen für den nicht an "amtliche Biotope" gebundenen speziellen Artenschutz und ihre Nützlichkeit, um auch im nicht biotopkartierten Wald wenigstens gewisse Blindstrategien des Artenschutzes zu ermöglichen.

### Felsige Durchbruchstäler, Flußsteilhänge

Sie sind stets Höhepunkte des Pflanzenartenschutzes, agglomerieren sich hier doch Florenelemente verschiedenster Herkunftsgebiete, neben xerothermen subkontinentalen oder submediterranen besonders viele alpine (dealpine) Arten. Relikte aus vergangenen Klimaepochen konnten hier aufgrund des besonderen Topoklimas und der Konkurrenzarmut überdauern. Pflanzengeographisch wichtige Randpunkte und Vorposten von Pflanzenarealen finden sich hier in reicher Zahl, z.B. alpine Arten an den Vorlandflußbengen des Lechs (z.B. Illasberg, Litzauer Schleife, vgl. z.B. DOPPELBAUER 1966, BRESINSKY 1965), der Wertach (vgl. z.B. STROHWASSER 1986), der Ammer (vgl. z.B. WINTERHOLLER 1988), der Salzach bei Burghausen (vgl. z.B. SPRINGER 1992), des Inns im Neuburger Wald/PA (vgl. VOLLRATH 1961/63). Beispiele: die Alpenaurikel (*Primula auricula*) in der Weltenburger Enge und am Isarsteilhang bei Höllriegelskreuth/M, Michels Segge (*Carex michelii*) in der Jochensteiner Donauenge/PA (GAGGERMEIER

1986), der nordisch-alpine Wimperfarn *Woodsia glabella* im Höllental/HO, der Fetthennensteinbrech (*Saxifraga aizoides*) am Priensteilhang bei Dösdorf/RO, die Pimpernuß (*Staphylea pinnata*) an der Illerenge S Memmingen und an den Mattinger Hängen bei Regensburg, *Anthriscus sylvestris* ssp. alpina in schattigen feuchten Juraschluchten des unteren Altmühltalsystems (vgl. PRAGER et al. 1986), *Cerintho glabra*, *Euphorbia amygdaloides* im Illerdurchbruch zwischen Dietmannsried/OA und Buxheim/MN (HACKEL 1984).

Je enger und abgeschatteter ein Taleinschnitt, desto günstiger für sog. "Schlucht- und Blockschuttarten" wie Mondviole (*Lunaria rediviva*; enge Jura-Seitentäler!), Hirschzunge (*Phyllitis scolopendrium*), Alpenhexenkraut (*Circaea alpina*; Nordbayern). Es verwundert nicht, daß in steilen Bachschluchten und Flußeinhängen viele Reliktvorkommen, Isolate und Arealrandpopulationen seltener, artenschutz vorrangiger Arten überdauern konnten, z.B. das Alpenveilchen (*Cyclamen purpurascens*) im mittleren Altmühltal, die Eibe im Altmühl- und Wiesenttalssystem, an der Salzach oder bei Rettenbach an der Günz/MN, die Pimpernuß (*Staphylea pinnata*) im Donau- und Illertal, die Zahnwurz (*Dentaria enneaphylla*) im südostbayerischen Inntal. Sogar die Kaltzeitrelikte der Quellfluren und Quellmoore konzentrieren sich zumindest regional auf Flußtalflanken, z.B. Löffelkraut (*Cochlearia pyrenaica*; z.B. Salzach- und Inn-Durchbruch; NIEDERBICHLER 1994), die Quellengänsekresse (*Arabis soyeri*) oder das seltene Tuffmoos *Catoscopium nigratum* (z.B. Lechtal mit Seitengräben bei Landsberg und Litzauer Schleife; USINGER et al. 1961).

BRESINSKY (1965) verwies in synoptischer Darstellung auf die enge Beziehung des circumpalpinen Florenelementes zu Flußdurchbrüchen und auf deren Grenzpostenfunktion für viele Arten. Stellvertretend für viele weitere Vorkommen seien genannt: Almrausch (*Rhododendron hirsutum*): Wertachenge, früher Isarengenge bei München und Innenge bei Gars, Grünerle (*Alnus viridis*), Traubensteinbrech (*Saxifraga aizoon*), Rostsegge (*Carex ferruginea*), Amethystschwingel (*Festuca amethystina*).

Sogar einige bayerische (Sub-)Endemiten, mehrere RL-1-Arten bzw. bayernweit einzige Vorkommen finden sich hier, so etwa die seltenen Silikathabichtskräuter des Scheuchenberges, eines warmen Donauhanges bei Wörth/R (vgl. SCHEUERER 1990), die Kalk-Habichtskräuter *Hieracium kalmatianum*, *H. franconium* und *H. harzianum* an Talrandfelsen des Wiesenttalystems bzw. des Maintales bei Marktheidenfeld, das Armblütige Vergißmeinnicht (*Myosotis sparsiflora*) an den Uferfelsen der Neuburger Innenge S Passau, das Bayerische Federgras (*Stipa bavarica*) am fossilen Donauprallhang des Finkensteins bei Neuburg, die Felsenkresse (*Hornschuchia petraea*) an den Maintal-Wellenkalcken bei Veitshöchheim/WÜ.

Steppenheide- und Felsbiotope sind oft reicher an "seltenen" Arten, wenn sie an Talrändern oder Flußdurchbrüchen liegen. Außer den oben bereits genannten Beispielen sei hier an die floristische

"Prominenz" etwa der Altmühlfelsen bei Prunn/KEH, des Keilsteins, des Schutzfelses und der Mattinger Hänge an der Donau bei Regensburg, der Innfelsen bei Dommelstadel/PA, der Mangfallnagelfluhe bei Grub und Valley/MB erinnert.

Für die Vornbacher Innenge/PA, deren flußnahe Hangpartien leider heute einer Stauhaltung zum Opfer gefallen sind, gibt VOLLRATH (1961/63) u.a. an seltenen bis extrem seltenen Arten an:

*Bryum alpinum* (A), *Carex oenensis*, *Agropyron litorale*(!!!), *Allium montanum* (X), *Allium riparium* bzw. *sibiricum*, *Asplenium septentrionale*, *Aster belidistrum*, *Astrantia major*, *Calamagrostis pseudophragmites*, *Campanula cochleariifolia*, *Cardamine trifolia* (A), *Clematis recta* (X), *Draba muralis* (!!!), *Equisetum trachyodon* (!!!), *Erica carnea* (A), *Euphorbia amygdaloides* (A), *Globularia vulgaris* (X), *Koeleria gracilis* (X), *Myosotis sparsiflora* (!!!), *Polystichum lobatum* (A), *Sesleria coerulea* (A), *Soldanella montana*, *Staphylea pinnata*.

(!!!): nur wenige Standorte in Bayern bzw. RL 1; A: Alpenschwemmlinge, dealpine und circumalpine Arten auf weit vorgeschobenem Posten; X: basiphile Felsheide- und Xerothermarten, die dem Grundgebirge sonst fehlen.

#### D.1.4.2 Uferanbrüche, Prallhänge, Reissen

Im ständig unterspülten, nachbrechenden oder abbröckelnden Bereich bleibt zwar die Vegetationsdeckung meist recht gering, jedoch entwickeln sich vielfach Dauergesellschaften von hohem Eigencharakter und teilweise auch beträchtlicher floristischer Bedeutung.

An den Reissen der Talverfüllungen der Bayerischen Alpen gedeiht bis zu 44° Neigung z.B. das ANTHYLLIDO-LEONTODONETUM HYOSEROIDES mit dem namengebenden Löwenzahn *eontodon hispidus* ssp. *hyoseroides*, dem Franzenzian (*Gentiana ciliata*), dem Fetthennen- und Kiessteinbrech (*Saxifraga aizoides*, *S. mutata*), dem Florentiner Habichtskraut (*Tolpis staticifolia*), dem Sumpferzblatt (*Parnassia palustris*) und den Moosen *Trichostomum brachydontium* und *Pellia endiviaefolia* (HÖLZEL 1990). Mergelige bzw. felsige Uferwände, Uferausspülungen, Reissen und Prallhänge dienen hochspezifischen alpiden und präalpiden Arten als (zusätzliche) Ausbreitungs-Schiene, z.B. Kiessteinbrech (*Saxifraga mutata*), Sanddorn (*Hippophae rhamnoides*), Florentiner Habichtskraut (*Tolpis staticifolia*). Etwas stabilere, z.T. fossile Reissen sind von der Buntreitgras-Rostseggenhalde (weitgehend überlappend mit der MOLINIA LITORALIS-Gesellschaft), in denen attraktive Arten der Schneeheide-Kiefernwälder, Halbtrockenrasen und Kalkflachmoore eine hohe Dichte erreichen, dem Buntreitgras-Kiefernwald, dem Schneeheide-Spirkenwald, eiben- und stechpalmenreichen Weißseggen-Buchenwäldern bestockt. Kalktuffmoosgesellschaften, initiale Kopfbinsen- und Dammseggenrieder finden sich sehr häufig.

#### D.1.4.3 Schwemmfächer, Deltas, Umlagerungsstrecken

In ihrer natürlichen Dynamik verbliebene Schwemmelkegel, Deltas, Umlagerungsstrecken und Kiesbetten gehören zu den interessantesten Vegetationsbereichen. Da zumindest für einzelne Vorkommen, z.B. Riedboden bei Mittenwald, Wimbach- und Friedergries, obere Isar und Pupplinger Au ausführliche Bearbeitungen vorliegen (THIELE 1978, SCHRETTENMAYR 1950, KORTENHAUS 1987, SCHAUER 1980, SEIBERT 1958), genügen hier wenige Andeutungen. Denn hier ist die Biotopbedeutung zu eindeutig, als daß man mit Geotopschutz argumentieren müßte.

Die meisten Kiesbankgesellschaften stehen auf der Roten Liste der bedrohten oder zumindest potentiell bedrohten Pflanzengesellschaften: die präalpine Knorpellattich-Schwemmlingsflur (CHONDRILLETUM CHONDRILLOIDIS), meist mit einer hohen Zahl alpiner Schwemmlinge (u.a. auch Edelweiß), das Tamarisken- und Lavendelweidengebüsch (SALICYMYRICARIETUM, SALICETUM ELEAGNI), Siberwurz-Spaliere, der Schneeheide-Spirken- und Schneeheide-Kiefernwald (ERICO-MUGETUM, ERICO-PINETUM) in vielfältigen Ausbildungen (insbesondere mit Erdsegge).

Eine Reihe einzigartiger und isolierter Artvorkommen sind mit der bis in frühholozäne Klimaperioden zurückreichenden Fließgleichgewichtsdynamik dieser Standorte verknüpft, z.B. die Monte Baldo-Segge (*Carex baldensis*) am Friedergries, an der oberen und mittleren Loisach, der auf periodische Überschüttung eingestellte Baumwacholder (z.B. Lindergras/GAP, Hirschbichlgras/BGL, Lech bei Desau/WM), die von der Moorspirke abweichende Kalkschutt-spezialisierte Spirkenform, das Fleischers Weidenröschen (*Epilobium fleischeri*) im Oytal/OA und die Deutsche Tamariske (*Myricaria germanica*) an der Isar oder am Halblech.

Nirgendwo sonst bietet unsere Landschaft ähnlich eindrucksvolle Einblicke in die "Werkstatt der Natur" bei der Bildung neuer Ökosysteme. Mehrere Pflanzengesellschaften mit hohen Anteilen von Arten anderer Florenregionen, z.B. alpiden, aber auch submediterranen Elementen, konnten sich (praktisch) nur hier ausbilden, z.B. der Erdseggen-Schneeheide-Kiefernwald, der Almrausch-Spirkenwald, die Silberwurz-Spalieregesellschaften, dealpine Schwemmlingsfluren der THLASPIETALIA ROTUNDIFOLII bzw. der Schneepestwurzfluren (PETASITION PARADOXI).

#### D.1.4.4 Terrassenränder, Schotterstufen

Sie sind von großer Bedeutung im botanischen Naturschutz der Flußtäler und Schotterebenen. An vielen seltenen Arten reiche Magerrasen haben dort wenigstens fragmentarisch überdauert, z.B. im oberen Isartal Leggras-Bad Tölz, am Lech bei Schongau-Epfach-Landsberg-Kaufering-Hurlach, an der Isar bei Moosburg, an der Iller bei Memmingen und Heimertingen. Als hervorstechende RL-1- oder RL-2-Arten auf solchen Standorten seien erwähnt: Gel-

ber Lein (*Linum flavum*) an der Iller, Purpurklee (*Trifolium rubens*) z.B. an der Iller und Würm, Hoher Haarstrang (*Peucedanum officinale*) z.B. an der Donaurandterrasse am Hohlohberg bei Gerolfing/EI, IN, Gelbes Läusekraut (*Pedicularis foliosa*) und Gladiole (*Gladiolus palustris*) an den Lech-Hochterrassen im Forggenseegebiet, die seltene Miere *Minuartia fastigiata* und das endemische Augsburger Greiskraut (*Tephrosia vandelicorum*) an der obersten holozänen Terrassenkante des Lechs bei Lagerlechfeld/LL, A (vgl. KRACH 1986), der Geißklee *Cytisus supinus* an Altterrassenkanten bei Trostberg/TS. Arealkundlich wichtige Eck- und Vorpostenstandorte können auf Terrassenböschungen liegen, z.B. *Inula hirta* an den Terrassenlehnen zwischen Kaufbeuren und Pforzen/OAL. Südexponierte Flußterrassenböschungen sind z.B. im Wertachtal bei Altdorf/OAL durch *Allium montanum*, *Anthericum ramosum*, *Asperula cynanchica*, *Filipendula vulgaris*, *Muscari botryoides*, *Polygonatum officinale*, *Pulmonaria mollis*, *Pulsatilla vulgaris*, *Ranunculus oreophilus*, *Tanacetum corymbosum* ausgezeichnet (BAUER 1993) und dienen diesen und anderen wärmeliebenden Arten als Ausbreitungsbahnen. Am Beispiel der verschiedenen Brillenschötchen-Kleinarten (*Biscutella laevigata* agg.) wurde bisher am eindrucksvollsten dargelegt, daß die verschiedenen Flußterrassenstufen sogar zu intraspezifischer Sippendifferenzierung Anlaß geben können.

Aber auch derzeit nicht als "Biotop" kartierfähige Terrassenränder sind nicht nur geomorphologisch, sondern auch artenschutzrechtliche Leitlinien. So können sie die letzten Auffangpositionen für Arten darstellen, die im Vorfeld der agrarischen Intensivierung zum Opfer gefallen sind, so z.B. Traubenhyazinthe (*Muscari botryoides*) an Lechterrassen südlich Landsberg, Reliktpopulationen von Echter Schlüsselblume (*Primula veris*), Karthäusernelke (*Dianthus carthusianorum*), Wiesensalbei (*Salvia pratensis*) in sonst stark artenverarmten Agrargebieten.

Für einzelne Landkreise und Regionen mit relativ geringem Biotopangebot können langgezogene Terrassenstufen eine im botanischen Naturschutz geradezu zentrale Bedeutung annehmen, so z.B. die Terrassen- und Lechleite Prittriching - Unterbergen - Mering - Kissing - Friedberg - Derching - Scherneck - Rehling - Hemerten für den Altlandkreis Friedberg und den heutigen Lkr. AIC, die mit ihren diversen Quellstellen u.a. *Botrychium lunaria* (b. Thierhaupten), *Diphysium complanatum* (b. Miedering), *Anthericum liliago* (bei Sand), *Allium ursinum* (b. Wulfertshausen), *Lilium martagon*, *Leucojum vernum*, *Peucedanum carvifolia*, Milzkraut (*Chrysosplenium alternifolium*), Riesenschachtelhalm (*Equisetum telmateja*) birgt.

#### D.1.4.5 Auenkleinformen, Flutrinnen

Seigen und kleinere Flutmuldensysteme der Stromauen sind bei zurückhaltender Nutzung von erheblicher botanischer Bedeutung. Hierhin haben sich vielfach die letzten Überreste extensiver Auwiesen

(z.B. Brenndoldenwiesen, Kantenlauch-Pfeifengraswiesen, Kammseggenwiesen) zurückgezogen. Es bestehen Naß-Trockengradienten mit ihrem bezeichnenden komplexen Vegetationsgefüge auf engstem Raum. Es kommt zu ungewöhnlichen Durchdringungen von Großseggen-, Pfeifengras-, Kalkflachmoor-, Fuchsschwanz-, Glatthafer-, Wiesenknopfsilgenwiesen-, ja sogar Kalkhalbtrockenrasen- und Sandrasengesellschaften. In jedem Stromsystem treten (bzw. traten) dabei andere Typenkombinationen auf. Ursprünglich oder bis in unsere Tage besiedel(te)n eine Fülle seltener und seltenster Arten solche eigenartigen Ökoton-geprägten Zonen. Die Mehrzahl der sogenannten "Stromtalpflanzen" finden/fanden hier, wo der Wasserstand sowohl zeitlich wie räumlich charakteristischen periodischen Schwankungen unterworfen ist, ihre Urheimat. Dazu gehören z.B. die Stromtalveilchen *Viola pumila*, *V. persicifolia*, *V. elatior*, das Gottesgnadenkraut *Gratiola officinalis* (siehe die Restvorkommen im mittleren Lechtal und bei Manching!), der Röhrenfenchel (*Oenanthe fistulosa*), die Sumpf- und Glänzende Wolfsmilch (*Euphorbia palustris*, *E. lucida*). Innerhalb von alluvialen Magerrasen bewirken durchziehende fossile Rinnen und Mulden ebenfalls eine bemerkenswerte Florenbereicherung, wie die seltene Gänsekresse *Arabis gerardi* in der Sammerner Isarau oder die Natternzunge (*Ophioglossum vulgatum*) in der Rosenau bei Dingolfing belegen mögen. Die ursprünglichen Standorte einer der seltensten Pflanzen Bayerns, der Schellenblume (*Adenophora liliifolia*) sind Seigensysteme, die SENDTNER (1854; zit. nach GAGGERMEIER 1991) so beschreibt: "Daselbst - zwischen Moos und Isarmünd - sieht man gleich breiten Bifangen oder Hochäckern 10-20 Schritt breite erhabene Raine, in der Streichungslinie so ziemlich zwischen Ost und West von gleich breiten Vertiefungen unterbrochen, große Strecken weit sich hinziehen. Die Erhabenheiten sind Haide. Die Vertiefungen sind Moor."

Längst trockenengefallene und sogar landwirtschaftlich genutzte Flußrinnen können immer noch "botanisch markiert sein". Ein treffendes Beispiel nennt VOLLMANN (1907) für ein Blaustern-Vorkommen (*Scilla bifolia*) bei Ortlfing/ND: "Dieser Fundort scheint mir heute noch auf den alten Lauf der Donau von Stepperg über Straß, Leidling und Sinning in das Donaumoos hinzuweisen". Parallelfälle sind oft rudimentäre Vorkommen z.T. seltener und seltenster Stromtal- und Feuchtgebietspflanzen, die sich an alte Stromrinnen halten, so z.B. *Iris sibirica*, *Euphorbia lucida*, *E. palustris*, *Ophioglossum vulgatum* (untere Isar). Geradezu eine Kenn-Gesellschaft fossiler, mooriger Flutrinnen der Isar und des Lech ist die Duftlauch-Pfeifengraswiese (ALLIOMOLINIETUM). Noch enger begrenzt ist das Vorkommen von Kalkniederermoorgesellschaften (ohne Torf) in grundwasserdurchströmten Kiesrinnen der Isarauen S München und des mittleren Lech S Augsburg (SCHOENUS NIGRICANS-SAXIFRAGA MUTATA-Gesellschaft).

Trockene Alluvialreliefbereiche mit charakteristischen Rinnen, Wellen und Kleinterrassen ("Brennen") sind Träger der letzten Auenmagerrasen

(MESOBROMETUM ALLUVIALE Oberd.57 mit *Festuca sulcata*, PEUCEDANO OFFICINALIS-BROMETUM Korn.63), die besonders für ihren Orchideenreichtum berühmt sind (*Ophrys holosericea*, *Orchis coriophora*, *Anacamptis pyramidalis* u.a.). Diese oft mit Knollendistel- und Kantenlauch-Pfeifengraswiesen, ja sogar mit Kopfried-Kalkflachmooren in fossilen Flutrinnen eng verzahnten Trockenrasenkomplexe an Donau (z.B. Brennen bei Günzburg, zwischen Neuburg und Ingolstadt), Isar (z.B. Brennen bei Goben/DGF und Freisinger Buckel/ED, Rosenau/DGF und Sammerner Heide/DEG), Lech (z.B. Königsbrunner, Kissinger, Prittrichinger und Thierhauptener Heide), Inn (bei Töging u. Simbach), Wertach, Alz und Prien (SE Frasdorf) präsentieren das charakteristische, in jedem Flußregime etwas abgewandelte Muster der Fluvialformen am deutlichsten. Nirgendwo sonst begegnen sich syntaxonomisch "weit entfernte" Einheiten und Arten der Xerothermrassen (z.B. *Stipa joannis-Carex humilis*-Rasen) und der Auenfeuchtbiotope (z.B. IRIDETUM SIBIRICAE, CARICETUM BUXBAUMII) auf so engem Raum. Eine Reihe seltenster Arten benötigen offensichtlich den eigenartigen Ökotoncharakter dieser Standorte (z.B. *Adenophora liliifolia* an der unteren Isar, *Gladiolus palustris* an Donau und Lech, *Ophrys sphecodes* an Lech und Isar).

#### D.1.4.6 Wasserfälle, Katarakte

Auch botanisch stellen Wasserfälle einen ganz eigenartigen Lebensraum dar, ihr durch Gischt und extrem hohe Luftfeuchtigkeit geprägter Kontaktbereich ist ein Reich der Moose. Die Pflanzenbesiedelung spiegelt vor allem die durch Fallhöhe und Wassermenge schwankende Wucht des Aufpralles wider. An horizontalen Aufschlagstellen von Jurabächen können z.B. die Krustenalgen *Chloratylum cataractarum* und *Gonarosira* eine spezifische Nische finden, an geneigten Aufschlagflächen das Moos *Eurhynchium rusciforme* (inkrustiert mit Kaltwasser- und Sommer-Kieselalgen), welches hier einen langsam wachsenden festen Gehängetuff bilden kann. An kleinen Wasserfällen kann sich unterstützt durch die Blaualge *Phormidium retzii* und Moose des *Oxyrienchietum* ein sehr dichter und harter Tuff bilden.

#### D.1.4.7 Steinernen Rinnen, Bach- und Quelltuffe

Zur biogenen Entstehung der Quell- und Bachtuffe (im Unterschied zum weitgehend abiotisch gebildeten Travertin) tragen Algen und Moose durch ihre CO<sub>2</sub>-Aufnahme entscheidend bei. Vor allem in unmittelbarer Quellnähe und in offenen Hangquellmooren bilden sich die, oft halbkugeligen oder sphärisch geformten Algentuffe (Oscillatorientuffe, gebildet von Blaualgen der Familie *Oscillatoriaceae* wie *Lyngbya* und *Phormidium*). Die vielen tuffbildenden, z.T. steinerne Rinnen bildenden Quellen an der Dogger-Malm-Grenze der Frankenalb (Ornatenton-Quellhorizont) enthalten charakteristische Kieselalgen-(Diatomeen-)Gesellschaften, darunter

auch seltene Arten wie *Cocconeis pseudothumensis*, *Navicula muraloides*, *N. striolata*, *N. subluclidula*, *N. lange-bertalotii*, *Diploneius minuta*. Sogar neue Arten wie *Caloneis constans*, *Gomphonema extantum*, *Navicula crassulexigua* und *N. Lange-Bertalotii* wurden hier beschrieben (REICHARDT 1994). Einige der hier festgestellten Kieselalgen sind bisher nur aus dieser Kalktuffregion nachgewiesen. Auch Zieralgen (z.B. *Oocardium*) und Grünalgen (*Vaucheria*, *Cladophora*) sind beteiligt. WALLNER (zit. in HERMANN 1957) differenziert verschiedene oberbayerische Kalktuffvorkommen nach ihrer Entstehungsart (*Oocardium*-, *Cynaophyceen*-, *Vaucheria*-, *Laubmoostuffe*). Moostuffe werden vor allem gebildet von den oft eindrucksvoll kalkinkrustierten Polstern der Starknervmoose *Cratoneurum commutatum*; (baut 2,0 -2,5 cm lockeren Moostuff pro Jahr auf) und *C. filicinum*, sowie *Brachythecium rivulare*, *Eucladium verticillatum* (kann 0,7 - 1,0cm festen Kalktuff pro Jahr abscheiden), *Gymnostomum recurvirostre*, *Riccardia pinguis*, darunter auch seltene Arten (z.B. *Catoscopium nigratum*). Unter ständigem Wechsel von Inkrustation an der Sproßbasis der Moose und "Befreiungswachstum" an der Spitze bilden sich metermächtige Moostuff-Komplexe (STIRN 1963), die allmählich als Sperriegel Bäche anstauen und Tuffkaskaden bilden können. Beim flachen Überströmen der Tuffabdämmungen wird mit Unterstützung von Blaualgen besonders viel Kalk frei; die Dämme wachsen umso rascher. Später können auch seltene Phanerogamen in die tuffabscheidenden Moosgesellschaften einwandern (am Alpenrand z.B. *Arabis soyeri*, *Aster bellidistrum*).

#### D.1.4.8 Massenbewegungsazonen

Der extrem hohe Struktureichtum erzeugt bisweilen ein sehr vielfältiges Vegetationsmosaik. Durch Anbrüche angeritzte Quellhorizonte bilden sehr schöne Tuffquellfluren (CRATONEURION) aus. Zwischen die Restbestände des vorgängigen Hochwaldes (z.B. an den Isarsteilhängen S München Weißseggen- und Waldmeisterbuchenwälder) schieben sich in den Erdspalten und Schollen allmählich initiale Quell-, Feucht- und Kleeblwälder (Grauerle, Eschen-Ahornwald, Bacheschenwald etc.). Das in den Moorbrüchen entstehende komplexe Mosaik aus Schlenken-, Bult- und Moorheidegesellschaften übertrifft i.d.R. die Arten- und Strukturvielfalt der "ungebrochenen" Moorvegetation. Die unausbleiblichen Torfspalten und Austrocknungseffekte begünstigen aber auch die Gehölzsukzession, zumal eine eventuelle vorherige Streu- oder Weidenutzung nach dem Moorbruch eingestellt wird.

#### D.1.5 Tierwelt

Wie im Pflanzenreich stellen Fluvialformen natürlich auch tierökologisch und zoözönotisch keinen einheitlichen Standort dar. Die Bindung mancher Artengruppen und auch seltener Arten an Fluvialstandorte mit noch bestehender Dynamik ist aber außerordentlich eng. Als Ausbreitungslinien haben



Täler für viele Tierarten eine mindestens ebenso große Bedeutung wie für die Flora; montane und alpine Arten dringen entlang der Alpenflüsse konzentriert ins Vorland vor, z.B. die alpinen Laufkäfer *Nebria piciformis* und *N. rufescens* am Lech (WALDERT 1990). Die Populationsareale, Aktionsräume und auch Zugstraßen vieler Arten orientieren sich an Tälern. Da eine reichhaltige Literatur hierzu vorliegt (z.B. PLACHTER 1986; hier auch bibliographische Zusammenfassung), genügen wenige ausgewählte Streiflichter.

Bei der Populationsverteilung und Aktionsraumstruktur vieler Tierarten spielen fluvial geprägte Landschaftsformen eine große Rolle. Diese oft nur sehr indirekten Zusammenhänge erstrecken sich auch auf Arten, die keineswegs als fließgewässer- oder streng talgebunden gelten können. Hier gibt weniger der Biotop Bach/Fluß/Quelle, sondern der Geotop Tal mit seiner charakteristischen Benachbarung verschiedener Teilhabitate den Ausschlag. Hierzu nur wenige ausgewählte Beispiele: Libellenhaft (*Libelloides cojacus*), Spanische Fahne (*Callimorpha quadripunctaria*), deren Larvalhabitat nach WEIDEMANN (1996) u.a. "schattige, feuchte, hochstaudenreiche Schluchten in der Frankenalb" sind, der Rotkragenflechtenbär (*Atolmis rubricollis*), u.a. in tiefeingeschnittenen luftfeuchten Bachschluchten der Frankenalb, wo kalte karstquellengepeiste Bäche die Vegetationsperiode verkürzen (dito). Besonders deutlich hebt sich der Lebensraum Schlucht bei den Schnecken heraus. Als seltene Beispiele seien erwähnt die Nadelschnecke *Platyla polita* in Jurasschluchten oder die seltene *Aegopinella ressmanni* in feuchten, quelligen Kerbtälern des südöstl. Tertiärhügellandes (SEIDL 1978).

Wildflußstrecken, Schwemmkegel, Deltas spielen im zoologischen Naturschutz seit jeher eine herausragende Rolle. WALDERT (1990) nennt am Lech mindestens 30 uferbewohnende Laufkäfer mit Präferenz für Alpenflüsse. Einschneidend sind deswegen auch die Verluste durch Staustufenbau und Flußkorrektur, so etwa die heute in Bayern ausgestorbenen Kiesbrüter Lachseeschwalbe (letztmals 1930), Zwergseeschwalbe und Triel am Lech, die Heuschrecke *Aelopus tergestinus*, die Uferwanze *Teloleuka nobilis*, die Schmuckfliege *Hypochra albipennis* (FISCHER 1966). Aber auch noch an unseren Flüssen existierende RL-Arten wie Flußuferläufer, Flußregenpfeifer, Flußseeschwalbe, die Schotterflur-Heuschrecken (z.B. *Bryodema tuberculata*, *Chorthippus pullus*, *Tetrix tuerki*, *Epacromius tergestinus*) und bestimmte Kurzflügelkäfer sind extrem zurückgegangen. Allein in der aktuellen Kiesbankfauna der Isar gehören 11 Laufkäfer zur Roten Liste BRD und 28 Arten sind "selten" (PLACHTER 1986). An der oberen Isar steigt der Anteil "seltener" Arten z.B. bei Laufkäfern auf 46 %. "Nie werden wir erfahren, wieviele Arten mit der Wildflußlandschaft zumindest bei uns für immer verlorengehen. Wir wissen auch nicht, wieviele noch aussterben werden, da sich für einige audentypische Lebensräume der Flußausbau erst allmählich auswirkt." (PFEUFFER 1996, S.25). Der Anteil montaner und alpiner Wirbelloser ist selbst an Kie-

sufern der Mittel- und Unterläufe von Alpenflüssen noch außerordentlich hoch. "Auf einer Kiesbank in etwa 110 km Alpenentfernung wurden noch 8 von insgesamt 20 montanen Laufkäferarten mit 77 % aller dort gefangenen Individuen nachgewiesen" (PLACHTER 1986). Hochspezifische Anpassungen und Toleranzen machen die Kiesbank-Zooötonen sehr interessant. Beispielsweise scheint die Schwarze Heideameise *Lasius niger*, welche in der Besiedlung von Kalkgeröllbänken durch Pflanzen eine Rolle spielt, zumindest einige Tage Überflutung überstehen zu können (SCHRETZENMAYR 1950).

Durchbruchstäler, Flußcanyons bieten Lebensraum für viele biogeographisch vorgeschobene Posten gebirgsbewohnender, montaner oder alpiner, subkontinentaler oder mediterraner Arten.

Beispiele: Berglaubsänger an Lech und Isar, Uhu und Kolkrabe in einigen Engtalabschnitten des Lechs und der Ammer; Zippammer, Weinbergzikade (*Tibicen haematodes*), Segelfalter (*Iphiclides podalirius*), Schmetterlingshafte (*Libelloides longicornis*, *A. libelluloides*), Ödland- und Schönschrecke (*Oedipoda germanica*, *Calliptamus italicus*) an den Felsleiten des Mairdurchbruchs im unterfränkischen Wellenkalk bzw. des Werntales, Libellenhaft (*Libelloides cojacus*), Hufeisenklebläuling (*A. orion*) an den Juradurchbrüchen bei Staibling-Plattenberg/KEH bzw. an den Mattinger Hängen, die isolierten Askulapnatter-, Smaragd- und Mauer-eidechsenvorkommen am Donaudurchbruch Passau-Oberzell, z.T. im Salzachdurchbruch bei Burghausen-Raitenhaslach und im Ilzcanyon bei Hals/PA.

Natürliche Uferabbrüche, Prallhänge: Uferschwalbe, Eisvogel, manche röhrengrabenden bzw. Erdnester anlebbenden Stechimmen (Aculeaten).

Auch die Kalktuffbiotope besitzen eine hochspezifische Tierwelt, für die stellvertretend die seltene Kleine Fäbchenschnecke *Sphyradium dolium* erwähnt sei (Jura).

#### D.1.6 Verbreitung, Verantwortung der Landkreise

Die Verteilung der einzelnen fluvialen Bildungen über die Landkreise und Naturräume ist natürlich sehr ungleichmäßig. Überreich ausgestatteten Landkreisen stehen solche mit weniger auffälligem Inventar gegenüber. Trotzdem gleicht so mancher Landkreis mit einem Element (z.B. asymmetrische Täler) aus, was er an anderen Typen entbehrt. Im folgenden werden nur die auffälligsten der in Kap. D.1.1 aufgeführten Typen mit Lokalbeispielen belegt, jeweils unter weitgehender Beschränkung auf flächenmäßig nicht allzu ausgedehnte und deshalb im Naturschutz praktikable Raumeinheiten.

Hier genannt zu werden bedeutet für ein Tal oder eine andere Erscheinung keineswegs, daß sie unter Schutz gestellt werden müßte, sehr wohl aber daß die Grundsätze und Rücksichten des pfleglichen Umganges (Kap. D4) mit besonderer Sorgfalt anzuwenden sind.

**Landkreise "mit Hauptverantwortung":**

ein Großteil der besten Vorkommen dieses Typs befindet sich im Landkreis; der Lkr. steht an erster Stelle in der Pflicht, diesen Geototyp pfleglich zu behandeln; hierzu gehören immer nur wenige Landkreise.

**Landkreise "mit Schwerpunktverantwortung":**

ein erheblicher Teil ... (s.o.).

**Landkreis "mit Mitverantwortung":**

zwar nicht die Hauptvorkommen, aber doch bedeutende Beispiele des Typs befinden sich im Landkreis.

"**Hauptverantwortung**" wird ersetzt durch "Schwerpunktverantwortung", wenn zu den "besten" Landkreisen bezüglich eines Geoelementes nicht nur wenige, sondern eine ganze Reihe von Landkreisen gehören. Dann übernehmen diese "Schwerpunktverantwortung".

**D.1.6.1 Täler**

Eine auch nur annähernd vollständige Beispielsauswahl ist hier weder möglich noch beabsichtigt. Der "Repräsentanz- und Erfassungsgrad" ist von Element zu Element durchaus unterschiedlich. Hauptzweck der Aufstellung ist es, die einzelnen Landkreise zu einer eigenen Inventur und Vervollständigung anzuregen.

**D.1.6.1.1 Kastentäler, Karst-Trockentäler (KTT), Asymmetrische Täler (AT)**

**Hauptverantwortung Asymmetrische Täler:** DGF, LA, AS, MSP, HO

**Schwerpunktverantwortung Asymmetrische Täler:** AIC, FS, LL, MÜ, NEA, PAN, TS-Nord, AÖ

**Mitverantwortung Asymmetrische Täler:** PAF, ND, DON, GZ, NU, DLG, ERH, FÜ, RH, AN, A, ED

**Hauptverantwortung Karsttrockentäler:** LAU, BT, FO, BA, AS

**Schwerpunktverantwortung Karsttrockentäler:** DON, EI, NM, R, LIF, WÜ, MSP, WUG, KEH

Klassisch ausgeformte Kastentäler bieten besonders das Schichtstufenland und das nordostbayerische Schiefergebirge, wo Talsohle und obere Hangkanten über viele Kilometer parallel verlaufen können, die schwäbischen und oberbayerischen Schotterplatten (Iller-Lech-Platten, Alzplatte, Isen-Sempt-Hügelland), weniger typisch aber auch das Alpenvorland (insbesondere im Jungendmoränenbereich), die Kristallinen Grundgebirge und das Tertiärhügelland (wo asymmetrische Talprofile stellenweise sehr bezeichnend sind). Die Pflege der asymmetrischen Täler ist für den Geotopschutz verpflichtend, da Mitteleuropa wahrscheinlich ein weltweites Schwerpunktgebiet dieser Erscheinung ist (THAUER 1955; Beschränkung auf das Gebiet würmglazialen Frostbodens außerhalb der Eisbedeckung).

Einige der besonders schön ausgeprägten Talbeispiele in verschiedenen Größenordnungen sind:

**AIC:** Paartal bei Ottmaring; **AT:** oberes Schindbachtal SW Griesbeckerzell (s. GEOTOPKATA-STER BAYERN)

**AÖ:** **Abb. D/13** zeigt an einem Beispiel der Inn-Hochterrasse die Scharung und Größenordnung interessanter asymmetrischer Talsysteme im Landkreis;

**AS:** Wolfelder Trockental mit 2 Umlaufbergen; **AT:** Linke Jura-Trockentäler zur Lauterach, Umgebung von Kastl, Birketal bei Zant, Hausener Tal; Täler im TUP Hohenfels; **AT:** Trockentäler bei Frechetsfeld, Fürnried, Ackertsfeld, Ammersriecht; **AT:** Südtal des Naabgebirges, z.B. Fensterbachtal Pursruck - Oberpennading; Tannerbach, Lohbach b. Taubenbach.

**BA:** Maintal zwischen Bamberg und Zeil, das ca. 100 m tief in die Hochfläche des nördlichen Steigerwalds und der nördlichen Haßberge mit scharfen Rändern eingeschnitten ist (mit HAS); Wiesent-Talsystem mit Aufseß, Leinleiter, Püttlach, Tinbach u.a.; **KTT** Paradiestal bei Treunitz: felsgesäumt; zeitweise überschwemmt; **KTT** Roter Grund NW Treunitz; **KTT** Trockental bei der Heroldsmühle;

**BT:** breites Sohlental des gefällsarmen Mittellands des Roten Mains ab der Talenge an der Autobahnbrücke bei Bayreuth; **KTT** Kaiserbachtal; **KTT** Buchgraben im Veldensteiner Forst;

**DGF:** Mamminger Bach (mit Talterasse und Kalktuffbildungen; **AT**), Teisbachtal Teisbach bis Oberteisbach (**AT**), u.a. mit Bachschwinde; Scheibl- und Asenbach, Viehbach mit Walperstetter Bach (**AT**).

**DON:** Röglinger Karsttal mit Dolinen und Ponoren sowie Bachschwinden, Felsbildungen, Karstquellen;

**EBE:** Grub-Harthäuser Trockental/M, EBE; Langkofener Tälchen: asymmetrisch, mündet hängend in Moosach-Attel-Rinne aus; Nagelfluh-Tälchen zwischen Pörsdorf und Straußdorf; Wildenholzener Kerbtälchen;

**ED:** obere Isen b. Kugelmühle, ob. Lappachtal, Stephansbrunnthal ob. Steinkirchen.

**EI:** Rosental b. Eichstätt: sehr schönes Karsttal;

**FFB:** Geisinger Steig im Westen von FFB, morphologisch besonders eindrucksvoll; "Hängetal" zwischen Grafrath und Schöngesing; zeigt postglaziale Eintiefung der Amper;

**GZ:** mittleres Glött-Tal; **AT:** Haselbachtal, Lauterbach S Bauhofen; Schellenbach SE Ziemetshausen.

**HO:** rechte Seitentäler der Saale unweit Hof, z.B. Regnitz bei Feilitzsch; Lohbachtal S Lichtenberg; unt. Froschbachtal; Issigbachtal bei Reitzenstein; Steinbachtal bei Schlegel; Rothenbachtal bei Hütting; Siegelbachtal bei Froschgrün (**AT**);

**KG:** Sinntal; Schondratl

**KUL:** Quertal bei Untersteinach-Kauerndorf im Mittleren Buntsandstein; Guttenberger Sohlental kurz vor seiner Mündung in das mesozoische Vorland des Frankenwalds; **KTT** Trockental W Zederseitz b. Wonsees: romantisch und kleindimensioniert;

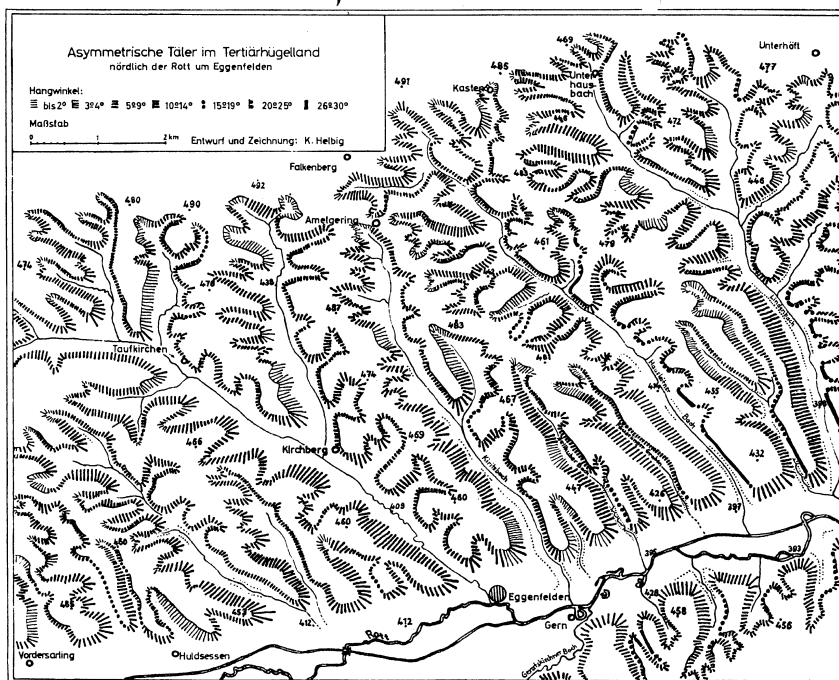
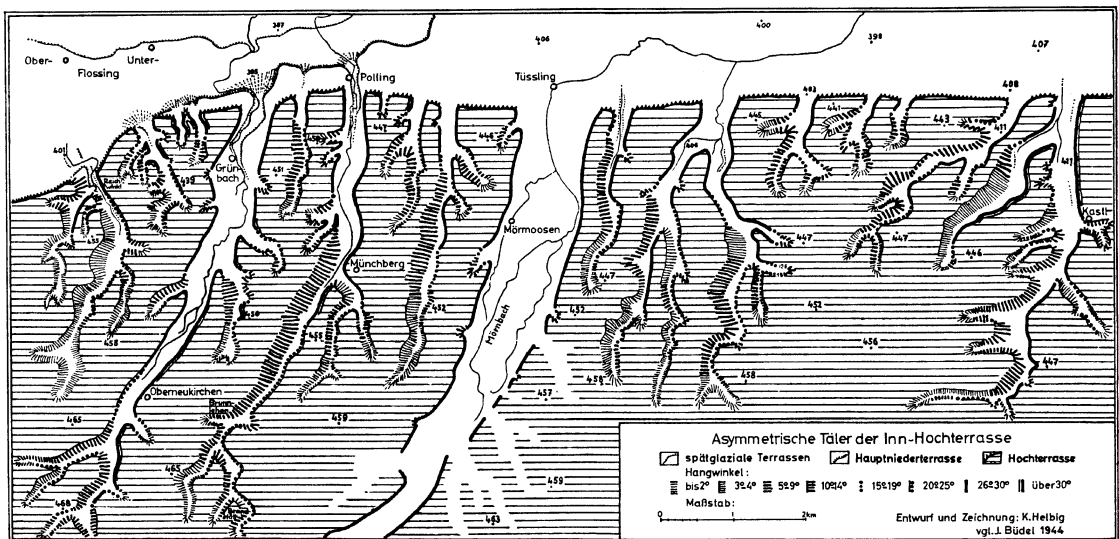


Abbildung D/13

Asymmetrische Täler der Inn-Hochterrasse (MÜ, AÖ) und im Tertiärhügelland bei Eggenfelden/LA, PAN (aus HELBIG 1965)

**LA: AT:** UnsbacherGraben b. Essenbach, Rohrbachtal b. Postau, Schweinbachtal b. Landshut; **Abb. D/13** zeigt an einem Beispiel die Scharung und Größenordnung interessanter asymmetrischer Tal-systeme im Landkreis

**LAU:** KTT Anka- und Kupfertal bei Velden/Pegnitz; Sand-Trockentäler des östl.Reichenwaldes

(z.B. Ursprung); Röthenbachtal: klass. Burgsandstein-Kastental;

**LIF:** Kleinziegenfelder Tal bei Weismain; Kötteler Grund; AT: Kurze Mainseitentäler zwischen Kulmbach und Burgkunstadt/KUL, LIF;

**LL:** AT: Lechseitentäler zwischen Denklingen und Epfach, Beuerbacher Tal;



**M:** Serie von Schneeschmelztälchen SW Peiß (wichtige Vorgaben für Waldentwicklung);

**MN:** Sohllental der Iller nördlich Fluhmühle mit Prall- und Gleithängen und zahlreichen Terrassen; oberes Günztal nördlich Obergünz, AT: Westerbachtal b. Kirchheim;

**MB:** Teufelsgraben und Hackenseetal/MB, TÖL; Baderer- und Hörndl-Rinne S Taubenberg; Trockentäler von Baumgarten, Föching und Laidern;

**MSP:** AT: Muschelkalk NW Würzburg, WÜ, z.B. Buchbodengrund NW Remlingen, Tal NW Birkenfeld, Talsysteme N Billingshausen; Mühlbachtal zw. Lohr u. Hausen (schönstes MK-Karsttal Unterfrankens);

**MÜ:** Mörn-/Grünbach-/Flossinger Tal/MÜ, AÖ, TS AT: Kagenbach, Zangberger Tal, Täler der Alzplatte, z.B. Pollinger Tal/ mit Nebentälchen, z.B. bei Brandstatt; Abb. D/13 zeigt an einem Beispiel der Inn-Hochterrasse die Scharung und Größenordnung interessanter asymmetrischer Talsysteme im Landkreis;

**NEA:** AT: Kurze Seitentäler in der Aisch-Rezat-Platte (NEA, AN, FÜ, ERH, RH); Hagenbüchacher Quelltal;

**NM:** KTT Kesselgraben NW Rohrbach (TÜP);

**NU:** Bibertal S Silheim (AT);

**PAN: AT:** Tertiärhügelland Fäustlinger Graben NE Eggenfelden, Nebentäler des Geratskirchener Baches/PAN, AÖ; Aichach b. Simbach, Lohbach b. Taubenschlag, Tanner Bach, Lenzloher Tal, S Schnecking, Leimgruber Tal b. Julbach, Abb. D/13 zeigt an einem Beispiel die Scharung und Größenordnung interessanter asymmetrischer Talsysteme im Landkreis;

**OAL:** Katzbruier Bach S Köngetried;

**R:** Trockene Klingen am Erzberg ESE Krachenhausen, KTT "Im Berg" N Duggendorf; KTT Penker Tal;

**RO:** Schmelzwassertal NE Grainbach;

**STA:** Würmtal Leutstetten-Gauting; u.a. bei Epolding-Mühlthal mit einem gewaltigen Strudeloch der Ur-Isar (Einsturz der unterspülten Nagelfluhen); Maisinger Schlucht;

**SW:** Hollergrube NNW Sulzheim: seltene Form eines Gipskarst-Trockentälchens; seit 20 Jahren dch. Fernwirkung eines Gipssteinbruches trocken gefallen; endet in Gipshöhle;

**TÖL:** Reichertshausener Trockental;

**TS:** Trockentäler Palling-Niederbuch, Meggental-Schnitzing-Manetsberg, Öd-Ollering, b. Burg, Taching;

**WM:** Trockental von Engenwies b. Lechbruck (AT).

#### **D.1.6.1.2 Klammen, Schluchten, tiefe Kerbtäler, Flußdurchbruchstäler, Canyons**

**Hauptverantwortung Klammen/ Schluchten:** LI, OA, GAP, BGL, LAU, RH, FRG.

**Schwerpunktverantwortung Klammen/ Schluchten:** BT, REG, ERH, WUG, KC, PA, SR

**Mitverantwortung Klammen/Schluchten:** MB, RO, TS, MÜ, AÖ, HO

**Hauptverantwortung Flußdurchbruchstäler/ Canyons:** EI, KEH, GAP, WM, AÖ, M, TÖL, OAL

**Schwerpunktverantwortung Flußdurchbruchstäler/ Canyons:** OA, HAS, FRG, PA, TS, RO, M, HO, WUN, BT

Im jeweiligen naturräumlichen Rahmen ausgesprochene morphologische Höhepunkte und oft wichtige Naturaufschlüsse sind Serien von Kerbtälern, Tobeln und Schluchten, z.T. mit Nagelfluhabbrüchen und Blockansammlungen, z.B. in folgenden Fällen: mainnahe Buntsandsteinwildbäche des Mainviercks (AB, MIL, MSP), einige Hangbäche des Hahnenkammes am Abbruch des Grundgebirgsspessarts (AB), Hangbäche am westlichen Steigerwald- und Haßbergetrauf (KT, NEA, SW, HAS, NES). Molassegräben am Rand der großen Gletscherzungenbecken (seitliche Zuflüsse des Starnberger Sees und des Ammersees, Gräben zum Waginger See/TS, BGL, Molassegräben südlich des Simssees/RO, am Auer- und Irschenberg/MB, RO usw.), Seetoneinkerbungen im Tittmoninger Becken/TS, Murnbecken und Rotter Forst/RO im Bereich des ehemaligen Salzburger und Rosenheimer Sees, die Talränder der Alpenflüsse im Altmoränen- oder Tertiärhügellandbereich (Inn bei Stampfl/MÜ, Schluchten des Öttinger Holzlandes/AÖ und des Triftern-Simbacher Hügellandes/PAN, Isarzuflüsse bei Landshut).

Die rückschreitende Erosion der Plateauränder des Schichtstufenlandes schuf markante, für die Erhaltung naturnaher, z.T. azonaler Wälder bedeutsame Schluchteinkerbungen darüber hinaus am Albrauf, in den Langen Bergen bei Coburg und am Stufenrand der Weißjura Tafel. Der Rhätsandstein verleiht vielen Landschaften durch Serien kleinerer und größerer, zumindest teilweise schluchtartig eingeschnittener Tälchen einen besonderen Reiz, z.B. im Raum Kulmbach (GUDDEN 1955).

Klammen und Felsschluchten, z.T. mit Wasserfällen, treten gehäuft an geologisch-tektonisch bedingten Steilstufen, harten Querriegeln und Schichtstufen auf (vgl. A.1.6, D.1.1), so z.B. beim Durchsagen des Felssandsteines (Oberer Buntsandstein) im mainnahen Spessart und Odenwald, der Gneise, Urtonschiefer und paläozoischen Vulkanite an der Fränkischen Linie, der Donaurandstufe und anderer großtektonischer Trauflinien des Bayerisch-Böhmischen Waldes, der Pfahllinie, der Rhätsandsteinstufe im Albvorland und hartfelsiger Muldensättel der Bayerischen Alpen.

Im weitaus schluchten- und klammenreichsten Naturraum, den Bayerischen Alpen, konzentrieren sich

die besonders eindrucksvoll tosenden engen Schluchten außerdem auf die Steilstufen zwischen Hoch- oder Hängetälern und den durch die Haupteisströme übertieften Haupttälern (z.B. Bayer. Ostkarwendel, Trogschulter des oberen Loisachtals zum Wetterstein).

Rezente oder fossile Flußdurchbruchstäler oder Canyons mit teilweise imposanten Talwänden bildeten sich insbesondere dort, wo wasserreiche Alpenflüsse die harten Schichtserien der Faltenmolasse durchsägen (obere Wertach, mittlere Ammer zwischen Scheibum und Peißenberg, Priental bei Wildenwart, Traun bei Siegsdorf, Mangfall am Taubenberg, Schlierach und untere Leitzach, Halblech vor der Mündung, Isar bei Bad Tölz-Roßwies, jetzt teileingestauter Illasbergdurchbruch des Lechs, Illerschleife bei Martinsried u.a.), wo Alpenflüsse die Stirnmoränen und verbackenen mittel- oder alteiszeitlichen Schotter durchbrechen (Isarengel unterhalb Wolfratshausen, Innenge bei Wasserburg-Gars, Salzachcanyon Raitenhaslach-Burghausen, Vormbacher Innenge usw.).

Von besonderer gebirgsbaulicher Bedeutung sind jene Flußdurchbrüche, die den Nordrand der kalkalpinen Decken (Lechtal-/Allgäu-Decke) bzw. die morphologische Alpengrenze bezeichnen (z.B. Priendurchbruch bei Aschau/RO, Ammerenge S Altenau/GAP). Als Besonderheit solcher Durchbruchsstrecken treten manchmal große Sturzblöcke mitten im Strom auf, z.B. am Südeingang der Litzauer Lechschleife/WM, der Georgenstein bei Baiersbrunn/M, die Silikatfelsen im Inn bei Neuburg (jetzt z.T. eingestaut), Salzachschleife bei Burghausen.

Unter den landschaftsgeschichtlich so aufschlußreichen fossilen Durchbruchstälern, die heute oft trockengefallen sind, ragen natürlich die Abschnitte mit Engtal- oder Canyoncharakter und mit Felsabstürzen heraus. Als Beispiele seien erwähnt das Wellheimer Tal, Verengungen des oberen Schuttertales (eines Urdonaulaufes), das Kesseltal/DLG, das Moosachtal bei Glonn-Altenburg/EBE, das Gleibental bei München.

Außer den bereits im Kapitel A.1.6 genannten seien folgende Beispiele aufgeführt:

**AIC:** Paar-Durchbruch bei Ottmaring

**BA:** 35-40 m tiefe Schlucht der Aufseß östlich des Nebelberg;

**BGL:** Marxenklamm der Ramsauer Ache zwischen Hintersee und Ramsau im Oberen Liaskalk; Wimbachklamm in der Ramsau im Liaskalk;

**BT:** schluchtartige Kerbtalabschnitte des gefällsreichen Oberlaufs des Roten Mains bis St.Johannis; Schluchten an der Fränkischen Linie bei Wirsberg und Bad Berneck/BT, KU; Rhätschluchten um Bayreuth: Luchaugraben b. Dondorf (gr. Sandsteinfelsen), Arzloch b. Mistelbach, Teufelsloch u.a.; epigenetischer Durchbruch der Ölschnitz durch den Diabas bei Bad Berneck; bewahrte sich durch seine Verkehrsfeindlichkeit seine Urtümlichkeit bis heute (mit Terrassen an der Einmündung des Knodenba-

ches); Durchbruch des Roten Mains durch den Unteren Keuper im LSG Oberes Maintal (südöstlich Bayreuth zwischen Eimersmühle b. Neunenreuth und Bruckmühle b. Neunkirchen); Ergebnis dieses Durchbruchs ist ein für die erdgeschichtliche Forschung wertvoller natürlicher Aufschluß;

**DEG:** Sauloch"klamm" mit Blockmeer N Schwemmburg; eines d. tiefstgelegenen und thermophilsten Blockmeere d.Bayer.Waldes;

**EI:** Durchbruchstal der Schambach südlich Hennenagger durch den Weißen Jura, mit kastenförmigem Querschnitt;

**FFB:** Amperdurchbruch bei Wildenroth/Grafrath durch den Endmoränengürtel der Würm-Eiszeit;

**FRG:** Buchberger und Saußbachleite;

**GAP:** Höllentalklamm; Partnachklamm; Gachentodklamm E Eschenlohe; Sulzlebachklamm S Mittenwald; Seinsbachklamm;

**HAS:** Aktive Kleinkerben bis zu Zimmerhöhe am Haßbergetrauf zwischen Unfinden und Goßmannsdorf; epigenetischer Durchbruch: Maintal im Steigerwald-Durchbruch zwischen der Regnitzmündung und Zeil/HAS, BT = auch Anzapfung des Rheinischen am Danubischen System;

**HO:** Höllental bei Selbitz;

**KEH:** Donaudurchbruch bei Kelheim mit Weltenburger Enge und Plattenberg;

**KUL:** Kerbtal des Guttenberger Tals im Frankental mit teilweise schluchtartigem Charakter in seinem Oberlauf; Steinachdurchbruch bei Untersteinach;

**LA:** Schwalbengraben E Niederaichbach: Quellen, Bachschwinde, Anrisse mit Fossilien, schöner Schwemmkegel (siehe GEOTOPKATASTER BAYERN);

**LAU:** Gsteinach-"Klamm" bei Nürnberg (Rhät-sandsteinschlucht); Rezentes Kerbtal des Kreuzbachs ("Kreuzgraben") bei Rüblanden mit ca. 8 m Tiefe, das der Bach erst in den letzten 30 Jahren in das ehemalige Kastental gesägt hat;

**LI:** Kesselbachtobel b. Oberreute, schöne Kolke, Wasserfälle, Bergstürze, umfassender Molasse-Naturaufschluß; Eistobel; Gerbertobel b. Hinterschweinhöf; Lengatzter Tobel b. Maria-Thann, Rohrach- und Leiblachtobel; Tobelbachtal südlich Ellhofen mit einzelnen Felsfreistellungen und Aufschlüssen; hier auch sehr schöne Strudelkolke; Kesselbachtobel mit schluchtartigen Abschnitten und kleinen Wasserfällen über Schichtstufen;

**M:** trompetenförmiges Durchbruchstal der Isar bei Grünwald;

**MB:** Röthensteingraben; Lochgraben zur Valepp; Rottachklamm mit 20-25 m hohen Wasserfällen; Schiffbachschlucht; Oberlauf der Pettendorfer Kalte bei Wilparting, weit und breit bestes Reliktgebiet für eibenreiche bäuerliche Plenterwälder;

**MIL:** tiefe Klammern zerfurchen die Buntsandsteintafel des Hinteren Odenwalds;

**MÜ:** Kerbtal NW Grünbach (unten tobeltartig; bis 40 ° steil; naturnahe Schluchtwaldreste); Kerbtäler

im Prallhang der Klosterleite des Inns und in den Altmoränen: klammartiger Urteflur-Einschnitt, Holzgeraben, Reitgeraben bei Würth; Altmoränenschluchten und -gräben an den Flanken des Fernbromberges, Schlucht oberhalb Stadlern sowie Höll- und Hampersgraben/MÜ,TS; kerbtalartige fossile Trockentäler, die die Schotterebene von den Inntal-Terrassen her zerschneiden, bei Elsbeth, Starzmann und Kochöd;

**ND:** Donaudurchbruch durch Albausläufer bei Neuburg z.B. beim NSG Finkenstein in der Stepperg-Neuburger Talenge;

**NES:** Aktive Kleinkerben bis zu Zimmerhöhe am Haßbergetrauf N Hofheim;

**NEW:** Waldnaab-Durchbruch durch Falkenberger Granit;

**OA:** Breitachklamm im Schrattekalk, zeigt die komplette helvetische Serie und gehört zu den wenigen Klammen der Bayerischen Alpen mit kalkarmen Schichtserien; Hölltobel des Dietersbaches; Traufbachschlucht b. Spielmannsau; Bsonderachtobel; Starzlachklamm am Grünten; Ostrachtobel bei Gunzesrieder Säge; Schlucht des Traufbaches bei Spielmannsau; Trettachklamm, die selbst Zuflüsse von anderen Klammen und Wasserfällen erhält (z.B. Sperrachtobel); Falltobel S Rieggis; Eisenbreche und Auelesgasse b. Hindelang (s. GEOTOPKATASTER BAYERN); schluchtartiges Kerbtal des Schrattekbaches mit ca. 10 m hohem Wasserfall südlich Rieggis, Gde. Waltenhofen; Illerdurchbruch zwischen Kempten und Oberkottern;

**OAL:** Pöllat-Schlucht mit Wasserfall bei Neuschwanstein; z.T. schluchtartiger Kerbtallauf der Wertach im Moränengebiet, wo sie sich bereits bis auf den Molasseuntergrund mit seinen Nagelfluhbänken eingetieft hat/OA, OAL;

**PA:** Epigenetisches Durchbruchstal der Donau 25 km nördlich Passau/PA, DEG im Kristallin; unterhalb Passau nimmt die Tiefe des Taleinschnitts noch zu und erreicht fast 200 m; epigenetisches Durchbruchstal des Inns mit über 100 m Tiefe im Kristallin der Böhmisches Masse; zwischen Vornbach und Neuburg; hier verengt sich der Inn von ca. 270 m Laufbreite auf ca. 70 m; im Fluß noch die Fürgeninsel (Gneishärtling);

**PAN:** steile Kerbtälchen in der Oberen Süßwassermolasse bei Stubenberg und im Kirnbachtal, die hier wegen der nur im südöstlichen Tertiärhügelland ausstreichenden Quarzit-Konglomeratbank zustande kommen;

**R:** Donaudurchbruchsstrecke durch Jura-Ausläufer westlich Regensburg mit NSG "Max-Schultze-Steig"; epigenetischer Durchbruch der Donau unterhalb Regensburg durch einst von Molasse verhüllte Ausläufer der Böhmisches Masse;

**REG:** Moosbachtal b. Bodenmais; Regental zw. Teisnach und Metten, Klippen, Blöcke auch im Fluß;

**RH:** Z.T. blockverstürzte Burgsandsteinschluchten des Spalter Berglandes/RH, WUG, z.B. Massendorfer Schlucht; Rhätschluchten im Nürnberger Land;

Schwarzachschlucht, Rumpelbachschlucht, Teufelsbadstube/ERH, RH;

**RO:** Prienschlucht bei Aschau-Hainbach mit Kettenklamm; Auerbachschlucht mit Tatzelwurm-wasserfall; oberes Steinbachtal am Samerberg, bekannte Schichtlokalität des Reiß-Würm-Interglazials; Schauergraben bei Bernau, ein wichtiges Fundprofil von Molassefossilien;

**SAD:** Schwarzachdurchbruch zw. Eixendorf u. Köblitz; Ascha-Durchbruch zw. Platte und Stückstein; Ascha-Durchbrüche b. Hohenthal (fast senkrechte Wände; Blockmeer) und zw. Kohlhügel und Warnberg; Katzbach-Durchbruch b. Guteneck; Schlucht-tal des Schwarzen Baches bei der Magdalenenkapelle;

**STA:** Starzenbach-Schlucht oder "Wolfschlucht" bei Feldafing in Rückzugsmoränen; Waldschmidt-Schlucht in verfestigter Seitenmoräne mit schutzwürdigen Vegetationsbeständen; Maisinger Schlucht;

**TÖL:** Dürrachklamm; Walchenklamm; Krottenbachklamm; Reißbachklamm;

**TS:** Weißbachschlucht; Entenloch und Achenklamm S Schleching;

**WM:** Pähler Schlucht: tief in Moräne (durch Konglomerate standfest) eingeschnittene Hänge bei Pähl;

**WUN:** Schluchtartiges Bachtal entlang Verwerfungslinie E Vordorf im Orthogneis; Kerbtal bei der alten Eger-Quelle mit einseitiger Verteilung im Waffenhammerthal; enger Durchbruch der Rösau (ND "Gesteinigt") bei Elisenfels/Arzberg im Glimmerschiefer; Durchbruch der Eger im Porphy-Granit des Weißenstadt-Marktleuthener Massivs.

#### D.1.6.2 Mäander, Umlaufberge

**Schwerpunktverantwortung:** A, BT, CHA, DEG, SAD, SR, GZ, MN, OAL, TÖL, WM

**Wesentliche Mitverantwortung:** alle übrigen unten genannten Landkreise.

**Schwerpunktverantwortung:** Schöne Mäanderstrecken sind zwischen und innerhalb der Landkreise sehr ungleich verteilt, weil der Anteil regulierter Gewässer stark schwankt und nicht überall die natürlichen Voraussetzungen für die Schlingenbildung gegeben sind (Strömung, Gefälle, feinkornreiches Sediment). Nur noch ein kleiner Teil der ursprünglich vorhandenen Mäander existiert. Talmäander vor allem in leichter verwitterbaren Gesteinen des Schichtstufenlandes und in der Moräne, dort liegen auch die meisten Umlaufberge, d.h. durchgebrochene Talmäander. Auswahl sehr unvollständig (siehe auch LPK-Band II.19 "Bäche"), allerdings mit Betonung von (kleineren) Bächen, da hier landschaftspflegerische Spielräume unausgenutzt sind, während imposante bekannte Flußmäander meist durch vielfältige Nutzungen festgelegt sind.

**A:** Schmutter Reitenbuch-Westheim (zweitlängste vollmäandrierende Großbachstrecke Bayerns); Zusam Zusmarshausen-Hegnenbach; Zusam NE Rei-



schenau, SE Stadel; ; Neufnach W Grimoldsried, W Fischach;

**AB:** Reichenbach b. Heimbacherhof S Mömbris;

**AIC:** obere Paar N Kissing, Wulfertshausen;

**AN:** Wieseth b. Fröschau; Wörnitzmäander Auhausen-Wassertrüdingen, Diederstetten bis Weiltingen, Reichenbach bis Dinkelsbühl, Fränk. Rezat; Altmühl, Kaltenbachgraben W Muhr;

**AS:** 2 Umlaufberge im Wolfsfelder Trockental; einer der schönsten Mäanderbäche Bayerns: ob. Pegnitz zw. Kammerweiher u. Bf. Michelfeld (mit BT);

**BA:** Leinleiter zwischen Oberleinleiter und Zogendorf; Strullendorfer Bach b. Grenzmühle, Rauhe Ebrach Frensdorf-Pettstadt, Reiche Ebrach Röbersdorf-Erlach, b. Mühlhausen; Aurach b. Schadlos; Leitenbach N Memmelsdorf;

**BGL:** Talmäander der Salzach bei Laufen; unterste Sur; Kl. Sur S Sillersdorf u. W Neukling; Sur b. Oberstarz u. Gumperting;

**BT:** Oberster Rotmain Schwürz-Neumühle-Creussen; Rotmain Creussen-Neunkirchen; Kainach N Hollfeld; Aufseßtal S Neuhaus, NW Voitmannsdorf; ob. Wiesent SE Stechendorf; Rotmain-Umlaufberg "Bleyer" (LSG; 72 m hoch); Ölschnitz u. Lübnitzbach Berneck-Grünstein (einer der schönsten Talmäanderbäche Bayerns!); Hainbronner Umlaufberg a.d. Pegnitz; ob. Püttlach S Hedelmühle; Lochau NW Plankenstein, S Wohndorf, b. Schönfeld u. S Trumsdorf; Truppach-Weidesbach ESE Obersees, b. Klingen, W Eschenmühle; Rottelbach und Dühlbach im Limmersdorfer u. Heinersreuther Forst;

**CHA:** Wiesenmäander (ohne Auenvegetation) des Regens und der Chamb; Chamb Weiding-Arnswang, Furth - Eschlkam; oberste Chamb b. Neu-aign; Schwarzach oberh. Schönthal (eine der schönsten Mäanderstrecken Bayerns); Kaitersbach b. Traidersdorf;

**CO:** Itz Scherneck bis Erlesmühle S Coburg mit Uferwällen; obere Itz Oberwohlsbach bis Grenze; Steinach Mitwitz-Wörldorf;

**DEG:** Schwarzach NW Kleinschwarzach, b. Hochstetten-Haid-Renzenried (mit SR); Teisnach NE Gotteszell; Vils b. Reichstorf-Gergweis; Kl.Vils Galgweis-Kriestorf; Kl. Ohe W u. N Außernzell; Ellerbach NE Außerrötzing;

**DGF:** Vils bei Frontenhausen;

**DLG:** Zusam Zusmarshausen-Hegnenbach (mit A);

**DON:** Umlaufberg Rothenberghof: mit Halbtrockenrasenresten; Wörnitzmäander S Fessenheim und N Schratzenhofen (mit kleinen Inseln und vegetationslosen Prallhängen); Mauchschlingen W Dürrenzimmern;

**EBE:** Umlaufberg Roßkopf E Ebersberg (in Leitzach-Gars-Talzug);

**ED:** obere Isen bei Weiher-Schottenmühle, und Isen-Lengdorf-Dorfen; Strogn bei Langenpreising-Trollmühle; Strogn Papferding-Wartenberg (eine der längsten Mäanderstrecken Bayerns);

**EI:** ob. Anlauter Emsing-Erlingshofen;

**ERH:** Aisch b. Mailach-Sterpersdorf, Simmelberger Gründlach v. Simmelberg bis Neunhof: längster mäandrierender Kleinbach Bayerns abseits des ehem. Eisernen Vorhanges;

**FFB:** SSW Schöngesing im Ampertal;

**FO:** Wiesent b.Pretzfeld; Trubach Untertrubach-Egloffstein; Aisch b.Willersdorf;

**FRG:** Gr.Ohe N Eberhardsreuth, E Pittrichsberg; Ringelaier Bach N Ringelai; Grillabach Karlsbachmühle-Stelzermühl;

**FS:** Wiesenmäander mit abgeschnürtem Altwasser der Amper bei Moosburg;

**FÜ:** Bibert Großhabersdorf bis Mündung; Zenn oberhalb Ritzmannshof;

**GZ:** Glött Waldkirchermühle-Glöttweg; Kammlach (Unterrieden-)Aletshausen-Unterrohr (längste Mäanderstrecke eines Großbaches in Bayern); Zusam E Ziemetshausen;

**HO:** Saale b. Seulbitz, Lamitz N Lamitzmühle, südl.Regnitz b. Kautendorf, N Draisendorf u. b. Kirchbrünlein; oberste Saale N Steinbühl u. N Sparneck;

**KC:** Zweinzenbach N Hain;

**KEH:** Gr. Laaber Leitenhausen-Niederleierndorf; Abens Mainburg-Biburg;

**LA:** Vils bei Vilsbiburg-Frontenhausen; Gr.Laaber Höglldorf-Leitenhausen; oberh. u. unterh.VIB; Kl.Vils NW Lichtenhaag, E Vilssattling;

**LAU:** Röthenbach/Reichswald bis Ingelstetten; Pegnitz Ottensoos-Hersbruck; Schnaittach Speikern-Roll; Rohrbach Förrenbach-Talheim; Schwarzach oberh. Schwarzenbruck, Altdorf, Gauchsbach im Feuchter Forst;

**LIF:** Steinach Redwitz-Schneckenlohe (mit KC); Weismain S Arnstein; Schammendorf-Erlach;

**LL:** Inselberg von Pürgen; Lorenziberg von Epfach (landschaftspflegerisches Modellbeispiel eines Umlaufberges); Talmäander der Windach östlich Greifenberg; Rott-Kalterbach S Rott-Breites Moos;

**KT:** Breitbach b. Nierenmühle; Beinah-Umlaufberg der Vogelsburg bei Astheim, wo der Main bei freier Mäanderentwicklung die Schlinge bald durchbrechen würde;

**KUL:** Kieselberg im Lindauer Moor b. Trebgast (Inselberg); im Kulmbacher Becken vielfältig verschlungene Wiesenmäander des Mains; Rotmain b. Dreschenau, Neuenreuth-Buch a.S., N Affalterhof u. W Steinenhausen; Weißer Main E Kremitz, Waiendorf-Ködnitz; Schorgast NW Wirsberg; Koserbach b. Schmölz;

**LAU:** Pegnitz bei Schwaig (Zwischenform freie und Talmäander);

**LL:** Windach S Oberfinning, N Unterfinning, Aumühle-Gießübl, Schweinach b. Hechenwang; Singold NE Holzhausen;

**MB:** Moosbach NW Dürnbach; Tiefenbach N Hausham; Gschwentbach b. Rettenbeck;

**MN:** Alte Günz b. Zaisertshofen; Kammlach Unterrieden-Aletshausen-Unterrohr (längste Mäander-

strecke eines Großbaches in Bayern); Westernach W Dirlwang; Katzbruier Bach NW Unteregg u. Reiserfirst; östl. Günz S Hammerschmied; Schwelk NE Ollarzried, b. Eheim;

**MSP:** Umlaufberge: im Lohrtal; Krohberg zwischen Stadtprozelten und Faulbach mit verlassenen Main-Mäanderbogen; Romberg b. Lohr; Rainberg als Umlaufberg des Mains bei Urphar; Talmäander des Mains vor und bei Wertheim, die der Fluß wohl im Wellenkalk und Röt anlegte und die auch im rezent anstehenden Buntsandstein geblieben sind; Mühlbach-Talmäander S Rettersbach; Aubach N Wiesthal;

**MÜ:** breite Umlauf-Terrassenberge des Inns nach seinem Endmoränendurchbruch: trapezförmiger 5 m hoher "Schneckenbichl" SW Gars, Schotterplateau von Reisleiten SW Kloster Au, kleiner ovaler Schotterhügel "Am Egelsee" bei Wörth; unt. Rimbach; Kagenbach oberh. Kirchknag; Flossinger Bach E Gießen;

**ND:** Galgenberg im Wellheimer Trockental als fossiler Umlaufberg der Ur-Donau; Paar unterhalb Schrobenhausen;

**NEW:** Röhlingbach (Grenzbach) zw. Reichenau u. Föhrwald; Pfreimd-Mäander unterhalb Waidhaus; Haidenaab Hütten-Troschelhammer, S Pressath; Creußenbach N Moos; Creußenbach Hammermühle-Bärnwinkel; Frankenohe N Cressenwöhr (TÜP), Thumbach b. Wüstung Netzart (TÜP); Frankenohe b. Wüstung Schloß (TÜP), Fenkenwaldbach (TÜP), Haidenaab Weiherhammer-Mündung, Sauerbach Meerbodenreuth-Weiden, Schweinnaab im Altenstädter Wald; Zottbach b. Galsterlohe; Luhe - Leuchtenberg;

**NM:** Wolfsberg bei Dietfurt (U); Weiße Laaber;

**NU:** Biber W Balmertshofen;

**OA:** Schönster Mäanderbach des Lkr. ist dem Rot-tachspeicher zum Opfer gefallen; Kimratshofer Bach NW Walzlings; Ellenbach b. Buchen; Weitnauer Bach (einige Abschnitte); Prall- und Gleithänge im Kollerbachtal bei Wiggensbach; Quellbachmäander beim Hirschsprung bei Obermaiselstein; Hornbach Röhrenhalde-Schornmoos;

**OAL:** Kippach N Außerlengenwang; Kirnach NW Görisried; Hornbach Röhrenhelde-Schornmoos; Hopfenseeache zw. Bf. Hopferau und Bach; Lengenwanger Mühlbach bei Lengenwang; Ach b. Birnbaumer Filz; ob. Schmutter im Sulzschneider Forst; Lehenbach E Steinbach; Schwanbach N des Grandelsberges b. Lechbruck u. b. Hintertharren; oberste Lobach N Senkelekkopf; Günz Liebenthann-Ronsberg; Röhrwanger Mühlbach Gfällmühle-Eggenenthal; Unt. Schwarzenbach u. Germbächel S Warmisried; Geltnach N Vordersulzberg;

**PA:** Rott bei Ruhstorf mit Prallhängen in der Auelehmdecke; Kl. Ohe N Aicha; Ginghamtinger Bach W Eging, Ranfels-Märzing; Lobensteiner Bach Harsdorf-Kollberg; Erlau Germannsborg-Obermühle, Kothmühle, Deching; Dettenbach b. Hötzendorf; Osterbach Heindlmühle-Reifmühle; Gr. Mühl- E Breitenberg; Sulzbach Emmersdorf-Mündung;

**PAF:** Paar zwischen Schrobenhausen und Reichertshofen/ND, PAF, insbesondere Weichenried-Freinhausen; Ilm S Ilmendorf; Gerolsbach SW Pfaffenhofen;

**PAN:** Kollbach N Untergrafendorf-Schmiedorf; Aubach b. Lengsham-Plaika; Rott b. Brombach; Sulzbach b. Emmersdorf-Mündung; Geratskirchner Bach Rotheneich-Gern; Türkenbach b. Gumpersdorf; Grasenseebach unterh. Walpurgskirchen; Altbach Kienmühle-Nuppling; ob. Fatzöder Bach b. Wittibreit;

**R:** Gr. Laaber unterhalb Schierling; SW Aufhausen; Obere Au NE Haimbuch;

**REG:** Talmäander des Schwarzen Regen zwischen Teisnach und Metten in Kerbtal mit Prall- und Gleithängen; Teisnach N Furthof; Aitnach S Aumühle; Riedbach N Oed und S Rechertsried; Prackebach b. Fichtental;

**RH:** Fränk. Rezat; Gauchsbach im Feuchter Forst; Roth oberh. Roth; Rednitz;

**RO:** Murn oberhalb Aham; N Schonstett, Murnholz; Ebrach S Viehhausen (Seetonbach); Katzbach SW Ramerberg; Rott Großkarolinenfeld-Hochstädt (Seetonbach); Rothbach b. Niedermoosen;

**SAD:** Schwarzachmäander NW Schwarzhofen; obere Ascha S Schönsee; Ascha b. Mitteraschau; Murach N Zangenstein; Mäander der Schwarzach bei Altfalter bei der Überquerung der Oberpfälzer Rumpflatte; Hüttenbach b. Tiefenbach; ob. Biberbach b. Treffelstein;

**SR:** unteres Kollbachtal und kleine Vils, PAN, DEG; durch Verbau inaktiv gewordener Prallhang der Donau in den rißglazialen Hochterrassen-Schottern bei Irlbach; Kinsachtal Wolferszell-Gschwend u. zw. Ascha und Rattiszell; Kl. Laaber Mallersdorf-Grabentraubach, NW Sallach, Perkam-Atting, Bruckmühle; Bogenbach Hunderbach-Steinburg; Mehnach S Mitterfels;

**SW:** Wern-Mäander zw. Werneck und Wernfeld;

**TIR:** Wondreb unterhalb Wondreb: vielleicht schönster größerer Mäanderbach Bayerns;

**TÖL:** Tegernseebach SW Lindenrain; Rothbach SE Osterhofen; Zellerbach b. Bairawies; Mooshamerweiherbach, Moosbach N Ascholding; Mühlbach SW Mooseurach u. NE Zellwies; Kirchseebach u. Laubach/Kirchseemoor; Sindelsbach b. Mühleckerfilz; Einbach W Wackersberg; Heubach N Heilbrunn; Kl. u. Gr. Gaißbach;

**TS:** Frillenseebach; Bäche im Röthelseemoos; Stillbach Falting-Hainach; Pettinger Ache Milzham bis Mündung (längster mäandr. Seetonbach Bayerns); Forstgraben Wolfgrub; Zellerbach SE Wonneberg;

**WM:** kl. Umlaufberg Niederwies im Lechtal S SOG (mit Heide); Schongauer Umlaufberg; Illach unterh. Schildschwaig u. b. Boschachfilz; Reitersbach S Reitersau, Schwarzenbach E Kohlhofen; Rott-Kalterbach S Rott-Breites Moos; Schwarzlaichbach b. Grabhof; Wielenbach Schongauer Forst; Obernach u. Staffelseeach Eyach; Ramseer Bach b. Emmenried; Steinbach NW Habach;

**WUG:** Nagelberg b. Treuchtlingen, Burgberg von Pappenheim (Umlaufberge);

**WUN:** Eger SE Neudorf, b. Hebanz, NE Rösrau, Rösrau SW Wunsiedel, SW Seußen, NE Arzberg.

#### D.1.6.3 Uferanbrüche, Reissen, modellartige Prallhänge

**Schwerpunktverantwortung:** LI, OA, OAL, GAP, TÖL, MB

Mehrzahl der Beispiele siehe A.1.6 ("Naturaufschlüsse").

**BT:** Roter Main b. Bodenmühle mit Prallhang in den Estherienschieben (= Unterer Keuper);

**FS:** Weiße Wand b. Hangenham;

**GAP:** oberer Kaingraben mit Schöttelalpl- u. Kaltwassergraben: großartiger Zusammenhang von Geschiebeherd und riesigem Schwemmkegelbiotop an der Isar; "Pflege" heißt hier: eventuell bestehende Verbauungspläne in den Gräben zurückstellen bzw. laufende Verbauungen einstellen;

**LL:** Lechanbrüche N Kaufering, b. Mundraching u. Kinsau;

**MB:** Valepptal; Obere Rauhenbachgräben am Schinder;

**MÜ:** Dachlwand; Isenprallufer b. Aresing;

**PAN:** ehemaliger Prallhang der Rott bei Hollmühle, Gde. Hebertsfelden;

**OA:** Bolgenabhängige b. Balderschwang;

**RO:** Talmäander des Inns bei Wasserburg; die Stadt selbst liegt auf dem Sporn, der bei weiterer Mäandrierung bald abgeschnitten würde; modellartiger fossiler Prallhang über der Eichenau; Schotter-Reissen bei Wasserburg dienten berühmten Malern als Bildmotiv (z.B. JAWLENSKY);

**TÖL:** Uferreissen am Reißbach S Vorderriß (großartige Naturaufschlüsse u. Geröll-Lieferanten f. Kiesbankökosystem d. Isar); Hochuferanbrüche d. Isar unterh. TÖL (Roßwies usw.); Weiße u. Schwarze Wand b. Icking;

**WM:** Litzauer Schleife;

**WUN:** Perlenbach b. Reichenbach, Prallhang der Eger im Granit bei Marktleuthen;

#### D.1.6.4 Schwemmfächer, Deltas, Umlagerungstrecken

**Hauptverantwortung:** TÖL, GAP, BGL, TS

**Mitverantwortung:** OA, OAL, MB, RO, LL, WM

Genannt werden nur noch aktive u. morphologisch deutlich abgesetzte Beispiele. Weitere Beispiele im Text;

**BGL:** Delta von St. Bartholomä im Königssee; Wimbach-, Hirschbichl-Griese; Saalachbett oberhalb Bad Reichenhall;

**DGF:** Schwemmkegel am Osttalhang des naturnahen, mäandrierenden Teisbachs mit Kalktuffbildung bei Teisbach bis Oberteisbach;

**GAP:** Frieder-, Elmau- und Lindergries; großer Schwemmkegel Kuhflucht-Graben und Markgraben im Loisachtal bei Farchant; Flysch-Schwemmkegel b. Grafenaschau; Obere Isar mit Seitengräben

**LA:** Schwemmkegel im Unterlauf des Schwalbengrabens bei Niederaichbach mit steilrandigem Kerbtal im Oberlauf, Bachlauf mit Mäandern und Prallhängen, im Unterlauf Kerb-Sohlentäl und Bachschwinde, am Talausgang Terrassenbildung; Fossilfunde in Hangarissen;

**LL:** Mündung der neuen Ammer in den Ammersee;

**OA:** Schrattenbachtal am Westende d. Niederonthofener Sees; Schwemmfächeraufreihung des Oytals und Rohrmoostales; erst 1977 entstandener Schwemmkegel bei der Aualpe/Gunzesrieder Tal;

**OAL:** Halblech in den Ammergauer Bergen

**RO:** Kirchbachgries unterhalb des Schrofens bei Brannenburg;

**TÖL:** Obere Isar Tölz bis Landkreisgrenze mit mehreren Schwemmkegeln und Reißbachbett; Isar Ascholdinger-Pupplinger Au; Schwemmkegel Rieder Alm b. Benediktbeuern;

**TS:** Hangschuttfächer im Weitseetal; Schuttkegel am Westfuß des Rauschberges bei Ruhpolding; Mündungsdelta der Tiroler Ache im Chiemsee;

**WM:** Ammerdelta;

#### D.1.6.5 Terrassen, Schotterstufen

**Hauptverantwortung:** MÜ, TÖL, WM, LL

**Schwerpunktverantwortung:** AÖ, TS, M, MN, ND, R, SR, DEG, DGF, RO, DON, KUL

**Mitverantwortung:** AIC, A, MSP, AB, MIL, ERH, FO, BA, EI, EBE, FFB, GAP, LA, LI, OAL, NU, GZ, DLG, SR, PA

Sie begleiten viele Schmelzwassertäler und Flußabschnitte des Alpenvorlands, in morphologisch meist weniger markanter Form aber auch die im Glazial stark schotterführenden Flüsse Nordbayerns, insbesondere Nordostbayerns. Als Beispiele seien genannt:

**A:** Hochterrassenrand S und N Unterbergen; Stufe der rißglazialen Hochterrassen zwischen Stettenhofen und Gersthofen;

**AÖ:** Terrassentreppe am Inn schafft wichtige landschaftsplanerische Konturen im Unteren Inntal; ebenso an der unteren Salzach (Haiming - Seibersdorf); Terrassenränder an der Alz (z.B. Garching); Hochterrassenkante ist zentrale landschaftliche Leitlinie;

**BGL:** Froschhauser Terrassenkanten NE Bad Reichenhall;

**BT:** Schotterterrassen der kleinen Nebentäler des Weißen Mains am Fuß des Fichtelgebirges/KU, BT;

**DEG:** Auffällige Terrassenstufe zwischen Niederpörling und Aholming in der ansonsten reliefarmen Gäulandschaft;

**DON:** Terrassenvorsprung zw. Königsbrunn und Thierhaupten im Lechtal, Rainer Hochterrassenrand sowie Hauptterrassenrand zw. Mittelstetten und

**Rain:** Magerrasenreste; Rainer Hochterrassen: auf tertiären Sanden von alpinen Lechschottern aufgebaut und mit starker Lößschicht bedeckt;

**ED:** Terrassenkanten nur in der Isarau b. Hirschau und Gaden;

**EI:** Urdonauterrasse bei Gungolding (Schaftrift);

**ERH, FO, BA:** Regnitzterrassen (Ostseite);

**EBE:** Randterrassen der Gletscherumfließungsrinne bei Steinhöring, Adling, Baumhau und Grafing (vgl. KLINGER 1982);

**FFB:** Terrassenhang bei Puch; Amperrandterrassen Schöngesing;

**FS:** klassisches postglaziales Terrassensystem M-FS, NE Niederhummel-Grüneiboldsdorf, Bruckbeyer Au usw.

**GAP:** Terrassenbögen S der Ammer SW Altenau; Randterrassen b. Unterammergau-Kochelfilz; Isarterrassen Krün - Wallgau;

**KC:** Schmale Fels-Terrassenleisten an der Kronach oberhalb Steinberg (sehr markant, als Magerrasenstandorte sogar mit Holunderorchis von besonderer Bedeutung);

**KEH:** Donaurandterrassen im Raum Weltenburg-Neustaat- Irmsing (landschaftsbestimmende Leitlinien, oft mit Trockenrasen);

**KU:** gut erhaltene mehrgliedrige Terrassenlandschaft im mittleren und unteren Abschnitt des Roten Mains/KU, BT; Terrassentreppe des Weißen Mains oberhalb der Schorgastmündung bei Untersteinach; treppenartige, beschotterte Terrassen der Steinach S Weizenreuth mit z.T. scharfen Geländekanten; pleistozäne Flußterrassen, die eine morphologisch gut ausgeprägte Dreigliederung besonders auf dem Sporn zwischen Rotem und Weißem Main erkennen lassen;

**LA:** Schotterstufe bei Ried zwischen Bruckberg u. Gündlkofen: Reißschotter, Molasse, Quellaustritte (GEOTOPKATASTER BAYERN); Terrassen im Aichbachtal zw. Niederaichbach u. Wimm;

**M:** das Isarterrassensystem in München bis nach Freising, bestehend aus der spätglazialen Niederterrassenkante und mehreren postglazialen Stufen (Auwald-, Dichtl-, Lerchenfeldstufe usw., durch Überbauung in weiten Teilen für den Laien kaum erkennbar; trotzdem von großer Bedeutung für die historische und aktuelle Stadtentwicklung (vgl. ökologischer Entwicklungsplan und Biotopkartierung der Stadt München); Würmtalterrassen Gauting-Menzing;

**MN:** Terrassen der älteren hochglazialen Schmelzwasserschotter an der Iller zwischen Heimertingen und Pless; Höhe 717 E Markt-Rettenbach: mehrere Stufen übereinander (660m, 690m, 740m); Stufe der Zeller Hochterrassen NE Grönenbach durch Nagelfluh besonders hervortretend, Forschungsobjekt von A. PENCK für seine weltweit anerkannte "klassische" Quartärforschung;

**MÜ:** scharfgeschnittene Inn-Terrassen aus standfesten, durchlässigen Schottern zwischen Mühldorf und Gars; nirgendwo im Alpenvorland ist die Ter-

rassentreppe (Kirchreiter-, Rauschinger-, Ebinger-, Wörther-, Pürtener-, Gwenger-, Niederndorfer Stufe) vollständiger aufgebaut; Höhepunkt auf der konkaven Gleithangseite rechts des Flusses; oberhalb Kraiburg bei Maximilian; Randterrassen an der Isen und an der Alz;

**ND:** Hochterrassenränder der Neuburger und Schutterdonau S Oberpeiching (Magerrasen); klassische Donaurandterrassen z.B. bei Stepberg;

**NU:** schöne Illerrandterrassen;

**OA:** Terrassen der Weißbach zwischen Ach und Oberstaufen, Iller-Terrassen in Kempton (Reste alter Prallhänge) und KE-Altusried;

**OAL:** Steinachterrassen W Steinach b. Pfronten, Vils-Terrassenränder b. Pfronten-Ried;

**PA:** 4-fache Innterrassentreppe bei Dommelstadel-Neuburg: Burgholz-, Rittsteig-, Spitzberg- und Maierhofterrasse, Donau-Randterrassen;

**RH:** Rezat-Terrassen Petersgmünd;

**RO:** Schöne Innterrassenabfolgen z.B. Kiefersfelden-Oberaudorf, Flintsbach, Nußdorf-Sonnhart, Brannenburg-Raubling, modellartige Prienterassen im Sachranger Tal; Eisrandterrassen am linksseitigen Talrand der Rohrdorfer Ache und im Törwanger Becken oberhalb und westlich von Weikersing;

**SR:** Hochterrassen beim Tierpark W Straubing, würmglazialer Erosionsrand der Donau;

**TÖL:** Isar-Terrassen bei Arzbach, Lenggries, Getretsdorf, Gelting, Wolftratshausen und Ascholding; spätwürmglaziale Erosionskante am Würmseeufer St. Heinrich bis Ambach;

**TS:** Terrassen der Alz beim Abfluß aus dem Chiemsee; Ostuferkante des Waginger Sees: Molasse-Anschnitt; Chiemsee-Hochufer Gstadt-Lambach und Stöttham-Chieming;

**STA:** Eisrandterrassen b. Percha und in Starnberg (Einschnitte durch Lüß- und Georgenbach machen diese besonders sichtbar);

**WM:** Komplexes Terrassensystem der Ammer zw. WM und Roßlaich sowie W Wielenbach; Perauer Trockental, Illach-Randterrassen NW Straubing, Eisrandterrassen bei Kleinweil;

**WUG:** Terrassen der Ur-Altmühl im heutigen Weiherbach-Tal und im Oberlauf des Brombachs; Rezatterrassen bei der Seemannsmühle N Pleinfeld.

#### D.1.6.6 Seigen, Hochwasserrelief, Kleinformen der Au, Flutrinnen

**Hauptverantwortung:** SR, DEG,

**Schwerpunktverantwortung:** R, KEH, FS, FO, BA, HAS, LIF, DGF, LA, NU, DGF, GZ, IN, ND, PAF, DON, WUG, AN, BT, KT, WÜ, MSP, MIL, AB

**Mitverantwortung:** A, AIC, ED, FFB, DAH, WM, RO, TS, MÜ, AÖ, PA, KUL

Vorrangig benannt werden Beispiele im stark planierungsgefährdeten, also hoch pflegebedürftigen Bereich außer- und oberhalb des MHW-Bereiches.

**A:** Kissinger Au;  
**AIC:** Stephanskapelle;  
**AN:** Wörnitz N Oberaumühle b. Wassertrüdingen;  
**BA:** Maintal bei Viereth-Augsfeld/BA, HAS; Regnitztal NW und S Sassanfarth; Regnitzau SE Bug; Itzau S Kemmern, Mainau N Unteroberndorf;  
**CHA:** Regenaue E Reichenbach;  
**DEG:** Donauaue N Ottach, Langenkünzing; Isarmündungsgebiet, z.B. Schüttwiesen; Runstwiesen; SW Obermoos; Vilsaue S Schönerting, b.Gainstorf;  
**DGF:** Isartal bei Wörth, NE Bf., Loiching (stark gefährdet; Einebnung u.Umackerung in vollem Gang); S Loichingerau; Rothhaus-Bf. Niederviehbach, SW Lichtensee; NE Birnthal;  
**DLG:** E Theresienhof; Hintere Kehr N Nenningshofer Baggersee; Ried E Deilseen;  
**ED:** Semptmündungsgebiet, Geislinger Änger;  
**FO:** Aisch-Mündungsgebiet b. Trailsdorf;  
**FS:** fossiles Flutrelief bei der Kläranlage Dietersheim nordöstlich München; Amperaue NW Moos bei Palzing; N Eichhof; N Amperhof bei Haag; Bruckberger Au;  
**GAP:** Loisachaue bei Hechendorf;  
**GZ:** Kammlachaue N Nußlachhof, S Remshart;  
**HAS:** N Horhausen, Mönchgrube WSW Haßfurt; zwischen Augsburg und Knetzgau (größtflächigster Bereich)  
**KEH:** Donauaue zwischen Weltenburg und Eining;  
**LIF:** Herrnwiesen bei Hochstadt, Mainau N Schönbrunn, Mainau S Theisau;  
**LL:** Lechfeld im Sperrgebiet Klosterlechfeld, StÜP Ellighofen;  
**MSP:** Karlstadt-Süd gegenüber Laudenschlag;  
**R:** "Lausnitz" (Naabaue) und Naabaue NW Fischbach; Gebiet W des Moosgrabens zwischen Seegraben und Schwaighof;  
**SAD:** Hochwasserbett der Schwarzach bei Altfalter; Naabaue Lausnitz; Naabaue S Kläranlage Schwarzenfeld;  
**SR:** Donautal zwischen Deggendorf und Straubing, z.B. Oberauer Schleife, Obermotzing, Pfatter; Aholfinger Au E Aholting (Ackeranteil schon weitgehend einplaniert); S Niederachdorf; Gmünder Au;  
**SW:** SW Hirschfeld, N Hirschfeld, Unkenbachmündungsgebiet (Im Kies), zw. Grafenrheinfelder Badensee und Kapitelwald;  
**WM:** Ammerau bei Wielenbach und Huglfing.

#### D.1.6.7 Wasserfälle, Kaskaden, Katarakte

**Schwerpunktverantwortung:** BGL, OA, REG  
**Mitverantwortung:** LI, OAL, WM, GAP, TÖL, MB, RO, TS, FRG, PAN, ERH, LAU, BT

Wasserfälle sind in den Alpen etwas Vertrautes und Erwartetes, in den außeralpinen Bergländern werden sie zur seltenen Attraktion, in den Hügelländern zur fast sensationellen Singularität. Viele der genannten Beispiele liegen in Klamm- und Schlucht-

strecken, die oben bereits Erwähnung gefunden haben. Weitere Beispiele in verschiedenen Textkapiteln.

**BGL:** Röthbachfall am Obersee; Finsterstein und Wasserfall Unterklapf; Schrainbachwasserfall mit nat. Felsbrücke; Seitenwände Weißbachschlucht;

**BT:** kleine Wasserfälle im Oberlauf des Weißen Mains an der Ostseite des Ochsenopfes, wo er zwischen großen Blöcken zwei bedeutende Hangstufen überwindet;

**ERH:** Wasserfall in der Rhätschlucht Teufelsbadstube b. Kalchreuth;

**FO:** die Aufseß stürzt über ein Blockschuttmeer wasserfallähnlich in die Wiesent; Tuffwasserfall Zusammenfluß Thuisbrunner und Hohenschwärzer Bach bei Todsfeld;

**FRG:** in der Buchberger Leite (Pfahl-Durchbruch d. Wolfsteiner Ohe); Kuhfluchtwasserfälle, Gr. Wasserfall, Hinterfallbach bei Oberau, Hoher Fall i. d. Finzbachklamm;

**GAP:** oberhalb Blauer Gumpe im Oberreintal, schöne Strudellöcher;

**LAU:** Kaskaden des Hüttenbaches im sog. "Stein-graben" nördlich Haimendorf (Gryphäensandstein); "klingender Wasserfall";

**LI:** Scheidegger Wasserfälle mit Kolken; im Eistobel;

**LIF:** Pfersagwasserfall b. Küps (Rhätzsandsteinschwelle mit Blöcken);

**MB:** Rottach-Wasserfälle über einen ca. 20-25 m hohen Plattenkalkriegel; unterhalb Spitzingsattel; Stürzende Wasser 700 m NW Scharling am Lohbach;

**NES:** Wasserfall "Teufelsmühle" im Schwarzbachgrund b. Holzberghof nahe Bischofsheim, großartige Schlucht;

**OA:** Faltenbachfälle des Seealptales am Weg von Oberstdorf zum Nebelhorn; Simswasserfall des Höhenbachtals bei Holzgau; Wasserfall-Mündung des Steigbachs sowie Steigbachtobel bei Immenstadt; Falltobel;

**OAL:** im Wertach-Seitentobel bei Hirschbühl (STROHWASSER 1984);

**PAN:** Kaskaden-Wasserfälle über Riesenblöcke der im Tertiärhügelland einzigartigen Felsvorkommen der Quarzit-Konglomerat-Lage im Kirnbach;

**REG:** "Rieslochfälle" (NSG) 2 km nördlich Bodenmais; Moosbachfall NW Bodenmais (6-8 m hoch), Strudellöcher (GEOTOPKATASTER BAYERN); Wasserfall des Höllbaches über einen Riegel aus Schiefergneisen (im NSG Höllbachspreng);

**RO:** Hammerbachquelle 1 km südlich Hohenaschau, stürzt kurz nach ihrem Austritt aus der Hauptdolomithfelswand in einem brausenden Wasserfall zu Tal; Tatzelwurm, Grattenbachfälle; Thalbachgraben oberhalb Huben/Sachrang;

**TÖL:** Lainbachfälle;

**WM:** Talschluß der Pähler Schlucht.

### D.1.6.8 Bachtuff-Felsen, Steinernen Rinnen, Kalktuff-Kaskaden, Sinterbildungen, "Dauche", "Duftstein", Kalktuffhügel

**Hauptverantwortung:** BA, FO,NM, WUG, WM, TÖL

**Schwerpunktverantwortung:** AÖ, BT, LAU, ERH, MB, MN, MÜ, RH, RO, TS, BGL, OAL, LL

**Mitverantwortung:** ED, DLG, MSP, NES, NEW, DGF, LA, LI, OA, EBE, KEH

Pauschal wertvolle schutzwürdige Geotope und deshalb hier nicht gesondert zu erwähnen sind die Hangquellmoore mit Schwerpunkt im Alpenvorland, aber auch an Traufhängen der Frankenalb, selten am Rhön-Ostabfall und im Vorwald (Schuttholzer Moor), da sie fast immer mit hochinteressanten Kalktuffbildungen, Quellkuppen u.dgl. in großer Vielfalt verbunden sind. Häufungsgebiete sind einige Schichtquellhorizonte zwischen Grundmoräne und Schottermoräne (z.B. Gaißbach/TÖL, Samerberg/RO, Leitzachvorland/MB), zwischen Molasse und Niederterrassenschotter bzw. Jungmoräne (z.B. Stallau-Tölz Mangfalltal, Surtal, Salzachtal), zwischen Molasse und Hochterrassen-/Deckenschotter (z.B. Isartal oberhalb München, Oberes Mindel- und Günztal). Unter Geotopschutzgesichtspunkten besonders interessante Beispiele sind z.B.: Thalham im oberen Surtal/TS, Wiedholz und Gritschen am Samerberg/RO, Priental N Dösdorf/RO.

**AN:** Taubertal unterhalb Rothenburg;

**AÖ:** Tuff- und Almquellkuppen des Bucher Mooses; Salzachhänge S Raitenhaslach;

**AS:** Talhang zwischen Malsbach und Ödallerzhof;

**BA:** Tufflager mit 20 m langer Tuffhöhle und Quelle beim Betonwerk von Oberleinleiter; Ausgang des Leidingshofer Tales; Schulmühle am Ausgang des Werntales b. Veilbronn; Lohntal ob Lohndorf; Hangbäche bei Tiefenhöchststadt-Frankendorf (eindrucksvolle Tuffkaskaden); sowie an vielen weiteren Stellen, z.B. bei Tiefenellern, Würzgauer Steige, Kasendorf, Weismain, Oberleinleiter;

**BGL:** Salzachleiten;

**BT:** Tufflager im Muschelkalk b. Untersteinach E Bayreuth; am Steinach-Prallhang W Höflas sowie steinachabwärts b. Laineck im unt. Muschelkalk: naturnahe Moosfluren und Hangwälder;

**CO:** Sinterterrasse bei Weißenbrunn;

**DGF:** Wachsender Stein (im Schluchtbach; Naturdenkmal) von Usterling; durchschneidet den Steilhang des Isartales, wird von kalkreichen Quellwässern, die aus den Mergeln der Oberen Süßwassermolasse austreten, aufgebaut; er ist inzwischen ca. 36 m lang, 5 m hoch und 0,7 - 1,4m breit (VOIGTLÄNDER 1968);

**DLG:** 6 m tief angeschnittene Tuffbarriere am Mündungskegel der Egau bei Wittislingen (Tuffbrüche);

**DON:** Sprudelkalke der Riesseezeit z.B. Hainsfurth u. am Goldberg im Ries.

**EBE:** Tufflager bei Bf. Glonn, Altenburg, NW Aßling, Pullenhofen (viele tuffgebaute Kirchen);

**ED:** Kalktuffhügel im Erdinger bzw. Semptmoos b. Grünbacherschwaige und b. Wörth; gr. Quelltuff- und Almlager im Süden von Altenerding, bei der Rieplsiedlung und Siglfing (keine Geotope; Baugebiete); Hang b. Maiszagl;

**FO:** Alter Tuffbruch am Ausgang des Langen Tales bei Streitberg; Bachtuffe im Teufelsgraben W Egloffstein; Hangtuffe bei Egloffstein; Kalksinterstufen Lillachquelle E Gräfenberg; Doos (Aufseßmündung); Kalktuffbank im Thuisbrunner Hochtal, die zuletzt etwa 20 m hoch nach dem Haupttal abstürzt; Gehängetuffe in Gräfenberg und Egloffstein; Kalksinterstufen in der Lillachquelle 3 km südöstlich Gräfenberg; Sinterterrassen im oberen Ellerbach bei Tiefenstürmig; Tuffkaskaden im Schauertal bei Streiberg (mit Wasserfall), daneben Hungerbrunnen; Streitberg, Forchheim, Egloffstein, Hilpoltstein, Gräfenberg, Hetzles, Ebermannstadt;

**HAS:** Wonnfurt b. Haßfurt;

**KEH:** Gipsausscheidungen im Feckinger Tal;

**LA:** Wachsender Stein von Schönbrunn, ca. 7 m lang, 0,5 m hoch und 0,3 m breit; Hangtuffe bei Aich N Pfrombach;

**LAU:** Steinernen Rinne am Buchenberg bei Entenberg, ca. 50 m lang; ND Düsseldorf;

**LI:** Ellhofener Tobel, Argentobel, Kalkflachmoor b. Harratsried; Steinernen Rinnen im Lechtal b. St. Leonhard; Kalksinterbildungen (interglazial) bei Harlach am linken Lechufer (JERZ, MANGELSDORF 1989).

**LL:** Tuffsteinbrüche St. Georgen bei Diessen; Lechleiten S;

**MB:** Westseite des Mangfalltales zwischen Autobahn und Grub mit 2 Tuffhöhlen 21 und 26 m lang; eines der größten Tufflager Bayerns, bis 15 m mächtig; repräsentiert die gesamte nacheiszeitliche Landschaftsgeschichte; Tuffkaskaden im Söllbahctal; im Alpenbahctal sogar Beginn der Entwicklung einer Steinernen Rinne, jedoch durch Quellflussung trocken gefallen.

**MN:** Katzbri E Marktrettenbach; b. Ollarzried E Ottobeuren; Mindelheimer Stadtwald; Mindelhänge b. Mindelried;

**MSP:** Tuff-Felsen in Homburg mit Burkardushöhle: durch Burgquelle entstanden; metertief eingebaute Flaschen aus dem 19. Jhd. dokumentierten die rasche Bildung (KROMA 1962), Üttingen, Laudenschach b. Karlstadt;

**MÜ:** Vertuffte Hänge des Hochterrassentraufes bei Oberflossing (Kaskaden); Quellmoor b. Maitenbeth;

**NES:** Oberelsbach/Rhön;

**NEW:** Quelltuffe an einem Muschelkalkhang der Steinach bei Laineck unter einem naturnahen Laubwaldbestand. Die Quellmulde ist 10 m breit, 20 m lang, von Moosen überwachsen und verzweigt sich nach unten in zwei Äste. Im überströmten Bereich wird anfallendes Laub sofort verbacken;

**NM:** Zahlreiche kleinere Tuffe an den Oberhängen des Sulztales sowie im Forellenbachtal (mit Achser-



talgraben) westlich Biberbach; Rachental E Berching (Bachtuff-Kaskaden); Tuffkaskade "Hoher Brunnen" bei Berching, sehr eindrucksvolle Tuffbildungen (GLASSL & SCHIEBER 1989) mit Wannen, Wänden, Wasserfällen, trockengefallenen Tuffkegeln usw.; "Schwebender Bach" (Steinerne Rinne) bei Erasbach, ca. 80 m lang und 0,5 m hoch. Die Rinnenbasis wird durch einen mehrere Meter breiten Kalkkörper gebildet, der abiotischen Ursprungs (=Sinter) ist, darüber dann die biotische Tuffdamm- bildung mit Moosen und Algen; Tufflager oberhalb Siegenhofer Mühle, alter Tuffbruch; Marienklaue bei Beilngries: kleiner Tuffdamm;

**OA:** Illersteilhang b. Kottern, Weißachschlucht b. Oberstaufen, Kaldener Bach;

**OAL:** W Reichartsried; N Ronsberg; Wertachseitentobel N Nesselwang (z.T. Steinerne Rinnen;STROHWASSER 1984); Kessengraben N Rückholz (nach STROHWASSER "gefrorene Katarakte"); Kaskadentuffe Neuenried bei Ronsberg, Halblechtal b. Buching

**R:** Als fossile Tuffe ehemaliger Karstquellen sind die Tuffhöcker im Tal der Schwarzen Laaber als wertvolle Geotope zu betrachten.(Hinweis auf die Höhe des ehemaligen Karstwasserspiegels, der sich bei deren Bildung auf dem Niveau der Talsohle befand. Die an mehreren Stellen auftretenden Höcker haben eine Höhe von über 1,5 m über dem Talboden);

**RH:** Agbachtal N Greding;

**RO:** Tuffberg bei Vagen; Steinbachhang unterhalb Gritschen, Quellmoor Wiedholz, Mangfallhang Westerham; Attelabhänge Oberübermoos, Innleiten Vogtareuth-Grießstätt-Wasserburg; viele weitere Kleinvorkommen;

**TÖL:** E Puppling, im Riedgraben und bei Oberegling (z.T. verwachsene Entnahmegruben; im Kaltenbach mit Kaskaden; am Riedbach einmaliger Bacheinschnitt in 8 m mächtige Kalktuffe); Unterhang/Beckenrandzone Königsdorf - Zellwies; Steingrub-Mühljörg SW Happerg (mit alter Abbau- stelle; Steinerne Rinnen Knapp b.Wackersberg und 2 Rinnen auf der Baun-Alm bei (im Zementmergel der Oberkreide ist ca. 10 m lang und bis 0,7 m hoch); Isarleiten "In der Kehr" W Ascholding, bei Puppling und Klosterau N Puppling; Loisachhang bei Achmühle S Wolfratshausen; Westhang W des ehemaligen Geltinger Torfwerkes; Kalktuff im Ostfeld bei Bad Heilbrunn und bei der Steinträge W Bad Tölz.

**TS:** Tuffbarren bei Wiesmühl, Ramsdorf b. Tittmoning; Salzachhänge an mehreren Stellen;

**WM:** Hang bei Paterzell; Ammerhänge b. Murg- bach (auch alte Brüche); Steinerne Rinne im Pater- zeller Eibenwald; Tuffbarren SE Polling (bis 20 m mächtig; Brüche seit Frühmittelalter) und Deuten- hausen; Ammertal b. Wielenbach (Almlager im Grünland; auffallend wellig); Ammerschlucht: Schleierfälle mit 2 Höhlen bis 30 m lang, Sojermühle, Ammerleite.

**WUG:** Treuchtlingen, Rotschlucht E Rohrbacher: Steinerne Rinne, mit kleinen Tuff-Wasserfällen und

schönen Bach-Auskleidungen; Kaskadenbach W Papiermühle bei Wolfsbronn mit moosbesetzten Tuffdämmen und -wannen, kleine Wasserfälle (REICHARDT 1994); Steinerne Rinne bei Ober- weiler E Wolfsbronn (128 m lang); Tuffkegel W Flemmühle oberhalb Schambach; Rohrachal SW Wettelsheim; Steinerne Rinne bei Kurzenaltheim (Locus classicus der "neuen" Kieselalge *Navicula Lange-Bertolonii*); Steinerne Rinne von Rohrbach bei Weißenburg: Die an der Grenze Opalinuston/Ei- sensandstein austretende Quelle hat eine 83 m lange (KRONBERGER 1967) und 0,6 m hohe Rinne auf- gebaut, durch Miniatur-Wasserfälle unterbrochen, vielfach gewundener Damm mit 1,6 m maximaler Höhe (vgl. VOIGTLÄNDER 1966, VONDER DUNK 1980); größerer Tuffkegel westlich der Flemmühle oberhalb Schambach: harte Sinterkalke in der Nähe des Ornatentons; SW Dornmühle bei Wettelsheim, terrassenförmige Taffkaskaden im Heinrichsgraben östl. Untermassing; tuffrinne b. Erasbach, tuffrinne bei Pollanten (GLASSL, SCHIEBER 1990).

#### D.1.6.9 Rutschbuckelhänge, Erdströme

**AÖ:** Salzachhänge S Raitenhaslach;

**BA:** Rutschhänge am westlichen Albtrauf, z.B. bei Kälberberg, Tiefenhöchststadt und Ludweg;

**DFG:** Hangrutsch in rekultivierter Grube S Stro- berg b. Moosthenning: Potential für interessante Sekundärbiotope (Fließwülste, Dellen, Wasser- sammlungen, Abbrüche oberhalb ehem. Abbaukan- te);

**FO:** Rutschhänge an Talhängen des Weißjura, z.B. bei Ebermannstadt;

**LA:** Berggrutschzonen an der Isarleite, z.B. N-Seite Schösselsberg b.Niederaichbach an der Hohen Bürg, am Höhenberg W Niederaichbach;

**LI:** Für naturschutzbedeutsame natürliche Rutsch- hänge wichtigster Landkreis Bayerns; Salmersberg (Rotachhang); Rotachhänge bei Kuhn, Rutschzonen am Kesselbach bei Weile; "Auf dem Gseß" N des Sulzberges bei Weiler, innerhalb einer bemerkens- werten Doppelwall-Moräne zwischen dem Rotach- und Weißach-Gletscher; bei Salmers gegenüber von Siebers; Steilhang unterhalb des Langholzes E Aach;

**LIF:** Banzer Berggrutsch 1941: Doggersandstein auf Opalinuston abgeglitten;

**LL:** Fließhänge am Hochterrassenabbruch zw. Ober- und Untermeitingen (Säbelfichten durch Bodenkriechen hakig aufgebogen), Lechsteilhang S Landsberg und unterhalb Kaufering; Rutschwülste mit tuffigen Quellfluren am Lechsteilhang S Kaufe- ring;

**M:** Isartal über anstehender Molasse im Isartal zw- ischen Icking und Pullach N Grünwald bzw. zw- ischen Sachsenhausen und Beigarten.;

**MB:** Nordhang des Taubenberges; Mangfallhang N Thalham (wichtige Altpleistozän-Aufschlüsse); obere Klausgräben N Gleiselstein; neuer Berggrutsch mit Erdstrom im Krottenthal/Miesinggebiet.

**MN:** Illerhänge N Fluhmühle;

**OA:** Bergschlipfe E Steibis an der Weißbach, NNE Vord.Hädrichalpe, Bolgenachhang N Lappach (mit Vorarlberg); Osthang Hochschelpen; Löwenbachhang NE Sonthofner Hof; SW unterhalb "Beim Steinhauften"/Grasgehren; Moorbruchzone Engenkopfmoor b. Tiefenbach; z.B. Weißensteinalpe;

**OAL:** Wertachhänge N Nesselwang; Otilienberg; Fließfalten im glazialen Seeton; Teufelsküche 2 km N Obergünzburg, Bergsturzgelände aus Nagelfluhblöcken, z.Z. immer noch in Bewegung; Klebalprutsch (Mooraufstauchung); Moorbruch Haslachalpe am Edelsberg; Moorbrüche im Gutswieser Tal;

**PAN:** Kollbach-Prallhang bei Rembach: Windwurf löste in alter Sandgrube Hangrutsch aus (Oberhang ca. 50 m freigelegt)

**STA:** Würmsee-Hochufer b. Allmannshausen/ STA

**TÖL:** Isartal über anstehender Molasse im Isartal zwischen Icking und Pullach bzw. zwischen Sachsenhausen und Beigarten/M,TÖL, S Puppling;

**TS:** Einhänge des Ponlachgrabens u. Salzachleite S Tittmoning;

**WM:** Hangrutsche der Grundmoräne über Molasse im Grünbachtal N Bauerbach; Moorbruch E Schönberg (gr. Sukzessionsbiotop);

**WUG:** Buckellandschaften im Feuerletten, insbesondere an der Burgsandsteingrenze auf Blatt 6830 Gunzenhausen.

## D.1.7 Bedeutung für Naturschutz und Landschaftspflege

### D.1.7.1 Artenschutz, Lebensgemeinschaften

Tal- und andere Bildungen des fließenden Wassers sind landschaftliche Höhepunkte und Träger besonders naturnaher und artenreicher Lebensgemeinschaften. Eine Konzentration der Naturschutzbemühungen auf Talzüge ist "sehr lohnend", weil sich hier verschiedene Standortqualitäten und Artenpotentiale bündeln und weil hier besser und leichter als in der übrigen Landschaft naturgegebene Austauschkorridore für Arten und Biozönosen gefördert werden können. Die Gleichung Geotopschutz = Biotopschutz gilt für fluviale Standorte in besonderem Maße.

#### D.1.7.1.1 Vegetation, Flora

Morphologisch sehr ausgeprägte, also geotoprelevante Täler, Kalktuffablagerungen und andere fließwassergeprägte Standorte tragen azonalen Charakter, d.h. sie beherbergen (potentiell) viele Arten und Gesellschaften, die in den vorherrschenden mittleren Standorttypen kaum überdauern können. Eine Vielzahl hochspezifischer und gefährdeter Phyto- und Zoozönosen findet sich (gebietsweise, heute) ausschließlich oder weitgehend in fluvial geprägten Geotopbereichen. Darunter befinden sich mindestens 31 der bei WALENTOWSKI et al. (1990) für Bayern genannten gefährdeten Pflanzengesellschaften (Beispiele siehe auch [Kap. D.1.4](#)) Mehrere stark bis potentiell gefährdete Waldtypen

sind im weitesten Sinne zumindest regional an "Fluvialgeotope" wie steile Taleinhänge, Schluchten, Wildflüsse und Deltas gebunden,

**Engtäler:** Ihr biogeographischer Sondercharakter kommt manchmal sogar schon etymologisch zum Ausdruck, z.B. kommt Vornbach (an der gleichnamigen Innenge/PA) von ahd. "forahan" Föhre, die hier einen Reliktstandort hat (MICHELER 1970). Der azonale oder extrazonale Standortcharakter ermöglicht in extremen Talformen (Canyons, Klammern, Schluchten) Ausliegervorkommen von Pflanzengesellschaften, die normalerweise in anderen Zonen verbreitet sind. So etwa kommen an manchen Flußleiten des Alpenvorlandes pseudoalpine, *Carex sempervirens*- und *C. ferruginea*-reiche Rasenformationen, ja sogar Vikarianten subalpiner Felsspaltentfluren (z.B. POTENTILLETUM CAULESCENTIS früher am Illasbergdurchbruch) vor. Echte "Steppenheiden" und Xerothermgebüsche mit hohem Anteil subkontinentaler und submediterraner Tier- und Pflanzenarten konzentrieren sich an Steiflanken tiefen-geschnittener Täler des Schichtstufenlandes, stellenweise auch am Rand der Grundgebirge (Regental, Donautal).

Die Diversität verschiedener Pflanzengesellschaften übertrifft in den Flußengtälern und in morphologisch vielteiligen Flußterrassen das übliche Maß. Beispielsweise unterschied und kartierte BRESINSKY (1965) allein in der Litzauer Lechschleife 52 verschiedene Pflanzengesellschaften, im Haunstetter Wald bei Augsburg 31. Klammern, steile Kerbtäler und auch die wandartigen Abstürze von Kastentälern und Canyons sind durch ihre schattigen, kühlen Standortverhältnisse Vorstoßlinien von Arten aus höheren Lagen der Mittel- und Hochgebirge. Viele dealpinen bzw. circumalpinen Pflanzen- und Tierartenvorkommen der steilen Talhänge und Talfelsens des Alpenvorlandes bis zur Donau dürften allerdings nicht auf Verschwemmungsprozessen beruhen, sondern als Relikte die gesamte Nacheiszeit, ja sogar die Würmvereisung hier überdauert haben (BRESINSKY 1965).

Steile Kerbtäler und Schluchten geben montanen und präalpinen Arten auch in der kollinen und planaren Stufe ein Platzrecht, die den umgebenden Naturräumen sonst fehlen. So etwa in manchen nordbayerischen Bachschluchten dem Geißbart (*Aruncus sylvestris*), der Alpenjohannisbeere (*Ribes alpinum*), der Quirlblättrigen Weißwurz (*Polygonatum verticillatum*), dem Hasenlattich (*Prenanthes purpurea*) oder der Bergflockenblume (*Centaurea montana*).

**Seigen-/Flutrinnengebiete, Brennen, fossile Stromrinnen:** Fast nur hier haben Stromtalwiesenerelikte (CNIDION, Graselken-Glatthaferwiesen, Kantenlauch-Pfeifengraswiesen, Glanzwolfsmilchgesellschaft der Isarmündung VERONICO LONGIFOLIAE-EUPHORBIETUM LUCIDAE, Sumpfwolfsmilchgesellschaft VERONICO LONGIFOLIAE-EUPHORBIETUM PALUSTRIS des Donau-, Main- und unteren Isartales usw.) die Intensivierungswelle der Landwirtschaft überlebt. Viele seltenen Auenpflanzen gedeihen eben nicht in "x-beliebigen", sondern in



sätzlich wachsen hier spezifische, oft sehr seltene, nicht von oben herabkommende Arten, so etwa *Carex baldensis* (bis auf ein Hangvorkommen in Bayern ausschließlich auf Schwemmfächern des oberen Loisachgebietes), *Epilobium fleischeri* (Oytal-Alluvionen/OA), *Myricaria germanica*, *Saxifraga mutata*, *Tolpis staticifolia* und *Chondrilla chondrilloides*. Die durch Flußausbau und Abwasserbelastung hochbedrohten alpinen Schwemmlingsfluren sind praktisch deckungsgleich mit alluvialen Geotopen der Alpenflüsse, (z.B. die Gesellschaft von Fleischers Weidenröschen (EPILOBIETUM FLEISCHERI; z.B. Oytal/ OA, die Rosmarinweidenröschengesellschaft *Epilobium dodonaei*-Gesellschaft; abgesehen von synanthropen Bahn- und Abbaustellenvorkommen nur an der Salzmündung, die Uferreitgrasflur CALAMAGROSTIETUM PSEUDOPHRAGMITIS, die Knorpellattichflur CHONDRILLETUM CHONDRILLOIDIS).

**Terrassenkanten (Schotterstufen)** sind nicht nur Träger und Verbundlinien gefährdeter Mangelbiotope wie Magerrasen und -wiesen, sondern grenzen auch, so wie z.B. der Außenrand der sog. "Auwaldstufe" an der mittleren Isar und homologe Stufen an anderen Alpenflüssen, jene Talbereiche ab, in denen heute noch Auendynamik und Überflutungen möglich sind. Sie umreißen damit auch Vorzugsbereiche für die Auwald- und Auwiesenregeneration. Reizante Auwälder sind heute fast durchwegs auf die unterste Talstufe beschränkt. Aber auch darüberliegende Terrassenstufen sind für jeweils spezifische Waldgesellschaften prädestiniert, die dort als Zieltypen der Waldrenaturierung benutzt werden können. Beispielsweise findet sich auf den Lechtterrassen S Augsburg (Haunstetter Wald) die erika- und flechtenreiche Erdseggen-Ausbildung des Schneeheide-Kiefernwaldes auf der zweiten Stufe, die verarmte Form des Schneeheide-Kiefernwaldes auf der dritten und der Pfeifengras-Kiefernwald auf der vierten (BRESINSKY 1959). Terrassenkanten sind Reliktstandorte gefährdeter Trockenrasen, Magerwiesen, naturnaher Eichen-Hainbuchenwälder, wärmeliebender Kiefernwälder. Die letzten Florenüberreste der Pockinger Heide/PA mit *Stachus recta*, *Peucedanum oreoselinum*, *Dianthus carthusianorum*, *Chrysanthemum corymbosum*, *Potentilla alba*, *Veronica spicata* und sogar *Scabiosa ochroleuca* befinden sich an Terrassenkanten bei Waldstadt S Pocking, Kirchheim und Pfaffing. Für die Funktion bestimmter Flußtäler (Lech, Wertach, Iller, Isar) als "Florenbrücke" zwischen Alpen und Jura bzw. Donautal spielen gerade die Terrassenkanten eine wichtige Rolle, zumal die zentralen Ausbreitungsachsen des Flusses mit seinen Schotterbänken diesbezüglich weitgehend unwirksam geworden sind. Für die Biotopverbundentwicklung sind Terrassenränder insbesondere in sonst naturfernen Räumen von besonderer Bedeutung, so etwa im von Forsten und Siedlungen dominierten Amperfeld bei Fürstenfeldbruck mit seinen drei dominanten Schotterstufen.

**Uferabbrüche, Reissen:** Oft pauschal als zu verbauende Landschaftsschäden abqualifizierte, z.T. durchaus natürliche Uferabbrüche und Reissen sind zumindest regional wichtige Konzentrationsstellen

konkurrenzschwacher Pflanzen- und Tierarten, die von hier aus u.U. später vom Menschen geschaffene Sekundärstandorte besiedeln konnten (z.B. in den Alpen *Ophrys insectifera*, *Primula farinosa*, *Pinguicula alpina*, *Parnassia palustris*, *Selaginella selaginoides*, *Carex davalliana*). Innerhalb der fließbetonenden Artenbrücken "übernehmen" sie eine bestimmte "Spur" (z.B. *Saxifraga mutata*, *Tolpis staticifolia*).

#### D.1.7.1.2 Fauna

Das für die Flora Gesagte gilt auch hier. Der gebietsfaunistische Sondercharakter vieler morphologisch ausgeprägter, eingriffs- und barrierenarmer Tal- und Fließwasser-Standorte sei nur mit Stichworten umrissen (vgl. Kap. D.1.5, S. 229).

- Störungsempfindliche, zum überwiegenden Teil gefährdete Vogelarten finden hier oft letzte Refugien, z.B. Uhu, Wanderfalke (Talwände), Flußuferläufer, Hohлтаube;
- Flutmuldensysteme/Seigen erhöhen die Brut habitatqualität für Wiesenbrüter (z.B. Rot-schenkel und Brachvogel an der Donau, Bekassine) und sind Habitat hochspezialisierter Wechsel- und Qualmwasserarten, wie z.B. den Kiemenußkrebses, *triops cancriformis*;
- Vorstoß aus höhergelegenen Gebirgen in das Vorland (z.B. Gänsesäger, Berglaubsänger, Talwanderungen der Gemse);
- isolierte Relikt vorkommen, z.B. seltene Amphibienarten der Ilz- und der Donauleite bei Passau sowie der Salzsalmia;
- Brutstandorte vieler Hautflügler an fluvial geschaffenen Abbrüchen, vgl. auch Uferschwalbe, Eisvogel;
- Kiesbänke und Schwemmfächer als Brutstandorte für "Kiesbrüter" (siehe Kap. D.1.5);
- Sonderfauna der quelligen Schluchten, z.B. Feuersalamander, und der tosenden Bachabschnitte und Katarakte (z.B. Wasseramsel, Gebirgsstelze, viele rheophile Kleinorganismen).

#### D.1.7.2 Naturgüter, abiotischer Ressourcenschutz, Katastrophenschutz

**Canyons und Engtäler** übernehmen durch ihre Rückstauwirkung eine gewisse Hochwasserschutzfunktion für darunterliegende Flußabschnitte. Die Amplitude zwischen Mittel- und (Höchst-)Hochwasser ist im Oberwasser von Flußdurchbrüchen und Klammern im allgemeinen größer als im Unterwasser. Oberseits können sich bei entsprechender Talform große Überschwemmungsseen ausbilden (z.B. an der Kössener Ache oberhalb des Klobensteins, bei Neuhaus/PA oberhalb der Vornbacher Innenge und bei Forgggen/OAL oberhalb des Illasbergdurchbruches vor dem Staustufenbau). Dies zögert zwar das Ende des Hochwassers hinaus, bricht aber unterhalb die Spitzen und verhindert damit noch Schlimmeres. Beispielsweise wären die Hochwasserkatastrophen in Passau ohne die Vornbacher Innenge noch deutlich größer ausgefallen (VOLL-RATH 1961/63).



Enge felsige Flußbetten und Klammen, insbesondere mit Querrippen aus Hartgestein, wirken darüber hinaus als Geschieberückhaltung und Sohlenstabilisierung. Sie drosseln die Übersättigungs- und Überflutungsgefahr darunterliegender Siedlungen und Nutzflächen.

Beispielsweise wäre die Talbesiedlung bei Tiefenbach/OA ohne die Hochwasser- und Geschieberückhaltungsfunktion der Breitachklamm nicht denkbar. In ähnlicher Weise übernehmen fast alle Klammen der Bayerischen Alpen, die meist in besiedelte Haupttäler einmündende Hängetäler durchsägen, eine unersetzbare Schutzfunktion für Talsiedlungen, Verkehrswege und Nutzflächen (Faltenbachtobel/Oberstdorf, Starzlachklamm/Burgberg, Gießenbachklamm/Kiefersfelden usw.). Der Schutzwasserbau an Bergbächen, die keine Klammabschnitte und ein relativ gleichmäßig steiles Längsgefälle besitzen (z.B. Halblech, Scherenauer Laine bei Unterammergau, Lainbach bei Benediktbeuern), ist bezeichnenderweise größer als unterhalb von Klammbächen. Felsige Engstrecken machen Stautufen und Sohlschwellen als letzten Notbehelf gegen Sohleneintiefung zumindest oberhalb der Durchbruchstrecke entbehrlich, z.B. im Donauabschnitt vor der Weltenburger Enge.

Allgemein bekannt ist die Kaltluftableitungsfunktion offener Täler mit Längsgefälle, die u.U. ein wichtiges lufthygienisches Kapital für Siedlungen in Tälern oder an Talmündungen (z.B. Wirsberg/KUL, Berneck/BT, Mettenbach/LA, Alt- und Neuötting) ist. Wichtige Kaltluftschneisen sind z.B. die auf kurze Entfernung von den Hochflächen herabziehenden Karst-Trockentäler der Frankenalb (in Bezug auf die stärker besiedelten Haupttäler), die traufnahen Trockentäler der Alzplatte und die Seitentäler der schwäbischen Schotterplattenlandschaft.

Eutrophierte, sauerstoffverarmte Gewässer können sich beim Durchfließen turbulenter Engstrecken und Flußschnellen regenerieren (Sauerstoffanreicherung, Nährstoffabbau; Intensivierung des Gasaustausches zwischen Gewässer und Sedimentsohle).

**Fluß- und Bacheinschnitte**, z.T. auch Terrassenkanten, sind häufig Träger von Quellgalerien, bei Kalktuffbildung können sich regelrechte Quellbalkone entwickeln (z.B. Lechtal Schongau-Kreuth-Litzau, unteres Illachtal/WM, unteres Priental/RO, Quellmoore im Alztal bei Gufflham/AÖ, Terrassenkanten bei Flossing/MÜ, Klosterau bei Schäflarn, Pupplinger Isartalrand/TÖL).

**Flutrinnensysteme** (Seigen, Schluten), Auskolkungen und andere Kleinreliefstrukturen der Auenlandschaft fördern die langsame Einsickerung von Überflutungswasser (Talgrundwasseranreicherung), verzögern den Ablauf der Hochwasserwellen und dienen der Retention.

**Sedimentkegel und Schwemmfächer** sind Sedimentfallen und Filter für durchsickerndes Wasser. Sie können zwar lokale Nutzungen beeinträchtigen, halten aber andererseits auch gewaltige Geschiebemen gen zurück, die bach- oder flußabwärts mög-

licherweise neue Verbauungen auslösen würden. Ungebändigte Alpenflüsse und Schwemmkegel mit ungestörtem Geschiebenachschub sowie Schuttrunsen am Fuß von Hochtälern vertragen in gewissen Grenzen eine stetige Kiesabbaggerung (an bestimmten naturschutzverträglichen Stellen), die u.U. den Bedarf an neuen Kiesgruben zurückschrauben kann.

**Kalktuffablagerungen** lieferten jahrhundertlang wichtige Baustoffe mit begehrten Eigenschaften (leicht zu gewinnen und zu schneiden, wegen geringen Gewichtes leicht zu transportieren und trotzdem zu hoher Festigkeit nachhärtend). Viele Kirchen des Salzachhügellandes, des Landkreises Ebersberg (spätromanische Tuffquaderbauten in Englmeng, Jakobneuharting, Lindach b. Egming, Taglaching, Pullenhofen, Poing, Berghofen, Esterndorf, Berganger, Thal und Kronau) und Weilheim/Schongau, z.T. auch Bauernhäuser erinnern daran (MICHELER 1957).

### D.1.7.3 Landschaftsbild, Erholung, Erleben

Ausgeprägte Talformen gehören zu den wichtigsten Elementen der Erholungslandschaft. Ihre spezielle Morphologie ist Grundlage der Attraktivität und Werbestrategie einiger Fremdenverkehrsgebiete (Naturpark Altmühltal, Fränkische Schweiz, Westliche Wälder Augsburg, Frankenwald, Spessart u.a.). Die Mehrzahl der außeralpinen Kletterwände reiht sich entlang eindrucksvoller Kastentäler.

Die Bedeutung der **Klammen** für das Naturerleben von Bevölkerung und Touristen schildert FREY (1961, S.123) am Beispiel der Breitach-Klamm folgendermaßen: "Jedem der Hunderttausende Besuchern wird die Durchwanderung der Klamm zu einem nachhaltigen Erlebnis. Vermittelt sie doch dem von seinen eigenen Werken so sehr eingenommenen Menschen von heute die Größe und Gesetze der Natur in besonderer Eindringlichkeit. Mancher wird wieder klein angesichts der ungeheuren Gewalten, die sich hier offenbaren. Ein Felsmassiv ist durchschnitten, seine Struktur ist sichtbar geworden, Jahrzehntausende blicken herab. Die Arbeitsweise des Wassers wird klar bei Betrachtung der Kugelfacetten in den Wänden, Reste ehemaliger Wassermühlen, die man im Klammgrund an verschiedenen Stellen in Betrieb sehen kann. Fast hundert Meter stürmen senkrechte und überhängende Wände empor, nur einen schmalen Himmelsstreifen lassend, hoch und fern. Manchmal treten die Klammwände bis auf 2 m zusammen, unten tobt die Breitach. Der Eindruck ist im optisch-akustischen Zusammenklang ein ungeheurer..."

Natürlich verbliebene Aufschüttungsgeotope (z.B. alpine **Schwemmfächer**) vermitteln das besondere Erlebnis unbeeinflusster Dynamik. Sie locken auch aufgrund ihrer guten Erreichbarkeit und Begehrtheit große Menschenmengen an (z.B. Jachenau, Illerdurchbruch bei Sonthofen-Martinszell, oberes Isartal, Friedergries, Wimbachgries), was indessen erhebliche Naturschutzkonflikte auslösen kann (z.B. Ascholdinger Au/TÖL, Halblech bei Halblech/OAL).

Aber auch die weniger spektakulären Tal- und Einschnittsformen, z.B. die kleinen Hangrinnen und Kerbtälchen der Keuperhänge, der Altmoränengebiete oder der mergeligen Albvorländer sind unverzichtbare landschaftsbildprägende Elemente (Schneereste im Frühjahr, Licht-Schattenspiel gegen Abend und im Herbst usw.). Steile Trockentälchen in offener Landschaft, wie z.B. im Klaiser Buckelwiesengebiet/GAP und am Fuß des Falkensteins/OAL, sind bevorzugte und erlebnisreiche Spazierwegen.

Die landschaftliche Wucht intakter Flußdurchbruchlandschaften braucht hier nicht eigens hervorgehoben zu werden. Allein die immer größeren Massen an Sportbootfahrern belegen es.

**Wasserfälle** präsentieren das nasse Element in seiner lebendigsten Form. Der jahreszeitliche Wechsel im Wasserhaushalt wird hautnah erlebbar: Am eindrucksvollsten präsentiert sich der Wasserfall im Frühjahr und Frühsommer nach der Schneeschmelze, wenn er tosend und mit gewaltigen Wassermassen herabstürzt. Ein einzigartiges Schauspiel bietet bei sonniger Witterung der "Dauer-Regenbogen" in der Gischtzone. Eine Reihe neuartiger Natursportarten hat sich an besonders wilden Laufstrecken gebildet: Canyoning, Cataracting, Wasserfall- und Eiskletter u.s.w.

Terrassen gliedern Talräume und Schotterebenen in mehrere und meist auch unterschiedlich ausgestaltete Stufen. Stufenkanten mit ihren Baum- oder Heckenreihen konturieren die Landschaft schon bei geringer Sprunghöhe.

Ursprüngliche, von wasserbaulichen Eingriffen verschonte **Mäanderstrecken** sind heute eine Seltenheit und stellen sehr attraktive Landschaftselemente dar. Sie bringen durch ihre gewundene Form Bewegung in das Landschaftsbild. Prallhänge setzen oft weithin auffallende optische Dominanten

Steinerne Rinnen - Bächlein, die auf einem durch Kalkausfällung gewachsenen Tuffdamm fließen - sind vielbestaunte Naturwunder und oft von kulturgeschichtlicher Bedeutung. Der einzigartige, senkrechte, mauerartig fast 5 m aufragende und etwa 40 m lange Tuffgrat des Wachsenden Steins von Usterling/DGF ist bereits auf dem um 1520 entstandenen Altarbild der Usterlinger Kirche zusammen mit Johannes dem Täufer dargestellt. Später wurde die deswegen auch Johannisfelsen genannte Rinne sogar als Wallfahrtsort aufgesucht. Noch heute gehört es zu den Aufgaben des Mesners, die Rinne sauberzuhalten, im Winter das Wasser abzuleiten und eventuell auch Schäden auszubessern (REICHARDT 1995, VOIGTLÄNDER 1968).

#### D.1.7.4 Erd- und Heimatgeschichte

Nur im erosivem und fluvialen Bereich läuft Erdgeschichte vor unseren Augen ab. Gäbe es unverbaute Schwemmkegel, Klammern oder Schluchten nicht, wer würde die ungeheure "Formenphantasie" des fließenden Wassers errahnen, wer würde es dann für möglich halten, daß ein Bach tatsächlich Hunderte von Metern Gestein durchsägen und tonnenschwere

Blöcke transportieren kann, daß die seltsamen Kleinformen vieler Gletschergärten von subglazialen Wasserwirbeln hervorgerufen sind? Wer die in menschlichen Generationszeiten sinnlich nicht faßbare Hebung ganzer Gebirgsblöcke als wissenschaftliche Fiktion abtun möchte - in Klammern wird sie unmittelbar greifbar. Das Werden und Vergehen als Grundprinzip der Natur, "der Zahn der Zeit", drängt sich in unterspülten Prallhängen, auflandenden Flußstrecken, wandernden Mäandern, Bergstürzen und pro Jahr bis zu 3 cm wachsenden Moostufen förmlich auf, in der biologischen Evolution und der Tektonik der Erdkruste wird es dagegen nur für mühsam arbeitende Wissenschaftler ableitbar. Das ewige Wechselspiel von Auf- und Abbau (bzw. plötzlichem Fortreißen) wird nirgend deutlicher als im fluvialen Formenschatz: aus Kiesseen "zaubert" eine einziges größeres Hochwasser Flutrinnen mit vielfältiger Ufermorphologie (z.B. 1988 an der Regnitz unterhalb Forchheim); jahrhundertlang baute das fließende Wasser am Zusammenfluß von Wiesent und Aufseß den 4 m hohen, wilden Tuff-Wasserfall des "Thoos" auf. Ein einziges Hochwasser hat ihn fast gänzlich weggerissen.

Das imposant Schutzwürdige, der abiotische Prozessschutz/ Geotopschutz und das Bedrohliche liegen im Fluvialbereich und bei Abtragsgebieten nahe beieinander.

Der Beschlagene entdeckt hinter der spezifischen Ausformung eines Talzuges die wechselvolle Erd- und Klimageschichte des Großraumes (man denke etwa an die komplexen Terrassensysteme der Urdonauläufe durch die Alb).

Spezifische Tal-Querprofile, Gerinne- und Verlaufsformen sind komprimierte Indikatoren der allgemeinen Landschaftsgeschichte. In bestimmten geologischen Regionen sind sie die (nahezu) einzigen Informationsquellen über Schichtglieder, die sonst komplett überdeckt sind.

Beispiele: Der alteiszeitliche Deckenschotter und das Tertiär tauchen im Alpenvorland natürlicherweise praktisch nur in Tal-einschnitten unter den würmeiszeitlichen Überlagerungen auf. Beispielsweise ermöglicht nach HELBIG (1965) "die modellhafte Ausprägung der in der Alzplatte eingetieften asymmetrischen Täler" eine relativ exakte Bestimmung der Altersstellung und Morphogenese. Die Schluchttäler des Sendelbachsystems S Reichenwand/LAU, insbesondere der Kreuzgraben mit seinen aufschlußwichtigen Ufer-anrissen, hängen eng mit der jüngeren Kultur- und Bewirtschaftungsgeschichte zusammen: Terrassensande wurden hier offensichtlich erst in jüngerer Zeit bis auf feste Glazialsedimente durchschnitten. Noch in den letzten 40 Jahren tiefen sich die Seitenbäche hier stellenweise um mehrere Meter ein, wohl auch unter dem Einfluß von angeschlossenen Dränsystemen (HABBE & REGER 1985).

**Kastentäler** dokumentieren eine Tiefenerosionsphase (Kerbtalgrundform) mit nachfolgendem Klimawechsel (vermehrte Sedimentation). Beispiel: Das Guttenberger Tal nordöstlich Kulmbach ist kurz vor seiner Mündung in das Frankenwaldvorland ein



Sohlental. Frankenwaldeinwärts wird es zunehmend enger und geht schließlich in ein Kerbtal mit schluchtartigen Abschnitten über. Nordöstlich Guttenberg bestimmen schließlich weiche, wannenartige Talformen sein Landschaftsbild. EMMERT (1953) sieht in diesem Talformenwechsel Zeugen unterschiedlich alter Entwicklungsstadien in der Morphogenese des Frankenwalds: Ältere Hebungsphasen im mittleren Pliozän führten zur Entstehung von Wannentälern; die jüngere Hebungsphase vom Ende des Pliozän evtl. bis ins Pleistozän initiierte die Bildung schluchtartiger Ausgleichstäler am Gebirgsrand und beispielsweise auch des engen, epigenetisch angelegten Quertals von Untersteinach-Kauerndorf.

**Wasserfälle** zeigen meist eine rege Tektonik an: einzeln gehobene Schollen, Bruchschollen oder aber auch einen Wechsel im geologischen Untergrund, der ebenfalls durch tektonische Vorgänge, wie z.B. Verschiebungen, Verwerfungen, Verbiegungen oder Faltungen ausgelöst und durch die rückschreitende Erosion des Fließgewässers freigelegt wurde.

**Harnische**, also freigelegte Überschiebungsflächen, findet man regelmäßig in Katarakt- und Wasserfallbereichen (Alpen).

**Flußdurchbrüche** können ebenfalls Hinweise auf die Tektonik geben, da sie bei epigenetischer oder antezedenter Entstehung (vgl. Kap. D.1.1.1) einen Wechsel des geologischen Untergrunds anzeigen und auf einer evtl. durch Hebungen veranlaßten fluvialen Einschneidung beruhen.

**Terrassen** liefern oft wertvolle Hinweise zur Altersdatierung von Flußdurchbrüchen (vgl. MACHATSCHEK 1973: 62), sind ja ein umfassendes Abbild der gesamten Eiszeit- und Nacheiszeitgeschichte (s. D.1.1.1). Jede Zwischeneiszeit brachte eine erneute Taleintiefung infolge verminderter Schuttfuhr bzw. verstärkter Wasserzufuhr (Schmelzwasser).

Im Alpenvorland bildeten sich so ineinander geschachtelte Systeme von Schotterterrassen, von denen jede in das Tal der vorausgegangenen eingelagert ist. Terrassen führen die schrittweise Vertiefung eines Tales vor Augen. Auf die hohe Bedeutung dieser fluvialen Form für die Erforschung unserer Erd- und Klimageschichte kann nicht nachdrücklich genug hingewiesen werden.

**Umlaufberge** verdeutlichen ehemalige Flußläufe und bezeugen den Wandel der Landschaftsgeschichte.

Kultur- und heimatgeschichtliche Aspekte können hier nur stichwortartig aufgeführt werden:

- Löß- und Lehmschluchten und übertiefte Hohlwege bezeugen den umfassenden Eingriff des rodenden und ackerbauenden Menschen in den Landschaftshaushalt, der manche Talbildungen erst auslöste und die Eintiefungsarbeit des Oberflächenwassers verstärkte.
- Fluß- und Bachrehnen (Uferwälle) sowie die untersten Eintiefungsterrassen konnten teilweise erst nach der landnahme- und rodungsbedingten Abfluß- und Abtragszunahme entstehen.

- Fossile Stromrinnen und Schluten lassen sich mit bestimmten Stadien der Deltabildung (z.B. Achenmündungsgebiet am Chiemsee) und Flußregulierungsgeschichte parallelisieren.
- Kalktufflager gehören nicht nur wegen ihrer kalkkrustierten Blatt-, Stengel- und Moosabdrücke, sondern auch wegen einzelner eingeschlossener Torf- und neolithischer Kulturhorizonte (z.B. Polling, Wittislingen) zu den wichtigen Natur- und Kulturgeschichtsarchiven der freien Landschaft.
- Umlaufberge sind häufig uralte Kulturstätten (z.B. Lorenziberg/LL)

### D.1.8 Gefährdung, Rückgang, Zustand

Täler, Hohlformen und Aufschüttungen des fließenden Wassers unterliegen direkt oder indirekt vielfältigen menschlichen Raumansprüchen. Damit gehen einher:

- **Direkte Relief- und Substratveränderung:** Abbau im Gerinne, am Talboden, an Terrassenkanten oder Talflanken, Änderung des Gerinneverlaufes, Abschneiden von Schlingen, Einebnen und Auffüllen von Bach- und Stromrinnen, Terrassen, insbesondere aber von kleinen Tälchen und Talanfängen.
- **Ökologisch-funktionale Entwertung:** Fossilisierung von Mäandern, Abflußrinnen, Prall- und Gleithängen durch Regulierung, Ausleitung, Gerinneverlagerung oder Schlingenabschneiden; Zerschneidungswirkungen durch talüberquerende Straßendämme, Neubaugebiete, Aufforstungsriegel mit Folgen für Kaltluftabfluß, Lokalwindsysteme, Artenaustausch und Populationsstrukturen.
- **Visuelle Veränderung:** Beeinträchtigung der äußeren landschaftlichen Wirkung und der Erholungsnutzbarkeit durch oben genannte Eingriffe, insbesondere auch durch morphologisch unsensiblen Zuschnitt von Neuaufforstungen (Wiesentäler, Trockentäler in offenen Wiesen- und Magerrasenlandschaften!), durch Umackern von Talsohlen, durch unsensible Platzierung von Kläranlagen usw.

**Flußkorrekturen**, wie Begradigungen, Kanalisierungen, Dammbauten und Staustufen, reduzierten den Formenreichtum der (Hochwasser-) Abflußquerschnitte und stoppten weitgehend die morphogenetische Gestaltungskraft eines Fließgewässers (Ausnahme: Lauf-Stauseen mit Anlandung).

Sie ließ aber auch zu, daß Strömungs- und Aufschüttungsformen gewissermaßen "fossilisiert" in landwirtschaftliche Nutzflächen einbezogen wurden und zu interessanten Sonderelementen der Kulturlandschaft wurden. Seigen (kleinen Flutrinnen), Koeken, Rücken und Kleinterrassen drohte hier aber, vor allem seit den 1960er Jahren, die **Einplanierung** und **Verfüllung**. Schon die normale Bewirtschaftung mit modernen Ackergerät verschleift nach dem Auwiesenumbuch allmählich das schutzwürdige Auenrelief.

So kam es, daß 1960-1990 in allen Strom- und Flußtäälern Bayerns, z.T. auch in größeren Bachtälern, von den faszinierend durch bewegten großflächigen Rinnen- und Rückenstrukturen nur noch verstreute Fragmente erhalten geblieben sind (Ausnahme: Auwaldbereiche).

Die vielfältigen Beeinträchtigungen durch den (Massen-) Erholungsbetrieb betreffen mehr die Tier- und Pflanzenwelt und brauchen hier nicht geschildert zu werden.

Allerdings liegt die Hauptgefährdung mancher **Katarakte, Wasserfälle und Klammern** heute in der touristischen Erschließung (mit Brücken, Rastplätzen, Treppen und Wegen) daneben aber in der starken Abwasserbelastung (z.B. Breitachklamm, Waldnaab, Selbitzdurchbruch bei Hof), manchmal auch in einer vollständigen Überstauung (z.B. Isarklamm bei Fall/TÖL) in der Teilausleitung für Kleinkraftwerke, z.B. Hölle bei Wiesent/R, Breitachklamm/OA).

**Flußdurchbrüche:** Viele nutzen die natürlichen Engstellen im Anschluß an breite Talräume bevorzugt zur Speicherraumgewinnung ausnutzten. Eine Reihe der eindrucksvollsten Eng- und Schluchtstrecken ist bereits ganz oder teilweise dem Einstau zum Opfer gefallen: Pfreimdenge bei Trausnitz/SAD, Schwarzachenge bei Eixendorf/SAD, Höllenstein- und Blaibachsee am Schwarzen Regen/CHA, REG, Ilz N Passau, Isarengen bei Fall, Illasbergdurchbruch des Lech, Rottachspeicher/OA, Inndurchbruch bei Teufelsbruck u.v.a. Leider kann auch die vielgerühmte landschaftsarchitektonische Einbettung mancher Kraftwerksgebäude und Deiche (z.B. Kachlet und Jochenstein an der Donau) nicht über den Verlust der freien Flußdynamik und der Lebensraumfunktion des Flußökosystems hinwegtrösten. Leider werden diese Aspekte erst in jüngerer Zeit gebührend gewichtet. Noch 1961 urteilte der damals maßgebende Landschaftsarchitekt A. SEIFERT in einem Gutachten zum Inn-Aufstau bei Neuhaus - Vornbach/PA, daß gegen den Staustufenbau nichts einzuwenden sei, wenn die "natürliche Schönheit" des Gebietes nicht darunter leide (zit. nach VOLLRATH 1961/63).

Dabei hatte der amtliche und verbandliche Naturschutz in den 1950er Jahren einen Großteil seiner Energie in die Verteidigung von Durchbruch- und Wildflußstrecken gegen Energiegewinnungsanlagen gesteckt (O.KRAUS 1952).

**Mäander, windungsreiche Gewässerstrecken:** den enormen Rückgang durch Regulierung, z.T. auch Verrohrung veranschaulicht ein Vergleich der heutigen Karten mit den Uraufnahmeblättern des 19. Jahrhunderts. Unzählige schlingenreiche Strecken, vor allem außerhalb der Wälder, sind in lineare oder nur leicht geschwungene Gerinne verwandelt, mit ihnen Prall- und Gleithänge, Hochwasserüberläuferinne und komplexe Querprofile verlorengegangen (KRAUS 1957, RINGLER 1987). Das Umdenken der Wasserwirtschaft setzte leider so spät ein, daß nur ein äußerst geringer Bruchteil stark gewundener Strecken vor allem im Oberlaufbereich erhalten bleiben konnte. Wie groß dieses Landschafts-

und Lebensraumkapital gewesen ist, wird an der Mühsamkeit und Aufwendigkeit der Grundstücksbeschaffungs- und Abstimmungsverfahren bei der Gewässerrenaturierung ablesbar. Zwar häufen sich in den letzten Jahren Projekte zur "Entfesselung" und Re-Mäandrierung von Bächen und kleineren flüssen, gemessen an einstigen Vorkommen bedeutet dies aber nur einzelne, weit verstreute Punkte auf der Karte.

Einzelne Bachschlingen wurden auch noch lange nach dem Regulierungszeitalter (ca. 1870 - 1960) durchstochen oder verfüllt, Altarme teilverfüllt, überbaut oder durch Straßenbau zerschnitten (z.B. 1974-1985 am Donaustauer Altwasser/R).

Staustufen und Wasserausleitungen an Alpenflüssen zogen den weitgehenden Verlust der Prallhangdynamik nach sich, z.B. im Abschnitt Apfeldorf - Epfach/WM und Riedhof/LL am Lech (hier Staustufe 18), Wasserburger Innleite am Inn, Altmühldorfer Innleite.

Schwemmfächer, Binnendeltas: Bedroht durch Gerinneverbauung, Abschnelden breit aufschüttender Mündungsarme (z.B. Achendelta am Chiemsee, Ammerdelta am Ammersee), untergeordnet auch durch geschiebeablenkende Querbauwerke (z.B. "Franzosenmauer" am Friedergries/GAP) und Schotterabbau.

Bei **Schotterbänken** ist der Saldo zwischen Verlust und Neugewinnung (durch Renaturierungsvorhaben, Hochwasserereignisse usw.) besonders ungünstig. Auch von den wenigen, der Flußverbauung entgangenen Kiesbankstrecken unterliegen die meisten einer schleichenden Degeneration durch oberstromigen Geschiebe- und Hochwasserrückhalt (Rückgang bzw. Verlust der Umlagerung, Rückgang der grobkörnigen Sedimentanteile) und Eutrophierung (Abwasser). Zuwachsen, Ausfall der lichtbedürftigen Pioniere und der Kiesbrüter sind eine auffällige Folge, so zu verfolgen z.B. im NSG Pupplinger Au und Ascholdinginger Au/TÖL. Kalkoligotraphente Kiesgesellschaften werden durch ruderale Schlammbankbesiedlungen ersetzt. Nach dem Geschieberückgang einsetzende Tiefenerosion verschiebt das Vegetationsgleichgewicht im ganzen Aubereich. Im Interesse der Fischfauna verbesserte Restwasserdotationen in Ausleitungsstrecken können das artenschutzfachlich unerwünschte Zuwachsen von Schotterbänken sogar begünstigen (Isar unterhalb der Rißbachüberleitung/TÖL). Dann werden nämlich die Trockenextreme, die die Gebüschansiedlung unterdrückten, gemildert, ohne daß regelmäßige Hochwasserstöße den Anflug wieder wegräumen.

**Terrassen:** Häufig Ausnagung durch Kiesabbau und damit nicht nur Zerstörung der meist wertvollen Terrassenböschungsv egetation, sondern auch Unterbrechung der landschaftsmorphologisch dominanten Linienführung. Bebauung, Verkehrsnutzung und Bodenabbau drängen - spätestens nach der Hochwasserfreilegung - von den Oberkanten auf das flußseitige Vorfeld vor, entzogen damit die landschaftsgeschichtlich und ästhetisch wichtige Schotterstufe dem Sichtfeld oder entstellten sie zumindest

(z.B. Neuulm und Senden, Füssen, Raum Kaufbeuren, Flintsbach/RO, Riß-Hochterrasse bei Gersthofen/A, Würmterrassen bei Krailling/STA). Kleinere Terrassenränder insbesondere oberhalb sumpfiger Gebiete dienen häufig als Ausgangspunkt für Verfüllungen (z.B. Freihausen/PAF, Donaustauf/R) oder gar Mülldeponien (z.B. Prien NW Aschau/RO). In seltenen Fällen wurden naturraumwichtige Terrassenränder für landwirtschaftliche Zwecke abgeflacht, z.B. N Unterbergen/AIC.

Morphologisch oft unauffälligeren, dafür aber erd- und klimageschichtlich hoch bedeutsamen Terrassenkanten und -leisten nordbayerischer Flußtäler können sogar mit Geländebewegungen verbundene Weinbergsbereinigungen gefährlich werden.

Unsensible Neuaufforstung, Christbaumkulturen u. dgl. tragen an vielen Stellen zur zunehmenden Verschleierung charakteristischer Terrassenlinien bei (z.B. Lechtal Landsberg-Denklingen, Wertachtal bei Pforzen).

**Kalktuff-Formen:** wurden früher zur Bausteingewinnung abgebaut (z.B. Polling/WM, noch heute in Betrieb; Mangfalltal; Ammertal; Moosachtal bei Ebersberg, Wertachtal b. Görtsried). Diese Eingriffe

wurden häufig mit hochinteressanten Sekundärbiotopen "entschädigt" und auch materiell durch das Weiterwachsen der Tufflager an Quellbalkonen und Talhängen wohl häufig wohl häufig ausgeglichen. Heute liegt eine gewisse Gefahr in der Störung des chemischen Ausfallmechanismus durch gewässer- verunreinigung.

Bereits minimale Phosphat-Konzentrationen, wie sie heute in Karstwasser- und Schotterwasserkörpern verbreitet sind, hemmen die Kalkausfällung. Nur der geringste Teil der Kläranlagen in Vorkommensgebieten von Kalktuffbiotopen ist mit einer Phosphat-Fällungsstufe ausgerüstet. Soll das in vielen Kalktuffbächen und Steinernen Rinnen derzeit bestehende Neubildungsdefizit gegenüber dem Abtrag von Alttuff und Neuablagerungen beseitigt werden, so müßte der Phosphateintrag in die Quellgebiete drastisch reduziert werden (BRONNER 1988).

**Tuff-Formen** in Hangquellmooren werden immer wieder durch hangsenkrechte Gräben gefährdet, die das bildungsnotwendige breitflächige Überrieseln mit Quellwasser stoppen, die Tuffhügel und -rippen austrocknen lassen und der Verwitterung aussetzen.

## D.2 Möglichkeiten für Pflege und Entwicklung

Tal- und andere fluviale Formen sind als solche keine "Pflegebiotope", enthalten und bündeln aber teilweise pflegebedürftige Biotoptypen wie Trockenrasen an den Talflanken, Feuchtwiesen, gebietsweise auch extensive Streuobstflächen (z.B. im unterfränkischen Gäu). Insofern gelten die Darstellungen der entsprechenden LPK-Bände. Es gibt aber auch landschaftspflegerische Erfordernisse in fluvial geprägten Landschaftsteilen, die nicht im Rahmen einzelner Biotoptypen abzudecken oder die von biotischen Wertkriterien unabhängig sind. Darauf konzentrieren sich die folgenden Ausführungen.

Vorrangiges Tätigkeitsfeld zur Erhaltung und Qualitätssicherung von Talformen ist eine geländesensible Landschafts- und Nutzungsplanung, z.B. Bebauungs-, Verkehrs-, Erholungsplanung. Grundlage wesentlicher Gestaltungs- und Entwicklungsmöglichkeiten ist die sorgfältige Berücksichtigung im gemeindlichen Landschaftsplan und Flächennutzungsplan.

Leider zählen landschaftsästhetische, erholungs- und erlebnisbezogene sowie geomorphologisch-landschaftsgeschichtliche Beweggründe immer noch zu den "weichen" und damit unverbindlich scheinenden Kriterien. Die Erhaltung einer (kleinen) Form fällt im ökonomischen Konfliktfall allenfalls dann ins Gewicht, wenn sie gleichzeitig auch im Arten- und Biotopschutz unersetzlich oder als 6d1-Biotop anererkennungsfähig ist. Hier ist eine Aufwertung der außerbiologischen Bewertungskriterien unabdingbar, wenn die Gestaltqualität auch solcher Tal- und Fließwasserformen berücksichtigt werden soll, deren momentane Lebensraumausstattung nicht optimal ist.

Grundsätzlich begründet ein asymmetrisches Tal oder ein Trompetentälchen im Moränenbereich auch dann einen schon- und landschaftsgestalterischen Pflegeanspruch, wenn es ausschließlich durch seine optische Qualität, seine geomorphologisch typische Ausprägung, seine Unzerschnittenheit und seine geländesensible Siedlungs-, Nutzungs- bzw. Kulturlandverteilung besticht. Dies gilt sinngemäß auch für alle anderen hier behandelten Fluvialelemente.

Als Hauptfelder der landschaftspflegerischen Fürsorge im Bereich fluvialer Formen sind hervorzuheben:

- Außerordentlich sorgfältige Standortfindung beim Materialabbau (vgl. LPK-Band II.18 "Kies-, Sand- und Tongruben"); Aufstellung und Einhaltung der visuell-geomorphologisch-orphographischen Tabukriterien für Abbaustandorte.
- Bewahrung bzw. Wiederherstellung der fluvialen Dynamik. Prall- und Gleithänge an **Mäanderstrecken** brauchen im Grunde keine besondere Pflege oder Erhaltung. Allein das Gewährenlassen der Fließgewässerdynamik und das Unterlassen von Verbauungen sichert den Bestand. Eine Vorsorge wäre die Ausdehnung der für diese Dynamik zur Verfügung stehenden Entfaltungsräume. Eine Reaktivierung von Mäandern und ihrer Begleitformen ist durch Wiederanbinden an das formende Fließgewässer möglich, also das Aufbrechen der Uferverbauung. Dies entspricht zudem einer passiven Hochwasserschutzmaßnahme durch Erweiterung der Stauräume. Derartige Auenentwicklungspläne erfordern eine enge Abstimmung al-

ler beteiligten Grundbesitzer, Nutzer und Behörden.

- Vermeidung bzw. Minimierung optisch, klimatisch und biotisch abdämmender Querbauwerke in Tälern; Respektierung angemessener optischer Abstandszonen zu Bebauungsgrenzen.
- Sorgfältige Freihaltung der wenigen, für den öffentlichen Verkehr und für Wirtschaftswege noch unerschlossenen, gleichzeitig aber landschaftlich und biotisch besonders eindrucksvollen Talzüge (z.B. mittleres Aufseßtal/FO, Glött-Tal N Glöttweg/GZ, Karst-Trockentäler).
- Erhaltung bzw. Wiederherstellung möglichst extensiver Grünlandnutzung zumindest in den unbewaldeten Engtalabschnitten und auf morphologisch bewegten Talböden.
- Deutliche Berücksichtigung optisch-geomorphologischer Kriterien in der Planungs- und Genehmigungspraxis der Neuaufforstung.

Einige weitere Gesichtspunkte sind spezifisch für einzelne Fluvialformen im folgenden aufgeführt.

Die Wegführung entlang von Fließgewässern braucht nur auf einer Uferseite (evtl. der "minderwertigeren" oder schon besser erschlossenen Seite) erfolgen. Querungen (Stege, Brücken) sollten auf ein Mindestmaß reduziert werden. Bei kleinen Fließgewässern ist auch die Querung über einen Steinwurf (Gerölle im Gerinnebett) möglich, wenn dies in den Naturraum paßt.

**Steile Talhänge** sollen naturverträglich genutzt werden. Durch Hangwald/Schluchtwald wird der "dunkle, wilde" Eindruck schmaler Täler gefördert. Dichte Bewaldung in der Talau von Kasten- und

Muldentälern bedeutet allerdings optisch eine starke Wertminderung.

Die Kleinform der **Seigen** kann durch Erhalt der Grünlandnutzung in diesen Auebereichen erhalten werden. Durch Gespräche mit den Grundbesitzern können auch Verfüllungen verhindert werden.

Bei den **Wasserfällen** können Rastplätze auf ein Minimum beschränkt werden. Auch aus größerer Entfernung betrachtet, bringen Wasserfälle ein unvergeßliches Naturerlebnis!

**Umlaufberge** sollten vor Bebauung geschont werden. Geotop-betonende Vegetation wäre hier beispielsweise Magerrasen auf der gesamten Erhebung oder "krönende" Baumbestände ausschließlich auf der Kuppe. Waldbestände lediglich am Hangfuß drücken dagegen die Form optisch sehr stark und sollten stattdessen evtl. über den ganzen Berg ausgedehnt werden. Durch Straßenbau wird meist eine Terrassierung des Geotops nötig, die auf ein Minimum reduziert oder durch Verlegung der Straße ganz vermieden werden kann.

Die wenigen noch erhaltenen **Terrassen-Geotope** sollten nicht durch Überbauung verdeckt und verändert oder durch Kiesabbau ganz zerstört werden. Eine extensive Nutzung kann angestrebt werden. Ist eine Bebauung nicht mehr zu verhindern, kann sie der Terrassenform untergeordnet werden, d.h. sie sollte nicht höher als die Sprunghöhe der Terrasse sein. Magere Rasengesellschaften vermögen die Terrassenkanten besonders zu betonen.

Die Kleinform der **Brennen** kann durch Magerrasenpflege (auch Entbuschen) als nährstoffarmer, lichter Standort erhalten werden.

### D.3 Situation und Problematik der Pflege und Entwicklung

Wie gehen Naturschutz und Landschaftspflege mit hervorragenden Schöpfungen des fließenden Wassers um? Wie lenken und begegnen sie die/den beeinträchtigenden Begleiterscheinungen bestimmter Nutzungen in diesem Bereich?

Hier kann keine "Umgangs"- und Zustandsbeschreibung der Täler und Talterrassen, der Auskolkungsformen des Wassers und anderer fluvialer Erscheinungen erwartet werden.

Das Kapitel beschränkt sich darauf, einige in vielen Räumen typische Probleme, Zustandsdefizite und Fehlentwicklungen zu bezeichnen, denen mit den heute verfügbaren landschaftspflegerischen und raumplanerischen Mitteln wirksam entgegen gewirkt werden kann und sollte. Damit wird der Bogen zum konzeptionellen [Kapitel D.4](#) geschlagen.

Fließwasser geprägte Formen sind in ihrer geomorphologischen Dimension nur teilweise Bezugsobjekte des Naturschutzes und der Landschaftspflege. Als Standorte besonders naturnaher und sehr eigentümlicher Lebensgemeinschaften, gleichzeitig auch hochspezifisch standortgebundener, kaum woanders möglicher Nutzungen wie Wildwasserfahren, Canyoning, hydroelektrischer Energiegewinnung

und Schutzwasserbau, gehören sie aber zu den Brennpunkten des Naturschutzes.

Als oft spektakuläre und fremdenverkehrswirksame Naturschauspiele waren die isse schon immer bevorzugte Schutzobjekte des Naturschutzes. Sogar massiv vorgetragene Energiegewinnungsvorhaben konnten hier unter dem Druck der öffentlichen Meinung abgewendet werden (z.B. der Aufstau der Breitachklamm bei Oberstdorf/OA, Auerbachschlucht bei Oberaudorf/RO, Arzmooskraftwerk am Sudelfeld/RO, Illdurchbruch bei Hals/PA).

Mit oft kunstvoll gebauten und aufwendig unterhaltenen Wegen sind insbesondere jene Klammern erschlossen, die zwischen Tal und hoch gelegenen Freizeitzielgebieten liegen (z.B. Partnach-, Höllental-, Almbach-, Wimbachklamm).

Die oft langwierige Geschichte der Klamm-Er-schließungen zeigt ein enormes Engagement der betreffenden Gemeinden und einzelner Vorkämpfer des Tourismus. Beispiel: Pfarrer J.SCHIEBEL und Bürgermeister SCHRATT von Tiefenbach bei Oberstdorf verfolgten seit der Jahrhundertwende den Plan, die wilde Breitachklamm gangbar zu machen. Ein eigener "Breitachklammverein GmbH" wurde am 4.4.1904 gegründet und der Wegebau

beschlossen, den ein hereingeholter Spezialist, der Italiener J. LUCIAN zum Festpreis von RM 16 302,- innerhalb von 14 Monaten fertigstellte, nachdem das Gelände eigens zu diesem Zweck angekauft worden war. Schon in den 30er bis 50er Jahren durchwanderten jährlich ca. 1/4 Million Menschen die Breitachklamm (FREY 1961). Heute sind es noch wesentlich mehr.

Die große touristische Bedeutung spektakulärer Klammern erschwerte natürlich auch spätere Wasserkraftprojekte. Die vereinten Kräfte der Gemeinden, des Breitachklammvereins, der Heimatpfleger, des Vereins zum Schutz der Bergwelt, des Alpenvereins, der Naturschutzverbände und staatlicher Naturschutzstellen brachten die um 1960 verfolgten Pläne zum Aufstau der Breitachklamm, u.a. mit einem 60 m hohen Damm, zum Erliegen (vgl. FREY 1961). Nach diesem Wendepunkt tauchten keine weiteren klammbeeinträchtigenden Hydroenergieprojekte in den Bayerischen Alpen mehr auf.

Da die Wege nur von Spezialisten wie (Wasserfall) Kletterern verlassen werden können, treten keine nennenswerten Erholungskonflikte auf. Gelegentlich drängt die ungebändigte Dynamik der Natur die menschlichen Anlagen sogar wieder hinaus (1990 Verschüttung und Sperrung des Partnachklammweges bei Garmisch-Partenkirchen, aufwendige Wiederherstellungsarbeiten).

Bedeutende Konflikte treten in Wildbacheinschnitten mit starkem Feststofftransport und Sohleneintiefungs- bzw. Uferabbruchstendenz auf. Insbesondere außerhalb der Alpen im Bereich lockerer oder veränderlich-fester Gesteine (Moräne, Molasse, Keupertone usw.) bei großem Fließgefälle sind derartige Sonderstandorte von höchstem Biotop- und auch Geotopwert. Häufig sind aber solche Tobelsituationen in "Wildbachsanierungsprogrammen" enthalten ("10-Jahres-Programm Wildbachverbauung in Bayern") oder bereits mit massiven Schwellen verbaut. Wichtige Naturaufschlüsse in Seitenabbrüchen verwachsen allmählich nach der Sohlenstabilisierung. Da Naturschutzziele den Belangen der Bevölkerungssicherheit und des Objektschutzes im Range nachgehen, ist der Fließwasserbiotop vieler Tobel durch oft

massive Beton- oder Natursteinmauerschwellen wesentlich beeinträchtigt. Beispiele: Tobel der Innleiten bei Perach-Markt/ÄO, Wildbäche bei Stampflgars/MÜ, Molassetobel westlich Kempten/OA, Gräben SW Bad Feilnbach/RO (Rabenstein).

Biotop- und landschaftsbeeinträchtigende Radikallösungen wurden in den Bayerischen Alpen vor allem im Zuge des vom Bundestag in den 1950er Jahren beschlossenen "Alpenplans" zur Wasser- und Geschieberückhaltung (nicht zu verwechseln mit dem Alpenzonenplan der Bayer. Staatsregierung) realisiert. Große Betonwände wie etwa im Bacher Loch bei Einödsbach, an der Burgberger Starzlach und im Faltenbachtobel bei Oberstdorf, deren ursprünglich zugedachte Funktion durch Sedimentauffüllung ohnehin teilweise entfallen ist, würden heute so nicht mehr errichtet. Die von Integralsanierungen des Einzugsgebietes losgelösten wasserbaulichen Symptombekämpfungsstrategien haben spätestens nach 1980 einem Umdenken Platz gemacht.

Den Biotop- und Geotopschutz respektierende Lösungen wurden dort erreicht, wo die bewaldeten Quellläufe vom Verbau ausgenommen und erst nach Eintritt in die flacheren, besiedelten Becken- oder Haupttalbereiche abgedämmt oder ausgebaut wurden, z.B. Molasseschluchten bei Diemendorf-Pähl/WM, STA, Dettendorfer Kalte/MB, RO, Samerberger Ache-Mühlthal/RO, Molassegräben am Wertufer des Würm- und Ammersees.

Tasten sich Siedlungen nach und nach an labile Hänge, Runsen, Hochwasserräume heran oder werden unvorsichtigerweise Straßen hineingebaut, kommt es manchmal zu jahrzehntelangen Dauerkonflikten und kostspieligen Dauerbaustellen. Das in Tirol und der Schweiz seit Jahrzehnten bewährte Instrument der Gefahrenzonenpläne hat in Bayern noch keine Anwendung gefunden, wird allerdings derzeit in einem Pilotprojekt des Bayer. Geologischen Landesamtes vorbereitet (HAAS mdl.).

Vereinzelte spielen Geotopschutzargumente bei der landschaftsverträglichen Steuerung von Neubaustandorten eine Rolle, z.B. beim Umlaufberg Großgailbach/TÖL.

#### D.4 Pflege- und Entwicklungskonzept

Eine einheitliche Strategie für die enorme Vielfalt der fließwasser geprägten und verwandten Erscheinungen wäre unsinnig. Wichtig ist es aber, aktuelle Nutzungsinteressen, -absichten und -entwicklungen so zu beeinflussen, daß der morphologische und ökologische Eigenwert von Talbildungen, Terrassen, Abtrags- und Anlandungsformen sowie fluvialen Kleinformen (noch besser) zur Geltung kommt. Keinesfalls können alle landschaftlich wichtigen Täler zu morphologischen Schutzzonen erklärt werden, doch sollte die anthropogene Morphodynamik in Talsystemen und anderen fluvialen Geotopen auf ein Mindestmaß heruntergeschraubt werden.

Wie bei anderen Geotopen geht es nur untergeordnet um Flächenpflege im üblichen Sinn, viel mehr dagegen um Geotop-Respektierung durch passende schonende Nutzungsart/-steuerung (nutzungsintelligenter Geotopschutz).

Der Kapitelaufbau folgt dem üblichen Schema. Die folgenden Grundsätze differenzieren die für Geotope sowie für schutzwürdige Biotope allgemein gültigen Sockelaussagen, vgl. auch A.4.1 sowie LPK-Band I "Einführung und Ziele der Landschaftspflege in Bayern").

#### D.4.1 Grundsätze und Ziele

##### (1) Vorrang der natürlichen vor der anthropogenen Morphodynamik!

Hangbewegungen, Bettverlagerung, Aussinterung, Auflandung und Abtrag, Überschlickung und Auskolkung, d.h. die naturgegebene Morphodynamik, wurden im Laufe der zunehmenden Besiedlung, landeskulturellen Sicherung und Bodennutzungsintensivierung immer weiter gedrosselt. Tal- und Gerinneformen sind heute durch (Lebend-)Verbau, Sohl- und Uferpanzerung, Aufforstung von Steilflanken, Straßen- und Bahnschutzbauten und dgl. weitgehend fixiert.

Dies läßt sich nicht beliebig rückgängig machen. Das Restpotential an natürlicher Morphodynamik des fließenden Wassers und seiner Folgeprozesse (z.B. Hangunterschneidungen, unbedrohliche Hangabbrüche) sollte aber auf keinen Fall weiter reduziert werden. Die Standards der "landeskulturellen Gefahrenabwehr" sollten kritisch überprüft und auf das zur Gewährleistung der Sicherheit für Mensch, Haustier, Gebäude und Siedlungen und andere bedeutende volkswirtschaftliche Werte Nötige beschränkt werden. Verbauungen allein zur Sicherung entschädigungsfähiger marginaler land- und forstwirtschaftlicher Nutzungspotentiale gehören nicht dazu.

Bisher folgte man weitgehend dem Grundsatz: "Tal- und Talkontaktungen geben den Spielraum für die natürliche Fließgewässer- und Hangdynamik vor". Wo immer vermittel- und durchsetzbar, sollte er folgendermaßen umgekehrt werden: "Nutzungsspielräume (Wasserkraftnutzung, Extensivierung, Grenzabstände intensiver Bodennutzung) an der natürlichen Dynamik und Standortgliederung eines Tales ausrichten!"

Dies kann z.B. bedeuten:

- Entschädigtes Abrücken der Ackergrenze von einer erosions- und anbruchsaktiven Hangkante, an der wertvolle Pionierstandorte entstehen; Befreiung biotopwichtiger und oft landschaftsprägender Ufer-, Prall- und Talhanganbrüche vom Stigma des "Landschaftsschadens"; mehr Akzeptanz durch Nutzungsdistanzierung entwickeln; die Funktion als notwendiger Feststofflieferherd zur Vermeidung von Sohleneintiefungen nicht übersehen (KARL 1994).
- Wiedervergrünlandung (BVNP oder KuLaP) oder Verbrachung eines Tal-Ackers, der durch die Arbeit des Hochwassers immer deutlicher modelliert wird.
- Konzentration von Ackerwildkrautvertragsparzellen und -streifen an der Oberkante eines Jura- oder Muschelkalktales; dies kombiniert den speziellen Artenschutz (Plateauränder sind oft besonders reich an seltenen Segetalarten) mit der Pufferung eines Tales von oben her.
- Auflassung von nieder- und mittelwasserreduzierenden Kleinkraftwerksausleitungen oder zumindest bessere Restwasserdotierung im Rahmen anstehender Wasserrechtserneuerung (bei

Katarakt-, Wildbach-, Klamm-Strecken); Beispiel: Höllbach bei Wiesent/R.

- Traditionell von Landwirten, z.T. auch Fischern gescholtene Uferlockerungseffekte bestimmter Gewässertiere (Biber, Bisam) unter dem Gesichtspunkt der gewässermorphologischen Renaturierung (dynamischeren Schlingenausbildung bzw. Remäandrierung) überdenken.
- Reaktivierung natürlicher fluiddynamischer Prozesse: Wo die Tiefenerosion noch nicht zu nachhaltiger Fließgewässerabsenkung geführt hat, können Mäanderbögen wieder angeschlossen werden; dies hätte auch positive Wirkungen für den Hochwasserschutz.
- Zu- und Belassen kleinrelief- und biotopschaffender Überschlickung, Übersandung und Überkiesung, z.B. auf den Auensandwiesen des Mains und der Regnitz.

##### (2) "Erosion" und Hangdynamik nur dort bekämpfen, wo sie bedrohlich wirken!

Im Konfliktbereich mit Agrarflächen, bestehenden oder geplanten Trassen und Siedlungen können insbesondere im Alpenraum (z.T. anthropogen geförderte) Tiefen- und Schurfrosion, Erdströme und Rutschungen auch vor dem Hintergrund drohender Schutzwaldschwächung eine Bedrohung darstellen. Gleichwohl gehören diese Prozesse zur natürlichen Landschaftsentwicklung (GROTTENTHALER 1983). Sie sind außerhalb spezieller Konfliktbereiche nicht grundsätzlich als bekämpfungswürdiger Mißstand anzusehen, ja, sie sind Existenzvoraussetzung für viele hochgefährdete Tier- und Pflanzenarten. Im Zeichen des modernen "Prozessschutzes" (REMMERT, SCHERZINGER, PLACHTER u.a.) haben sie den gleichen Schutzanspruch wie natürliche Wald- oder Rasenentwicklungszyklen. Es wäre inkonsequent, schöne Hinterlassenschaften weit zurückliegender Abtragstätigkeit (z.B. solifluidal gestaltete asymmetrische Täler) zu preisen, aber rezente dynamische Prozesse, die solche Phänomene hervorbringen, als "Landschaftsschaden" abzuqualifizieren. Genauso angreifbar wäre es, rezente fluviale Formung nur dort schutzwürdig zu finden, wo sie wenig Platz braucht (z.B. Klammern) oder ökonomisch belanglos bleibt (z.B. in Canyons), in räumlich ausgedehnter oder expansiver Form aber zu unterdrücken (z.B. Talsedimentation, rezente Schwemmkegel, Deltabildungen). Geradezu widersinnig mutet es an, einerseits die Sohleneintiefung von Fließgewässern aus Geschiebemangel zu beklagen und auf Schotteranlandung angewiesene Wildflußbiotop zu preisen und streng zu schützen, andererseits aber "Feilenanbrüche" (Tiefenerosionsrinnen) und Seitenerosionsherde im gebirgigen Oberlauf, aus denen das benötigte Geschiebe stammt, auch dann für verbauungswürdig zu halten, wenn diese keine Wirtschaftsflächen bedrohen. Die berechtigten Ziele des Bodenschutzes dürfen nicht dazu verführen, jegliche Materialverlagerung als Labilitätserscheinung mißzuverstehen. Viele ständig bewegten Hangbereiche (Schutthalden, Reissen, manche Blaikenhänge, Blockströme usw.) sind lang währende Fließgleichgewichtszustände mit re-



lativ konstantem ökologischem Milieu, auf denen nicht umsonst Reliktbiozöosen und -arten aus früheren Klimaperioden, wie Einseles Akelei (*Aquila einseleana*), Zerschlitzer Streifenfarn (*Asplenium fissum*) und Schneeheide-Spirken-Schuttwälder, überdauert haben.

### (3) Talzüge und Terrassenkanten in ihrer Längsdimension respektieren!

Gewässer- und Talzonen sind keine Inselgeotope und auch nicht beliebig in Gestaltungs- oder Erhaltungsabschnitte gliederbar. Sie "funktionieren" und "wirken" nur im räumlichen Zusammenhang, als morphologisches und landschaftsökologisches Ganzes. Sie sind nicht willkürlich durch menschliche Barrieren und technogene Nadelöhre zu unterbrechende Leitlinien und Korridore. Ihre zu respektierende Grundeigenschaft ist die Durchgängigkeit, sie "führen also wohin". Es wäre deshalb verfehlt,

- innerhalb einer Terrassentreppe nur einzelne Stufen oder Ausschnitte vor Entstellungen zu bewahren und damit die dokumentarische Gesamtwirkung für die (nach)eiszeitliche Klimageschichte aufs Spiel zu setzen oder die Entsprechung bestimmter Terrassenstufen mit den synchron entstandenen Schotterfluren, in die sie einmünden, unkenntlich zu machen;
- einem Tal und Bach lediglich innerhalb einer Stadt den Rang eines Erholungs- und Erlebnisraumes, d.h. viel Entfaltungsspielraum, zu geben, ihn in der intensiv genutzten Agrarlandschaft aber wieder zum grabenartigen Abflußgerinne zu degradieren;
- einen außerörtlich eindrucksvollen Kastentalzug mit windungsreichem Bachbett im Ortsbereich zum linearen Nadelöhr zwischen Gewerbegebieten zu verengen und dort das morphologische Talgefüge völlig zu überprägen.

Nicht nur Fließgewässer (siehe LPK-Band II.19 "Bäche und Bachufer"), sondern auch deren Talzüge incl. periodisch durchflossener oder trockener Täler haben Anspruch auf räumliche Integrität. Dies gilt gleichermaßen für alle Längsstrukturen zwischen Fließgewässer und Taloberkante, also die Terrassenstufen.

Die Berücksichtigung des Tal-Längsverlaufes setzt landschaftsplanerische Koordination zwischen Einzelverfahren der Ländlichen Entwicklung oder gemeindlichen Landschafts- und Flächennutzungsplanungen voraus.

### (4) Nutzungsverteilung wieder stärker der Standortabfolge im Talquerprofil anpassen! Tälchen, Schluchten und Altrinnen als Funktionselement des Naturhaushaltes respektieren!

Der Rationalisierungs- und Mechanisierungszwang, die Arrondierung und Vergrößerung der Schläge, die großflächige Spezialisierung der Agrarnutzung und die Verengung der Fruchtfolgen verwischten die Bindung unterschiedlicher Kulturarten (Acker, Dauergrünland, Riedwiesen, Magerweiden usw.) an

das Standortmosaik von Talsystemen und kleinen Abflußrinnen. Intensiv-Schläge reichen heute oft - im Gegensatz zu früher - weit über die nutzungsgeeigneten natürlichen Standorteinheiten hinaus und greifen auf Tälchen und Rinnen über.

Dies verführte zur "Amputation" vieler Kerbtalanhänge und kleinerer Quellmulden durch sukzessive Verfüllung sowie zur Einebnung fluvialer Feinprofile an Hängen (z.B. im Keuper und Tertiärhügelland). Kleinere, landschaftliche und ökologisch unersetzliche Quellmulden wurden außer Funktion gesetzt.

Dieser Trend sollte aufgehalten werden. In der Agrar- und Schlagstrukturentwicklung sollte die natürliche Standort- und Reliefheterogenität der Landschaft wieder stärker berücksichtigt werden. Dabei sollten Nutzungsgrenzen (vor allem Waldgrenzen, Acker/Grünland-Grenzen) hauptsächlich entlang von und nicht quer über Talräume verlaufen (Konvergenz, nicht Divergenz zu den geomorphologischen Vorgaben; vgl. HÖTL 1989).

### (5) Fluviale Groß- und Kleinstrukturen der Kulturlandschaft sind Vorrangräume der Extensivierung, teilweise auch der Stilllegung!

Eine Renaturierung bzw. ein Nutzungsverzicht in rezenten Fluvialbereichen, Talüberflutungs- und Talhangbereichen bringt im Regelfall mehr "Artengewinne" oder "biotische Diversitätsgewinne" ein als in den meisten anderen Landschaftsteilen, weil

- aufgrund der abiotischen Dynamik, der Fließgewässerlänge und meist noch irgendwo im Talverlauf vorhandener Restpopulationen ein hohes Artennachschubpotential existiert;
- die ungewöhnliche Standortheterogenität (siehe Kap. D.1.3, S. 220) die Natur zu einer ebenso komplexen Ausdifferenzierung an Pflanzengesellschaften und Gesellschafts-ausbildungen zwingt;
- eine Reihe "azonaler" oder "extrazonaler" Sonderstandorte (Kiesbänke, Talfelsen, Anschnitte usw.) auch für weit entfernt beheimatete Arten, z.T. auch Neophyten, Ansiedlungsmöglichkeiten bieten.

Talsysteme und fluviale Kleinformen wie Seigengebiete und Hangrinnen kommen optisch nur bei (Teil-)Offenhaltung und pfleglicher Bewirtschaftung zur Geltung. Die offenhaltende Bodennutzung sollte möglichst extensiv sein, um die kleinformologische Überprägung durch schweres Gerät, starken Rindertritt oder den Pflug sowie den Stoffeintrag in die Gewässer- und Talgrundwassersysteme zu vermeiden.

Morphologisch (und biologisch) besonders eindrucksvolle Talsysteme mit ihren Sohlen, Seitengräben, Hangausrandungen und Steilhängen, (fossile) Hang- und Flutrinnensysteme, kleinreliefierte Auwiesen und Terrassenstufen sind Präferenzräume für die möglichst agrochemikalienfreie Ertrags-senkung im Rahmen neuer Förderprogramme. Bei Neu-

aufforstungsanträgen ist grundsätzlich erhöhte Vorsicht anzuwenden.

Künftige Erweiterungsräume für das natürliche fluviale und Abtragsgeschehen (Ausmündungen von Hangrinnen und Seitentälern mit Tendenz zur rezenten Schwemmkegelbildung, Uferüberschüttungen und Prallhänge mit starkem Nachbrechen, Schlingen mit baldigem Mäanderdurchbruch, Oberkantengebiete von Anbruchshängen, Deichdurchbrüche zur Wiederherstellung früher abgedämmter Deltagebiete an Seen usw.) sind hingegen durch Flächenstilllegung, forstliche Nutzungsruhe und/oder Gebietsankauf verfügbar zu machen.

**(6) Im Biotopverbundsystem Bayern haben Täler unersetzbare Achsenfunktionen!**

Der vom Bayerischen Ministerpräsidenten in seiner Regierungserklärung vom Oktober 1995 angekündigte Biotopverbund zwischen den Eckpfeilern der Naturschutzgebiete und Naturparke ist ohne Renaturierung, Extensivierung, nötigenfalls auch Pflege von Talachsen undenkbar. Dies betrifft nicht nur die aktuellen Biotop-Hauptachsen der Strom- und Flußtäler, sondern auch derzeit (noch) nicht unbedingt biotopbedeutsame, aber geotoprelevante Kleintäler mit Entwicklungspotential (vgl. Grundsätze 1-4). Zu den zentralen Biotopverbundlinien gehören außer dem Fließgewässer und dem Auenband vor allem die Tal- und Terrassenflanken. Talsysteme sind von ihrem Naturpotential her dazu prädestiniert, mehrere unterschiedliche Standort- und Lebensraumtypen gebündelt zu vernetzen ("Mehrspurverbund", "Querverbund"; vgl. RINGLER 1981 und 1998).

**(7) Fluvial-Geotope vor reliefverändernden, -überprägenden und optisch entstellenden Nutzungsveränderungen bewahren!**

Diese Allgemeinforderung für alle Geotope (siehe A.4.1) gilt für Bodenabbau, Bebauung, stark geländeingreifende und optisch wirksame Verkehrs- und Energietrassen insbesondere in Bezug auf Terrassenränder und -treppen, Hänge scharf profilierter Täler, Aufschüttungsformen in Auen. Auch Umlaufberge mit ihren Gegenhängen, alte Stromrinnenlandschaften, fossile Talspinnen (Konjunktionen heutiger und fossiler Stromtäler), modellartige Terrassentreppen und Flußdurchbrüche gehören zu den Vorbehaltszonen für sichraumwirksame Großeingriffe (Hochspannungsleitungen, Siedlungen, Schnellstraßen usw.), in denen abiotisch-visuelle in jedem Fall denselben Stellenwert wie biotische Gesichtspunkte beanspruchen.

**(8) Weitere Erschließungen von Wilflüssen, Schluchten, Tobeln, Bach-Blockströmen und Klammern beschränken! Zugänglichkeit für den Boots- und Klettersport nicht exzessiv, aber in massiven Konfliktfällen regulieren!**

In allen Fremdenverkehrsvorranggebieten der Alpen und Mittelgebirge sind wenigstens einige Klammern,

wasserführende Schluchten und Canyons, die die Urgewalt und "Kreativität" des fließenden Wassers in besonderem Maße erleben lassen, für den Breitentourismus erschlossen (z.B. die meisten Großklammern der Alpen und des Bayerwaldes, Kientalschlucht bei Andechs/STA, Eistobel/OA, Egertal bei Hohenberg/WUN, Waldnaab bei Windischeschenbach/NEW), verschiedentlich führen sogar breite Fahrwege und öffentliche Straßen hindurch (z.B. Weißbachschlucht und Entenloch/TS, Gießenbachklammern bei Kiefersfelden, Röthenbachschlucht bei Feucht/LAU, Waffenhammer/KUL, Saulochklamm/DEG, Maisinger Schlucht/STA).

Deshalb besteht kein weiterer Erschließungsbedarf dieser wenigen Urlandschaftsrelikte. Weiteren Klamm-Unfällen (so geschehen z.B. in der Pöllatschlucht bei Neuschwanstein!) würde dadurch nur Vorschub geleistet.

Atemberaubende Landschaftserzeugnisse des fließenden Wassers sollen grundsätzlich dem menschlichen Erleben offen stehen, dies aber mit Vorbehalt (vgl. ASSMANN et al. 1997). Empfindliche Schäden und Artenbeeinträchtigungen sind bereits aufgetreten (z.B. Schleierfälle in der Ammerschlucht: Brutraumqualität für Wanderfalke, Uhu, Gänsesäger, Flußuferläufer, Wasseramsel in Durchbruchsstrecken usw.). Vorrangig regulierungsbedürftig ist der Wildwassersport in besonders hochwertigen Durchbruchsstrecken (rapide zunehmend) und das Spezialklettern an wasserüberrieselten und Flußfelsen, ja sogar in Wasserfällen.

**(9) Morphologisch und morphodynamisch ungestörte Fließwasserbereiche verlangen vorrangige Abwassersanierung!**

Nicht selten wird der Lebensraum Schlucht, Wildbach, Klamm und Katarakt durch riech- und sichtbare Abwassereinleitungen sowie verschlammende Ackererosionseinträge gestört (z.B. Saußbach/FRG, Breitachklamm/OA, Rhätschluchten im Spalter Hügelland, Schluchten zwischen Au und Reichertsheim/MÜ). Der Zustand der Hang- und der Wasserlebensgemeinschaften steht dann in einem unangemessenen Kontrast. Hier besteht vorrangiger Handlungsbedarf. Der Entsorgungsstandard der entsprechenden Einleiter (meist größere Siedlungen) sollte vorrangig angehoben werden.

**(10) Keine Wasserkraftnutzung und Wasserableitung in den letzten intakten Wildwasserbiotopen!**

Alpine Wildflüsse mit ihren Sukzessionsserien und hochspezialisierten Lebensgemeinschaften haben von allen bayerischen Hauptlebensraumtypen im 20. Jhd. die größten Verluste, größtenteils durch Kraftwerksketten, erfahren (Flächenverlust über 95%; RINGLER 1993). Alle vorhandenen Reste sind deshalb besonders wertvoll (Iller bei Martinszell und Fischen, Halblech, Litzauer Lechschleife, obere Ammer, obere Loisach-Neidernach und Isar, Ribbach, Weißbach, Ascholdingen Au). Die Anträge

auf hydroenergetische Nutzung von Wildbächen, Tobeln, Schluchtbächen, Wasserfällen und Klammern sind in den letzten 10-20 Jahren erheblich zurückgegangen. Das Bewußtsein für den Eigenwert und Erholungswert solcher Naturszenarien hat um sich gegriffen. Dies erleichtert die Verpflichtung, alle Objekte dieser Art unbeschädigt der Nachwelt zu überliefern. Möglichkeiten zum Rückbau manchmal schwarz gebauter und erst nachträglich genehmigter Kraftanlagen in wichtigen Schutzbereichen sollten unbedingt genutzt werden, z.B. anstelle anstehender Verlängerungen auslaufender Konzessionen (Beispiel: ehemals schwarz gebaute Kleinkraftwerke im Lobental im NSG Ammergauer Berge).

**(11) Vertretbare Rückbau- und Entfesselungsmöglichkeiten regulierter Fließgewässer nutzen!**

Die Erhaltung naturnaher Fließgewässerbereiche sollte durch das Bemühen ergänzt werden, frühere wasserbauliche Fehler oder heute nicht mehr notwendige Verbauungen rückgängig zu machen und damit den Fließgewässern ihre volle Lebendigkeit zurückzugeben. Eingehende Vorschläge macht hierzu LPK-Band II.19 "Bäche und Bachufer".

**(12) Fluvialgeotope sollten durch passende Vegetations- und Biotopstrukturen optisch betont, im Wert gesteigert und damit unangreifbarer gemacht werden!**

Aus Grundsatz (3) bis (5) folgt, daß die eindrucksvollen Reliefzeugnisse rezenter und historischer Fließwasser- und Abtragsdynamik möglichst als wertvolle Biotope und/oder arten- und strukturreiche Kulturlandschaftskomplexe erhalten bzw. entwickelt werden sollten. Sonnseitige Steilhänge geomorphologisch wichtiger Täler sollten zu Magerrasen entwickelt werden, Auenreliefbereiche zu Riedwiesen bzw. mageren Feucht- oder Trockenwiesen; absonnige wasserreiche Seitengräben eventuell zu Schlucht- und Feuchtwäldern; in alten Flutmulden und Stromrinnen sollten die verbliebenen Sumpf-, Niedermoor- und Streuwiesenrudimente sorgfältig gepflegt und restauriert bzw. neu entwickelt werden. Detailliertere Empfehlungen gibt [Kap.D.4.2.1.1](#), S. 256).

**(13) Neuaufforstungen in Talräumen nur in sorgfältiger Abstimmung auf deren Größe und Zuschnitt!**

Talräume mit ihren Korridor- und Sichtschneisenwirkungen gehören zu den Landschaftsteilen, wo Neuaufforstung am sorgfältigsten dosiert und lokalisiert werden muß, sollen schmerzliche Einbußen an Bild- und Sichtqualität vermieden werden. Je kleiner und morphologisch charakteristischer der Taleinschnitt, desto größere Behutsamkeit ist geboten. Auch die zukünftige Wald-Wiesen-Verteilung in Tälern sollte sich dem natürlichen geomorphologischen und biotischen Rhythmus aus Sohle, Steil- und Flachhang, Terrassenzug und Gewässerufer unterordnen und diesen nicht überprägen. Anders zu beurteilen sind natürliche Gehölzsukzessionen

im Zuge vorrangiger Renaturierungs- und Prozeßschutzhvorhaben.

**(14) Biotop-Pflege nur dann, wenn der Bestand nicht durch Wiederherstellung der natürlichen Standortdynamik erneuert und erhalten werden kann!**

Biototypen, die auf rezente oder erst vor Jahrzehnten vom Menschen gestoppte natürliche Anschwemmung und Abtragstätigkeit zurückgehen, sind grundsätzlich keine "Pflegebiootope". Vegetationsmanagement ist nur als Notbehelf vertretbar, falls alle Möglichkeiten ausgeschöpft sind, die natürliche Standortdynamik wieder in Gang zu bringen.

**D.4.2 Handlungs- und Maßnahmenkonzept**

Welche Leitbilder und Zustandsziele ergeben sich aus den allgemeinen Grundsätzen für fluvial geprägte Landschaftsteile von herausgehobener Bedeutung? Welche Maßnahmen folgen daraus? Wo liegen regionale Handlungsschwerpunkte? Diesen Fragen widmen sich die Teile [D.4.2.1](#) und [D.4.2.2](#).

**D.4.2.1 Entwicklungsleitbilder und Pflegeziele für fluviale Geotope**

Hier können nur einige regelmäßig wiederkehrende Grundsituationen berücksichtigt werden. Die notgedrungen begrenzte Auswahl kann nicht für die ganze Vielfalt verschiedenartiger Einzelfälle Lösungen bieten. Regional zu entwickelnde Detailvorstellungen, die hier nur angedeutet werden können, sind bei Fluvialelementen besonders wichtig, weil der landschaftliche Stellenwert und die natürliche Ausstattung von Tälern stark natur- und kulturraumabhängig variieren.

Die Reihenfolge korrespondiert in etwa mit [Kap. D.1.1](#), schreitet also von den Groß- zu den Kleinformen fort.

Im Mittelpunkt der Vorschläge stehen die Talformen, da sie die weiteste Verbreitung besitzen und - weit über "Geotope" im engeren Sinne hinaus - ein zentraler Wirkungsbereich der Landschaftsgestaltung und Biotopentwicklung sind.

Auseinanderzuhalten sind Talsituationen, in denen

- landschaftsästhetische Rücksichten gleichrangig mit den biotischen behandelt werden sollten: Täler der Kulturlandschaft mit Bündelung naturnaher, nutzungsverdünnter, extensiver, z.T. intensiver Nutzungsbereiche ("Kulturlandschaftstäler");
- im ganzen Gewässereinschnitt eine natürliche, möglichst nutzungsarme Entwicklung angestrebt werden sollte ("Naturlandschaftstäler", z.B. Klammern, Schluchten).

**D.4.2.1.1 Kulturlandschaftsgeprägte Täler**

Hier sollten folgende Hauptziele verfolgt werden:

- 1) Harmonie zwischen Bewuchsstruktur und Tal-  
aufbau:

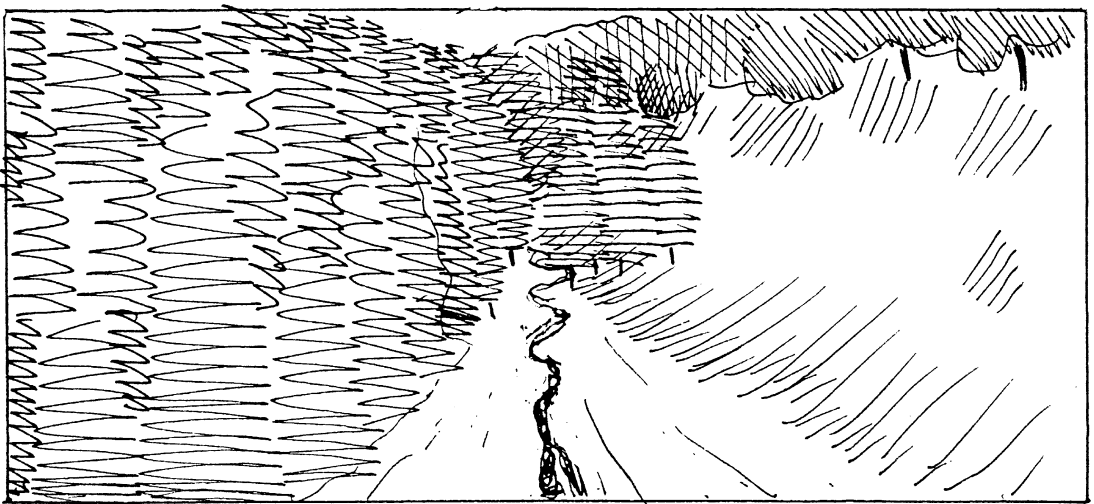


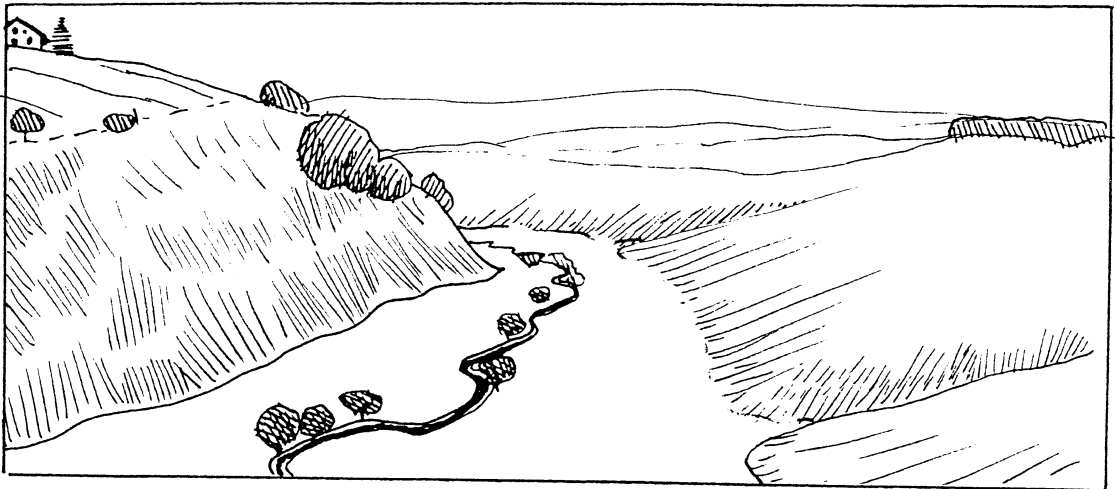
Abbildung D/15

**Leitbild für schmale Wiesentälchen**

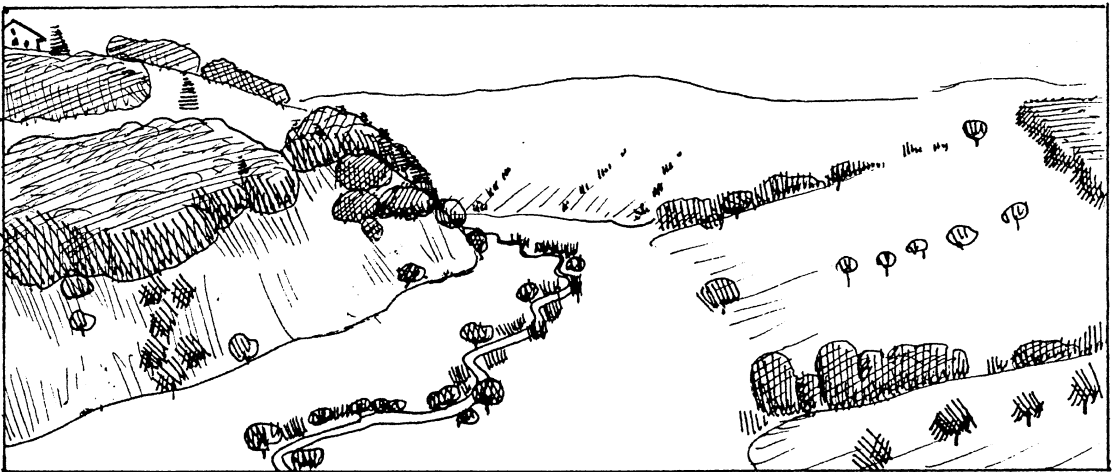
Oben: Bewaldung setzt oberhalb des Einschnitts an. Talmorphologie (Kerb- oder Kerbsohlentälchen), Tiefenwirkung und Substrukturen (kleine Hangbuckel, Einzelgehölze usw.) unverstellt und erlebbar.

Unten: Falsche Aufforstung. Talraumwirkung fast völlig aufgehoben. Einladende Wirkung für Erholungsuchende weitgehend entfallen. Ebenso ungünstig wie ein Abriegeln ist ein einseitiges "Zumachen" einer Talseite. Dadurch geht die Wirkung des Talprofils verloren.

- Verstärkung und nicht Minderung der Raumwirkung eines Talzuges durch eine geeignete Wald-Gehölz-Offenland- und Acker-Dauergrünland-Verteilung; schmale Täler sollten im unteren Teil weitgehend offen bleiben, Waldzuwachs sollte sich auf die Oberhänge und Oberkanten konzentrieren.
- Optische und biotische Querriegelwirkungen vermeiden, d.h. Aufforstungen, dichte Baumreihenpflanzungen, Maisfelder oder hochwüchsige nachwachsende Rohstoffe (z.B. Sonnenblumenfelder, Weidenkulturen) sollten nicht in relativ schmale Talsohlen vorspringen und/oder morphologische Hauptkonturen (vor allem Knick zwischen Sohle und Talhang) überschreiten und damit dem Blickfeld entziehen.
- Maßstäbliche Beziehung zwischen Bewuchselementen und dem Talvolumen; kleine markante Tälchen und Gräben (z.B. offene Karstseitentäler des Juras und Muschelkalks, kleinere Trompetentälchen der Jungmoränenregion, Erosionstälchen im Mittenwalder Buckelwiesen-, Keupermergel- und Grundgebirgszersatzgebiet) würden durch Zuforsten visuell "erdrückt"; Waldbestände sollten ein Tälchen in seiner Raumwirkung überhöhen, also überwiegend erst



1) "Nackte", wenig gestaltete Talmorphologie. Zwar kommt der Formtyp gut zur Geltung, das gesamtlandschaftliche Erscheinungsbild ist aber zu strukturarm.



2) Eine der Idealvarianten. Die Hauptkonturen der Geländeform sind in etwa, wenn auch nicht schematisch, in der Bewuchsverteilung aufgenommen. "Durchgrünung" und naturnahe Hangwald-, Galeriewald-, Feucht- und Trockenwiesenbiotope korrespondieren mit den Hauptstandortstypen des Talraumes. Gehölz- und Waldverteilung betont an den wenig zerschnittenen Steiflanken die Kontinuität der Haupttalform, an den flacheren Talhängen die intensivere Gliederung in Seitengraben und Hangmulden. Die Unterschiedlichkeit der Talseiten prägt sich deutlich aus. Talspezifische Biotoptypen (Bach, Bachgaleriewald, Feucht- und Überflutungswiesen, Trockenhang) weisen die optimale durchgängige Raumstruktur auf.

#### Abbildung D/16

Die fünf folgenden Abbildungen zeigen Gestaltungsziele für markante geräumigere Kulturlandschaftstäler

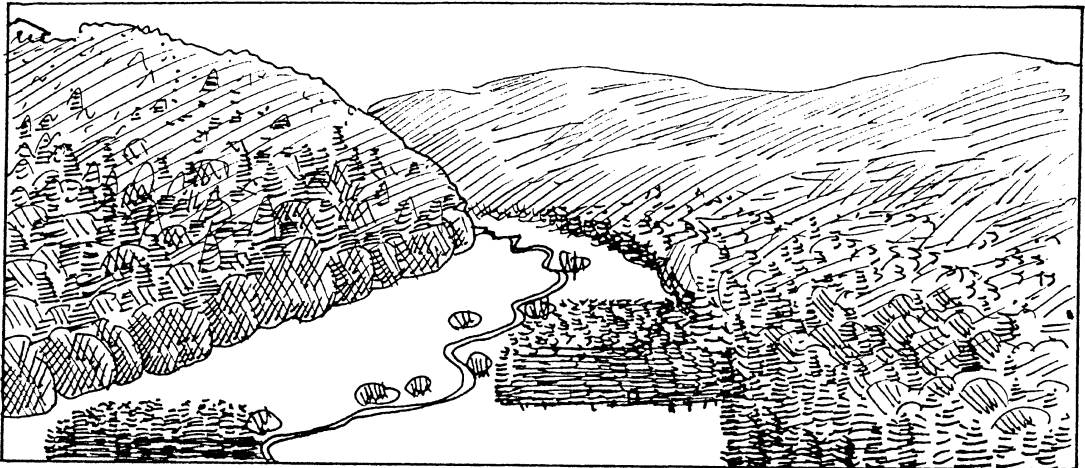
oberhalb des steilen Einschnitts ansetzen, diesen nicht optisch (u.U. auch biotisch) abriegeln und die visuelle Talwirkung völlig zunichte machen (vgl. [Abb. D/15](#), S. 257 und [Abb. D/16](#) Nr. 1-5)

- Vermeiden von Talsohlenaufforstung vor allem in kleineren, bis zu wenige Hundert Meter breiten Talböden und in Landschaften, wo die Talhänge und Hochflächen bereits größtenteils bewaldet sind (Waldmittelgebirge).

Eine landschaftsoptische "Todssünde" ist eine Talsohlenaufforstung bei weitgehend offenen Hängen (siehe [Abb. D/16](#), S. 258).

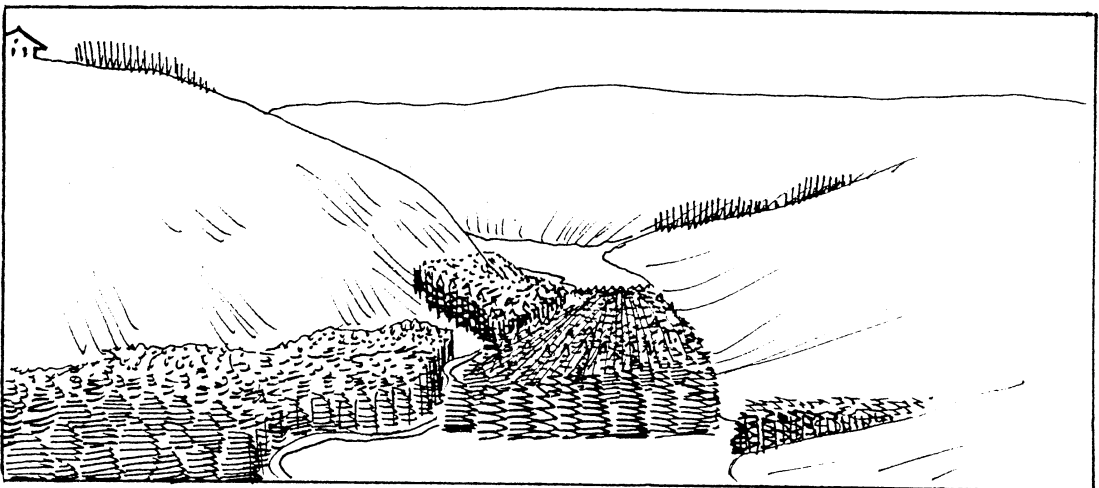
#### 2) Betonung und Respektierung der Durchgängigkeit eines Talsystems:

- Täler sind u.a. dazu da, (Erlebnis-)Räume zu öffnen, den Blick in große räumliche Tiefen zu locken und auf "geheimnisvoll Dahinterliegenden"



D/16

3) Wiesentalmodell: der Talzug als solcher, insbesondere die Sohle, kommt bei vollständiger Talhangbewaldung gut zur Geltung. Die Blicktiefenwirkung ist hier am größten, weitgehend überdeckt ist jedoch die Talhanggestalt. Einengungen des freien Talsohlenraumes durch einzelne vorgeschobene Aufforstungsblöcke sind allerdings als Fehlentwicklung anzusehen.



D/16

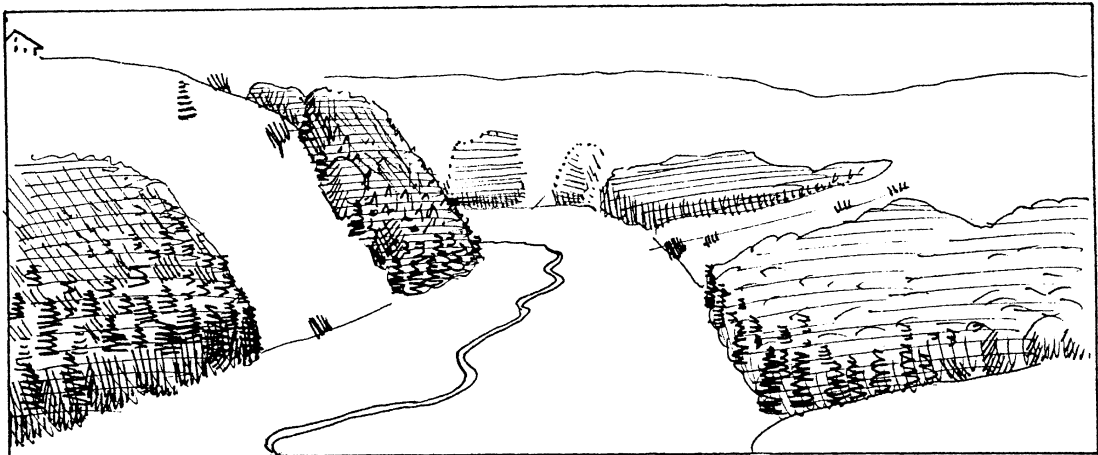
4) "Todsünde" der Talraumentwicklung: Sohlenaufforstung bei weitgehend offenen Flanken. Einschnitt- und Blicktiefenwirkung gehen gleichermaßen verloren. Jener Biotopzug des Talraumes (außer dem Bachbett selbst), der für seine Arten den höchsten Grad an Durchgängigkeit benötigt, die Feuchtwiesen und Bachwälder, sind massiv fragmentiert.

des" neugierig zu machen. Die Bandstruktur der Talboden-, Talrand- und Talhangstandorte sollte auch in der Bewuchs- und Nutzungsgliederung (Wiesen, Magerrasen, Streuobst, Feuchtwiesen, Auwälder, Äcker, Forsten usw.) erkennbar sein. Dem widersprechen blockweise, ausschließlich an der Flurstücksparzellierung orientierte Abfolgen losgelöst von der taltypischen Hangneigungs- und Standortgliederung. Diese mindern die spezifische "infinitesimale" Raumwirkung von Talsystemen. Die Konzentration bestimmter Nutzungs- und Biotoptypen (z.B. Schafhaltung, Heide-Kiefernwald) auf einzelne Standortbänder (z.B. sonnseitige Talflanke) ist am bestim-

mendsten in mehr oder weniger linearen Talverläufen mit geringem Expositionswechsel. Hingegen muß sich die Nutzungs- und Biotopentwicklung in windungsreichen Tälern (mit Talmäandern; z.B. Laaber-, Altmühl-, Wiesent-, Saale-, Taubertal) den in Talrichtung wechselnden "Klimatopen" anpassen.

- Offene Talseitenäste, auch kleine Wiesen- und Heide-Tälchen sollten nicht durch Baukörper und Querschnittsaufforstungen optisch und biotisch abgeriegelt werden: die Offenhaltung von Talverzweigungen ist auch für die Erholungsnutzung und die Weidetrift von großer Bedeutung.





D/16

5) "Todsünde" in krümmungsarmen Tälern: Massive Bewuchselemente unterbrechen die natürlichen Hauptkonturen - visuelle Zerstückelung der Talhänge. Die an sich noch vorhandene Tiefenwirkung der Sohle wird durch einen ausschließlich parzellen-, nicht aber relief- und standortkonformen Wald-Wiesen-Wechsel der Flanken konterkariert.

3) Vorrangräume für die Regenerierung von Art-Arealen:

Dieses Ziel korrespondiert mit 2. Talräume sind prädestiniert, unterbrochene und zu stark verkleinerte Artareale wieder zu verbinden und zu ergänzen, da

- sie i.d.R. auch Bahnen für Art-Migration, Individuenaustauschaktivität und Diasporenbewegung darstellen (vgl. die Talorientierung der lokalen Windsysteme, Kap. D.1.3, S. 220);
- Restpopulationen nutzungsverdrängter Arten in morphologisch ausgeprägten Talsystemen mit höherer Wahrscheinlichkeit irgendwo überdauern konnten als in der übrigen Landschaft. Nicht umsonst spielen Talsysteme in der Liste der bayernweiten Vorranggebiete für den Arten- und Biotopschutz eine zentrale Rolle (RIESS, SCHLUMPRECHT et al. 1995);
- sie durch ihren Reichtum an Extremstandorten Klimareliktarten in höherer Dichte beherbergen als die umliegende Landschaft.

Hieraus ergibt sich die Notwendigkeit, im Talverlauf nach Erweiterungsflächen für die Regenerierung bzw. Neuanlage solcher Biotoptypen Ausschau zu halten, die für bestimmte bedrohte Arten unerlässlich sind und die heute im gleichen Tal nur noch fragmentarisch vorkommen. Beispiele: Die Schachblumenareale (*Fritillaria meleagris*) am Roten Main, an der Fränkischen Saale und an der Sinn sollten durch Regenerierung von Auwiesenstandorten ausgedehnt werden, ebenso die Bachuferareale der Himmelsleiter (*Polemonium coeruleum*) an Schwarzer Laaber (Opf.), Schwillach und Sempt (Oberbayern).

4) Dem Standort- und Gestaltaufbau angepasste Biotopentwicklung, Biotopverbundfunktion:

Steilhängige Täler der planaren und kollinen Stufe sind an ihren stark besonnten und austrocknenden Hängen Vorrangräume und -korridore für die Erhaltung, Pflege und Neuschaffung bodenbasischer und -saurer Magerrasen (Talflankenheiden; vgl. Bände II.1 "Kalkmagerrasen", II.3 "Bodensaure Magerrasen" und II.4 "Sandrasen"). Im Unterschied zu den meisten Terrassenböschungen sollten im Steilhangbereich größerer Täler aber nicht nur Pfeilertrockenrasen und Trockenwiesen, sondern stets **Lebensraumkomplexe** aus Magerwiese, (Steppen-)Heide, Gebüsch, Trockenwäldern und mesophilen Wäldern, ggfs. auch Felsbiotopen entwickelt werden. Intakte Vorbilder im Karbonat- und Silikatbereich (z.B. Schwarzlaabertal bei Schönhofen - Deuring/R., Regentalknie/R., Höllental/HO, Kalmut/MSP, Homburg/MSP, Schambachtal am Lintberg/KEH, Werbachprallhang bei Oberthingau/OAL).

Überhaupt nur in geomorphologisch hervorragenden Talungen zu entwickeln sind Habitatkomplexierungen aus xerothermen bis hygromorphen und aquatischen Standorten, die wegen dieser spezifischen Benachbarung bestimmte seltene Faunenelemente aufweisen (z.B. den Libellenhaft *Libelloides cocajus*).

5) Freihaltung von allen vermeidbaren baulichen Eingriffen (Überlandleitungen, Gewerbegebiete, Besiedlung, Abbau, Hauptverkehrsstrassen u.a.):

Talsysteme gehören zu den optisch und biotisch empfindlichsten Landschaftsteilen für technologische Fremdkörper und für technologische Geländeformveränderungen. Schon kleinere Baukörper oder Abbaustellen können die feinen Lage- und Gestaltrelatio-

nen der morphologischen Teilelemente (Terrassen, Sohlbreite, Hanghöhe, Talrandfelsen usw.) aus dem Lot bringen.

#### 6) Erhaltung und Wiederherstellung der freien Dynamik von Bachufern und Prallhängen:

Die Geschiebedotierungs- sowie Biotopfunktion der Prallhänge sollte den möglichen Nutzungseinbußen an Talhängen und -oberkanten im Range vor. Entsprechend sollte man handeln: Keine vorschnellen und teuren Verbauungen (oftmals Dauerbaustellen), sondern lieber privatrechtliche Entschädigungsvereinbarungen mit den betroffenen Anliegern, ggfs. auch Ankauf der zur langfristigen Gewährleistung der natürlichen Dynamik nötigen Flächen durch die öffentliche Hand (z.B. im Rahmen der Ländlichen Entwicklung und Gewässerpflegeplanung).

#### Talsondersituationen

Die vorangestellten allgemeingültigen Empfehlungen müssen nach regionalen Umfeldkriterien auf die verschiedenen Talformen- und Kulturlandschaftstypen hin modifiziert werden. Dazu können hier nur beispielhafte Zusatzvorschläge gemacht werden.

Lange **Trockentalzüge** der Karstgebiete, Nieder- und Hochterrassenebenen, z.T. mit Versitzstellen und Speiern (Hungerbrunnen) oder periodisch durchflossenen Gerinnen sind häufig hydrologisch besonders empfindlich:

- oft einzige oberflächennahe Grundwasserkörper;
- Karstwasserkommunikation über Versitzstellen, Versitzstrecken, Hungerbrunnen und Speiern, Dolinenreihen.

Gleichzeitig sind sie für die Entwicklung von Trockenverbundachsen, als Verbindungskorridore für Offenlandarten zwischen Hochflächen und Haupttälern sowie als Trifftkorridore für die Herdenschäferei von unersetzlicher Bedeutung.

Leider ist die Querschnittsaufforstung in Trockentälern in der Regel weiter fortgeschritten als in Gewässertälern, weil hemmende Überflutungs- und Naßgebiete fehlen (vgl. z.B. Gleißental und Teufelsgraben bei München, Anlauter-Seitentäler).

Aus allen diesen Gründen sollte/n in trockenen Karsttälern und sonstigen Trockentälern

- die Ausmagerung der Talhänge konsequent vorangetrieben werden;
- keine weiteren Hutungsflächen mehr aufgegeben werden;
- auch die Talböden energisch extensiviert werden;
- die Versitzbereiche und die engere Umgebung von Bachschwinden völlig ohne Agrochemikalien und organische Düngung bewirtschaftet werden;
- keine weiteren Aufforstungen vorgenommen werden.

**Modelle:** Kammergraben SW Engelhardsberg/FO: 200 m langes felsgesäumtes Tälchen mit Felstor, Grotten und Wabenverwitterung; Kühtal zw. Forst-

haus Hufeisen und Pegnitz/BT (Felswiesental im Veldensteiner Forst).

#### D.4.2.1.2 Täler in Wirtschaftswäldern

Innerhalb zusammenhängender Wirtschaftswälder sollten freiflächenfreie Kerbtäler, kleinere Kastentäler, Gewässerbereiche und Flanken größerer Täler als Waldsonderstandorte mit vorrangiger Naturschutzfunktion behandelt werden. (Zur Entwicklung schluchtartiger Täler vgl. Kap. D.4.2.1.3, S. 261). Dies begründet einen Anspruch auf außergewöhnlich naturnahe, den standorttypischen Waldvegetationstyp begünstigende waldbauliche Behandlung. Grundsätzlich sollten hier die Hiebsätze und die Intensität der waldbaulichen Steuerung deutlich zurückgefahren werden.

Nicht nur in hierfür unbelastbaren V-Kerbtälern und Schluchten, sondern auch in Kasten- oder Muldentälern im Forst sollten **Wegeerschließungen** möglichst unterbleiben oder sich auf unvermeidbare Überquerungen beschränken (AMMER et al. 1984). Dies begünstigt die notwendige Nutzungsverdünnung und hilft, die in bachnahen Bereichen oft gravierenden Bringungsschäden zu vermeiden.

Holzaufarbeitung mit den unvermeidbaren Begleiterscheinungen sollte grundsätzlich nicht in Bachtälern erfolgen.

Im Falle großflächiger Sturmwurf-, Schneebruch- und anderer Waldschadensflächen sollte die Bestandesneubegründung in Waldtälern, -tälchen und -quellmulden ausschließlich über Naturverjüngung erfolgen. Die meist rasch entstehenden, benachbarte Pflanzungen oft übergipfelnden erlen- und eschenreichen Regenerationsbestände sollten nur einzeltammweise oder plenterartig genutzt werden.

#### D.4.2.1.3 Flußdurchbrüche, Canyons, Klammern, Schluchten, Katarakte und Wasserfälle

In diesen landschaftlichen Höhepunkten und absoluten Vorranggebieten des biotischen und abiotischen Naturschutzes sollte grundsätzlich größtmögliche Naturnähe hergestellt werden. Landschaftsgestalterische Gesichtspunkte treten zurück. Es sollten alle Möglichkeiten ins Auge gefaßt werden, Nutzungen abzulösen oder wenigstens zu verdünnen und nach Entfernung beeinträchtigender Teilflächennutzungen oder Fremdkörper eine Selbstregeneration herbeizuführen. Vordringlich angestrebt werden sollte

- eine Beseitigung eventuell vorhandener Gewässer- und Hangverbauungen;
- ein Verzicht auf bzw. Rückbau von Wirtschaftswegen (insbesondere Holzabfuhr- oder Unterhaltungswegen im Taltiefsten, die sich indessen auf Grund der meist außerordentlichen Hanglabilität ohnehin verbieten);
- ein Rückzug der Holznutzung (die in vielen Teilbereichen ohnehin kaum durchführbar ist), zumindest aber eine sehr sorgfältige Vermeidung von Rückeschäden, die auf den extrem klein

strukturierten und z.T. durchweichten Schluchthängen (z.B. in Tuff-Quellfluren) beträchtlich sein können;

- eine vorrangige Renaturierung (d.h. Sich-Selbst-Überlassen) von forstwirtschaftlich geprägten Steilhangbeständen, die vorherrschend natürliche Auen-, Quell-, Schlucht- und Felshangwälder unterbrechen (z.B. Ammer- und Wertachschlucht);
- eine naturschutzverträgliche Form der Erholungsnutzung: falls aus ornithologischen Gründen nötig, Sperrzeiten und Landungsverbote für Wildwassersportler; besonders sorgfältige Wege-Lenkung des Besucherstromes und Erschließungsverzicht für besonders wertvolle, noch unbegehbare Teile.

In solchen Standorten sollte ein Verzicht auf künftige ingenieurbioologische und/oder technische Hangverbauung selbstverständlich sein. Ausnahme: Oberkantenanbrüche gefährden Straßen und Siedlungen. Rutschungen (z.B. in Tertiärmergeln an den Leitzach-, Traun-, Wertach- und Ammerdurchbrüchen, in den Tobeln des Westallgäues), Staffelbrüche, Rißspalten und dgl. gehören zur schutzwürdigen Standort- und Vegetationsdynamik und gefährden i.d.R. keine darunterliegenden volkswirtschaftlich wichtigen Objekte. Kleinere Waldabrutschungen sollten eventuell entschädigt werden, aber nicht zum Anlaß für Verbauungen genommen werden.

Dort, wo unverhältnismäßig starke Verbauungseingriffe in das Schluchtökosystem (Geschiebesperren-treppen) ausschließlich der Sicherung einer einzigen Straße gegen seltene Überschotterungen dienen (z.B. an der Südwestabdachung des Steigerwaldes/NEA, in einigen Gräben an der Tertiärleite bei Markt/ÄÖ oder bei Au/MÜ), sollte dringend geprüft werden, ob das Problem nicht mit einer Erweiterung des Straßendurchlasses gelöst werden kann und die Verbauungen aufgelassen werden können.

Eingriffe in das Wasserregime der Schluchten, Klammern, Wildflüsse und -bäche sollten nach Möglichkeit zurückgeführt oder gemildert werden. Möglichkeiten zur Auflassung von oberstromigen Ausleitungen, Stauhaltungen und Kraftwerksanlagen (KARL 1994) sollten hier vorrangig ergriffen werden.

Die Notwendigkeit der Erhaltung bestehender Wildholz-Sperren im schutzwürdigen Talabschnitt oder unmittelbar oberhalb davon sollte unter heutigen, stärker naturschutzgeprägten Vorzeichen überprüft werden.

Tobel und Schluchten mit starkem Eintrag nährstoffreicher Erosionsschlämme aus oberseitigen Ackerlagen und entsprechender Beeinträchtigung der Wasser- und Uferlebensgemeinschaften (z.B. Seitengräben des Ornautales/MÜ, einige Schluchten westlich des Starnberger Sees/STA und Rhätschluchten bei Bayreuth und Spalt/RH,WUG) geben Anlaß, zumindest die schluchtnahen Zuflußgebiete (oberstrom anschließende Kerb- und Muldentälchen) drastisch zu extensivieren und dort auf erosionsaktive Kulturarten zu verzichten. Die dem Gewässer zugeführte Kläranlagenrestbelastung

sollte dort auf das erreichbare Minimum reduziert werden, wo wenig unterhalb wertvolle Schlucht- und Klamm-Ökosysteme durchflossen werden (z.B. Rezatdurchbruch bei Wernfels/RH, Selbitzdurchbruch im Höllental/HO, Breitachklamm/OA, Entenloch/TS).

Der Kleinformenschatz innerhalb von Schluchten und Wildwasserstrecken, wie z.B. Wasserfälle, Strudelkolke, Hohlkehlen, Kalktuffablagerungen und -grotten, alte Erz- oder Kohlestollen, bedürfen keiner gesonderten "Behandlung", sondern lediglich des Schutzes vor Eingriffen und vor eventuell schädigendem Besucherverkehr. Bei Katarakten, abschüssigen Tosrinnen und Wasserfällen ist ggfs. die Aufbesserung der Restwasserdotierung vor allem in Schwachlastzeiten von zentraler Bedeutung.

#### D.4.2.1.4 Umlaufberge, fossile Talmäander

Im Grundsatz gelten die Empfehlungen aus [Kap. D.4.2.1.1](#) (S. 256). Die Freihaltung von entstehenden Eingriffen und technischen Fremdkörpern ist in diesen für die Landschaftshistorie denkwürdigen Landschaftsteilen absolut vorrangig. Teilbebauung von Abhängen oder innerhalb des fossilen Fluß- oder Stromarmes würde das großartige Gesamtensemble zunichte machen.

Die erforderliche landschaftsplanerische Sorgfalt wird häufig durch wertvolle Baudenkmäler und -ensembles in Umlaufbergen gesteigert (z.B. Lorenziberg bei Epfach/WM mit Römerdenkmälern, Kreuzweg und Kapelle, Umlaufberg Schongau).

Für großflächigen Bodenabbau sollten derartige Landschaftsteile tabu sein.

Auf Umlaufberge und fossile Stromschleifen konzentrieren sich regelmäßig besonders wertvolle (Kultur-)Biotopkomplexe (z.B. Romberg bei Lohr/MSP, Wolfsberg bei Dietfurt/NM, Sichenhalde bei Schongau). Pflege-, Biotop- und Flurgestaltungskonzepte sollten stets die gesamte schutzwürdige Landschaftseinheit, von der der eigentliche Umlaufberg nur ein Teil ist, überstreichen.

#### D.4.2.1.5 Natürliche siedlungsferne Schutt- und Schwemmkegel

Hier eingeschlossen sind die schutterfüllten Trogtäler der Bayerischen Alpen (Typ Wimbach- und Oberreintal). Diese in der kollinen und montanen Stufe absolut singulären "Urlandschaftsreste" sind Vorranggebiete des abiotischen und biotischen Naturschutzes (KORTENHAUS 1987, THIELE 1978 u.a.). Sie sollten völlig nutzungs- und eingriffsfrei gestellt werden, soweit dies ohne Gefährdung von Siedlungen, Hauptverkehrswegen und anderen vorrangig schutzbedürftigen Objekten abgeht. Ziel ist die Erhaltung bzw. Wiederherstellung einer allein von der Natur gesteuerten Dynamik aus Überschiebung, Bettverlagerung, Abtrag, Sukzession und Sukzessionsunterbrechung. Biotop-Pflegemaßnahmen sind entbehrlich, ja bis auf wenige Ausnahmefälle (bedrohte Arten, die wegen früherer Verbauungen

und mangelnder Neuüberschüttung verschwinden würden) sogar zielwidrig. Verbauungen der speisenden Bergbäche und Schuttrinnen sowie fest gemauerte, den Wasseraustausch mit dem umgebenden Schotterkörper unterbindende Stoßrinnen sollten entfernt werden, soweit sie keine triftige Gefahrenschutzfunktion (mehr) ausüben. Ruinen von naturzerstörten Quer- und Leitwerken (z.B. die 1962 zerstörte "Franzosenmauer" an der Friederlaine/GAP) sollten nicht extra ausgeräumt werden, weil dadurch neue Eingriffe entstehen.

Nicht zum vorrangigen Gefahrenschutz zählt der Schutz extensiv genutzter Flächen (z.B. von Almweiden oder Wäldern) oder von Wanderwegen vor gelegentlichen Teilüberschüttungen. Dienen Verbauungen ausschließlich solchen Zwecken, sollte ihre Entfernung geprüft werden.

Leitdämme oder befestigte Gerinne innerhalb des Schwemmkegels, die die Erneuerung der Pionierstandorte verhindern oder mindern, sollten sukzessive beseitigt werden, da sie nicht nur eventuell schutzwasserbauliche Probleme nach unten verlagern, sondern auch die Wasser- und Stoff-Rückhaltefunktion des Schwemmkegels (Auffächerung und Kapazität des unterirdischen Wasserstromes, Geschiebeakkumulation, Versiegen von Quellbiotopen am äußeren Schwemmkegelrand) einschränken. Forstliche Nutzung sollte unterbleiben oder eingestellt werden (größenteils reliktsche Spirken-, Baumwacholder- und Schneeheide-Kiefernwälder ohne nennenswerten wirtschaftlichen Wert). Natürliche Zerstörung des Baumaufwuchses (auch naturschutzvorrangiger Arten wie Spirken, Sanddorn, Engadinkiefern und Baumwacholder) oder von an seltenen Arten reichen Magerrasen durch Ausuferung und Überschotterung, ist kein Grund zum waserbaulichen Eingriff.

Dasselbe gilt für alle noch erhaltenen **unregulierten Schotterbetten der Alpenflüsse**, für die verbreiteten **Umlagerungsstrecken der Wildbäche** und für die naturnahen oder ohne größere Siedlungskonflikte wiederherstellbaren **See-Deltas** (bzw. kleinerer Mündungsschwemmkegel) an Chiemsee, Ammersee, Kochelsee, Walchensee, Tegernsee, Schliersee, Niedersonthofener Seen und Alpee bei Immenstadt. Zumindest innerhalb von Naturschutzgebieten sollten jene Abdämmungen rückgängig gemacht werden, die äußere Mündungsarme abschneiden, also den Deltafächer einengen und die Bildung unerwünschter Mündungssporne auslösen. Unerwartet auftretende Deichdurchbrüche in ungenutzten Deltabereichen, mit Hilfe derer sich die Natur gewissermaßen die abgeschnittenen Delta-Arme zurückholt, sollten als Regenerationschance begriffen werden und nicht wieder geschlossen werden (Beispiel: Ammerdelta am Ammersee).

Die querschnittsorientierten Anstrengungen zur **Revitalisierung des Reuß-Deltas** in der Schweiz sollten als Vorbild dienen.

Grundsätzlich sollten zur Sicherung und Erweiterung des Entfaltungsspielraumes von Schwemmkegeln und Deltas auch Nutzungsablösungen bzw. -ver-

lagerungen angestrebt werden (Grünlandnutzung, Forstwirtschaft, Erholung).

In einem geotop-bezogenen Band sind nur Teilaspekte der Gesamtaufgabe "Renaturierung" von Flüssen und Bächen anzusprechen. Den durch schutzwasserbauliche Sachzwänge sehr begrenzten Spielraum der Renaturierung dealpiner und alpiner Flüsse und Bäche schildert KARL (1994).

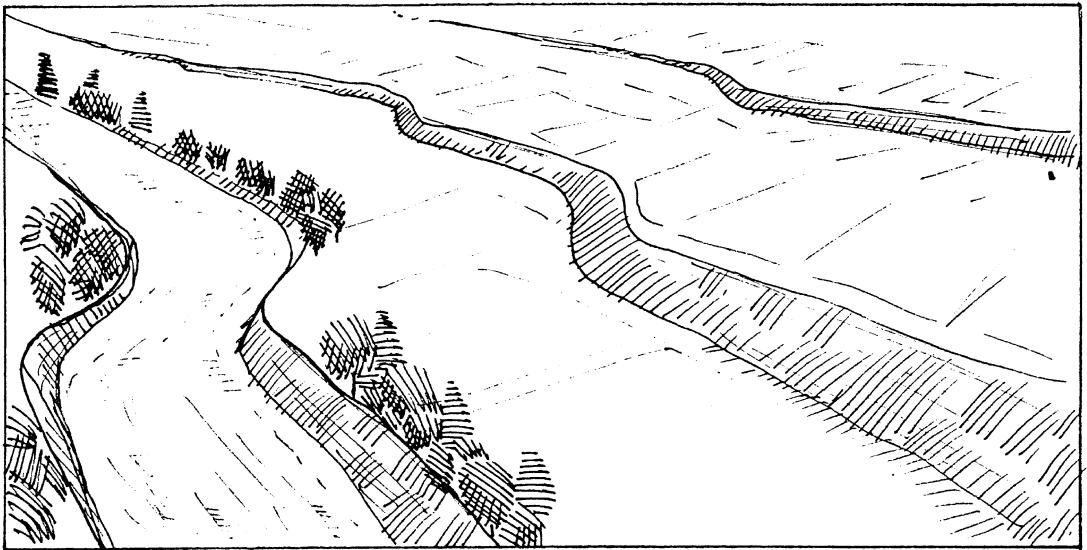
Auch die **sekundären Schwemmkegelbildungen an den Stauwurzeln alpiner Stauseen** (z.B. Wertach-, Forgggen-, Sylvenstein- und Saalachsee), die oft einen ebenfalls beachtlichen Artenschutzwert erlangen, sollten vor Eingriffen bewahrt werden (Ausnahme: zur Stauraumbewirtschaftung unerläßliche Abbaggerungen). Letztere sollte nach Möglichkeit nicht im naturschutzfachlich wertvollsten Schuttfächerbereich knapp über dem sommerlichen Stauziel, sondern in tiefergelegenen Abschnitten erfolgen, die lediglich in der winterlichen Absenkungsphase trockenfallen und dann ausgekoffert werden können.

#### D.4.2.1.6 Terrassen(stufen)

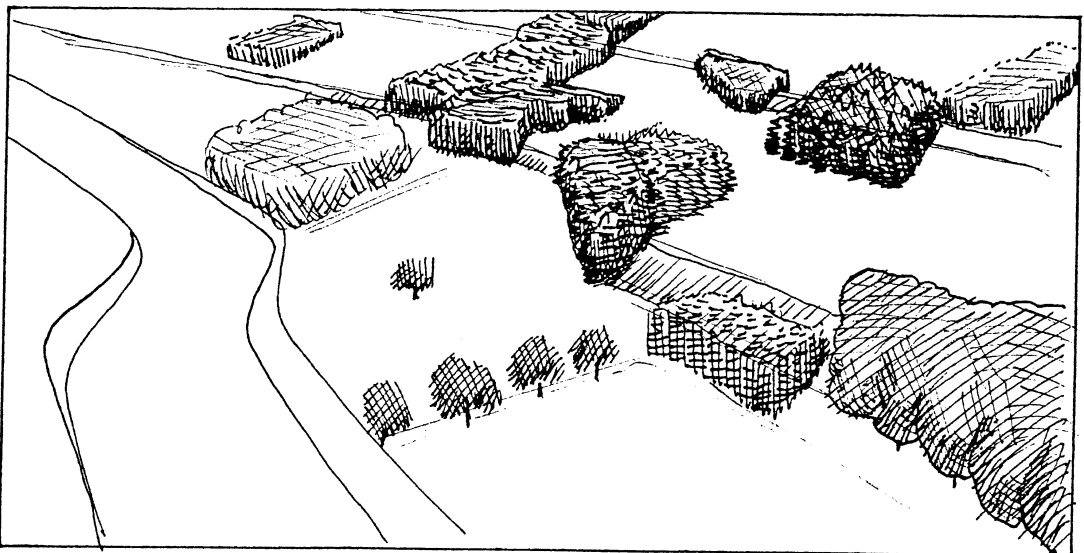
Natürliche Terrassenkanten sind als landschaftsgeschichtliche und -architektonische Schlüsselstrukturen in ihrer Durchgängigkeit und optischen Wirkung zu erhalten. Wenn irgendmöglich, sollte zumindest das flußseitige Vorfeld von massiven Bau- und Vegetationskörpern (Aufforstungen) frei bleiben.

Terrassenböschungen, die i.d.R. heute kaum mehr intensiv nutzbar sind, sollten grundsätzlich als Magerbiotope genutzt und gepflegt werden. In der Regel sollte Pflegemahd angestrebt werden. Extensivbeweidung ist jedoch insbesondere bei größeren Böschungen eine vertretbare Alternative.

Alle karbonatreichen Talterrassenkanten vor allem im Alpenraum (z.B. obere Isar, Traun, Prien, Leitzach, Vilser Ache, obere Iller), im Alpenvorland (vor allem an Isar, Lech, Iller, Inn, Alz und Salzach) und Donautal sollten **als Verbundachsen für Kalkmagerrasen**, also eines in diesen Räumen extrem zurückgedrängten Mangelbiototyps, entwickelt werden. Abschnittsweise gilt dies auch für Randterrassen nordbayerischer Täler, z.B. Untermain bei Erlenbach - Großwallstadt, Regnitz bei Pettstadt und Erlangen, die hier aber als **Sandmagerrasenverbundachsen** dienen sollten. Hierzu ist es notwendig, von noch erhaltenen Resteiden aus das Regenerationsmanagement (vgl. z.B. LPK-Bände II.1 "Kalkmagerrasen" und II.4 "Sandrasen") auf die aufgedüngten und/oder verfilzten Anschlußbereiche der Terrassenstufen auszudehnen. Solche Handlungsbereiche sind z.B. die Isarterrasse bei Grünseiboldsdorf/FS, die Innterrasse bei Seibersdorf/AÖ, PAF, die Illerterrassen im Stadtgebiet Memmingen und bei Heimertingen/MN, die Randterrassen des Isar-Mündungstrichters/DEG oder auch Randterrassen von Schmelzwassertälern (z.B. Friedinger Terrassenhang/STA).



- 1)  
Terrassentreppe zu wenig konturiert; dominantes Ufergehölzband am Fluß bleibt ohne Antwort im übrigen Talraum.



- 2)  
**Verfehlte Nutzungsentwicklung: Neuaufforstungen und Gehölzpflanzungen ohne Bezug zu den Terrassenkonturen verschleiern und fragmentieren die schutzwürdige Terrassengliederung. Biotopverbundwirkung für Offenlandarten fast völlig unterbunden.**

#### Abbildung D/17

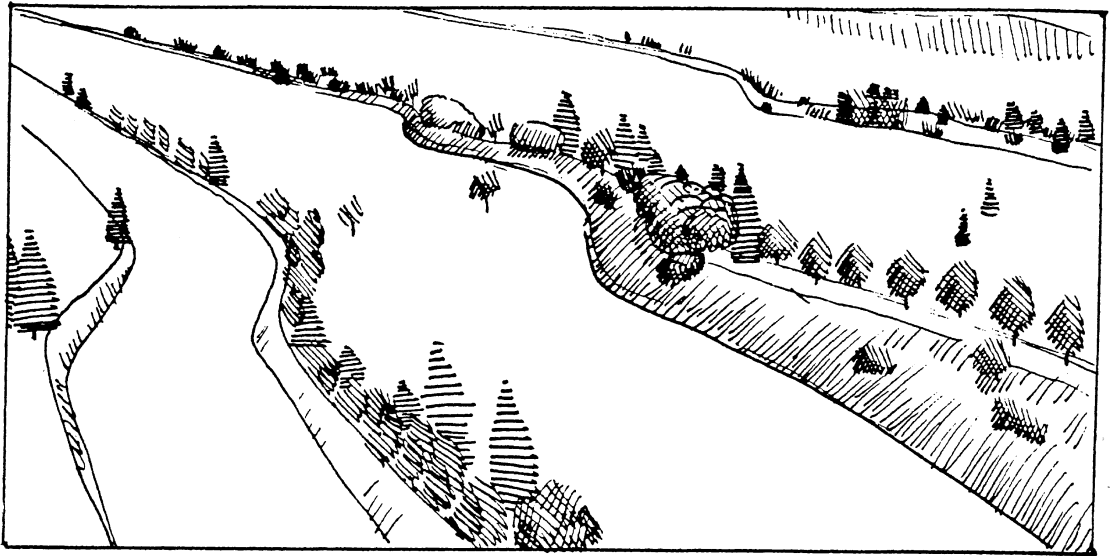
#### Gestaltung von Terrassenböschungen

Dazu sind manchmal auch entschädigungspflichtige Beseitigungen jüngerer Fichtenmonokulturen, die die Terrassenstruktur völlig verschleiern, im Zusammenwirken mit den Forstbehörden anzustreben, so z.B. an den Lechterrassen bei Dornstetten/LL, Denklingen/LL und Prem/WM. Entbuschungen sind an vielen, als Trockenverbundlinien unverzichtbaren Talrandterrassen unverzüglich in Angriff

zu nehmen, z.B. ehemalige Lechrandterrassen N Füßen und Schwangau/OAL.

Terrassenfluren mit Quellaustritten und Hangquellmooren (z.B. E Brunnen/OAL, Hechenberger Leite/TÖL, Schwepfinger Terrasse/AÖ, Alzgerner Bach/AÖ) erfordern wegen ihrer komplexen Ökotonstruktur und oft besonders seltener Arten eine besonders sorgsame Pflege.





D/17

3) Ideale Entwicklung: Magerrasenbänder an den Terrassenstufen zusätzlich durch lockere Gehölzstrukturen abgepuffert und konturiert. Anthropogene Linearstrukturen, wie z.B. Alleen und Heckensysteme, nehmen zumindest teilweise die Richtung der Terrassenkanten auf. Größere Gehölzelemente im oberen Kantenbereich oder unmittelbar hinter der Oberkante konzentrieren.

Ein Gestaltungsziel für Terrassenlinien wird in [Abb. D/17](#) (S. 264) dargestellt.

Ein landschaftspflegerischer Sonderfall sind Terrassentreppen mit geringem Abstand zwischen den einzelnen Stufen bzw. fossilen Flußniveaus. Ähnlich wie engständige Rankentreppen (vgl. LPK-Band II.11 "Agrotöpfe") sollten sie als Einheit entwickelt und keinesfalls durch Bebauung oder andere störende Umnutzung auf den Terrassenflächen unterbrochen werden. Hier bietet sich eine entschiedene Extensivierung im Gesamtbereich an, etwa in der Art, daß die Plateauflächen bis auf Magerwiesen- oder ackerwildkrautreiches Extensivackerniveau, die Böschungen bis zu Magerrasenniveau entwickelt werden. Solche Entwicklungsbereiche befinden sich z.B. am fossilen Lechprallhang N Schongau/WM.

Ein weiterer charakteristischer Sonderfall sind Randterrassen naturnaher Auen(wald)bereiche, die diese großen Biotopkomplexe nach außen begrenzen, z.B. Prittriching/AIC, A, Fellheim/MN, Gerfölnig - Hohlohberg/ND, IN, EI, Klosterlechfeld/LL, untere Alzauen/AÖ, Volkmannsdorferau/FS, LA.

Terrassen geringer Sprunghöhe und relativ geringer geomorphologischer Leitlinienwirkung in agrarintensiven Landschaften mit völliger Verdrängung von Magerstandortzeigern sollten als Feldgehölzbänder herausgehoben werden. Ideal ist hier die ungelinkte Ansiedlung und Ausbreitung von Gebüsch und Bäumen. Im Falle von Pflanzung sollte auf ein nicht zu schematisches Erscheinungsbild mit Unterbrechungen, Aufweitungen und dgl. geachtet werden.

Für den Kies- und Sandabbau sollten Terrassenkanten als Tabuzonen gelten. Alternative Abbaustandorte

siehe LPK-Band II.18 "Kies-, Sand- und Tongruben" ([Kap.D.4.2.1](#)).

Massive Durchschneidungen mit Straßen- und Schnellbahneinschnitten sollten möglichst vermieden werden. Selbstverständlich beeinträchtigt auch starke Bebauung und Gewerbeansiedlung im direkten Vorfeld die landschaftliche Wirkung. Neubaugebiete in Dörfern sollten möglichst senkrecht zu den landschaftlich dominanten Terrassenkanten ausgewiesen werden (z.B. Wertachterrassen N Kaufbeuren, Lech-Hochterrassen Schwabmünchen-Landsberg).

Terrassenkanten liefern auch für die Planung in Siedlungsbereichen verbindliche Vorgaben. Alte Terrassensiedlungen (meist entlang der Oberkante) sollten nicht ohne Not mit Neubaugebieten den Terrassenhang oder dessen unmittelbares flußseitiges Vorfeld besetzen. Noch offene Terrassenkanten im Siedlungsbereich gehören zu den obligatorischen Freihaltezonen der Landschafts-, Dorf- und Städteplanung (Beispiele: Isarkanten in München, Rednitz- und Pegnitz-Randstufen in Nürnberg-Fürth-Erlangen-Möhrendorf). Als Erholungskorridore sollten sie denselben Stellenwert einnehmen wie Fließgewässer (vgl. [Abb. D/18](#), S. 266).

#### D.4.2.1.7 Auen-Kleinformen, Flutrippel und Seigen

Dieser empfindlichste, am leichtesten durch Nutzungsänderungen auslöschbare Teil des fluvialen Formenschatzes kann immer wieder nachgeschaffen werden, wo die Hochwasserenergie noch frei im Talraum wirken kann. Die morphogenetische Kraft der noch unkanalisierten und noch nicht hochwasserfreigelegten Bach- und Flußabschnitte sollte endlich nicht nur als Hemmnis der intensiven land-



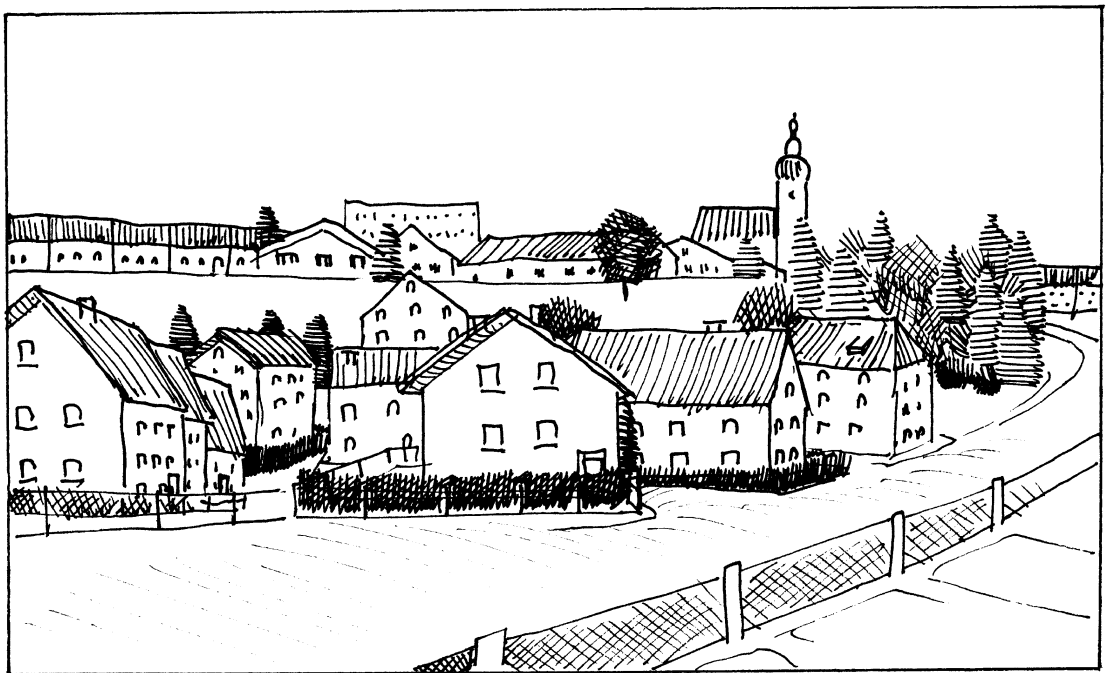
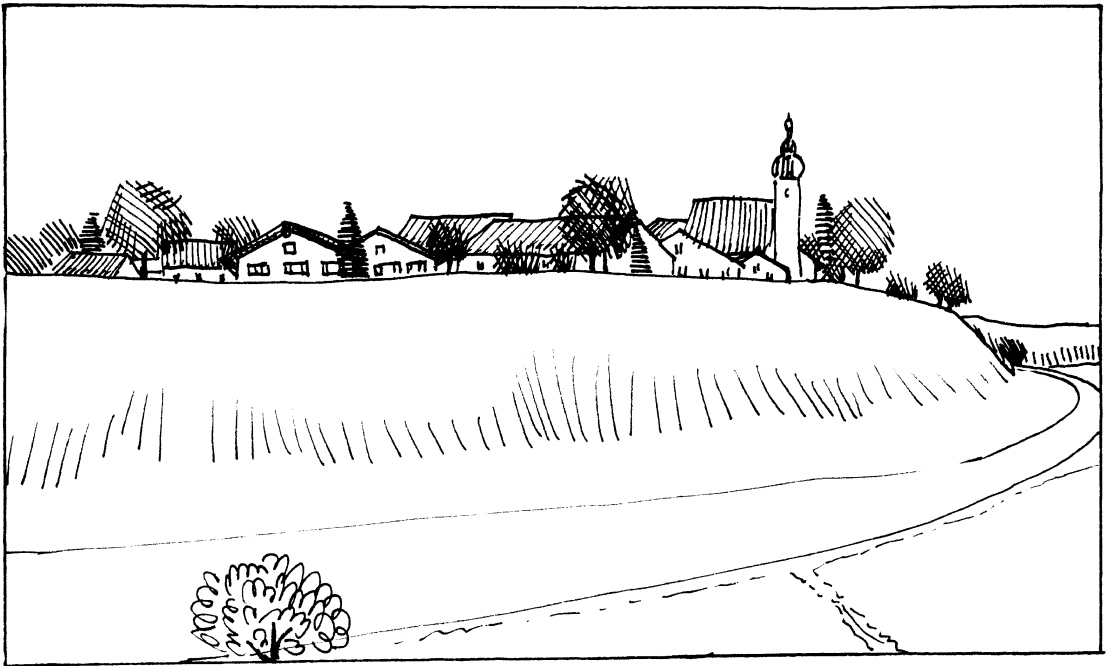


Abbildung D/18

#### Notwendige Freihaltung von Terrassenböschungen im Siedlungsbereich

Oben: Siedlungsentwicklung schont die untere Terrassenstufe und damit das freie Sichtfeld auf die Terrasse von unten her. Dies wird möglich durch eine Entwicklungsrichtung auf der Hochterrasse, aber überwiegend rechtwinklig zur Terrassenkante.

Unten: Das Dorf "schwappet über"; der Terrassenrand verschwindet weitgehend hinter neuen Baukulissen. Er hat seine traditionelle siedlungsbegrenzende Funktion verloren.

wirtschaftlichen Nutzung, sondern als biotop- und landschaftsstrukturierendes, schutzwürdiges Potential angesehen werden. Nach außergewöhnlich dynamischen Hochwasserereignissen neu auftretende Skulpturierungen des Talbodens (Übersandung, Überkiesung, Auskolkung und Rinnenbildung) sollten nicht wieder einplaniert, sondern durch unverzügliche Übernahme in die Extensivierung (z.B. als Schafweide) oder den Vertragsnaturschutz vor erneuter intensiver Nutzung bewahrt werden. Auf diese Weise wäre beispielsweise an Main, Regnitz und Pegnitz eine relativ ausgedehnte Regenerierung der selten gewordenen mageren Auenwiesen, z.B. der Graselken-Schwingel- oder Graselken-Glatthäferwiesen möglich. Fossile Auenreliefbereiche erfordern reliefchonende und sehr extensive Dauergrünland- oder Magerrasennutzung.

#### D.4.2.2 Pflege- und Entwicklungsmaßnahmen

Ein Großteil der zielführenden Zustandsverbesserungen wird bereits im vorigen Kapitel angesprochen. Viele der aufgeführten Maßnahmen sind im Prinzip in Kombination mit Vereinbarungen nach dem Bayerischen Vertragsnaturschutz- und dem Kulturlandschaftsprogramm, die hier nicht im einzelnen aufgeführt werden müssen, umsetzbar.

Quellbereiche:

### D.5 Modellprojekte

Im Rahmen seines "Bayerischen Quellenschutzprogrammes" nimmt sich der Landesbund für Vogelschutz (in Zusammenarbeit mit der Gesellschaft für Quellökologie) des vielfach denaturierten Biotops und Geotops Quellbereich an. Mehrere hochwertige aber auch beeinträchtigte Quellgebiete wurden bereits angekauft (z.B. im Frankenwald, in der Rhön, im Steigerwald). Teilweise konnten Renaturierungsmaßnahmen ein-

Wo immer möglich, Ablagerungen, Verbauungen und Fassungen rückbauen, z.B. Weißlaabertal N Dietfurt (Verrohrung, Betonfassungen usw.), Karstquelle "Muschelquelle" E Steinbach/AS (rechteckige Betonmauer), Karstquelle am Ortsausgang Loch Richtung Hollfeld/BT (Betoneinfassungen, Schalen und Verrohrungen entfernen), Ponordoline am Waldrand W Böhmfeld/EI (Müll, Astschnitt), Karstquelle bei der Bahnbrücke Möhren/WUG (Entfernen künstlicher Aufschüttung). Unnötige Verrohrungen durch Brücken ersetzen (z.B. Karstquelle zwischen Schambach und Flemmühle/WUG). Auch nur periodische Wasserschlingen und Bachschwinden sorgfältig freihalten.

Aufschüttungen im gesamten Hoch(Schmelz)wasserabflußprofil von Trockentälern sorgfältig vermeiden, da unnötige Sedimentfracht in den Karstwasserwegen vermieden werden muß.

Renaturierung von Teichen, z.B. im natürlichen Zulaufgraben der Ponordoline E Böhmfeld/EI (Teichbewirtschaftung und Schlammaustrag bedeutet zusätzlich Risiko für Karstwasser und Lebensgemeinschaften des Karstwassersystems).

Enge Sohlentäler, Trockentäler, Karsttäler: Verzicht auf Wirtschaftswegebau im Talgrund oder Talrand; allenfalls schmale Fuß- und Radwege.

Rückbau der Erschließungswege für wasserwirtschaftliche Projekte nach deren Beendigung insbesondere im alpinen Bereich.

geleitet werden (HOTZY 1995). Systematische Zustands- und Bestandsaufnahmen wurden z.B. bereits für den gesamten Lkr. FÜ durchgeführt. Ab 1994 inventarisieren LBV-Kreisgruppen Quellstandorte in ihren Wirkungsbereichen.

Artenhilfsprojekt *Cochlearia bavarica* und *C. pyrenaica* (R. STROHWASSER, R. BERG); u.a. STROHWASSER (1993).



## E Karstformen und Höhlen

### *Steter Tropfen höhlt den Stein.*

Der gesamte Lkr. Eichstätt, große Teile der Landkreise DON, DLG, ND, PAF, KEH, NM, AS, R, LAU, FO, BA, LIF, BT, WÜ, MSP, GAP, die Stadt Salzburg und viele andere Gemeinwesen, insgesamt viele hunderttausend Menschen in Bayern, werden mit Karstgrundwasser versorgt. Sie hängen von der Intaktheit und schonenden Behandlung von Dolinen, Höhlen, Karstquellen und anderen Karstelementen ab. Geotop- und Biotoppflege sind hier direkt mit der menschlichen Existenzsicherung verbunden. Naturschutz betritt hier gewissermaßen das "Reich des Unterirdischen". Gewässer- und Trinkwasserschutz werden zum zentralen Aspekt der Landschaftspflege (WILLIAMS et al. 1994). Die notwendige Rücksichtnahme bestimmter Bodenutzungen auf die **spezifische geogene Landschaftsempfindlichkeit** schafft gleichzeitig Rahmenbedingungen für den Geotopschutz ("Dolinenpflege" ist eben nicht nur das Sauberhalten der Trichterform). Die Handlungsaussagen müssen daher deutlich über die äußerliche Behandlung natürlicher Einzelschöpfungen hinausgehen.

"Verkarstung" wird im Volksmund fälschlich mit Übernutzung und Bodenzerstörung gleichgesetzt. Alle im folgenden angesprochenen Elemente sind aber fast ausnahmslos natürlichen Ursprungs. Sie sind die eindrucksvolle und vielgestaltige Hinterlassenschaft der chemischen Auslaugungsarbeit des Wassers über viele Jahrmillionen, die in Bayern zumindest bis zur Triaszeit zurückverfolgbar ist ("Steter Tropfen höhlt den Stein"): **Hohlformen** wie z.B. Schlotten, Dolinen, Erdfälle, Poljen, Hohlkehlen (an der Oberfläche), Höhlen und Grotten (unterirdisch) und **Vollformen**, z.B. herauspräparierte

Schwammriffkuppeln und bizarre Felsen als Überreste ehemaliger Landoberflächen, messerscharfe Rippen auf linear ausgelaugten Kalkflächen (Schratten) und andere Kleinstformen sind Funktionselemente und Kennmarken einer Karstlandschaft.

**Höhlen** werden in der Überschrift und in vielen nachfolgenden Kapiteln gesondert angesprochen, weil

- sie im Gegensatz zu den meisten anderen Karstelementen eine "Lobby" haben (Höhlenforscher und -liebhaber);
- ihre Gefährdung, Erhaltung und Pflege ganz andere Zielgruppen betrifft als bei heute oberirdischen Karstformen;
- sie von allen Geotoptypen Bayerns am eingehendsten und genauesten inventarisiert sind (vor allem im Rahmen der Höhlenkataster der speleologischen Vereinigungen Nord- und Südbayerns);
- die spezielle troglophile (höhlenbewohnende) Lebewelt im Gegensatz zu anderen Karststandorten nicht durch Biotoptypen anderer LPK-Bände mit abgedeckt wird.

Zumindest teilweise in andere Bandteile und LPK-Bände integriert sind Karstfelsen (siehe Teil F), Bachschwinden, Hungerbrunnen und Karstquellen (siehe LPK-Band II.19 "Bäche und Bachufer" sowie Bandteil D), karstwassergespeiste Stillgewässer (siehe "Stehende Kleingewässer" LPK-Band II.8), Aussinterungen, Kalktuffbildungen (fällen die im Karst ausgelaugten Stoffe wieder aus, kommen aber auch in anderen Landschaften vor (vgl. Teil A und D sowie LPK-Band II.9 "Streuwiesen").

### E.1 Grundinformationen

Nach Flächenanteil und Formenvielfalt ist Bayern neben Baden-Württemberg das repräsentativste Bundesland für die durch unterirdische Auslaugung in lösungsfähigen Gesteinen bedingten Formen und Erscheinungen. Auf ca. 1/5 der Landesfläche kommen verkarstungsfähige Gesteine entweder oberflächlich oder nahe der Oberfläche vor.

Diese Landesteile sind dicht bis zerstreut mit Karstformenelementen übersät. Wie weit Karsterscheinungen auch seit jeher in den menschlichen Alltag hineinreichen, kommt durch eine Vielzahl volkstümlicher Namen für Karsterscheinungen zum Ausdruck: Erpfel, Loch, Sink-, Schling-, Schauergrube, Reindl, Raundl für (Ponor-)Dolinen, "Löcherwiese" für Kleindolinenfelder.

Eine spezielle Herausforderung der bayerischen (und baden-württembergischen) Karstlandschaften im internationalen Vergleich ist ihre z.T. intensive

landwirtschaftliche Nutzung, die mit den Zielen des Geotop- und Ressourcenschutzes oft nur schwer in Einklang gebracht werden kann.

Damit ist ein zentrales Problem der Landschaftspflege in Karstgebieten angesprochen: Mit dem Schutz kleinflächiger Einzelformen ist es nicht getan. Er genügt nur in Landschaften, wo Karsterscheinungen, wie z.B. Höhlen, Auslaugungsschächte und Dolinen, lediglich zerstreute "Zutaten" darstellen, z.B. im Allgäuer Molassevorland, im Main-Taubergäu, in den paläozoischen Kalkinseln des Grundgebirges. Dagegen erfordern die gesamtheitlich karstgeprägten Landschaften zusätzlich **Nutzungsrück-sicht auf größerer Fläche**. Landschaften wie die Hersbrucker-, Wiesent-, Oberpfälzer und Eichstätt Alb, das Gottesackerplateau/OA und Steinerne Meer/BGL, die Plattenkalkkämme des Vorkarwendels oder das Laubensteingebiet im Chiemgau sind sowohl im Großen wie im Kleinen von Karster-

scheinungen geprägt. Hier fällt das Herausgreifen einzelner Formelemente für den Naturschutz viel schwerer, ja, es kann von den Vorrangaufgaben einer am erdgeschichtlichen Gesamt-Ensemble orientierten Landschaftspflege und -entwicklung ablenken.

### E.1.1 Charakterisierung, Karstformenspektrum in Bayern

Als Karst wird eine Abtragungslandschaft bezeichnet, deren spezifischer und sehr reichhaltiger Formenschatz hauptsächlich auf Lösungsverwitterung in löslichen Gesteinen (Korrosion), nur untergeordnet auf Erosion zurückgeht. Zum rechnerischen Abtrag von 1 m pro 70 000 Jahre trägt die flächenhafte Lösung (Denudation) nur einen Teil bei. Dominierend ist die unterirdische Auflösung vor allem durch Mischungskorrosion, d.h. durch Mischung verschiedener Wässer, die infolge unterschiedlicher CO<sub>2</sub>-Gehalte unterschiedliche Kalkmengen gelöst haben, wobei aggressive Kohlensäure frei wird (BRONNER 1988). Die Mischungskorrosion bildet Höhlen, Schächte und unterirdische Flußsysteme heraus. Die Entwässerung erfolgt vorwiegend unterirdisch, die Flußdichte an der Oberfläche ist meist sehr gering, Wassermangel, wassergüte- und wassermengenwirtschaftliche Engpässe (u.a. bei der Trinkwasserversorgung) machen besiedelte Karstlandschaften zu besonderen Problemregionen der Raumentwicklung. Karstgebiete unterscheiden sich geomorpho-

logisch in charakteristischer Weise von anderen Gebieten.

Die **rezente** Verkarstungsaktivität ist unmittelbar an humide Klimabedingungen (kühl-feucht, hohe und relativ stetige Niederschläge) gebunden, ist also im Randalpenbereich am deutlichsten. Präglazial herausgebildete Karstlandschaften, wie Teile der Tauber- und Wern-Lauer-Platten, der Gipskarst im Steigerwaldvorland, die Altmühl- und Oberpfälzer Alb, sind heute aber eher arid und subkontinental getönt. Somit ergibt sich die scheinbar paradoxe Situation, daß Karsterscheinungen einerseits in nordbayerischen Xerothermgebieten mit Steppen- und Halbtrockenrasen assoziiert sind (z.B. das Trockenrasenschwerpunktgebiet Velburg - Hohenfels, Gips-hügelsteppen), andererseits aber dicht neben, ja sogar inmitten aktiv wachsenden Mooren und anderen Feuchtgebieten liegen (z.B. Moosen- und Priesbergalm/BGL, Hemmersuppen- und Winkelmoosalm/TS, Höhen bei Saulgrub/GAP, Mittenwalder Talkessel/GAP, Untere Gottesackerwände - Piesenkopf / OA und Hirschwangplateau im Ammergebirge/OAL).

Im bedeckten Karst (unter einer Humus- und Vegetationsschicht) ist die Korrosionstätigkeit aktiver als im nackten Karst, da das Sickerwasser zusätzliches CO<sub>2</sub> aus der mikrobiellen Humuszersetzung aufnehmen kann.

Das **Alter** der für Bayern typischen Karsterscheinungen ist recht unterschiedlich. Mesozoische (erd-

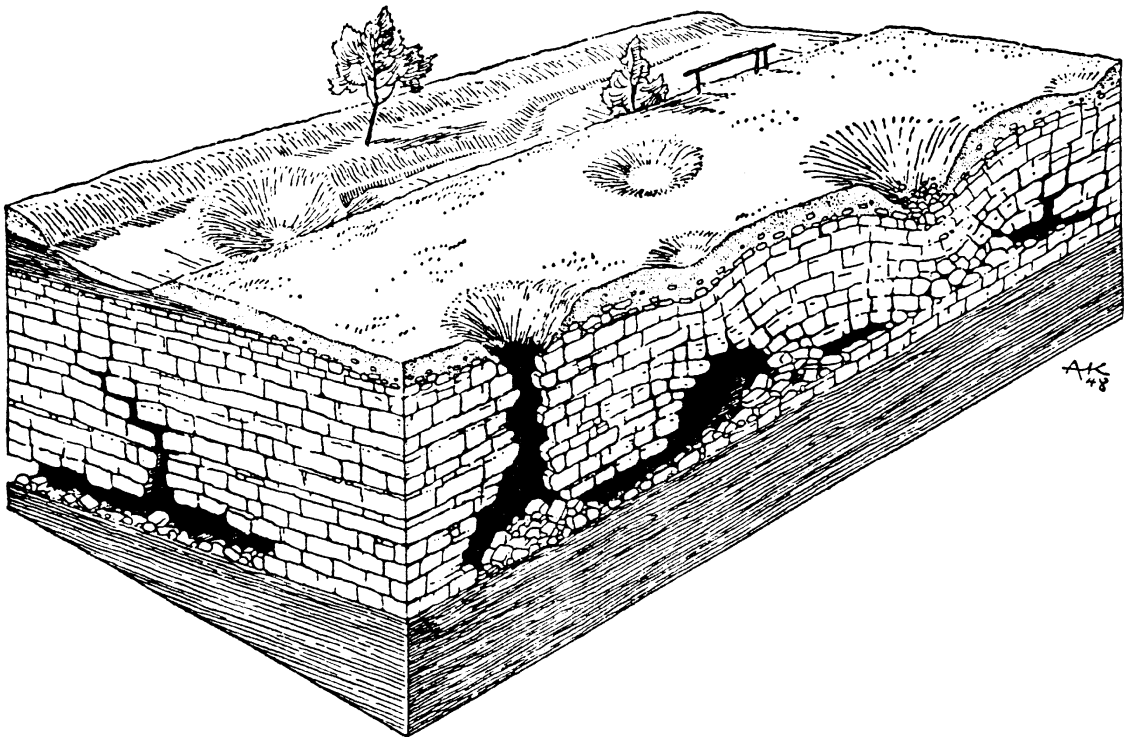


Abbildung E/1

**Blockbild einer Karstlandschaft** (aus WAGNER (1960): Einführung in die Erd- und Landschaftsgeschichte.- Vorn: Naturschacht; Mitte: Einsturzdoline im Werden; rechts: Einsturzdoline voll entwickelt; unten: Höhle; Hinten: Trockental mit Dolinen.

mittelalterliche Verkarstung läßt sich in den Bayerischen Alpen beispielsweise im Berchtesgadener Nationalpark durch bunt gefärbte Verwitterungsschlote im Dachsteinkalk nachweisen.

In der Fränkischen Alb begann die erste Verkarstungsphase direkt nach dem Auftauchen der Malmkalke aus dem Jurameer vor ca. 140 Mio. Jahren (= Beginn der Kreidezeit) unter feucht-tropischen Klimaverhältnissen. Der damals entstandene typische Tropenkarst wurde anschließend durch Sedimente der Mittel- und Oberkreide überlagert. Das Gros der landschaftspflegerelevanten Karsterscheinungen ist auf die zweite, die känozoische (erdneuzeitliche) Verkarstungsphase zurückzuführen, die zum Teil nach der alttertiären Freilegung der Juragesteine einsetzte und bis heute andauert (KEMENY 1986; HABBE 1989).

Holozäner bis rezenter Karst wird überall dort unterscheidbar, wo oberirdische Karsthohlformen auf späteiszeitlich oder nacheiszeitlich geschaffenen oder freigelegten Landoberflächen ausgebildet sind (z.B. Dolinen in alpinen Karen und auf eiszeitlich geformten Molassehärtlingen, Buckelfluren und flache Erdfälle auf jungen, u.U. erst 1000 Jahre alten Talalluvionen, z.B. im Graswangtal/GAP, in der Laubau/TS und Kloaschau/MB, Rinnenkarren auf Felsflächen, die erst in historischer Zeit durch Überweidung wald- und bodenfrei wurden). Vgl. hierzu u.a. EBERS (1959) sowie ZECH & WÖLFEL (1974). Die rezente Auslaugungsarbeit belegen jene Geländedellen, die sich erst nach der Planie der Buckelfluren in den 1930er Jahren beispielsweise bei Pfronten/OAL und Klais/GAP gebildet haben oder die immer wieder neu einbrechenden Dolinen der Forchheimer und Weismainalb.

Die **Lösungsfähigkeit der Gesteine** hängt nach PFEFFER (1978) im wesentlichen ab von:

- 1) Chemismus und Kristallstruktur
- 2) Reinheit  
In reinen Kalken bilden sich die Auslaugungsformen leichter als in Mergelkalken. In der Alb bei Dornstetten fand GEYER (1955) 80 % aller Dolinen im dichten reinen Massenkalk des Oberen Malm, der aber nur 25% des Untersuchungsgebiets umfaßte. Das restliche Viertel entfiel auf die durch Mergelzwischenlagen verunreinigten Bankkalke. Die großräumig höchste Dichte an Dolinen bzw. Karstschächten findet sich in Bayern im relativ reinen "Eichstätter/Solnhofer Schiefer" im Raum Schernfeld - Pollenfeld (EI), im Platten-, Wetterstein-, Dachstein- und Schratenkalk der Bayerischen Alpen (z.B. Gottesacker, Steinernes Meer, Estergebirge, Hochplatte). Viel zerstreuter bilde(t)en sich Dolinen im tonreicheren Oberen Muschelkalk Mainfrankens und des Obermainischen Bruchschollenlandes.
- 3) Bankung, Klüftung und Wasserwegigkeit des Gesteins  
Je klüftiger oder poröser, desto wasserwegiger, desto größer die innere auslaugbare Gesteinsoberfläche. Klüfte und Störungslinien verraten sich

manchmal durch äußerliche Karsterscheinungen (z.B. Dolinen-Reihen).

- 4) Mesoklima, Niederschläge, Außen- und Hohlraumtemperatur  
Häufige Niederschläge (mit atmosphärisch transportierten Säuren) und nachhaltige Einsickerung in die vorhandenen Spalten begünstigen die Karbonatlösung. Hinzu kommen von Wurzeln, Humus- und Torflagen abgegebene Säuren. Zusätzlich steigert Kühle die Aggressivität und Kohlen säurekapazität der gesteinspassierenden Lösung.
- 5) Vegetations- und Bodenbedeckung  
Bei mikrobiellen Umsetzungen im Oberboden freigesetzte Säuren, saure Wurzelauausscheidungen und Huminsäuren aus Torfen steigern die Lösungskapazität. Bei der Bodenpassage absorbiert das Niederschlagswasser zusätzliches Kohlendioxid (saure Wurzelauausscheidungen!) und erhöht damit seine Lösungsggressivität.
- 6) Rauigkeit der Gesteinsoberfläche, Fließgeschwindigkeit des Wassers

**Lösungsfähig** sind vor allem Karbonatgesteine (Kalk, Marmor, begrenzt auch Dolomit, manchmal verfestigte Seekreiden und kalkreiche Grundmoränen, alteiszeitliche Nagelfluhen), Kalziumsulfatgesteine (Gips, Anhydrit) und Salzgesteine (Steinsalz), z.T. aber auch kalkreiche Mergel und Konglomerate der oligozänen subalpinen Molasse. Karstähnliche Subrosion (allerdings eher als unterirdische Ausspülung und weniger als chemische Auslaugung) findet sogar in Torfkörpern (Mooren) der Alpen-, Mittelgebirgs- und Alpenrandzone statt. Davon zeugen "Moordolinen", Untermoorkanäle und Spaltenerscheinungen (z.B. Zwieselter Filz/REG, Kemptener Wald und Allgäuer Alpen, Benediktenwand-Vorland/TÖL).

Aufgrund ihrer extremen Lösungsgeschwindigkeit (180 mal höher als bei Kalken) können sich Steinsalze in unseren Breiten nicht an der Oberfläche halten, da sie sofort von Niederschlägen aufgelöst werden. Zurück bleiben Rückstände in Form des sog. Gipshutes, einer dichten Mischung von Ton und Gips, der das unterirdische Salzlager abdichtet und damit vor allzu rascher Auslaugung schützt (BÖGLI 1978). Nachsackungserscheinungen an der Erdoberfläche markieren in der Tiefe weggelöste Schichten. In Bayern beschränkt sich die Salzverkarstung auf die tektonische "Berchtesgadener Einheit" im Alpenpark/BGL.

Der in der Natur als Primärsediment vorliegende Anhydrit (z.B. Raibler Rauhwacken der Bayerischen Alpen, Grundgips des Keupers, Zechsteingips) verwandelt sich durch Wasseraufnahme bei gleichzeitiger Volumenvergrößerung zu Gips. Mit diesem Umwandlungsprozeß sind Dehnungen und Pressungen verbunden, die die Überwachsung erschweren und offene Bodenstellen begünstigen (Beispiele: Grenzstreifen und Kapellenberg bei Alsbleben/NES, Sulzheimer Gipshügel/SW), ja sogar Hangbewegungen in den Bayerischen Alpen begünstigen.

Gips ist in reinem Wasser 10-30mal löslicher als Kalk (BÖGLI 1978), oberflächlich sehr klüftig,



neigt zu Schlotten- und Höhlenbildung, zur Tapetenbildung (z.B. in Gipskarstgrotten), aber auch zu raschem Zerfall (mehrere Erdströme der Bayerischen Alpen sind durch Gipsauslaugung mitbegünstigt). Die Auslaugung der gipshaltigen alpinen Raibler Rauhwacken erzeugt die charakteristischen Löcher an der Gesteinsoberfläche, andererseits aber oft weitreichende Karstkanäle sowie Sulfatwasser- austritte in Schwemmkegeln vor dem Alpenrand (z.B. in den Kendlmühlfilzen/TS nach dem Torfabau). So wie Kalktuffbildungen zur Kalkauslaugung, gehören zur Gipslösung die "**Schwefel-(Stinker-)quellen**" (z.B. Alatsee - Faulenbachtal/OAL, Eschenlohe/GAP. **Gipshöhlen** des Gipskeupergebietes (vor allem Steigerwaldvorland) verlaufen nahe der Oberfläche und sind bei den Landwirten wegen der Gefahr des Einbrechens mit dem Schlepper gefürchtet (mdl. Mitt. in Marktnordheim/NEA). Hier sickert Oberflächenwasser vertikal durch unzählige Gipsschlotten (= Geologische Orgeln) nach unten, um dort über weniger auslaugungsfähigen Steinmergelbänken horizontale Schichtfugengerinne (später vielverästelte Höhlen- und großflächige Kavernensysteme) zu bilden, in die gelegentlich Erdfälle hineinbrechen. "Es gibt Berichte, daß Tiere, landwirtschaftliche Fahrzeuge, ja sogar Menschen plötzlich im Acker eingebrochen sind" (Erl. Geol. Karte Bl. 6428 Bad Windsheim, GLA 1969).

Gips, Anhydrit und Steinsalz tauchen zwar in den geologischen Karten, wenn überhaupt, nur kleinflächig auf. Ihr höchst eigenartiger Karstformenschatz sollte aber nicht unterschlagen werden, auch wenn im folgenden meist vom vorherrschenden Kalkkarst die Rede ist.

Kalk (Calciumkarbonat) ist in reinem Wasser schwer, Dolomit (Ca-Mg-Carbonat) noch schwerer löslich. Die Auslaugung wird durch gelöste Kohlensäure (und organische Säuren) sowie relativ niedrige Temperaturen gefördert. Die Verkarstung ist deshalb in den alpinen Hochlagen (hohe Niederschläge, lange Abschmelzperioden, Huminsäure- und Kohlendioxid-Anreicherung beim Wasserdurchtritt durch Humus-auflagen) rezent besonders wirksam. Vielleicht wird auch aus diesem Grunde die Dolinenbildung im Kontakt zu Mooregebieten begünstigt.

Beim **Lösungsvorgang** reagiert das lösungsfähige Gestein mit Wasser oder mit Wasser und einer Säure. Rein wasserlöslich sind nur Steinsalz und Gips, Karbonatgesteine lassen sich dagegen nur bei Säurezusätzen auslaugen.

Von zentraler Bedeutung ist die Kohlensäureverwitterung. Das kohlensäurehaltige Wasser löst den Kalk in Form von Kalziumhydrogenkarbonat. Da kaltes Wasser mehr Kohlensäure aufnehmen kann als warmes, entweicht diese teilweise bei Erwärmung, so auch an Grundwasseraustritten. Kalkübersättigung tritt ein, und der gelöste Kalk fällt als sandig lockere Quellkreide in Fließ- und Stillgewässern, als fester Sinter (Travertin), porös-lückiger Tuff oder Bergmilch aus. Allerdings wird auf diese Weise nur ein geringer Teil des Substanzverlustes im Nahbereich der Auslaugung "zurückgegeben".

Drei **Grundformen der Karstlandschaften** spielen in Bayern eine Rolle:

Nackter oder unbedeckter Karst: Entsteht auf und unter vegetationsarmen Oberflächen, d.h. das lösungsfähige Gestein ist direkt dem atmosphärischen Angriff (einschließlich der Frostsprengung) ausgesetzt. Heute in Bayern fast nur mehr im Hochgebirge. Schwerpunkte: Plateaugebirge der Berchtesgadener Alpen (vor allem Hagengebirge - Steinernes Meer), Estergebirge, Gottesackerplateau, Wettersteingebirge (z.B. Zugspitzplatt), kleinflächiger im hohen Ammergebirge. Teilweise ist die Vegetationsarmut auf frühere intensive Weide- und Holznutzung zurückzuführen.

Bedeckter Karst: Hier wird das lösungsfähige Gestein von den eigenen Verwitterungsprodukten (Lehm, Ton) oder von jungen zusammengeschwemmten Ablagerungen (=Kolluvium) überdeckt. Auf dem Lockermaterial entwickeln sich Böden, die eine mehr oder weniger dichte Vegetation tragen. Auf der Flächenalb, im Muschelkalk und in den Kalkalpen sehr verbreitet. Hierher gehören auch die **Schlotten** (senkrechte Auslaugungsröhren und -schächte) des Grundgipses in Franken, die besonders schön im westlichen Steigerwaldvorland bei zufälligen Ausschachtungen, Abbauvorbereitungen und Auskoffernungen auch an die Oberfläche treten. Hier setzt die Auslaugung ebenfalls bevorzugt an Gesteinsklüften an und führt zu einer langsamen Tieferlegung der gesamten Gipslage. In die Lösungshohlformen senken sich im Laufe der Zeit die darüberlagernden verwitterten Schichten. An der Oberfläche zeichnen sich gelegentlich schüsselförmige Einsenkungen (Dolinen) ab.

Den Gipsschlotten sehr ähnlich, aber häufig natürlich aufgeschlossen sind die "**Geologischen Orgeln**" altzeitlicher Nagelfluhen, die als Zeugen fossiler Landoberflächen, zwischenzeitlich von jüngeren Glazial- und Alluvialsedimenten überlagert, an Talhängen der Altmoränen-, Hochterrassen- und Riedellandschaften, manchmal auch innerhalb der Jungmoränengebiete sowie beim Abtrag von Verwitterungslehmen (z.B. Schulneubau in Traunstein) zutage treten.

Unterirdischer Karst: Bezeichnend für den unterirdischen Karst sind Höhlenbildungen und eine ausgeprägte Karsthydrographie.

Karsthydrographisch gesehen unterscheidet man 3 Stockwerke:

Vadoser Bereich: Karstwasserleiter luft- und sickerwassererfüllt;

Vados-phreatischer Grenzbereich: Schwankungsbereich des Karstwasserspiegels, zugleich Zone aktivster Karbonatlösung; je nach Karstwasserspiegel können an Talhängen Karstquellen in unterschiedlicher Höhe anspringen (Karstquelle, Hochwasserquelle).

Phreatischer Bereich: Karsthohlräume ständig wassererfüllt. Höhlen, Gänge und Röhren können sich zu regelrechten unterirdischen Flußläufen zusammenschließen. Richtung und Fließgeschwindigkeit sind nicht immer durch das Gefälle bestimmt. Bei

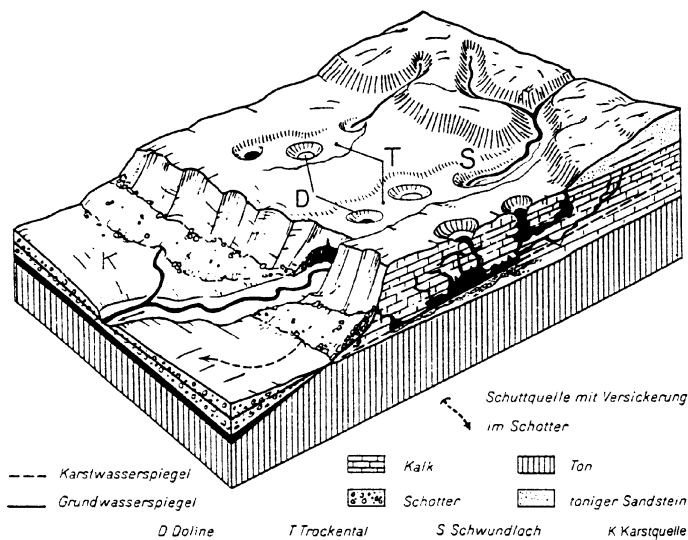


Abbildung E/2

Übersicht über den Karstformenschatz  
(aus HARMS 1979)

entsprechenden Druckverhältnissen kann das Wasser auch gegen die übliche Fließrichtung, u.U. sogar aufwärts fließen.

Im folgenden werden ausgewählte Formentypen entstehungsgeschichtlich als Landschafts- und Biotopelemente kurz vorgestellt. Die Reihenfolge geht vom Großen zum Kleinen, vom Ober- zum Unterirdischen, von den **Hohlformen** (Poljen, Uvalas, Dolinen, Karren, Schlotten, Grotten und Höhlen) über die **Vollformen** bis zu **karsthydrographischen Sondererscheinungen** (Ponore, Bachschwinden usw.).

Detailliertere Verbreitungsangaben macht [Kap. E.1.6](#) (S. 289). Einen schematischen Überblick über die wichtigsten Karstformen gibt das Blockbild in [Abb. E/2](#) (S. 273).

### E.1.1.1 Polje, Uvala, Großdolinen

Diese großangelegten Karstwannen und -kessel könnte man auch als "Mega-Dolinen" dem in [Kap. E.1.1.2](#) genannten Typ angliedern (TREIBS et al. 1962). In der Praxis der Geotoppflege empfiehlt es sich jedoch, die wannen- bis beckenartigen Großformen (Polje, Uvala) als flächige Elemente von den eher punktförmigen Kleinformen (= "typische" Dolinen) abzuscheiden, weil damit ganz unterschiedliche planerische und landschaftspflegerische Rücksichtnahmen verbunden sind.

Diese großen Karsthohlformen sind nicht nur im geomorphologischen, sondern meist auch im biotischen Naturschutz sowie im ästhetischen Landschaftsschutz von erheblicher Bedeutung, denn sie enthalten häufig relativ seltene Feuchtbiotope und stehende Gewässer, bewahren an ihren randlichen Abstürzen Felsfluren, Rasen und naturnahe Wälder vor intensiverer Nutzung und bieten eindrucksvolle, vom Gewohnten absteckende Landschaftsbilder.

**Poljen** (Sing. das Polje; kroat.: Feld): Größter, auch in Bayern anzutreffender Karsthohlformtyp, oft

kilometerlange und -breite, allseits geschlossene, längliche Hohlformen mit ebenem Boden und unterirdischer Entwässerung über einen oder mehrere Wasserschlucklöcher (FISCHER 1985); durch Randhänge unterschiedlicher Steilheit meist scharf umgrenzt, Hangknick zwischen Sohle und Hängen; fluvial umgelagerte Verwitterungsrückstände oder angespültes Feinmaterial dichten die Poljensohle ab; deshalb manchmal interessante Feuchtbiotopbildung in ansonsten trockener Karstlandschaft (z.B. Polje Judeneidenfeld NE Velburg/NM, Grubalm im Hochriesgebiet/RO). Charakteristisch ist die enge Einbindung in die Karsthydrographie; Wasserschlinger oder Bachschwinden können auch zu Speiern (Wechselschlünden, Estavellen) werden.

Im dinarischen Karst z.T. viele Quadratkilometer groß, in Bayern wesentlich kleiner (aber minimal ca. 300 m lang) und verschiedentlich durch spätere Talbildungen "aufgeschnitten" (fossile Poljen; z.B. in der Oberpfälzer und nördlichen Frankenalb).

Meist in tropischen Klimaphasen entstanden (Tertiär); Restzeugen fossiler Landschaften (Altlandschaften); für die Großdolinen des Laubensteingebietes im Chiemgau rechnet SCHAEFER (in TREIBS et al. 1962) mit einer Bildungsdauer, die das gesamte Pleistozän und eventuell das Pliozän (oberstes Tertiär) umfaßt.

Poljen sind auch in ihren wenigen bayerischen Vorkommensgebieten (z.B. Velburger Alb, Hersbrucker Schweiz, Chiemgauer und Salzburger Alpen) etwas Singuläres und trotz ihrer, die übliche Naturdenkmalgröße überschreitenden Dimension generell erhaltungswürdig und bei reliefverändernden Vorhaben schonungsbedürftig.

**Uvalas** (Sing. das Uvala, Karstmulden): größere, relativ flache, längliche Karstwannen von unruhiger Bodengestaltung, also ohne ebene Sohle; entstanden bzw. zusammengefügt aus zwei oder mehreren benachbarten Dolinen durch Abtragung der trennen-

den Zwischenwände; bestehen fast immer aus mehreren Teilhohlformen (CVIJIC 1901, SCHAEFER in TREIBS et al. 1962, TREIBS in TREIBS et al. 1962, FISCHER 1985); obwohl in karsthydrologisch wegsamem Gelände gelegen, häufig abflußlos durch Feinmaterialeinschwemmung, die z.B. während der eiszeitlichen Plombierung der Karstwasserwege durch Permafrost eintrat (LEHMANN 1970); deshalb im Muldentiefsten manchmal Vermoorungen, Sickerfluren, Tümpel und Seen; in den Kalkalpen i.d.R. glazialmorphologisch überformt. Häufig entlang tektonischer Störungslinien bzw. Alttäler entstanden.

### E.1.1.2 Dolinen und Erdfälle

**Dolinen** (slaw. Tälchen, Mulde; fränk. "Erpfel" von "Erdfall"; in Ufr. meist "Loch" genannt): schlot-, kessel-, trichter- oder schüsselförmige Hohlformen meist kleinerer Dimension; entstehen durch Lösung oder Nachbrechen von Gestein in darunterliegende größere Lösungshohlräume oft an Kluftkreuzungen, wo Niederschlags- und Schmelzwasser in den tieferen Untergrund abziehen kann; meist mit unterirdischer Entwässerung; mehrheitlich postglazialen Alters; treten gehäuft in flacheren Bereichen auf, wo das Niederschlagswasser langsamer abfließt, z.B. auf den Albhochflächen oder auf den Gäuflächen im Muschelkalk, besonders aber in Tal- oder Beckenlagen, im alpinen Bereich besonders häufig im Bereich alter Talreste; bilden sich vermehrt auch dort, wo das von unlöslichem Gestein ablaufende Regenwasser auf lösliches Gestein trifft oder wo Rinnale aus Feuchtgebieten und Mooren in durchlässige Karbonatstandorte eintreten (Moorränddolinen der Bayerischen Alpen). KEMENY (1986) bezeichnet sie als "morphologisches Leitfossil des fränkischen Karstes". Dolinen entstehen alljährlich neu, vorhandene Dolinen verändern ihre Form oder brechen neu ein (z.B. immer wieder neue Einbrüche der großen Doline SE Pfahldorf/EI).

In Bayern je nach Verwitterungsdisposition zwischen zwei und 200 m Durchmesser; in der Südlichen Frankenalb sind sie durchschnittlich größer (am häufigsten 10 - 20 m weit) und tiefer (2-5 m) als in der Nördlichen Fränkischen Alb, wo Durchmesser um 5 m und Tiefen um 2 m am häufigsten sind (SPÖCKER 1937). Ursache: stärkere tektonische Beanspruchung der Südlichen Fränkischen Alb und damit eine weiter- und tieferreichende Verkarstung.

Dolinen sind auch im biotischen Naturschutz als aktuelle oder potentielle Inselbiotope wichtig (s.u.), gleichzeitig aber häufig auch Problempunkte des Ressourcenschutzes (Zweckentfremdung für Abfall- und Abwasserbeseitigung).

#### Dolinentypen:

Je nach Form, Genese, Substrat oder besonderer Funktion lassen sich verschiedene Typen und Sonderformen unterscheiden, die hier unsystematisch und unvollständig angeführt seien. Diese Typologie ist kein Selbstzweck, sondern erleichtert wesentlich das Verständnis der unterschiedlichen Vegetation, hydrologischen Empfindlichkeit und Verfüllbarkeit

von Dolinen. Außer der hier gewählten morphogenetischen Klassifikation sind auch rein morphologische (schlot-, trichter-, schüssel-, wannenförmig usw.) und größenordnungsmäßige (Kleindolinen usw.) Einteilungskriterien anwendbar. Sogar in der bayerischen Bevölkerung sind seit jeher unterschiedliche Erdfalltypen bekannt. Von Schwunddolinolen ist seit jeher bekannt, daß das Nachfüllen von Einsackungen oft nichts bringt, weil immer wieder Nachsackungen auftreten; währenddessen "Erdfälle" ("Erpfel") dauerhaft verfüllbar scheinen.

**Einsturzdolinen:** Zunächst steilwandige (direkt mit Karsthohlräumen verbundene) Einsturzschnäbchen nicht mehr tragfähiger Gesteinsdecken über Karsthohlräumen. Durch Rückwitterung der Steilwände entsteht allmählich eine Schuttböschung, deren Neigung von der Korngröße des Witterungsschuttes abhängt. Der Boden im Trichter zeigt infolge erhöhter Wasserbewegung, Nachrutschung und Bodenverlagerung einen jüngeren Reifezustand als oberhalb des Trichterrandes. Relativ seltene spontane Einsturzereignisse können riesige Dolinen bilden.

**Erdfälle:** Einsturzdolinen unter einer nicht verkarstungsfähigen Überdeckung. Der Karst-Einbruch paust sich sozusagen an die Oberfläche durch. Im Erdfall also keine Karstgesteine feststellbar. Im Unterschied zu den Dolinen bricht bei den Erdfällen unlösliches Gestein oder Boden in eine unterirdische Lösungshohlform ein. In der Regel schwemmen sie kurzzeitig zu und werden zu Wasserlöchern. Sie haben meist direkten Kontakt zu unterirdischen Karstwassersystemen (s.u. Karstquellen). Häufig wassersperrende Schicht am Trichtergrund, die Wasseranstau erzeugt. Singuläre Erscheinungen und geologisch sehr bedeutend sind die Erdfälle im Bereich des Unteren Keupers (Lettenkeuper, Auslaugung von Gipslinsen im Untergrund). Treten in der Frankenalb vor allem im Bereich tonreicher Kreide- und Molasseüberdeckung auf. Entstehen plötzlich und werden i.d.R. rasch wieder verfüllt, da sie meist in Ackergebieten vorkommen. Wegen der wechselnden, z.T. verwirrenden Verwendung der Begriffe Einsturzdolinen und Erdfall und der Schwierigkeit, deckschichtenfreie Bereiche zu definieren, wird vorgeschlagen, beide Begriffe synonym zu setzen.

Erdfälle entstehen auch heute noch. Dabei spielt teilweise die lokal enge Verknüpfung mit dem historischen Bergbau eine große Rolle, z.B. auf der Hemauer Alb ("Tangrintel"; Auerbacher Revier). Alte, bereits in Eisenerzen zugeschwemmter Karstrinnen und -taschen angelegte Zechen wurden/werden nach ihrer Auflassung (zwischen Spätmittelalter und heute) von eindringenden Wassermassen in der Art von Lösungsdolinen ausgelaugt und nach dem Einsinken der Deckschicht wie Schwemmlanddolinen durch mechanische Denudation sukzessive bis zum Niveau des Ponoreinganges im Ausgangsgestein eingetieft (BRENNER 1987). Bei Auerbach/AS (Saaß, Reichenbach, Speckbachtal, Grubenfeld Leonie) ist die Einbruchshäufigkeit seit den 1970er Jahren um mehrere Zehnerpotenzen erhöht (GÖTZ 1986). Für die Unterhaltung der Eisenerzgrube Le-

onie (Maxhütte) wurden bis zu  $55 \text{ m}^3/\text{min}$  abgeführt. Das vorher stillstehende fossile Karstwasser wurde dadurch in Bewegung versetzt, Abflußgeschwindigkeiten drastisch erhöht und Abflußrichtungen sogar umgekehrt. Die anthropogen induzierten unterirdischen Ströme waschen wahrscheinlich fossile Höhlen- und Schachtfüllungen aus. Relativ lockere Sedimentfüllungen über ausgespülten Sohlen können nachbrechen und an der Oberfläche ständig neue Erdfälle entstehen lassen. Darauf sind offensichtlich die vielen neuen Erdfälle bei Reichenbach und Saaß zurückzuführen. Sogar Bachversinkungen sind in den letzten Jahrzehnten im Raum Auerbach aufgetreten.

Karstschächte, Höllöcher: senkrechte, oft viele (bis zu 80) Meter tiefe Schächte, z.T. im verstürzten Kontakt zu Höhlensystemen, z.B. im Schratenkalk des Mahdtales/OA, im Muschelkalk der Langen Berge/CO, Laubensteinschacht/RO, Staffelberggipfel/LIF, Schacht bei Gößweinstein/FO, "Grundlose Grube" bei Frauenhäusl im Kelheimer Forst (6 m Durchmesser; senkrechter 46 m tiefer Schacht durch karstüberlagernden Grünsandstein), Schächte auf dem Hohen Göll/BGL.

Lösungsdolinen (Trichter-, Korrosions-, Erosionsdolinen): Langsame Auslaugung über längere Zeiträume durch korrosive Lösungskraft des Wassers, das zunächst über vorgeformte Ritzen ins Gestein eindringt und diese immer mehr erweitert. Die entstehenden, zunächst unregelmäßigen Lösungsformen werden erst durch nachfolgende Erosion und Bodeneintrag trichterförmig abgeflacht. Lösungsdolinen gehen aus flachen Bodeneintiefungen hervor, die durch höhere Feuchtigkeit, frostbedingte und andere mechanische Verwitterung an Spaltenrändern oder unter Waldhumusdecken durch den erhöhten Kohlensäure- und Huminsäuregehalt Lösungsverwitterungen in Großkapillaren und Spalten in Gang setzen. Auf kahlem Felsen schreitet die Denudation mit ca.  $1,4 \text{ cm}/1000 \text{ Jahre}$ , unter Humusdecken des Karstwaldes mit ca.  $25 \text{ cm}/1000 \text{ Jahre}$  fort. Je steiler die Böschungen, desto rascher die Denudation. Die Dolineneigungen schwanken zwischen 20 und 45 Grad. Viele kleine Lösungsdolinen bilden sich innerhalb bestimmter Buckelfluren des Alpenraumes, z.B. im Kloaschautal/MB, wo sie ein Alter von maximal 1000 Jahren haben (ZECH & WÖLFEL 1974).

Schwunddolinen, Senkungsdolinen (Subsistenzdolinen): Häufigste Dolinenform auf der südlichen Frankenalb, überwiegen z.B. in der Altmühlalb. Entstehen in abgeschlossenen größeren Senken mit lokal grundwassertragenden Tonabdichtungen. An lokalen Durchlöcherungen in diesen Tonen (z.B. Karstspalten) löst das ins unterlagernde Karstwasser abfließende Oberflächenwasser zunächst punktförmig den Kalkverwitterungsschutt auf. Dies führt zu allmählicher oder wiederholt ruckweiser Nachsackung. Stetige Untergrundbewegung läßt keine Humusdecken und reiferen Böden in der Doline zu. Künstliche Verfüllung lohnt sich i.d.R. nur kurzzeitig, weil die Doline rasch wieder zum Vorschein

kommt. Meist sehr regelmäßig-runde Form. Beispiele: Dolinenfelder der Gelbelseer Wanne/EI.

Verschmierte oder versiegelte Dolinen: Mit oberflächennahen Sperrschichten (Tonen, im Grundwasserschwankungsbereich entstandene Bohner- und Brauneisenerzschwarten) ausgekleidete ("verschmierte", dann i.d.R. wechselfeuchte bis wechselnaße) Schwunddolinen. Bei völliger Dichtigkeit "versiegelt", dann ständig wasserführend. Sind im allgemeinen gut verfüllbar und deshalb hochgefährdet. Wegen der stauenden Auskleidung bleibt aber die Vernässung häufig auch an der Verfülloberfläche erhalten!

Schwemmland- oder Subrosionsdolinen: Entstehen in den Alpen und in der Alb in alluvialen bzw. umgelagerten Lockermassen (nicht verkarstungsfähiger Sand oder sandiger Lehm), z.B. in der umgelagerten und sandigen Albüberdeckung. Bricht der Hohlraum über schleppkräftigem Karstgewässer im tieferen Kluftsystem wieder durch, so können Schwemmlanddolinen reaktiviert und zu unregelmäßig geformten Masse-Schlucklöchern werden, die durch Zulaufgräben, Ponore, ringförmig um das Saugloch verlaufende Geländestufen gekennzeichnet sind. Beispiele: "Felsenlabyrinth" ca. 500 m SW Wachenzell, ca. 200 m E Straße Pollenfeld-Wachenzell/EI.

Ponordolinen ("lebende Dolinen"; in der Altmühlalb auch als "Reindel" bezeichnet (KEMENY 1986)): Rinnsale aus einem zeitweise wasserführenden, morphologisch mit der Doline verbundenen Zulaufgraben versetzen an Dolinenboden; solche Schlucklochdolinen öffnen sich bevorzugt an Grenzen zwischen Karst- und Nichtkarstgestein; Trichterwände häufig durch einfließendes Wasser zerschnitten (asymmetrische Dolinenformen); Ponordolinen konzentrieren sich in den Alpen und im Jura auf alte Talsysteme (TREIBS et al. 1962). Beispiele: mehrere Ponordolinen um Neuhaus/LAU, S Tennessee und Geisschädel-Wagenbrüchsee-Gebiet/GAP, über 16 markante Ponordolinen im Laubensteingebiet/RO (TREIBS et al. 1962).

"Tote Dolinen": Wasser läuft nicht mehr zu, oder: Ponor verstopft (häufig Wasserfüllung). Verschmierte, abgedichtete Dolinen werden im fränkischen Sprachraum als Hülben oder Hülen bezeichnet. Viele dieser wassergefüllten, meist kleineren Mulden auf der Alb sind durch künstliche Abdichtung von Dolinen und Erdfällen, aber auch durch Aushub stauender Deckschichten oder auch historischen Raseisenerzabbau entstanden (vgl. MATTERN & BUCHMANN 1982, 1987). In seltenen Fällen kann eine natürliche Einschwemmungsabdichtung angenommen werden. Sie wurden auf den Hochflächen der Alb zur Brauchwasserversorgung, als Löschwasserreservoir, zum Halten von Gänsen und Enten, zum Waschen und als Viehtränken genutzt (KEMENY 1986).

In Unterfranken treten sie nur noch zerstreut auf, die meisten wurden inzwischen zugekippt. Zwischen Marktheidenfeld und Karlstadt sind u.a. vier solcher Hüllen bekannt (bei Tiefental, Johannishof, Birken-

feld, Urspringen). Inzwischen will man ehemals verschüttete Hülben wieder ausbaggern und renaturieren bzw. bestehende Hülben erhalten (vgl. MATTERN & BUCHMANN 1983/1987). Ausführlichere Informationen zu wassergefüllten Dolinen finden sich im LPK-Band II.8 "Stehende Kleingewässer".

**Schuttdolinen:** Hohlformen in alpinen Grundmoränen oder im Blockschutt größerer Bergstürze, z.B. im Steinernen Meer und Karwendel, auf der Ellandalm/RO, Osthang des Riesenberges/RO.

Dolinen in Moränen oder Lockermaterial über Kluftsystemen, z.B. eines darunterliegenden Kalkfelses, sind kombinierte Formen aus echten Korrosionsdolinen und Nachsackungs- bzw. Schwunddolinen.

Aus Biotopschutzsicht eine Besonderheit sind von Felskränzen umschlossene Lösungsdolinen, die besonders für die Gebiete um Etzdorf und Gößwein-stein/FO charakteristisch sind.

Eine besondere Lösungsform im Grundgips\* von Unterfranken sind große Auslaugungstalfächen. Wenn ein Grundgips-Flöz lange Zeit im Grundwasserstrom liegt, kann er von diesem mehr oder weniger vollständig aufgelöst werden. Die darüberliegenden Erdschichten sinken ein und hinterlassen auf der Erdoberfläche ein talartiges Becken: In großflächiger verbreiteten Karstgesteinen ordnen sich Dolinen und auch Erdfälle oft in Reihen an, da die Verkarstung bevorzugt an tektonischen Störungslinien ansetzt: Vor einigen Jahren ist mitten auf dem Marktplatz von Painten/KEH eine große Doline eingebrochen, die auf einer Linie mit außerörtlich bereits vorhandenen Karstlöchern stand.

Verwachsen mehrere Dolinen innerhalb einer Reihe durch seitliche Korrosion der trennenden Riegel miteinander, so entstehen sanft gewölbte, schüsselförmige und mitunter sehr breite Uvalas (siehe [Abb. E/3](#)).

### E.1.1.3 Karstgassen

Langgestreckte, z.T. schluchtartige Hohlformen mit unebenem Boden zwischen Wänden oder steilen Felshängen, meist an tektonische Störungslinien und Kluftsysteme gebunden; vorwiegend präwürmzeitliches Entstehungsalter; am Boden oft von Dolinen durchsetzt. Vorkommen fast ausschließlich in den Kalkalpen mit Schwerpunkt in den Altflächenverebnungen der Kalkhochalpen. Beispiele: Schabgasse im Steinernen Meer/BGL, am Stuhlgraben im Steinernen Meer/BGL; Untere Gottesackerwände und Kürner Wald /OA; Hochries-Ostgrat und Spielberg/RO.

### E.1.1.4 Karren, Schratzen, Schlotten

Diese kleinsten, hier noch berücksichtigten oberflächlichen Lösungsformen werden nur bei flächen-

haftem Vorkommen (z.B. karrendurchzogene größere Felsfläche, verkarrte Felskopffelder) geotoprelevant.

**Karren** (Sing. die Karre bzw. schwäbisch Schratzen): Sammelbezeichnung für den sehr heterogenen Klein- und Kleinstformenschatz der Lösungshohlformen auf nackten und vegetationsbedeckten Felsoberflächen; im Regelfall durch Stege und scharfe Grate, die Karren, bzw. wabenartige Rippenmuster getrennte Rillen, Furchen und Löcher auf (schwach) geneigten, verhältnismäßig reinen Kalksteinen; entstehen durch Schmelz- und Regenwasser-Korrosion, unterstützt durch mechanische Verwitterung.

In jeder Höhenstufe, Gesteinsformation und orographischen Situation fallen die Karrenformen anders aus. Längsgerichtete Karren folgen dem Kluftnetz und dem natürlichen Gefälle (Lösungsspurillen). Flachgeneigte größere Felsplatten begünstigen wegen der längeren Ablaufzeit des Wassers die Karrenbildung.

Bevorzugt in den Hochlagen der Kalkalpen (vor allem oberhalb 1300 m), da flacher geneigte Felsflächen fast nur dort vorkommen und die Karbonatlösung wegen der hohen Niederschläge und Schmelzwässer dort besonders wirksam ist. Auf Plateaus und nicht zu steilen Hängen meist scharen- oder felderweise (Karrenfelder).

Karrenfelder gehören zu den faszinierendsten, urweltlich anmutenden Landschaftsformen. "Das Karrenfeld des Gottesackerplateaus erweckt mit seinen unzähligen kleinen gewölbeartigen Erhebungen den Eindruck eines in höchster Erregtheit plötzlich erstarrten Meeres oder eines plötzlich zu Stein erstarrten Gletschers" (SCHERZER 1930:190). "Der Alpentourist kennt diesen Wechsel zwischen den scheinbar willkürlich gestalteten Kalkblöcken und dem weichen humosen Boden. Kaum ist er mit größter Vorsicht auf einer Kalkplatte vorwärtsgegangen, so hindert plötzlich ein breiter Schlund das Vorwärtsdringen. Die Kluft ist zu breit, um übersprungen werden zu können, zu tief, als daß man hinabzuklettern vermöchte. Wir sind gezwungen, oft einen halbstündigen Umweg zu machen" (ECKERT 1902: 8). "Und welch wunderliche Gebilde erblickt das Auge! Hier ragen Dutzende in die feinsten Spitzen auslaufende Steindolche, daneben erblicken wir Messer und Beile, Hellebarden und schneidige Waffen, seltsam geformt wie uraltes Rüstzeug aus längst vergangener Zeit, dort starren Tausende von zernagten und zerfressenen Zacken durch enge gewundene Schründe voneinander getrennt und hellklingend beim Anstoß des eisenbeschlagenen Bergstockes" (WALTENBERGER 1877:19).

Die Karrenform variiert mit der Gesteinsart. Besonders schöne Karrenformen bilden sich z.B. im

\* Grundgips = die unterste Schicht des Mittleren Keuper

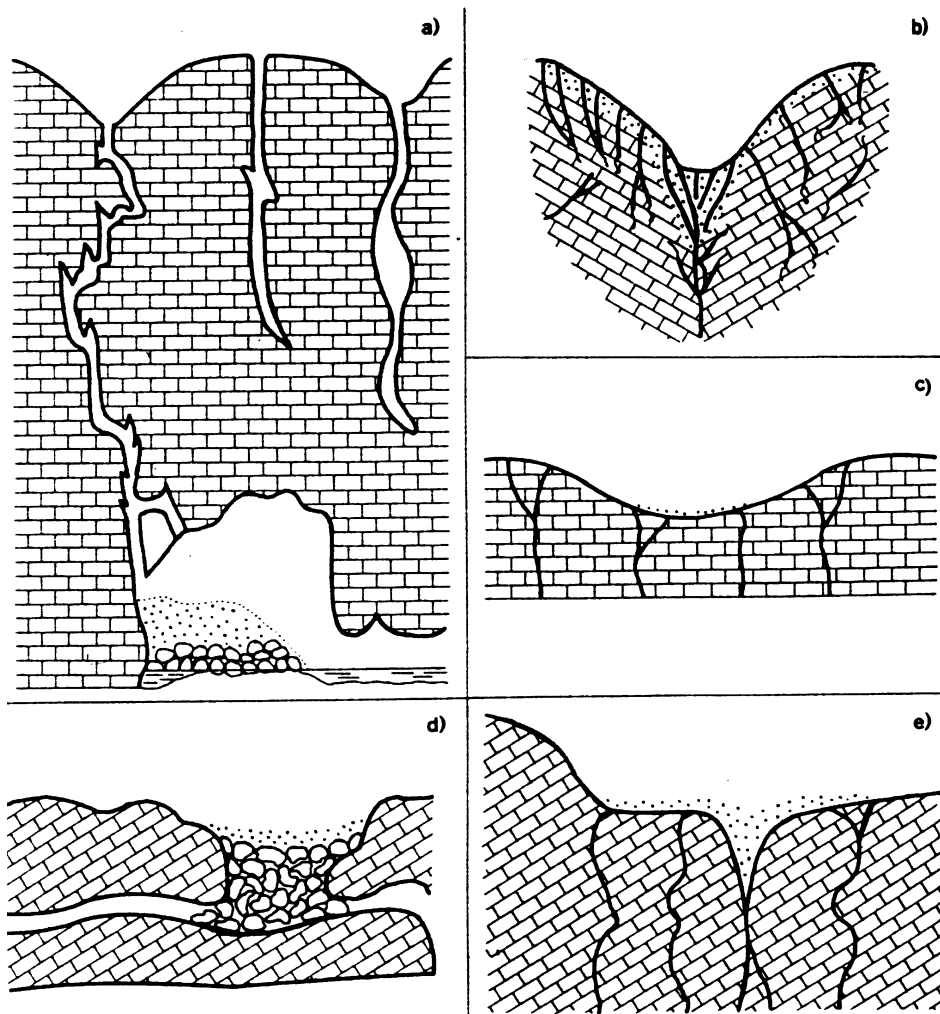


Abbildung E/3

**Verschiedene Dolinenformen im halbschematischen Querschnitt (WILHELMY 1981b)**

a) Karstschlote; b) Trichtererdoline; c) Schüsseldoline (Uvala); d) Einsturzdoline; e) Ponordoline

Crinoideen-(Seelilien-)Kalk des Juras, im Schrat- und Dachsteinkalk heraus.

In den Bayerischen Alpen kommen Mikro-Karren (z.B. Napfkarren) zwar an vielen Stellen, größere und tiefere Karrenfelder aber nur in einzelnen Bergstöcken vor. Das Spektrum reicht von großflächig zerschlitzten Hochplateaus mit bis zu 20 m tiefen und hunderte von Metern langen, parallelgebündelten, längsschachtartigen Karrengassen bis zu Miniaturformen an Scheuersteinen der Lichtweiden. Große Karren- und Schrattefelder sind Anzeiger sehr alter Oberflächen, die Oberflächenverkarstung setzte hier bereits im Tertiär ein. Die vielen in Größe, Form und Entstehungsmechanismus sehr **verschiedenen Karrenformen** mit ihren zahlreichen Mischformen können hier nur teilweise erwähnt werden (vgl. u.a. ECKERT 1902, TREIBS et al. 1962):

**Rinnenkarren:** Der Hangneigung folgende, parallel angeordnete, am Grunde ausgerundete Rinnen; durch schmale, oft sehr scharfe Rippen und Stege

voneinander getrennt; auf steileren Flächen geradliniger als auf flacheren Flächen, bis zu mehrere Meter lang, gewinnen unterwärts an Breite und Tiefe (FISCHER 1985). Bilden sich, wenn abfließendes Regen- oder Schmelzwasser zu Strängen zusammenläuft; meist nacheiszeitlicher Entstehung; mit Moräne gefüllte oder geköpfte Rinnenkarren sind allerdings älter.

Eindrucksvolle Beispiele: Moosenalm/TÖL, Predigtstuhl und Abergalm/RO, Wettersteinkalk NW oberhalb Schoßbrunn/RO bei 820 m, Teufelshörner-Röth/BGL, große Dachstein- und Liaskalkplatten N und NW des Viehkogels (Funtenseegebiet/BGL), Schottmalhorn- und Stuhljochgebiet/BGL.

**Rillenkarren (= Firstkarren, Kannelierungen):** Weniger tief und breit als Rinnenkarren, meist nur 1-3 cm tief und selten über 50 m lang; beginnen an frei aufragenden Firsten, Graten und Kanten der Kalkbänke; durch scharfe Zwischengräte voneinander getrennt; stets postglazialer Entstehung; Schwer-



punkt in den Hochalpen; in der montanen Stufe ausklingend.

Entstehen nach BÖGLI (1960) nur dort, wo frisches Niederschlagswasser auf das Gestein einwirken kann, also an freistehenden Felspartien mit mehr oder weniger horizontalen Kanten oder an zwischen tiefen Rinnenkarren scharf hervortretenden Gesteinsrippen, die nicht von oben her bereits angebrachtes Regenwasser erhalten. Beispiele: Gottesacker/OA, Funtenseegebiet/BGL, Aberg- und Oberwiesenalm/RO, Estergebirge/GAP.

Tritt-, Trichter- oder Nischenkarren: Absatzartige Kleinlösungsformen von 5-20 cm Durchmesser und 2-10 cm Tiefe; schließen sich häufig zu girlandenförmigen Reihen zusammen; Ergebnis rückschreitender Korrosion, die wegen der konzentrierten Wasserbewegung zur Karrenmitte hin hufeneisenförmig als kleine Stufe in die Felsoberfläche hineinwachsen. Beispiel: Totenstein im Steinernen Meer/BGL.

Rundkarren: Lösungsform des bedeckten Karstes; unter Vegetations- und Humusbedeckung zirkulierendes, durch biogene CO<sub>2</sub>-Anreicherung aggressiveres Wasser rundete die scharfkantigen Gesteine zu; Rundkarren indizieren ehemalige Waldbedeckung und starken Bodenabtrag, denn sie bleiben noch über Jahrhunderte erkennbar. Beispiele: Rundhöcker am Ostrand der Oberwiesenalm/RO, Wettersteinkalk oberhalb des Priendurchbruches bei Bach/RO bei 700 m, Rundkarrenfelder um den Feldkogel, Hochkienbergalm/TS und Glunkerer im Steinernen Meer/BGL.

Kluftkarren: Fugen und feinste Risse werden bevorzugt entlang von Klüften und steilstehenden Schichtgrenzen zu bis über 50 cm breiten und oft mehrere Meter tiefen Hohlformen erweitert; treten bevorzugt in eher dünnbankigen Gesteinspartien mit engständigem Kluftnetz auf. Beispiele: Hagengebirge, Steinernes Meer/BGL, Südostabhang der Hochries, Grozach, Predigtstuhl, Oberwiesenalm/RO, Wettersteinkalk oberhalb des Priendurchbruches bei Bach/RO, Breitenberg b. Pfronten/OAL.

Napfkarren: Flache, fingertupfengroße, bis 2 cm durchmessende und einige Millimeter tiefe Vertiefungen an Felswänden und Blöcken; Lösungsmuster u.a. durch kleine Moospolster bestimmt; aber auch Weidevieh spielt eine Rolle: erhabene Leisten und Kanten der Scheuersteine auf Almen werden durch das scheuernde Tierfell nicht nur blankpoliert ("Kuhchliff"), sondern auch mit einer dünnen Fettschicht überzogen, die die Kalklösung an diesen Stellen hemmt, während sie an den Vertiefungen weiterwirkt (TREIBS in TREIBS et al. 1962).

Mini-Auslaugungsformen fehlen in den Kalkalpen nirgends, sie entstehen rasch und bedürfen daher keiner besonderen Aufmerksamkeit des Geotopschutzes; große Karrenfelder setzen hingegen sehr lange Bildungsdauer voraus und sind keineswegs überall verbreitet. Sie müssen stets als besonders wertvolle Geotope angesehen werden.

Kessel-, schlot- und trichterförmige, mitunter sehr tiefe Auslaugungsschächte in außeralpinen Kalken,

Dolomiten oder Gipsgesteinen nennt man Schächte (in der Bergmannsprache auch Schlotten) in verfestigten Schottern (an Aufschlüssen) in oft kreisrunder Schlotform auch Geologische Orgeln. Durch Bodenbildungen verdeckte, oft riesige Schlotflächen finden sich in den Schotterplatten und auf dem fränkischen Grundgips (z.B. im Raum Gerolzhofen). Geologische Orgeln deuten auf langzeitige, interglaziale Verwitterung (JERZ 1993). Sie können zur Trennung verschiedener Eiszeitphasen benutzt werden. Beispielsweise enden am Isarhang bei Pullach-Baierbrunn-Buchenhain die Verwitterungsschlotte des Älteren (günz-? oder donau eiszeitlichen?) Deckenschotter an der Grenze zum hangenden Jüngeren (mindelzeitlichen?) Deckenschotter (JERZ 1993). Geologische Orgeln werden im Jüngeren Deckenschotter der Mindel- oder Haslacheiszeit (vgl. Teil C) 4-6 m, im Älteren Deckenschotter sogar bis über 10 m tief.

Unter schützenden Deckblöcken können in Gebieten mit starker oberflächlicher Korrosion und Karrenbildung sockelartige Reste älterer Oberflächen als "Karsttische" erhalten bleiben, gewissermaßen als Festgesteinsparallelen der Erdpyramiden (siehe Teil D). Sie bieten ideale Möglichkeiten zur Bestimmung der nacheiszeitlichen Kalklösungsrate, weil die glaziale Ablagerung der Deckblöcke ungefähr datiert werden kann. Der mit Hilfe von Karsttischen ermittelte flächenhafte Lösungsabtrag liegt in den Kalkhochalpen (z.B. am Hohen Göll) bei etwa 1 cm pro Jahrtausend (FISCHER 1985).

Beispiele: SSW des Rotwandls im Steinernen Meer/BGL: Dachsteinkalksockel überragt die Gesteinsfläche um 12 cm; dies entspricht einer Lösungsrate von etwa 1 cm/1000 Jahre.

### E.1.1.5 Felskopffelder

Felskopffelder können sich bei fortschreitender Auslaugung aus Karrenfeldern herausbilden und zu Blockfeldern weiterentwickeln. Sie treten aber auch als selbständige Karstvollformengruppe auf, und zwar in Form kleiner Türme oder Kegel (SPÖCKER in TREIBS et al. 1962). Karren können sich darauf ausbilden. Beispiele: Riesenberg/RO; Abergkessel/RO, Krottenkopfgebiet/GAP, Scharfreiter/TÖL. Für den Geotopschutz nur von randlicher Bedeutung.

### E.1.1.6 Höhlen und Sinterbildungen

Nach der ISU (Internationale Speläologische Union) ist die Höhle definiert als ein „natürlicher mehr als menschengroßer unterirdischer Hohlraum, der teilweise oder ganz von Sedimenten, Wasser oder Eis erfüllt sein kann" (FINK 1973 zit. in BÖGLI 1978). Als Halbhöhle, auch Abri, Balme oder Grotte, wird eine Höhle bezeichnet der die aphotische Region fehlt und deren Eingangsbreite größer als die Tiefe ist (TRIMMEL 1965). Höhlen die gleichzeitig mit dem umgebenden Gestein entstanden sind werden als **Primärhöhlen** bezeichnet. Zu diesem eher seltenen Höhlentyp gehören u.a. auch die Tuffhöhlen. Diese sind als größere Hohlräume bei der Aus-

fällung von Kalktuff entstanden. Ihre Verbreitung ist somit an Kalktuffvorkommen gebunden (z.B. Schleierfallhöhle und Schleierfallwasserhöhle im Mangfall/MB; Tuffhöhlen in Hohlenstein/NM und bei Erbmühle/NM).

Auch Überdeckungshöhlen sind Primärhöhlen, sie treten in den Zwischenräumen von Bergsturztrümmern auf (z.B. Nixloch bei Halturm/BGL oder Malersteinhöhle bei Oberammergau/GAP).

Wesentlich häufiger sind bei uns die **Sekundärhöhlen**. Diese haben sich erst nach Entstehung des umgebenden Gesteins gebildet. Hierzu gehören z.B. die Spaltenhöhlen. Sie sind durch morphologische Vorgänge entstanden, z.B. durch Massenbewegungen beim Abgleiten von Gesteinspaketen auf einem mehr oder weniger plastischen Untergrund zum Tal hin. Diese Höhlen sind meist nach oben offene Spalten (z.B. Suttenhöhle/MB, Pfederlschacht und Aiplwandhöhlen bei Lenggries/TÖL). Sie können in Sonderfällen aber auch recht komplex angelegt sein (z.B. das über 300 m lange Kiensteinloch bei Kochel/TÖL).

Die Tektonischen Höhlen sind Hohlräume, die durch tektonische Vorgänge geschaffen wurden und die nachträglich nur unwesentlich durch Korrosion und Erosion, stärker evtl. durch Inkasion verändert wurden. In Bayern sind keine solche Höhlen bekannt.

Als Besonderheit seien die Gletscherhöhlen erwähnt, die vollständig im Eis angelegt sind und die ihr Aussehen und deren Verlauf sehr rasch ändern können (einziges derartiges Objekt in Bayern ist die Eiskapelle in St. Bartholomä/BGL).

Der bekannteste und häufigste Höhlentyp sind die Karsthöhlen. Diese bilden sich durch Auslaugung und -waschung gesteins eigener Fugen oder Klüfte, die erste Wasserwege formen und durch die Lösungsverwitterung im Gesteinsinneren stetig erweitert werden. Insbesondere durch Mischung von Wässern verschiedenen Kalkgehaltes, z.B. beim Zusammentreffen verschiedener Wasseradern, entsteht ein Kohlensäureüberschuß, der weiteren Kalk lösen und Höhlen erweitern kann.

Höhlen bestehen häufig aus ganzen Systemen verschieden stark geweiteter Lösungshohlformen unterirdischer "Flußläufe".

Die meisten Höhlen in Bayern (allein in Oberfranken sind über 1000 registriert) müssen nach RUTTE (1981) im Pleistozän entstanden sein, da die Anlage der Hohlformen eine große allgemeine Taleintiefung im ältesten Pleistozän voraussetzte.

Schichtfugenhöhlen verlaufen zwischen zwei gleichartigen löslichen Gesteinsschichten und sind im Regelfall flach, niedrig und breit. Schichtgrenzhöhlen befinden sich im Kontaktbereich zweier verschiedenartiger Gesteinslagen, deren untere nur geringlöslich ist. Hier herrscht die Tendenz zur Großraumbildung.

Größere Räume werden als Hallen oder Dome bezeichnet. Kleine Hohlraumerweiterungen nennt man Kammern, sehr steil in die Tiefe gehende Höhlen

oder Höhlenabschnitte heißen Schächte. Senkrecht nach oben führende Höhlenteile heißen Schlote.

Die Wandungen der Höhlen weisen häufig Marken auf, die Rückschlüsse auf die Fließrichtung und die Fließgeschwindigkeit des unterirdischen Wassers zulassen: Korrosions- und Erosionskolke: die tiefen Gruben wurden durch stationäre Wirbel, unterstützt durch mitgeführtes Schleifmaterial, erzeugt; Fließ- und Deckenfacetten: die muschel- oder wellenartigen Vertiefungen zeigen die Fließrichtung des (ehemaligen) Höhlenbaches an; sie entstanden, weil die Trennungsfläche zweier verschieden schnell sich bewegender Medien wellig ist.

Viele Höhlen führen auch heute noch einen mehr oder weniger mächtigen Höhlenbach, der bisweilen aus Höhlentoren austritt (z.B. Schwarzenbachquelle/BGL, Kuhfluchtquelle/GAP).

Biotope von hoher Eigencharakteristik sind die Höhlenportale, oft geräumige Eingangstrichter, die sich rasch gegen das Innere verengen.

Stalaktiten: hängende Tropfsteine, die sich überall dort bilden, wo kalkabscheidendes Wasser von der Decke frei abtropft; Stalagmiten: stehende Tropfsteinsäulen; wachsen vom Boden nach oben; aus haubenförmig übereinanderliegenden Schichten aufgebaut; bilden sich meist unterhalb von Stalaktiten, da das abtropfende Wasser noch genügend Kohlendioxid und Kalk für weitere Ausscheidungen mit sich führt; i.d.R. kürzer und dicker als Stalaktiten; Tropfsteinsäulen: Stalagmiten und Stalaktiten vereinen sich; Sinterfahnen und -vorhänge: entstehen an schrägen Decken und überhängenden Wandabschnitten durch ablaufende Tropfen; zuerst bildet sich eine bis zu 5 cm breite Wandsinterleiste, die sich schließlich zu einer Sinterfahne weiterentwickelt; bis 1 m breit, mehrere Meter lang und 0,2 bis 1 cm dick; oft durchscheinend; "Exzentriker": wachsen entgegen der Schwerkraft in alle möglichen Richtungen auf Fels, Wandsinter oder Tropfsteinen; kleine, sehr dünne, vielfach gewundene und oft verzweigte, strauchartige Formen; Entstehung durch kapillare Prozesse: die austretende Wassermenge ist so gering, daß die Gravitationskräfte kleiner sind als die Wirkung der Oberflächenspannung.

#### E.1.1.7 Fluß- oder Bachschwinden, Wasserschlinger, Schlucklöcher (Ponore, Rauhlöcher)

Versitzstellen, Klüfte oder Höhlenausgänge, die Oberflächenwasser dauernd oder periodisch in den Untergrund ableiten; Anfangspunkte des unterirdischen Karstentwässerungssystems, deren Endpunkte die Karstquellen sind; treten in Bayern in verschiedenen Größenordnungen auf, als Schwinden von Flüssen (z.B. der Pegnitz am Wasserberg/LAU), Bächen (z.B. Wasseralm in der Röth/BGL) oder Rinnsalen (z.B. NW Saulgrub/GAP, Riesenalm-Randponor/RO); häufig auch geomorphologisch auffällig; stets im Landschaftshaushalt und für das Naturerleben besonders wichtige und denkwürdige Stellen; häufig mit wertvollen Biotopstrukturen verknüpft (z.B. Moorrand-Ponordolinen).

Allmähliche Versickerung: Fluß oder Bach versinkt ganz oder teilweise im Verlauf einer mehr oder weniger langen Fließstrecke. Bevorzugt in Talschotterkörpern, z.T auch außerhalb von Karstgebieten (z.B. Teufelsgraben bei Holzkirchen/MB, oberes Mörntal/TS, MÜ, Beispiele siehe Teil D).

Schluckloch ("Rauhloch", Schlund, Ponor = serbokroat. "Abgrund"): ein (periodischer) Wasserlauf verschwindet plötzlich und vollständig im Untergrund, somit endet hier auch das Fließgewässer-Gerinne oder Tal. Verschwindet ein Oberflächengerinne im Karstkalk, bildet sich im Kontaktbereich zwischen undurchlässigem und durchlässigem Gestein in der Regel ein kleinerer oder größerer Kessel (Ponordoline), ein Zulaufgraben oder Grabenstutzen mit rückschreitender Erosionstendenz (SPÖCKER in TREIBS et al. 1962). Flußschwinden bilden sich - sofern das anstehende Bodenmaterial bereits weggespült wurde - im Schotter oder dem liegenden Festgestein.

Viele Ponore haben einen tropfenförmigen, asymmetrischen Umriß und einen mehrere Meter langen Zulaufgraben. Die Versickerungsstelle liegt jeweils an der block- und felsreichen Steilseite der Karstsenke (z.B. Ponor NW Bischofsreuth/AS). Das "geschluckte" Wasser wird dem Karstwasserkörper zugeführt und tritt an Karstquellen wieder zutage.

Manchmal liegen mehrere Ponore hintereinander am Grund der Trockentäler. Sie treten bei großem Wasserandrang nacheinander in Funktion, wenn der jeweils oberhalb liegende Ponor die Wassermassen nicht mehr bewältigen kann (z.B. Schlembachgebiet NW Königstein/AS, Lochbühl-Ponor NW Hohe Tanne/BT).

### E.1.1.8 Karstquellen

Nach mehr oder weniger längerem Verweilen im unterirdischen Hohlraumssystem tritt das Wasser in Karstquellen wieder zutage. Diese haben eine vielfältige Morphologie: "normale" Schichtquellen über einem wasserstauenden Horizont - sprudelnder Überlauf - Quelltöpfe in großer kesselartiger Vertiefungen (= "Blautöpfe"), quasi als Gegenstück der Schlucklöcher - Quellhöhlen.

Estavellen sind Karstquellen, die bei Außen-Hochwasser zum Schlinger werden, die ihre Wasserströmung also umkehren können (z.B. Seeweierquellgrotte/BT).

"Hungerbrunnen" sind Karstquellen, die in der Regel in Trockentälern entspringen, und nur in besonders nassen Jahren Wasser spenden. Da solche Jahre auf der Alb meist schlechte Ernten lieferten, bürgerte sich der Name "Hungerbrunnen" ein. "Bröller" schütten i.d.R. bei Schneeschmelze oder nach starken Regenfällen (BRONNER 1988).

Weil das Karstwasser in seinen unterirdischen Lösungskämen kein einheitliches Niveau und sehr unterschiedliche Hohlraumgrößen (meist siphonartig ausgebildet) aufweist, ist eine unkonstante Schüttung der Quellen (intermittierende Quellen) die Regel.

Eine besondere Eigenart vieler Karstquellen ist die Verlegung des Quellaustritts, was mit einem häufigen Wechsel zwischen Schüttung und Trockenfallen einhergeht. Das verzweigte Hohlraumssystem mit seinen unterschiedlichen Niveaus besitzt meist mehrere Ausgänge, die je nach Füllung der Kammern schütten.

In den Karstgebieten existieren häufig verschiedene hydrographische Systeme, die zum großen Teil nicht miteinander in Verbindung stehen.

Je weiter die Verkarstung eines Gebietes fortgeschritten ist, desto kleiner wird die Zahl der Quellen und desto größer ist deren mittlere Schüttung (BÖGLI 1978).

Nach der Dauer der Wasserführung unterscheidet man perennierende (ständig fließende), periodische (zeitweise, je nach Wasserangebot fließende), rhythmische (zeitweise fließende) und episodische (nur bei extrem hohen Wasserstand oder in Folge von sehr hohen Niederschlägen fließende) Karstquellen.

Die Karstwässer im Gips stellen eine Sondererscheinung dar. Ihr Anteil an gelösten Stoffen beträgt i.d.R. über 2,5 g/l. Sie sind daher nach den Bestimmungen des deutschen Bäderbuches als Mineralquellen zu bezeichnen. Als Trinkwasser sind sie u.a. auch wegen ihrer hohen Härtegrade (100° dH) ungeeignet. HELLER (1935, zit. in EMMERT 1969) stellte im Bereich Bad Windsheim Berechnungen an, welche Mengen Gips von den Ehe-Quellen täglich abtransportiert werden: Für die drei Quellen bei Krautostheim (inzwischen verfüllt) mit zusammen 65 l Schüttungsmenge ergaben sich bei einer durchschnittlichen Lösungsfracht von ca. 2,5 g/l 14000 kg gelöstes Gestein (davon 80% Gips) pro Tag!

In der Fränkischen Alb stellen die zahlreichen Karstquellen auch heute noch für viele Gemeinden die Hauptgrundlage der Trinkwasserversorgung dar (SEIBEL 1991).

### E.1.2 Wirkungsbereich

Landschaftspflege im Karstbereich muß i.d.R. über das besonders schutzwürdige Einzelobjekt hinausgreifen. Direkt in, an oder auf der Karstform stattfindende Maßnahmen, z.B. Ausräumung vermüllter oder teilverfüllter Hohlformen, wassergefüllter Dolinen, Karren oder Höhlen, Gehölzmarkierung oder Abpflanzung, Pflegemahd von Wiesendolinen, Faunenschutzvorrichtungen und Sperrmaßnahmen in Höhlen usw. sind zwar wichtig, aber nur selten ausreichend. Häufiger sind Vorkehrungen im Umfeld zur besseren Abschirmung gegen karstwasser- und hohlformbeeinträchtigende Zivilisations- und Nutzungseinflüsse (Abwasser, Tausalz-, Dünger- und Erdeinschwemmung) notwendig. Beispiel: Der landschaftspflegerische Wirkungsbereich von Ponordolinen und Bachschwinden ist das zugehörige oberflächliche (Klein-)Einzugsgebiet, nötigenfalls sogar einschließlich abwassereinleitender Siedlungsgebiete.

In der Landschaftsplanung, Nutzungsplanung und wirtschaftlichen Raumentwicklung sind neben Einzelformen ggfs. auch größere Raumeinheiten zu be-

rücksichtigen, z.B. karstmorphologisch wertvolle Landschaftsteile und Karstformengesellschaften (z.B. unterfränkische, oberpfälzische und alpine Poljen, Schwemmlanddolinenfelder, dolinenge-spickte Alttäler der Kuppenalb, große Karrenfelder der Hochalpen). Dies gilt insbesondere dort, wo "schutzwürdige" Karsteinzelformen ohne Zwischenraum zu größeren Einheiten zusammenwachsen. Beispiel: "Zwischen Gotthard, Raberstberg, Hainkirche und Lange Ranken/LAU zeigt das Grundrelief mit seinen eigenartigen Riedeln und Kuppen sowohl im Ausmaß als auch in der Form die Struktur bestimmter Dolinenfelder des klassischen Karstes. Die Dolinen liegen so dicht, daß sich ihre Ränder berühren und überschneiden, woraus die seltsame Form der Riedel entsteht. Der Kalbenberg S Hartenstein bildet z.B. einen Schnittpunkt von 4 Dolinen, die hier einst aneinandergrenzen" (SPÖCKER 1952, S.43).

In solchen Extremfällen erfordern ganze Naturraumeinheiten (Karstlandschaften) wegen ihrer Bedeutung für die Trinkwassersicherung gewisse Rücksichtnahmen insbesondere in landwirtschaftlicher und abwasserwirtschaftlicher Hinsicht (Teile der Albhochfläche, Gipskarstbereiche Mittel- und Unterfrankens). Hervorragende Karstlandschaften wie die Hersbrucker Schweiz oder die Hohenfels-Velburger Karstkuppellandschaft erfordern auf der Gesamtfläche biologisch und geomorphologisch-landschaftsästhetisch angepaßte Nutzungskonzepte. Auch dolinen-, hülsen-, karren- oder felskopfreiche Almen geben auf ihrer Gesamtfläche zu gewissen Restriktionen, insbesondere bei der Ausbringung von Pflanzenschutz- und Düngemitteln Anlaß.

Der karstbezogene landschaftspflegerische Wirkungsbereich kann also kleinräumig-insulär bis großräumig sein. In einzelnen Naturräumen, z.B. auf der decklehnmübezogenen Flächenalb zwischen Altmühl und Anlauter, im Gipskeuper des südlichen Steigerwaldes und der Frankenhöhe und auf den Tauber-Main-Platten konzentriert sich karstbezogene Landschaftspflege fast ausschließlich auf Dolinen, Senkungsfelder und Hülsen und ihr Einzugsgebiet. Dagegen erstrecken sich im Königsteiner oder Plech-Veldener Jura die Schutz- und Pflegegefordernisse weit über kleine Hohlformen und Schächte hinaus auf ein breites Spektrum an Vollformen (Knocks, Hochflächen-Riff-Felsen), großen Hohlformen, Trockentalungen usw. Auch die bekannten, d.h. von außen zugänglichen Höhlen, Halbhöhlen und Grotten der Frankenalb sind sehr ungleichmäßig verteilt. Gebietsschwerpunkte sind z.B. die Wiesental, das Lauterachsystem und die Velburger Alb.

Bei Höhlen gehört zum Wirkungsbereich auch der (potentielle) Zuwegungsbereich zwischen Parkplatz und Höhleneingang. Denn zu einer Höhlenexkursion gehört auch das Naturerlebnis intakter Schlucht- oder Hangwälder, Steppenheiden, Felsfluren oder Magerrasen.

Karsthohlformen und Höhlen sind "sinks" für Austräge und Reststoffe der Land- und Forstwirtschaft, der Siedlungen und des Verkehrs. Daraus folgt eine

enge Abstimmung mit Landwirten, Forstverwaltung (Holzabfälle!), Straßenbauverwaltung, Wasserwirtschaft, Kommunen (Siedlungsabwasser!).

Weitere wichtige Partner und Mitarbeiter des Naturschutzes im Bereich der Karsterscheinungen sind die Höhlen- und Karstvereinigungen (z.B. in München und Nürnberg), die bei der Bestandserfassung, Zustandserfassung und Zugangskontrolle ganz unentbehrlich sind. Die wichtigsten Dachorganisationen sind der Verband deutscher Höhlen und Karstforscher e.V. München und der Landesverband für Höhlen- und Karstforschung in Bayern e.V. Dieter Preu, Grossenbuch 14 (Dorfstraße 13), 91077 Neunkirchen am Brand. Darüber hinaus gibt es zahlreiche regional tätige Vereine die an o.g. Adresse erfragt werden können. Weitere wichtige Ansprechpartner sind die Fremdenverkehrsverwaltungen und -vereine, die Wandervereine (Steuerung der Höhlenschließung und -frequenzierung, Informationsvermittlung) und natürlich die Geologen und Geomorphologen der Hochschulen, Landesanstalten etc.

### E.1.3 Standortverhältnisse

Angesichts ihres weiten Spektrums an Substraten, Formen, Klimatypen und Höhenstufen kann die Standortökologie der Karstgeotope nur in Umrissen und Teilaspekten dargestellt werden. Es geht vor allem um die Frage: Was unterscheidet die Boden-, Wasserhaushalts- und Mikroklima-Verhältnisse der Karstformen (zumindest regional) von anderen Landschaftsteilen? Worauf gründet sich ihre teilweise hochspezifische Lebewelt (vgl. Kap. E.1.4 u. E.1.5)?

Größere **Karsthohlformen** besitzen in der Regel einen besonderen Landschaftswasserhaushalt, ein eigenartiges Geländeklima, eine besondere Struktur der Stoffverlagerung und -deposition (Erosion, Akkumulation, Auswaschung) und mithin auch eigenartige Bodentypenabfolgen. Einige Karstwannen sind die bayernweit größten, allseits abgeriegelten, oberflächenabflußlosen Depressionen. (Bei den ebenfalls sehr geräumigen Karen sind die meisten abriegelnden Felsschwellen fast immer von Fließgewässern durchschnitten!) Man denke an die geräumigen Karstdepressionen des Angerlbodens im Estergebirge/GAP, der Oberen Gumpe an der Hochplatte/OAL, des Gedererwand-Kessels im Chiemgau, des immerhin 1,3 qkm großen Roßstalles nördlich des Feigenkopfes im Ammergebirge/OAL und des noch größeren Funtensee-Uvalas/BGL.

Durch tonige Einschwemmungen oder mergelig-tonige Sohlengesteine (z.B. Schutzfelsschichten in der Oberpfälzer Alb, Neokom in den Voralpen) abgedichtete Großdolinen und Karstwannen (incl. Uvalas und Poljen) wirken trotz ihrer Ponore als Stoffspeicher, z.T. auch als Wasserspeicher. Das (fossile) Hangabtragsmaterial wird in flachsohligen Karstdepressionen nur zum Teil in die natürlichen Gullys eingewaschen und akkumuliert sich in Kolluvien. Die Sediment- und Bodenmächtigkeit in größeren Karstdepressionen kann bis zu 50 m betragen (z.B. Rauhe Wiese im Albuch; BRONNER 1988). Sohlenvernässungen, teilweise auch Tümpel und Seen

(oft mit stark schwankendem Wasserstand oder periodisch austrocknend) sind charakteristisch (z.B. Taubensee bei Oberwössen/TS, Wildensee im Estergebirge/GAP, Blindsee des Scheinbergkessels/OAL, Plankensteinsee/MB). Auch die bloße Abschottung von Karstdepressionen vor Bodenabtrag, d.h. die ungestörte Muttergesteinsverwitterung und Bodenakkumulation bewirkt z.T. meterdicke Kalkverwitterungslehme. Darauf häufig einsetzende Versauerungsprozesse lassen säurezeigende Pflanzen, bei Nässe auch Zwischen- und Hochmoorpflanzen Platz greifen.

Tonig abgedichtete **Dolinen** sind sehr feucht, sogar zeitweise überschwemmt. Bei noch gefrorenem Boden zur Zeit der Schneeschmelze können sich die Zulaufgräben (Schwunddolinen, Ponordolinen) in reißende Flüsse verwandeln. Vorübergehend können sich kleine Stauseen bilden (Beispiele in Ei, BT, LAU, OA, R). "Wehe, wenn man sie zugefüllt hatte, weil nach trockenen Jahren ihre Aufgabe als Schlucklöcher, als natürliche Entwässerungsschächte, in Vergessenheit geraten war! Dann können sich auf Äckern, Straßen und sogar in Dörfern überflutende Seen bilden" (MATTERN o.J.). Sie können örtliche Grundwasserkörper bilden, wenn sie mit durchlässigen Sedimenten aufgefüllt wurden. Die Böden sind häufig als Gleye mit oft mächtigen kolluvialen Auflagen anzusprechen, die diese Dolinen zu einem sehr fruchtbaren Standort und damit möglicherweise sogar zu Rückzugsgebieten für etliche Pflanzenarten im intensiv genutzten, umliegenden Ackerland machen (SEEBACH 1929). Geräumige Dolinen mit flacher Sohle sind häufig meterdick mit Kolluvien und Lößlehm ausgekleidet (in einer Ponordoline b. Langenkreith/R z.B. 3 m), in denen sich eine Pseudogley-Dynamik ausbildet. Im letzten Beispiel ist ein 1,3 m mächtiger steinfreier Schluff von einem verbraunten, stärker tonigen Sd-Horizont mit Eisen-Mangan-Flecken unterlagert. Eine über 40 m weite flachsohlige Großdoline b. Altenlohe/R ist bis zu 7 m tief mit schluffigen Sedimenten ausgefüllt, die nur langsam von Niederschlagswasseransammlungen durchsickert werden. Charakteristische Bleichungsmerkmale in tieferen Partien deuten auf lange anhaltenden Grundwassereinfluß (MÜLLER 1988).

Auch Dolinen mit Schlucklöchern (bzw. -spalten) an der Basis sind trotz ihrer Wasserableitung oft zeitweilig feuchte Standorte. Sie sammeln die Niederschläge aus der Umgebung. Die Böschungen solcher aktiver Dolinen sind instabil und durch Nachsackungen geprägt, die Rutschungsgefahr ist groß.

In größeren Karsthohlformen (Frostlöchern) bilden sich zeitweise Kaltluftseen und kleinräumige Temperaturinversionen (GEIGER 1961). Schon bei relativ geringer Einsenkung zeigen sich beträchtliche Temperaturgradienten und deutlich häufigere Frostwechsel als in der Umgebung. Der Winterfrost kann bis weit in das Frühjahr, ja bis in den Frühsommer anhalten. Nicht nur in den Alpen, sondern auch im Jura findet man am Grunde tiefer Dolinen noch im Mai gefrorenen Boden (z.B. 1985 in einer 40 m tiefen Doline im Veldensteiner Forst; BAUCH-HENSS 1988). Der mitteleuropäische "Kältepol"

liegt in einer 1270 m hoch gelegenen, und an der niedrigsten Stelle 40 m eingesenkten Großdoline der nördlichen Kalkalpen, wo viele Jahre hintereinander weniger als  $-50^{\circ}\text{C}$  gemessen werden konnten (MOHR 1961). Noch am 31. März wurden am Dolinenboden  $-44,7^{\circ}\text{C}$  gemessen. Von den Randschwellen zum 50 - 100 m tieferen Kesselboden hinunter können die bodennahen Temperaturen um bis zu  $28^{\circ}\text{C}$  abfallen. In mehreren Schachthöhlen der Bayer. Alpen übersommern Schneereste (z.B. Schinderloch/TS). Auffallenderweise liegen viele der aufgelassenen Almen der oberbayerischen Alpen mit verfallenen Kasern in solchen Kältekesseln, z.B. im Traithengebiet/MB (Fellalm), Laubensteingebiet/RO (Grubalm = "Eiskeller"), Plankensteingebiet/MB, Scheinbergkessel/OA, Funtensee-Uvala und Grünseekessel/BGL.

Größere, in sich geschlossene Karstkessel der nördlichen Kalkalpen zeigen auch in der hochmontanen Stufe allmonatliche Minimumtemperaturen unter  $0^{\circ}\text{C}$  (MOHR 1961). Das Zusammenströmen und die stabile Einlagerung von Kaltluft wird durch die Windabgeschlossenheit begünstigt. Im Höhenbereich der niedrigsten Randschwelle ("Staudammkrone" der Kaltluft) können z.B. im Vorfrühling Temperatursprünge von  $10-17^{\circ}\text{C}$  auf 8-12 m Höhenunterschied auftreten (MOHR 1961).

Das spezielle Kälteklima von Karstlöchern und -depressionen äußert sich natürlich auch phänologisch. Beispielsweise blüht in den Kammdolinen der Hochries/RO die Frühlingsflora (*Primula elatior*, *Gentiana verna*, *Ranunculus montanus*, *Ranunculus alpestris*, *Daphne mezereum* u.a.) bis Ende August.

Am Grund einer 24 m weiten und 6 m tiefen Doline des Kelheimer Forstes fand SCHINDLER (1995) am 12./13.7.1994 bis zu  $9^{\circ}\text{C}$  niedrigere oberflächennahe Lufttemperaturen als außerhalb im Wald. Nachts waren die Unterschiede geringer. Die ausgeprägten Temperaturschwankungen des Waldes traten am Dolinengrund nur sehr abgeschwächt auf. Der Witterungsverlauf ist gemäßigter. Als extremer Kaltluftbereich erwies sich das Schluckloch, in das kein Wasser mehr abläuft. Über 24 Stunden herrschten konstant  $10^{\circ}\text{C}$ , d.h.  $5^{\circ}$  weniger als am Dolinengrund und  $10^{\circ}$  weniger als außerhalb der Doline. Im Tagesverlauf verdunstete außerhalb der Doline mehr als dreimal soviel Wasser wie am Dolinengrund. Im Schluckloch war aufgrund der Kälte und hohen Luftfeuchtigkeit die Evaporation vernachlässigbar gering.

Die Beleuchtungsstärke liegt in den Dolinen und erst recht in deren Schlucklöchern deutlich tiefer als auf dem angrenzenden Waldboden, obwohl das kreisförmige Loch im Baumkronendach, das die baumfreie Doline bewirkt, einen Sonnenfleck durchläßt.

Flachere Dolinen im gleichen Waldgebiet wichen in ihrem Mikroklimaverhalten viel weniger von der Umgebung ab. Die Beleuchtungsstärke zur Mittagszeit kann jedoch in flacheren Dolinen deutlich höher sein als im angrenzenden Wald.

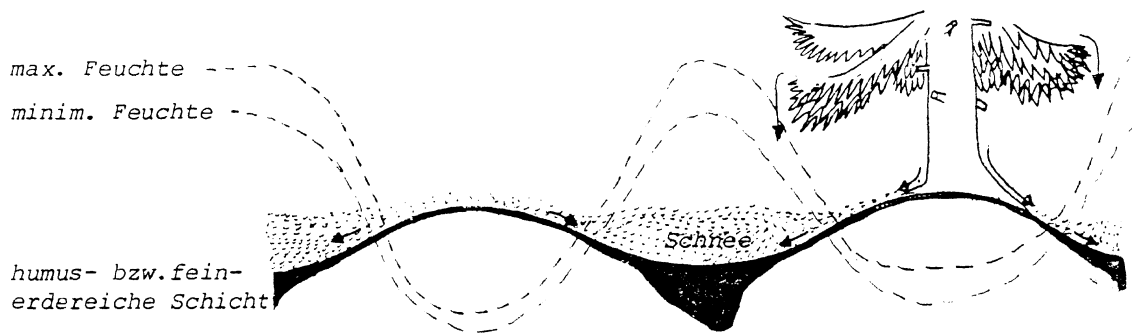


Abbildung E/4

Humus- und Feuchteverteilung auf Karstbuckelwiesen; schematisch (aus RINGLER 1982)

Je heißer und trockener die bodennahe Luftschicht, umso deutlicher sind die Temperaturunterschiede zwischen Wald und Doline.

Zumindest größere und tiefere Dolinen sind also ausgeprägte klimatische Sonderstandorte, die insbesondere kühlere- und luftfeuchtebegünstigte Moose und Farne fördern. RINGLER (1972) berichtet von dem Kessel-Kälteklima im Grubalm-Ponor mit einer Umkehr der Vegetationsstufen: Hier versickert ein Bächlein im verstrützten Blockschutt aus Crinoidenkalk in ein größeres Höhlensystem, das ganzjährig einen Kaltluftstrom an das Ponor abgibt, wobei im Hochsommer lediglich 4 °C erreicht werden.

Wenn Dolinen von Verfüllungen oder dichtem Bewuchs verschont bleiben, so stellen sich deutliche Expositionsdifferenzen an den Böschungen ein. An der besonnten Seite finden sich dann vorwiegend Xerothermfluren, an den kühleren und feuchteren beschatteten Seiten dagegen eher Feuchtbluren.

**Karstbuckelfluren** sind edaphisch und bodenhydrologisch durch ein regelmäßiges Mosaik aus feuchten Feinerde- und Humustaschen in den Mulden und trockeneren, skelettdominierten, kohlenstoffärmeren und z.T. versauerten Buckeln gekennzeichnet. ZECH & WÖLFEL (1974) fanden in den Dellen des Kloaschautales/MB nur 0-8 % Karbonat im Ah/Oh-Horizont (gegenüber 40-94 % auf den Buckeln), dagegen aber 28-40 % C-Gehalt in 0-30 cm Tiefe (Vergleichswert: 0,5-19,5 %), 2,0-2,9 % Ges.-N in 0-30 cm Tiefe (0,06-1,4 %) und pH 6,93-7,65 (5,79-6,21). Lichte Bestockung kann das Karbonatauslaugungsmuster zusätzlich beeinflussen: Schneearmut unter Hutfichten begünstigt den Bodenfrost und stoppt damit die Karbonatlösung, während die Verwitterungsarbeit unter den schneereicheren und humussäureabsondernden Mulden weitergeht (hier kommt der Faktor Kronentraufwasser hinzu). Hat die mosaikartige Strukturierung des Humusvorrates einmal eingesetzt, so vergrößern die Dellen durch humusbürtige Produktion von CO<sub>2</sub> und organischen Säuren, unterstützt durch die Ansammlung kalten, also kalklösenden Schmelzwassers, ihren Verwitterungsvorsprung vor den Buckeln.

Die Standortdifferenzierung schreitet in einem Aufschaukelungsprozeß voran, vgl. Abb. E/4, S. 283.

**Unterirdische Karsthohlräume** sind natürlich ein unvergleichlicher Lebensraum, der zumindest mechanisch viel weniger von menschlichen Aktivitäten geprägt ist als oberirdische Karstelemente. Dafür spiegelt der Chemismus wasserführender Karsthohlräume oft sehr stark alle möglichen absichtlichen und unabsichtlichen Einleitungen der menschlichen Zivilisation wider. Beispielsweise erreichen Öle, die mit Autobahnabwässern N Ingolstadt in eine Doline eingeleitet werden, bereits nach 4 Stunden den 300 m entfernten Brunnen von Stammham. Unterirdische Gewässer des seichten Karstes sind über weite Strecken keine oligotrophen Lebensräume mehr, sondern führen Nitratgehalte von durchschnittlich 25-35 mg/l, z.T. über 50 mg/l (für den Bereich des Wasserwirtschaftsamtes Ingolstadt; MAIER 1984).

Das Sonderklima der Höhlen ist gekennzeichnet durch

- Dunkelheit (bzw. das rasche Verschwinden des Tageslichtes hinter dem Höhleneingang);
- relativ geringe tages- und jahreszeitliche Temperaturschwankungen, kühle Sommer- und milde Wintertemperaturen sowie die sehr gleichmäßige, relativ hohe aber absolut geringe Luftfeuchte; das Temperaturregime ist im Inneren längerer Höhlen unabhängig vom tageszeitlichen und witterungsbedingten Gang der Außenwelt; in der Schlüssellochhöhle im Chiemgau beträgt die Amplitude der Jahresschwankung schon im äußeren Höhlenteil nur 2 °C, im inneren schrumpft sie gar auf 0,2 °C; Luft-, Wasser- und Bodentemperaturen liegen dort bei ca. 5 °C (BAUMGARTNER & TRILLER in TREIBS et al. 1962);
- bestimmte tages- und jahreszeitliche Wechsel der durch den Höhlenverlauf genau vorgezeichneten Zugluftbahnen und ihrer Wirbel;
- die Wege und Sammelbecken des Wassers;
- die Eisbildung und -erhaltung.

Unterhalb der Minimalhöhe der Randschwelle bilden sich häufig stabile Kaltluftseen. An diesen Stel-



len kann sich bereits in der Höhenlage der Mittelgebirge ganzjährig Schnee halten (z.B. im Schindlerloch bei der Bischofsfellnalm am Hochgern/TS auf 1315 m, Adventshöhle in der Satten/MB auf nur 1030 m!). Höhlen mit sackartig ausgebildeten Gangsystemen bilden sog. Eishöhlen (z.B. Untersberger Eishöhlen im Dachsteinkalk bei Marktschellenberg/BGL): Die winterliche, schwerere Kaltluft wird von der sommerlichen, leichteren Warmluft nicht mehr verdrängt und bleibt in den tiefen Höhlenausbuchtungen liegen.

Höhlen können aber auch als Wärmespeicher wirken. FUGGER (1980) vermutet z.B. für das in einem Bergsturz gelegene Nitloch b. Halturm/BGL, daß die relativ hohen Temperaturen von bis zu +8,3° C im Winter in der Höhle durch die Verbindung mit dem Luftpörper des Bergsturzgebietes zu erklären sei.

MOLENDI 1996 beschreibt ähnliche Systeme in Blockschutthalden die am Haldenfuß zu Kaltluftaustritten, im oberen Haldenbereich zu Warmluftbläsern führen.

In offenen, naturbelassenen Höhlen nimmt die Belichtung vom Eingang ins Innere stetig ab. Es herrscht ein mildes, konstantes Klima mit sehr geringen jahreszeitlichen Schwankungen. Die Temperaturen entsprechen im allgemeinen der Jahresmitteltemperatur der Oberfläche. Von Bedeutung ist das im Untergrund fließende Wasser, da kaltes Schneeschmelzwasser das Gestein und die Luft bis in den Sommer hinein abkühlen kann.

Die relative Luftfeuchtigkeit liegt i.d.R. bei 90 bis 100 %. Die Schwankungen bleiben bis auf die Zugangsbereiche sehr gering. Der durch die Höhlengänge wehende Wind erreicht schnell seine Sättigungsgrenze, so daß an den Wänden Wassertropfen auskondensieren. Wenn genügend Kondensationswasserkerne\* vorhanden sind, bildet sich Nebel.

Schauhöhlen (mit künstlicher Beleuchtung): Die Belichtung selbst der hinteren Teile der Höhle ermöglicht auch dort Pflanzenwuchs (sog. "Lampenflora"): VOGELLEHNER (1963) entdeckte sogar fruchtende Moose, Algen (allein ca. 30 Arten; Grün- und Blaualgen sind in ihren Lichtansprüchen am bescheidensten) und vereinzelt Farne im durch elektrische Beleuchtung erhellten Höhleninneren. Allerdings nimmt die Beleuchtungsstärke sehr rasch mit zunehmender Entfernung von der Lampe ab.

Das Pflanzenwachstum wiederum ist die Ursache für Tuffbildungen in Höhlen. Eine Besonderheit bilden dabei die "phytogenen Excentriques (DOBAT 1977)", die durch das Wachstum der Moose und Algen zum Licht hin schiefe Formen annehmen.

Künstliche Beleuchtung weist andere Spektralfarben auf als das Tageslicht und wird oft nur zeitlich begrenzt (bei Führungen) dargeboten. Weniger Besucher im Winter bedingen eine kürzere Belichtung,

oft sogar völlige Dunkelheit. In den Übergangszeiten werden die Lampen jedoch häufig ein- und ausgeschaltet. Künstliche Beleuchtung und die Anwesenheit der Besucher wirken sich auf Temperatur und Luftfeuchtigkeit in der Höhle aus. Im direkten Umfeld der Lampen (mit Ausnahme der Leuchtstoffröhren) bildet sich eine sehr heiße Zone. Besucher bewirken durch Körpertemperatur und Atem ebenfalls eine Erwärmung und Luftfeuchteerhöhung.

Das Einebnen von Höhleneingängen, die Anlage von Betontreppen oder gar das künstliche Vergrößern (u.a. durch Sprengungen) der Höhleneingänge stellen intensive Eingriffe in die Höhlenökologie dar: stärkere Beleuchtung, erhöhte Austrocknung, insgesamt stärkere Witterungsexposition, größere Vegetationsausbreitung usw. Schließlich bedeutet die häufige Anwesenheit von Besuchern eine Störung empfindlicher Tiergruppen.

**Fluß- und Bachversickerungen** bilden meist einen wechsellässigen bis wechselfeuchten Standort. Die Schwinde ist meist von Feinmaterial und ausgewaschenen Steinen gesäumt. Ist das Bachbett rinnenartig eingetieft, so kann die Schwinde die Form eines Einbruchstrichters mit steilen Abrißwänden annehmen. Der Wasserhaushalt von Schwinden und engen, zeitweise rückstauenden Ponoren ist durch extreme Schwankungen bestimmt. Versinkungen, z.B. in den "Wasserklingen" der Hemauer Flächenalb/R oder um Auerbach/AS, verwandeln sich nicht nur nach der Schneeschmelze, sondern auch nach heftigen Regenfällen in kleine Seen, die nur ganz allmählich nach unten versickern (wichtige Retentionsbiotope!).

Zu den ökologischen Besonderheiten vieler **Karstquellen** gehören zeitweiliges Trockenfallen oder stärkere Schüttungsschwankungen.

#### E.1.4 Pflanzenwelt

Ebenso vielfältig wie der Karstformenschatz und seine Standortverhältnisse ist seine Pflanzenwelt, die allerdings hier nur ausschnittshaft charakterisiert werden kann.

**Dolinen, Großdolinen, Poljen und Uvalas** bilden u.a. durch ihre Frostlocheigenschaften oft recht abgeschlossene Vegetationsinseln von hoher Eigencharakteristik. In den alpinen Hochlagen finden sich auf ihren Sohlen regelmäßig verschiedene saure und basische Schneetälchengesellschaften (SALICION HERBACEAE, ARABIDION COERULEAE). Unterhalb der alpinen Stufe finden sie sogar ihren Schwerpunkt in Karsthohlformen. Beispiele: Krautweiden-Gelbling-Schneeboden in dem Kleintiefentaluvala an der Rotwand, Säuerlingsflur (*Oxyria digyna*-Gesellschaft) in der Kleintiefentalwanne/MB, *Juncus monanthos-Alchemilla decumbens*-Gesellschaft in Dolinen des Königsseegebietes (LIPPERT 1966). In der Scheinbergpolje im Ammergebirge wachsen nicht weniger als 15 Pflanzengesellschaften aus 9

\* Kondensationskerne = feinste atmosphärische Partikel (Staub, Ruß, Salzkristalle o.ä.), an denen sich kondensierender Wasserdampf anlagert und zu Tröpfchen wächst.

Klassen auf engstem Raum, im Kesseltiefsten die *Arabis alpina-Ranunculus alpestris*-Schneebodengesellschaft (URBAN 1988).

Die Dominanz des spezifischen Geländeklimas (Frostloch-Sonderklima, lokal-kontinentales Temperaturregime durch außerordentlich große Tagesschwankungen), teilweise auch gleichmäßig kühl ausströmende Höhlenluft, drängt möglicherweise den Einfluß exogener Klimaschwankungen und Jahresklimaunterschiede etwas zurück. Vielleicht erklärt auch dies die für viele Karstdepressionen charakteristische Refugialfunktion hinsichtlich kältezeitlicher Reliktpflanzen und -gesellschaften. Bemerkenswert ist z.B. daß in tieferen Lagen *Sanssourea alpina* fast nur in Dolinen auftritt

Beispiele: Im Grubalm-Polje ("Eiskeller") im Lauensteingebiet/RO (rund 1200 m) begegnen sich hochlagenspezifische Schneetälchengesellschaften mit Krautweide (*Salix herbacea*; tiefstes Vorkommen Bayerns), Netzweide (*Salix reticulata*), Gelbling (*Sibbaldia procumbens*; ebenfalls tiefstes bekanntes Vorkommen) an einem verstorzten, kaltauftausströmenden, nordseitigen Höhlenausgang, kaltstenotheimer alpine Quellmoosgesellschaften mit *Bryum schleicheri* und Sternsteinbrech (*Saxifraga stellaris*) und Alpenstrudelwürmern (*Planaria alpina*) am Ponor, Niedermoorgesellschaften am Kesselboden, wärmeliebende Kalkschutt- und Trockenrasenfluren an südexponierten höhergelegenen Kesselhängen mit dem seltenen Apollofalter (*Parnassius apollo*). Weitere bemerkenswerte Arten wie Kurzährige Segge (*Carex brachystachys*), Bunter Eisenhut (*Aconitum variegatum*) der Frauenmantel *Alchemilla othomarii* und Brauns Fingerkraut (*Potentilla brauneana*) unterstreichen die besondere Standortsvielfalt.

Die ebenfalls etwa 1200 m hoch gelegene Karstschüssel des Engenkopfes bei Tiefenbach/OA beherbergt subarktische Karpatenbirkenmoorwälder, Hoch- und Niedermoore, in denen auffallend reiche Bestände von Glazialrelikten und extrazonalen Hochalpenarten aufeinandertreffen, z.B. Torfsegge (*Carex heleonastes*), das Moos *Paludella squarrosa*, die Alpenrose (*Rhododendron ferrugineum*), der Purpurenzian (*Gentiana purpurea*) und die Alpenzwergmispel (*Sorbus chamaemespilus*). Auch mehrere isolierte Populationen der Patagonischen Segge (*Carex paupercula*) finden sich in karstbeeinflussten Großkesseln, z.B. am Schwarzensee/BGL und im Kronwinklmoos/Halbammergebiet (OAL).

Ackerdolinen des Juras sind heute überwiegend mit recht untypischen Staudenfluren, Ruderalfluren (ARTEMISIETEA), Feldgehölzen und Hochgrasfluren ausgekleidet. Im Weißjura sind großräumige Wiesendolinen mit gerippten und zerfurchten Einhängen oder auch größere, unregelmäßig geformte Karstwannen auch in intensiv genutzten Agrarlandschaften gelegentlich Standort von Kalkmagerrasen (MESOBROMETUM, GENTIANO-KOELERIETUM), bodensauren Magerrasen (POLYGALO-NARDETUM, Rotstraubgraswiesen) und Magerwiesengesellschaften (ARRHETHERETUM), so z.B. einige Ponordolinen bei Michelfeld/AS, auf der Hersbrucker Alb, der Wiesendolinenkomplex Maierhofen/KEH und einige

Dolinenwannen S Hemau/R. Dolinen innerhalb größerer Magerrasenkomplexe heben sich manchmal durch wechselfeuchte und wasserzügige Pfeifengraswiesen, Davallseggenrieder (z.B. Raibler Dolinen am Geißschädel/GAP) und eine Reihe spezifischer Arten aus der trockeneren Magerrasenumgebung heraus.

Naturnah gebliebene, meist waldumgebene Dolinen und Karstwannen tragen unter bestimmten Bedingungen azonale oder sogar extrazonale Vegetation. Wassergefüllte oder verlandete Dolinen zeigen die in den jeweiligen Naturräumen mögliche ganze Bandbreite an Großseggen-, Röhricht-, Bruchwald- und Wassergesellschaften. Z.B. finden sich in den Gipskeuperdolinen bei Gerolzhofen das Steifseggenried (CARICETUM ELATAE), Blasenseggenried (CARICETUM VESICARIA), Uferseggenried (CARICETUM RIPARIAE), Schilfbestände, das RICCIETUM FLUITANTIS, Walzenseggen-Erlenbrüche (CARICI ELONGATAE-ALNETUM (vgl. ULLMANN et al. 1983). Im Allgäu wachsen sogar Nieder- und Zwischenmoorgesellschaften gelegentlich in große Dolinen am Moorrand hinein (z.B. Engenkopf, Alte Piesenalpe). In Gipsauslaugungssenken bzw. -Dolinen des Steigerwaldvorlandes kamen einst sogar sehr seltene Kalkniedermoor- und Pfeifengraswiesen, u.a. mit *Viola punila*, vor (GAUCKLER 1957). Nur wenige trockene Gipsdolinengebiete haben das Glück, Bestandteil von Steppenheideschutzgebieten zu sein (z.B. Sieben-Hügel/NEA). Dann sind sie sogar mit Haarpfriemengras- und Fiederzwenken-Adonisröschen-Gesellschaften ausgekleidet.

Bei starker anthropogener Überprägung dringen nitrophile Hackunkraut-Gesellschaften, Ruderalvegetation und Fettwiesenbestände in die Hohlformen ein.

Die pflanzliche Besiedlung tiefer naturnaher Schachtolinen ähnelt Höhleneingängen. In den tiefsten lichtschwachen Bereichen vegetieren nur Moose und Algen, nach oben folgen Farne, feuchtigkeitsliebende Blütenpflanzen, Hochstauden und endlich Arten der im Gebiet verbreiteten zonalen Vegetationseinheiten. Der auf engstem Raum enorme Licht-, Feuchte- und Bodengradient bedingt höchst interessante Kleinzonationen von zusammengenommen hohem Artenreichtum. Tiefe bewaldete oder teilbelichtete Trichterdolinen, z.B. im Forchheimer Jura oder in den Bayerischen Alpen, weisen mit die höchsten Pflanzenartendichten dieser Bereiche auf: man bedenke dabei auch den Artenüberlagerungseffekt in der Senkrecht-Projektion. Beispielsweise ist der grottenartige Trichtergrund des Abergofens/RO (1300 m) durch die Klufftmoose *Plasteurhynchium striatulum*, *Cirriphyllum vaucherii*, *Mnium hymenophylloides* und *Orthothecium intricatum* - neben weiter verbreiteten Moosen feuchter Kalkfelsen wie *Brachythecium oxycladum*, *B. reflexum*, *Campylium protensum*, *Encalypta streptocarpa*, *Fissidens cristatus*, *Tortula muralis*, *Conocephalum conicum* und *Pedinophyllum interruptum* - sowie durch die gelbe Felsalge *Trentepohlia aurea* gekennzeichnet (MICHELER & BRAUN in TREIBS et al. 1962). An Gefäßpflanzen treten hier nur die beiden Blasen-

farne *Cystopteris regia* und *C. fragilis* auf. Erst etwas oberhalb gedeihen einige Blütenpflanzen wie *Caltha palustris*, *Cardamine amara*, *Saxifraga rotundifolia* und *Veronica urticifolia*. Erst auf dem eigentlichen Dolinenboden breitet sich eine feuchte Hochstaudengesellschaft (ADENOSTYLION) mit *Adenostyles glabra*, *Geranium sylvaticum*, *Rumex alpinus*, *Silene cucubalus*, *Athyrium distentifolium* u.a. aus. Auf den flacher ansteigenden, beweideten Dolinenwänden treten immer mehr Arten alpiner Mager- und Fettweiden hinzu. Dabei entwickelt sich zumindest in größeren, steilwandigen Dolinen, die von Abfällen und Abwässern verschont bleiben, so etwas wie ein Urwiesenfragment, da das Weidevieh nicht mehr hineinkommt und die mikroklimatische Ungunst (u.a. lange Schneelage) auch die Baumstockung hemmt.

Der Anteil borealer und arktisch-(alpin)er Arten ist in tiefen Dolinen und Höhleneingängen schon in der montanen Stufe oft außerordentlich hoch (SCHERZER 1936). Zu den relativen Kältezeigern wie z.B. *Carex capillaris* (Haar-Segge), *Polygonum viviparum* (Knöllchen-Knöterich), *Salix herbacea* (Kraut-Weide), *Salix reticulata* (Netz-Weide), *Salix retusa* (Stumpfbllättrige Teppich-Weide), *Cicerbita alpina* (Alpen-Milchlattich), *Saxifraga stellaris* (Sternsteinbrech), *Sibbaldia procumbens* (Alpen-Gelbling), *Viola biflora* (Gelbes Veilchen) gesellen sich Sickerfeuchtezeiger und Hochstauden (*Chrysosplenium* spec., *Adenostyles spec.*, *Gentiana asclepiadea*, *Veratrum album*, *Saxifraga rotundifolia*). Im Dolinenkontakt der Irrendorfer Hardt auf der Alb konzentrieren sich die Vorkommen des seltenen Eiszeitreliktes *Salix starkeana*. KAISER (in MEINUNGER 1995) rühmt insbesondere die Ponordolinen als Standorte "manchmal einmaliger Moosvegetation". Der reichhaltige Moos-Besatz kleiner Karsthohlformen, Karstquellen und Dolomitriffe wurde u.a. von KAISER (1988) am Beispiel des Veldensteiner Forstes erfaßt. Unter den insgesamt 206 Laub- und Torfmoosarten sowie den 73 Lebermoosarten befinden sich in den z.T. nassen Dolinen, an Karstquellen und Riff-Felsen so bemerkenswerte Arten, wie *Thamnobryum alopecurum*, *Crossocalyx hellerianus*, *Brachythecium reflexum*, *Dicranum fucescens*, *D. spurium*, *Mnium spinulosum*, *Jungermannia hyalina*, *Lophozia excisa*, *Nardia geoscypha*, *Bartramia pomiformis* und der gesamt-bayerische Neufund *Cololejeunea rosettiana*. Im Kelheimer Forst ist zwar die Artenliste der Dolinen nur wenig vom gesamten Waldgebiet verschieden, jedoch sind bestimmte montane (z.B. *Veronica montana*, *Cardamine flexuosa*, *Circaea alpina*, *Lycopodium annotinum*, *Hypericum montanum*, *Phegopteris connectilis*) und luftfeuchtigkeitsbedürftige Arten(gruppen), sowie einige seltene Arten wie *Huperzia selago*, *Melittis melissophyllum*, *Chamaecytisus supinus*, *Cephalanthera rubra* nicht höher repräsentiert. Moose und Farne haben generell höhere Gruppenanteile; darunter sind auch einige regional seltene und RL-Arten wie *Orthothecium speciosum*, *Sphagnum compactum*, *Sph. fimbriatum*, *Pylaisia polyanthas*, *Ptilium crista-castrensis*, *Phegopteris connectilis*, *Gymnocarpium dryopteris*. (SCHIND-

LER 1995). Im Paintener Forst ist ein Teil der Dolinen pflanzensoziologisch durch höhere Anteil von Feuchtegruppen und ALNO-ULMION-Arten deutlich von der umgebenden Waldgesellschaft abgehoben (. Lösungsdolinen mit Ponor enthalten durchschnittlich mehr meso- und eutraphente, basikline Arten als ponorfrem und Senkungsdolinen, in denen azidokline Arten stärker im Vordergrund stehen). SCHINDLER (1995) betrachtet Walddolinen als kleine Dauerlichtungen, in denen verschiedene Schlagflurgesellschaften einen natürlichen Standort haben können.

Auf **Karren und Schratzen**, insbesondere Rinnen-, Schichtfugen- und Klufftkarren der Kalkalpen, entwickeln sich Vegetations-Kleinmosaiken, wie sie nirgendwo in Bayern kontrastreicher ausgebildet sind. Im Dezimeterbereich können sich Farn-, Hochstauden- oder Naßfluren in den humus- oder lehmgefüllten Karren, extrem austrocknende Krustenflechten- oder Moosgesellschaften auf den Schratzen und Graten sowie Rasen-, Zwergstrauch-, Zwergweiden- und Latscheninseln auf Flachkarren und breiteren Felsstegen abwechseln. Bei Zwischenschaltung von Mergel- und Sandsteinbänken, wie z.B. am Gottesacker, können *Trichophorum*-Vermoorungen, kleine Alpenrosen-Beerstrauchheiden und Borstgrasrasen die Kalkflechten- und Kalkrasengesellschaften unterbrechen. Bevorzugte Wasserleitlinien auf nackten Felsoberflächen werden zunächst von Flechten, dann auch von Moosen besiedelt. Regelmäßige Besiedler humuserfüllter Karren in den Voralpen sind (u.a. nach SCHERZER 1936 WAGNER 1950) u.a. *Asplenium viride* (Grüner Strichfarn), *Campanula cochleariifolia* (Zwerg-Glockenblume), *Cystopteris alpina* (Alpen-Blasenfarn), *Moehringia muscosa* (Moos-Nabelmiere), *Ranunculus alpestris* (Alpen-Hahnenfuß), *Salix reticulata* (Netz-Weide), *Saxifraga paniculata* (Trauben-Steinbrech), *Saxifraga rotundifolia* (Rundblättriger Steinbrech), *Cicerbita alpina* (Alpenlattich), *Viola biflora* (Gelbes Veilchen) und *Pedicularis recutita*.

Tiefreichende Karstspalten der Frankenalb, über die man auf der Suche nach seltenen Phanerogamen oder Schmetterlingen vielleicht achtlos hinwegwandert, können komplexe, nach unten entsprechend abnehmender Lichtstärke und Feuchte abgestufte Mooszonationen aufweisen. Beispiel: Am Eichelberg bei Kallmünz folgen von oben nach unten aufeinander: *Homalothecium sericeum*, *Neckera companata*, *Anomodon viticulosus*, *Cirriphyllum vaucheri*, *Neckera crispa* und *Thamnum alopecurum* (NEUMAYR 1971).

**Höhlen:** Nicht nur zoologisch, sondern auch botanisch sind Höhlen ein hochcharakteristischer und interessanter Lebensraum, dem eine große Zahl spezieller Arbeiten gewidmet sind (allein 123 Arbeiten von F: MORTON; vgl. DOBAT 1969).

Besonders interessant sind spezifische Höhlenanpassungen allgemein verbreiteter Pflanzen. Phanerogamen stellen grundsätzlich ihre Blattflächen senkrecht zum schwachen Lichteinfall. Bis etwa 10 m in Höhlen eindringende Alpengänsekressen (*Arabis al-*

*pina*) sind etiliert (bleichgrün), zart und großblättrig (bis 9 cm lang) und kraftlos auf dem Boden liegend. Bei einigen "Höhlenpflanzen" ist eine Verlängerung der üblichen Lebensdauer nachgewiesen (z.B. Moschuskraut *Adoxa moschatellina*). Die lichtzugewandte Seite der Blätter von *Adoxa* und Blasenfarne (*Cystopteris fragilis* var. *anthriscifolia*) weist stark verzahnte unregelmäßig geformte Zellen mit stark nach außen vorgewölbten (besser licht-perzipierenden) Außenwänden auf, unter denen auffallend chloroplastenreiche Zellen konzentriert sind.

Der Regenschutz mit relativem Nährstoffreichtum verbindende Sonderstandort Höhleingänge und Felsüberhänge oder Abris (Balmen) hebt sich durch einige sehr standortspezifische Blütenpflanzenarten und -gesellschaften heraus (für den Jura siehe u.a. WALTER 1976, 1984, OTTE 1989). Letzte Hinterlassenschaften uralter Siedlungsplätze sind hier mitunter anthropo- und zoochore, teils gefährdete Arten, die mit den Völkern wohl überwiegend in den tiefeingeschnittenen Talzügen gewandert sind. Erwähnt seien Scharfkraut (*Asperugo procumbens*), Österreichische Ranke (*Sisymbrium austriacum*) Hundszunge (*Cynoglossum officinale*), Bläser Erdrauch (*Fumaria vaillantii*), Turm-Gänsekresse (*Arabis turrata*), Kleine Brennessel (*Urtica urens*), Katzenminze (*Nepeta cataria*) und Lanzenschildfarn (*Polystichum lobatum*). (Die Mehrzahl dieser Arten fehlt allerdings den alpinen Höhlenportalen und Balmen). Die Kalkfels-Balmengesellschaft (*Lappulo-Asperugetum procumbentis* Br.-Bl. 1919) mit einigen der genannten Arten findet sich bevorzugt im Bereich der nachweislich mittel- bis altsteinzeitlich besiedelten Höhlen z.B. im Laaberthal, am Ries, im Altmühl- und Weismaintal. In den Kalkalpen wird der Balmenstandort, der hier i.d.R. auch als Wild- oder Schaffläger dient, durch Hundszungengesellschaften vertreten.

Häufig befinden sich im Höhlenaußenbereich auch recht interessante, z.T. raritätenreiche Moosgesellschaften. Wie in tiefen Dolinen lösen sich auch in Höhleingangsbereichen bzw. Kurzhöhlen die Moosarten entsprechend des Lichtgradienten in eigentümlicher Weise ab. Als alpines Beispiel schildert MORTON (1969) das 17 m lange Wetterloch am Schafberg. Zwischen 3500 und 2000 Lux wachsen *Cratoneuron filicinum*, *Ctenidium molluscum*, *Lescurea atrovirens* var. *tenella*, zwischen 2000 und 500 Lux *Brachythecium velutinum* in einer sehr zarten Schattenform, *Cratoneuron filicinum* in der zarten Höhlenform var. *spelaea*, *Erythrophyllum rubellum*, *Rhynchostegium murale* und *Thamnum alopecurum*. *Arabis alpina* dringt nach MORTON bis zu 1230 Lux vor, *Adoxa moschatellina* sogar bis 1440. Im Adlerloch fand MORTON bis 10 m: *Amblystegiella sprucei*, *Gymnostomum rupestre*, *Hymenostylium curvirostre*, *Fegatella conica*, *Isopterygium pulchellum*, *Timmia bavarica*, bis 12 m u.a. *Erythrophyllum rubellum* und *Mnium stellare*, bis 16 m u.a. das "Höhlenmoos" *Oxyrrhynchium swartzii* und bei 20 m noch *Thamnum alopecurum*. GAMS fand 1920 (MORTONGAMS 1925) im Angerloch/GAP. 22 Moose u.a. *Amblystegiella jungermannioides*, das Gurkenmoos (*Taxiphyllum wiss-*

*grilii*, *Trichostomum viridulum* und das Langgestreckte Schnabelmoos, *Eurhynchium swartzii*.

DÜLL (1963) und VOGELLEHNER (1963) fanden folgende Moose immer an außeralpinen Höhleingängen und im Höhlenaußenbereich (oder auch im künstlichen Lichtkegel im Höhleninneren): *Conocephalum conicum* (dringt an feuchten Felsen bis weit in das Höhleninnere vor), *Cratoneuron filicinum* und *Cratoneuron commutatum*, *Eucladium verticillatum*, *Eurhynchium swartzii*, *Fissidens taxifolius* (in Schauhöhlen und Höhleingängen), *Fissidens pusillus* (var. *minutulus*), *Mnium stellare*, *Pedino-phyllum interruptum*, *Schistostega osmundaceae* (Leuchtmoss, allerdings nicht in Karst-, sondern Silikat- und Sandsteinhöhlen), *Seligeria doniana* (polsterbildend an der Decke einer Schauhöhle gefunden), *Seligeria tristicha*.

Bei künstlicher Beleuchtung dringen einige Algen- und Moosarten, gelegentlich auch Farne, auch ins Höhleninnere vor. Zwar haben sich in der kurzen Dauer dieses anthropogenen Sonderlebensraumes noch keine eigenen Höhlenarten herausbilden können, doch treten anatomisch auffällige "Kryptomorphosen" (Sonderwuchsformen) und "Sciamorphosen" = Schattenformen mit auffallend spärlicher Beblätterung und bräunlicher Verfärbung auf (VOGELLEHNER (1963). Die Umwandlung in Schauhöhlen oft noch dazu mit Ausweitung oder Neuanschaffung eines Höhleingangs intensiviert den Import von Sporen, Zellen, Samen, Pflanzenresten so-wohl via Wind und Wasser als auch durch Besucher und höhlenbesuchende Tiere. Es kann sich eine photoautotrophe "Lampenflora" entwickeln. Um die Lichtquellen herum finden sich viele in die Tropfsteine hineingewachsenen Organismen. Bei schwacher Belichtung wachsen dagegen lediglich Blaualgen besser als andere Algengruppen. Zur anthropogenen photoautotrophen Höhlenflora gehören weit über 40 Algen (blau-, Kiesel-, Grünalgen). Im Schulerloch/KEH wurden 13 Algen, in der Teufelshöhle bei Pottenstein/BT 17 Algenarten nachgewiesen (CHANG & CHANG-SCHNEIDER 1991). In Jurahöhlen wurden u.a. folgende Moose festgestellt: *Fissidens taxifolius*, *F. pusillus*, *Eucladium verticillatum*, *Eurhynchium swartzii*, *Cratoneuron commutatum* und *filicinum*, *Seligeria donana* (sogar fruchtend!) Aus der Algenvegetation von Karsthöhlen erwähnen GAUCKLER (1957) und WEBER (1963) u.a. in den äußeren Höhlenpartien *Trentepohlia aurea*, *Bacidia chlorococc*, *Chroococcus turgidus*, *Cystococcus spec.*, *Gloeocapsa dermochroa*, *Gloeocapsa sanguinea*, *Melosira roeseana*, in den inneren Höhlenabschnitten *Aphanocapsa virescens*, *Nostoc microscopicum*, *Pinnularia cf. borealis* (kleine Kieselalgenart), *Pleurococcus naegelli* (primitive Grünalge mit der weitesten Verbreitung aller Algenarten in den Höhlen), *Pleurococcus viridis*, *Pleurastrum insigne*, *Scytonemataceen*-Arten, *Stichococcus bacillaris*, *Tolypothrix rupestris*.

Wenn auch unauffälliger, heben sich sogar die **Karst-Trockentäler** aus dem benachbarten Vegetationsmosaik heraus. Das Talgrünland kann hier im Gegensatz zu anderen Tälern trockenwiesenartig

sein (z.B. *Salvia*-Variante des Trisetetum im Köferring-Trockental bei Amberg). Innerhalb geschlossener Weißjurawälder können Talsohlenwälder z.B. als *Circeae alpina*-Variante des "Christophskraut-Eichen-Hainbuchenwaldes" im Sinne von LUTZ (1950) mit bemerkenswerten Arten *Astrantia major*, Grauerle, den kühlen kleinklimatischen Sondercharakter andeuten.

Knocks und Felsen des Karstgebietes siehe unter Teil F 1.4.

### E.1.5 Tierwelt

Auch hier können nur wenige Grundzüge der vielfältigen tierischen Lebensgemeinschaften von Karstbiotopen angetippt werden (auch die Bände II.8 "Stehende Kleingewässer" und II.1 "Kalkmagerrasen", sowie Teil F dieses Bandes: Karstfelsen).

Von einer "speziellen Karstfauna" läßt sich am ehesten bei den **Höhlen** sprechen. Deren Sondermilieu (siehe E.1.3) erfordert einen hohen biologischen Spezialisierungsgrad, der sogar zu ausschließlich höhlenbewohnenden Arten (Troglobionten) geführt hat. Echte Höhlentiere, die ihren gesamten Lebenskreis im Höhlenhabitat abwickeln, sind neben dem bekannten istrischen Grottenolm in den Kalkalpen z.B. die Höhlenlaufkäfer *Arctaphaenops muellneri*, *A. styriacus*, *A. hartmannorum*, *A. angulipennis* und *A. ilmingi*, in der Frankenalb der Strudelwurm *Planaria vitta* (z.B. Teufelhöhle bei Pottenstein, in einer zwergenhaften Form in der Sophienhöhle), die Schnecken *Bythiospeum spec.* und *Hyalinia cellaria* (z.B. Rosenmüllershöhle), die Höhlenspinnen *Porrhomma egeria* und *Porrhomma rosenhaueri* (letztere wahrscheinlich sogar ein mitteleuropäischer Endemit!; bleiche Farbe, verkümmerte Augen und lange Beine!), die Höhlenassel (*Asselus cavaticus*), Tausendfüßler, Borstenwürmer, die in Ritzen und unter hereingewehten verwesenden Blättern im Halbdunkel leben sowie der Ringelkrebs *Bathynella nataus*, der farblose Brunnenkrebs *Niphargus aquilex* und einige Springschwänze, z.B. der Gattungen *Heteromurus* und *Onychiurus*. Die Fortpflanzung ist bei Troglobionten wegen des gleichmäßigen Höhlenklimas nicht jahreszeitenabhängig (aperiodisch). DOBAT (1979) registrierte 1956-76 in etwa 200 Karsthöhlen der Frankenalb insgesamt nahezu 500 Wirbellose, darunter 12 Troglobionten, deren Existenz allein von Höhlen abhängt. Darunter sind z.B. verschiedene Zwergspinnen, die ihre Nester gern an vorspringende Leisten der Tropfsteine und Sinterwände bauen und sich vorwiegend von Ur-Insekten (Collembolen) ernähren.

Zahlreicher sind die **Troglophilien**, in DOBATs fränkischen Untersuchungen 78 Arten. Also eher eurytope Formen, die auch oberirdische Biotope besiedeln können und vorwiegend den Eingangsbereich nutzen, aber teilweise auch weit ins Innere vordringen. Beispiele in der Frankenalb: die Erbsenmuschel *Pisidium personatum*, der Kellerspinner *Triphosa dubiata*, viele Dipteren. Die Kleinspinne *Lepthiphantes pallidus* hält sich eingangsnah auf, wenn die Höhle selbst von *Porrhomma* besetzt wird; sie dringt in unbesetzte Höhlen aber auch tiefer ein.

THALER & PLACHTER (1983) fanden in Frankenalbhöhlen weiterhin *Pseudomaro aenigmaticus*, *Porrhomma convexum*, *P. egeria*, *P. lativela*.

PLACHTER und PLACHTER (1988) untersuchten 21 Höhlen in der Frankenalb. Sie stellten dabei u.a. den Artenbestand und die quantitative und räumliche Verteilung der Tiere fest und erforschten deren jahreszeitliche Dynamik. In der Eingangsregion wurden z.B. die höchsten Individuenzahlen im August und September, die niedrigsten im April beobachtet. Die Anzahl nachgewiesener Arten bzw. Artengruppen korreliert dort logarithmisch mit der bekannten Ganglänge. Die Tiergemeinschaften der Eingangsregion besteht aus unspezifischen Saprophagen, einem breiten Spektrum im Jahresverlauf zuwandernder Arten, wenigen Prädatoren und einigen Arten des Höhleninnern. Im Höhleninnern konzentrieren sich die anwesenden Arten stark an verrottenden organischen Substanzen. Der direkte Energieeintrag durch Fledermäuse spielte früher in den untersuchten Höhlen wahrscheinlich eine zentrale Rolle in den untersuchten Höhlen. Ihr weitgehendes Verschwinden dürfte daher nachhaltige Auswirkungen auf die gesamte Lebensgemeinschaft des Höhleninnern haben.

FRANK (1963) fand in Höhlen neun verschiedene Fledermausarten, die als Höhlenüberwinterer z.T. jeweils unterschiedliche Nischen und Höhlenklima- te bevorzugen: Das Große Maus-ohr (*Myotis myotis*; bevorzugt v.a. großräumige Höhlen mit Temperaturen von 7-10 °C, wo es meist in Trauben an der Decke oder in Schächten hängt), die Gefranste Fledermaus (*Myotis nattereri*, RL By 2; gleiche Schlafplätze wie Mausohr, aber meist einzeln), Kleine Bartfledermaus (*Myotis mystacinus*, RL By 3; Einzelgängerin, überwintert in sehr engen Spalten und zwischen Sinterrippen), Wasserfledermaus (*Myotis daubentoni*, RL By 4R), Bechstein-Fledermaus (*Myotis bechsteini*, RL By 2; vermutlich nur in Ausnahmefällen in Höhlen), Kleine Hufeisennase (*Rhinolophus hipposideros*; selten in größerer Zahl anzutreffen, sehr empfindlich, liebt zugfreie, warme Schlafplätze, hängt nie in Trauben zusammen, sucht ihre Höhlen auch im Sommer öfter auf), Mopsfledermaus (*Barbastella barbastellus*, RL By 1; sehr selten, liebt kältere Winterschlafplätze, verträgt auch Temperaturen unter 7 °C, kurzfristig sogar unter 0 °C), Braunes Langohr (*Plecotus auritus*, RL By 4R; meist in kleinen Höhlen oder im Eingangsbereich größerer Höhlen mit Temperaturen zwischen -5 und +7 °C, akzeptiert im Höhleninneren auch +8 °C), Breitflügel-Fledermaus (*Eptesicus nilssoni*, RL By 3; sehr selten, nur in kalten Höhlenteilen). ISSEL et. al. (1977) fanden in den bayerischen Höhlen 14 Fledermausarten, wobei außer den vorgenannten Arten noch die Große Hufeisennase (*Rhinolophus ferrumequinum*, Graues Langohr (*Plecotus austriacus*), Rauhhauffledermaus (*Eptesicus serotinus*) und Wimperfledermaus (*Myotis emarginatus*) nachgewiesen wurden. Bei einer Fledermauskartierung 1987/88 stellte der LBV (zit. in AI 1988) allein in (Klein-)Höhlen des unteren Altmühltals/Donautales Winterquartiere folgender 11 Fledermausarten fest: Große Hufeisennase, Kleine Hufe-

sennase, Braunes Langohr, Graues Langohr, Großes Mausohr, Bechsteinfledermaus, Fransenfledermaus, Bartfledermaus, Wasserfledermaus, Abendsegler, Zwergfledermaus.

Eine mehrmals im Winterschlaf gestörte Fledermaus besitzt häufig nicht mehr die Kraftreserven für das Aufwachen und geht zugrunde, deshalb sind Fledermausschutz und regelmäßige Höhlenbegehungen unvereinbar.

Wichtig ist auch die Bewetterung: Höhlen mit kräftigem Luftzug und starker Außentemperaturabhängigkeit werden kaum aufgesucht. Ein idealer Winterschlafplatz für die meisten Fledermäuse hat eine gleichbleibende Temperatur von 7-9 °C und eine Luftfeuchtigkeit von 70 - 90%.

Sogar der Steinkauz (*Athene noctua*) ruht tagsüber in Höhlen. Der Feuersalamander (*Salamandra salamandra*) sucht in Ruhezeiten (tagsüber und im Winter) häufig Höhlen auf. Der feuchte Höhleneingangsbereich mit Gesteinsbruchstücken, Laubeinwehungen, Moos- und Algenvegetation wird bei starker Hitze oder im Winter auch von Molchen und Kröten genutzt, z.B. Alpenmolch (*Triturus alpestris*), Kammolch (*Triturus cristatus*), Teichmolch (*Triturus vulgaris*), Fadenmolch (*Triturus helveticus*), Erdkröte (*Bufo bufo*).

Zahlreiche Laufkäfer, Kurzflügler und Aaskäfer suchen die Höhlen auch zur Nahrungsaufnahme auf (Bewohner der Bodenzone des Höhleneingangs als Beute) und bleiben dabei mehr oder weniger im Eingangsbereich. Zeitweilige Überwinterungs- und Schutzplätze bei ungünstiger Witterung finden auch verschiedene Weberknechte, Mücken, Köcherfliegen, Schmetterlinge (z.B. Tagpfauenauge *Inachis io*, Kleiner Fuchs *Aglais urticae*). Letztere ziehen sich als Imagines bei Kälteeinbrüchen und zur Überwinterung in die Höhlen (Höhlendecke, geschützte Nischen) zurück. Zackeneule (*Scoliopteryx libatrix*), Wegdornspanner (*Triphosa dubitata*) und Raubspinne (*Meta menardi*) sind auf die Hell-Dunkel-Übergangszonen beschränkt;

Darüberhinaus fand DOBAT (1979) 255 **Trogloxe-ne** ("Höhlenfremde") in den Frankenalbhöhlen. Arten also, die diese fakultativ, aber nicht bevorzugt nutzen.

Nicht ganz so spezifisch sind die Faunenverhältnisse tieferer **Dolinen** und **Karstkessel**. Sie bieten einer an die besonderen mikroklimatischen Bedingungen der Hohlformen angepassten Fauna, darunter kältezeitlichen Relikten, ein Refugium, in dem sie teilweise Jahrtausende eines für sie "zu warmen" Klimas überdauerten. Auch hier gibt es wahrscheinlich sogar in Bayern exklusiv auf diesen Insellebensraum angewiesene Arten. Pars pro toto seien hier nur wenige Beispiele genannt:

In den Dolinen und Erdfällen des Veldensteiner Forstes fanden BAUCHHENSS et al. (1988) eine z.T. hochspezialisierte, an seltenen Arten reiche Spinnenfauna mit einigen boreal-subarktisch verbreiteten Arten. *Micrargus georgescuae* in einer Torfmoos-Versumpfung im Bereich einer Hang-

druckquelle auf der Nordseite eines Dolinentrichters ist sogar ein Erstnachweis für Deutschland (BAUCHHENSS 1988). Bei weiterer Durchforschung ließen sich wohl noch mehr Beispiele der kältezeitlichen Refugialfunktion von Karstkesseln und -schächten in Bayern aufspüren.

Ausgeprägte karstbürtige Kältekessel in den nördlichen Kalkalpen können sich durch eine auffallende Tierartenarmut von der Umgebung abheben. In extremen Kältekesseln ist der Insektenflug sommers manchmal auffallend gering. Selbst Fliegen und Bremsen können fehlen (MOHR 1961, KÜHNELT 1933). Grasfrosch und Bergmolch laichen zwar in den Dolinentümpeln - verspätet - ab, die Kaulquappen scheinen sich aber im unverhältnismäßig kurzen Sommer mit allmonatlich zufrierenden Stillgewässern nicht immer zum Imago zu entwickeln. Umgekehrt sind aber auch spezifische, z.T. insuläre Artenvorkommen unverkennbar. Möglicherweise besteht in den Bayerischen Alpen sogar beim Schnee- und Steinhuhn zumindest an der Untergrenze der Höhenverbreitung eine gewisse Bindung an eiszeitlich überformte große Karstkessel mit sehr kurzer Aperizeit (z.B. Kleintiefental/MB, Scheinbergkessel im Ammergebirge/OA). Auch in den Höchstlagen befinden sich die besten Vorkommen vorwiegend auf Karsthochplateaus und ausgedehnten Karrenfeldern (Steinernes Meer, Gottesacker u.a.; hier auch Schneefink).

Auf die insbesondere in sonst gewässerarmen Karstgebieten hervorragende Bedeutung von wassererfüllten Hülben für die Limnofauna wird hingewiesen (vgl. MATTERN & BUCHMANN 1983/1987 und LPK-Band II.8 "Stehende Kleingewässer").

### E.1.6 Verbreitung, Verantwortung der Landkreise

Bayern bietet vor allem in der Oberpfälzer und Nördlichen Frankenalb auch im internationalen Maßstab herausragende Karstformengesellschaften, die so auch in den anderen klassischen Karstlandschaften Europas (z.B. Nordostalpen, Istrien, Slowenien, Süd- und Mittelfrankreich, italienischer und Südhärzer Gipskarst, Gotland und Öland, Jasmund auf Rügen) nicht wiederkehren. Sie zwingen zu besonders verantwortlichem Umgang und umweltsensibler Raumentwicklung.

Karstgebiete sind auf topographischen Karten leicht am Fehlen eines fein verzweigten Gewässernetzes zu erkennen. In der hydrographischen Karte hebt sich vor allem der Jurabogen, aber auch die kalkalpinen Raxlandschaften durch Gewässerleere heraus. Hier verhindert die Verkarstung die Ausbildung eines oberirdischen Gewässer- und Zertalungsnetzes und bewahrt alte Landoberflächen ("Altlandschaften") vor einem tiefgreifenden Abtrag. Die Grenze des verkarstungsfähigen Gesteins ist oft an der Häufung von Quellaustritten nachvollziehbar.

Jedes der bayer. Karstgebiete hat ein spezifisches Karstformenspektrum. Manche Karstelemente sind nur in einem Karstgebiet (gut) ausgeprägt.





**E.1.6.1 Poljen, Uvalas, Großdolinen****Hauptverantwortung:** NM, EI, LAU, AS**Mitverantwortung:** RO, BGL, OA, KEH, GAP, MB, MSP, OAL, TÖL, WÜ**AS:** Talkessel von Königsstein, ein fossiles Polje der Unterkreide (ca. 5 km lang und 0,3 bis 1 km breit).**BGL:** Funtenseewanne; Grünsee- und Schwarzensee-Uvala im Königsseegebiet; Königstalalm, Reiteralm.**EI:** 2 Poljen mit Dolinengruppen S und SE Gelbsee, Gr. Polje N Dörndorf, SSW Breitenhüll, S Scheeldorf, SSW Schafshill, NNE Mendorf.**GAP:** Soilaalm, Scheinbergkessel (Bäckenalm), Nebelalpe im Ammergebirge.**KEH:** Saupark W Punkt 509; 800x700 m große Riesendoline ca. 300 m NNW Sausthal-Rappelshofen, die Dolinenfüllung läßt auf verschiedene Karstgenerationen schließen; randlich gelegene pleistozäne bis rezente Tochterdolinen.**LAU:** Schwerpunkte von Uvalas im Rinnenbrunner Forst, in den Hartensteiner Bergen und im Schwarzen Brand.**MB:** Großtiefentalalm (Uvala); Großdolinen zwischen Plankenstein und Risserkogel; Benzengalm, Ankelalm, Freudenreichalm.**MSP:** Johannishof bei Birkenfeld (Doppelpolje mit 2 Ponoren); zwischen Johannishof und Unterleinach; Staunässe bis zum Sommer, Talschlüsse am Büchelberg, Altenberg und Augensee, Metzenloch W Zellinger Wald.**NM:** Im TÜP befinden sich die schönsten und in ihrer Biotopentwicklung besten Poljen Bayerns, z.B. Poljensystem Judeneidenfeld (mit Feuchtbiotopen auf Schutzfelsschichten), Ronsolden, Raversdorf, Schwend, Griffenwang, Kühnhausen (bis zu 2000 m lang); ungestörte wasserführende Hüllen (z.B. Georgenthal).**OA:** Spicherhalde-Alpe, Kuh- und Stierbachalpe, Haseneck-Alpe, Eck-Alpen-Alpe, Zipfelalsalpe, Wengenalpe.**OAL:** Scheinbergkessel im Ammergebirge/OAL, GAP, ein allseitig steilwandiger kraterartiger Kessel mit ebenem Boden, zeitweiligem See und Ponor in Wasserscheidenlage zwischen Liosach und Lech; Mühlbergler Äpele, Jägerhütte, Kofelalpe, Altenbergalpe, Untere Nesselwangelalpe, Schwangauer Kessel, diverse "Roßställe".**OA:** Falkenbergalpe, Hintere Entschenalpe, Hohenfluhalpe, Gottesacker (mehrfach).**RO:** Grubalm-Polje, Laubsteinkessel (Uvala), Fellalm am Traithen (?).**TÖL:** Haustattalm, Bichleralm, Ludernalm, Lärchkogel-Hochleger.**WÜ:** 3 Poljen zwischen Üttingen und Tiefenthaler Höhe sowie im Tal zwischen Remlingen und Unterleinach beim Johannishof nahe Birkenfeld (Doppelpolje).**E.1.6.2 (Klein-) Dolinen, Erdfallgebiete****Schwerpunktverantwortung:** EI, FO, BT, KEH, MSP, NEA, OA, GAP, BGL, BT, LAU**Mitverantwortung:** BA, DON, LAU, LIF, NM, AS, TS, RO, MB, TÖL, OAL, LI, WÜ, KT, SW, KUL, WUG, RH, SAD, WM**Hauptverantwortung aktive Erdfallgebiete:** AS

Bewertung der Landkreise erfolgte nicht ausschließlich nach Gesamtzahl ab Dolinen (da wäre z.B. OA, GAP, BGL weit vor NEA oder EI), sondern auch nach Repräsentanz für geol. Dolinentyp (NEA! MSP!)

Quantitativ überwiegende Vorkommen auf den Hochflächen und in Trockentalzügen der Alb, in den Karstgesteinen der Bayerischen Alpen, deutlich spärlicher im fränkischen Muschelkalk und Gipskeuper. Reine Lösungsdolinen im Festgestein kommen, aus dem gleichen Grund wie die Karren, kaum auf der Alb, aber relativ zahlreich in den Kalkalpen vor.

Die Dolinendichte ist innerhalb des Jurabogens äußerst unterschiedlich. (Ursprünglich) sehr dolinenreich sind z.B. Teile des Eichstätter und Kehlheimer Jura. Am geräumigsten sind Schwunddolinen des Juras in der Gräfenberger Alb/FO<sub>2</sub>, wo sie im Mittel eine Grundfläche von 1.112 m<sup>2</sup> erreichen (CRAMER 1941). In der Altmühlalb sind sie durchschnittlich 736 m<sup>2</sup>, in der Wiesentalb dagegen nur 203qm groß. Die weitaus höchsten Dolinendichten werden in den Bayer. Alpen erreicht. Die Wiesentalb erreichte vor dem 2. Weltkrieg immerhin 6,01/km<sup>2</sup>.

Im Alpenraum werden vor allem Dolinen innerhalb von Lichtweideflächen ausgewählt, weil sie dort für den Wanderer auffälliger und erreichbarer, gleichzeitig aber gefährdeter sind.

**Dolinenhäufungsgebiete:** Allein im oberen Pegnitztal 975 Dolinen von SPÖCKER 1935 registriert (Schwerpunkt: TK 6335 Auerbach), davon 1237 Ponordolinen (Wasserschlinger, Schlucklöcher) überwiegend wannen- und trichterförmig mit Durchmesser bis 10 m und Tiefen bis 3 m. Auch schüssel-, graben- und brunnenförmige Dolinen. Lagetypen: "Grunddolinen" am Grund von Trockentälern (in der Kuppenalb in der Mehrzahl), "Hangdolinen" und "Plateaudolinen" (Berg Rücken, Hochflächen); siehe SPÖCKER 1935. Die höchste außeralpine Dolinendichte besitzt der Donau-Altstuhl-Sporn, der Frauen- und Paintner Forst. Innerhalb des Naturparks Altmühltal nehmen Offenland-Dolinen heute noch immerhin insgesamt 22 ha ein (MÜHLE 1986). In den Bayer. Alpen enthalten nicht weniger als 10-25 % aller Almlichter (durchschnittlich etwa 17 %) Dolinen. Im Oberallgäu betrifft dies mindestens 140 Alpen in den Landkreisen Rosenheim und Miesbach 21 (RINGLER 1982).Auch die räumliche Zuordnung und topographische Lage der Dolinen und Erdfälle kann naturraumspezifisch variieren. Geschlossene Dolinenfelder (ohne zwischengeschaltete größere Horizontalfächen; lassen sich kaum von Karstbuckelfluren trennen) finden sich vor allem in den Alpen (z.B. im Gebiet der Hochplatte/Ammergebirge, Angerlboden im

Krottenkopfgebiet/GAP, Riesenalm an der Hochries/RO, Zugspitzblatt), kluftfolgende Dolinenreihen z.B. in der Weismainalb (z.B. Verlängerung des Bärenales/LIF) und im voralpinen Molassegebiet, relativ gleichmäßige Streuungsmuster z.B. im Paintener Forst (KEH, NM) und gruppenweise Häufungen (Dolinengruppen) in flachen Karstmulden der Südabdachung der Eichstätter Alb. In den nördlichen Kalkalpen können kleine Lösungsdolinen Dichten bis  $2.460/\text{km}^2$  erreichen. Häufig sind hier kleinere "Regenschlucktrichter" in größere "Gruben" eingesenkt (z.B. Estergebirge, Reiteralpe).

**AS:** Wald-Dolinenfelder und -gruppen zwischen Lohgraben und Bürgergrund bei Rauhenstein: eines der 5 wichtigsten Dolinenhäufungsgebiete Bayerns; Hollederberg-Brentenfels N, Königsstein, Welluckerwald um Allmannsberg-Sackdilling (W-Teil TÜP Grafenwöhr); viele morphologisch und biotopkundlich herausragende Einzeldolinen, z.B. Windloch bei Buchhof mit Höhlzugang, Eis bis in den Sommer; Hussitenloch bei Ursensollen.

Karstformen analog und von ähnlicher Biotopwertigkeit wie "sehr gute" Dolinenfelder, aber anthropogener Entstehung sind die Grubenfelder im Auerbacher Erzrevier. Unterirdische, km-lange Eisenabbaustollensysteme lösten an bestimmten, tektonisch labilen Stellen Erdrisse und Erdfälle aus. Z.B. im Grubenfeld Leonie wurde aus Sicherheitsgründen ein Betretungsverbot verhängt, das eine ungestörte, für die Oberpfälzer Kreidemulden und das Bruchschollenland sehr wertvolle Biotopentwicklung einleitete (SOTHMANN 1996).

**BA:** Allein in der WWA-Bestandsaufnahme 214 Dolinen; (Freiland-)Dolinengruppe W oberhalb Tiefenstürmig; (Freiland-)Dolinengruppe in der Bandzone Stücht-Ringelstein-Kutschenstein bei Hohenpözl/BA, BT; Freiland Dolinenfelder NE des Bockraines S Huppendorf; Freiland-Dolinenfelder E Würgau; SE Wattendorf.

**BGL:** Priesbergalm (Dolinenkranz um Moor); Königsbergalm, Königstalalm, Gotzen; Seeau, Funtenseegebiet; Lattenberg-, Moosen- und Anthauptenalm/Lattengebirge (enge Zuordnung zu Hochmooren), Zwieselalm, Zehnkaseralm, Vogelhüttenalm, Reiteralpe auf der Reiteralpe, Kohleralm. Einziger Landkreis mit oberflächlichen Salzkarsterscheinungen (z.B. 2 große Dolinen in Salzgestein am Weg zur Schönen Aussicht in Bayerisch Gmain);

**BT:** Schwerpunkte: Dolinengruppen in der Bandzone Stücht-Ringelstein-Kutschenstein bei Hohenpözl/BA, BT; Veldensteiner Forst links und rechts der Pegnitz (in Talzügen und Mulden): insgesamt mehrere hundert, Dolinendichte bis  $625/\text{km}^2$ , hier einige der bekanntesten "Eislöcher" (z.B. Teufelsbrunnen) und Schwerpunkt für große Ponordolinen (z.B. "Taubennestponor"); Plecher Ponor SW Forsthaus Hufeisen im dolinenreichen Veldensteiner Forst: 12 m tiefe, mehrteilige Doline mit einem max. Durchmesser von 60 m, zwei Zulauftrinnen und abschließender Dollomitsteilwand, an deren Fuß sich mehrere Schlucklöcher öffnen. Lokva (plombierte, wassergefüllte Doline) bei Mergners; Dolinenfelder S Nemschenreuth und 1 km S Neudorf; große Doli-

nenfelder im oberen Buchgrabengebiet des Veldensteiner Forstes; Waldgebiet zwischen Bernheck und Ranna (S-Teil Veldensteiner Forst); Felddolinen am Hohen Melm ENE Großenhüll; Walddolinen Seelig NW Tannfeld.

**CO:** hier "Dunnerlöcher" genannt; durch Flurbereinigung und Verfüllung im Muschelkalkzug der Langen Berge sehr selten geworden, z.B. Donnerloch; einzelne große Gipsdolinen im Grabfeldanteil, z.B. b. Ahlstadt.

**EI:** Mind: 460, noch (teil-)offene Dolinen, heute größtenteils im Wald; nicht eingerechnet unzählige verfüllte, nach wie vor karstökologisch wirksame, z.T. für Wiederherstellungsmaßnahmen vorzuziehende D.; Dolinenhäufungsgebiete im Trapez Denkendorf-Pondorf-Amtmannsdorf-Irlahüll (weit über 100 D.), Sorhüll-Götzelschard-Hungerbühl (mind. 21 D. in Feldern), Schernfelder und Raitenbacher Forst; Raum Pollenfeld-Workerszell-Sappenfeld (weit über 50 D.); allein beiderseits der Autobahn IN-Kipfenberg hat SPÖCKER (1937) 155 D. untersucht; im einzelnen vor allem: NW Oberzell, Dolinenfeld der Birkengrube östlich der BAB München-Nürnberg bei Gelbelsee (Gelbelseer Wanne) nördlich von Denkendorf, schöne Beispiele für Ponordolinen N Hepberg (mind. 8 D.), b. Viehhausen (mind. 5 D.), E Dörndorf, Trockentalzüge SSE Apertshofen und NE Bettbrunn, zw. Winden und Pondorf, Dolinenkette aus 10-15 D. im Saupark W Punkt 509, sehr große D. in der Bucher Wanne (nordwestlich Gelbelseer Wanne); Eglsee nordöstlich Biesenhard im Südteil des Ochsenfelder Forstes: verschmierte Doline; Hüll im Wald 1300 m S Grampersdorf.

**FO:** allein in der WWA- Bestandsaufnahme 336 Dolinen; höchste Dolinendichte der nördl. Dolomit mit  $109/\text{km}^2$  im Dreieck Birkenreuth-Kanndorf-Wohlmutshüll: zw. Motschenberg und Kanndorfer Höhe; NE, S und SE Wohlmutshüll; NW Windischgailenreuth und S Moggast; S Leutzendorf, SE Gößweinsteine, zw. Lilling und Hilpoltstein; 300 m NW Gößmannsberg; Fellner-Doline bei Gößweinsteine (über 100 m tief mit anschließender Höhle), 60 m weite und 100 m tiefe, sowie 6 m tiefe und 30 m weite Einzeldolinen b. Kemmathen im Nadelwald. Mehre Hüllen, z.B. Prügeldorf.

**GAP:** Größtes Dolinenfeld Bayerns zw. Krottenkopf und Platteneck, insbesondere Altfläche des Michelfeldes (mittl. Dolinendichte  $65/\text{km}^2$ ;  $1820 \text{ m}^2$  Dolinenfläche/ $\text{km}^2$ ); Wankhaus/Estergebirge (in Kössener Schichten); Einstürze von Gipsauslaugungen der Raibler Schichten in der Flur "Geißschädel" zwischen Klais und Krün, W Krün, NW Garmisch, auf dem Esel bei GAP; Saulgrub, Zugspitzblatt; gr. Dolinenfeld Steppbergalpe; Enningalm, um den Tonhof auf den Mittenwalder Mähdern (aktuelle Bildungstätigkeit; Seekreideverkarstung mit Schlucklöchern und Speilöchern): Rinne beim Tensee; N Seitzhof (Moorungebung); beim Moor auf der Höhe S Barmsee; Dolinenkar Nebelalpe am Teufelsstättkopf, Kaseralm, Kuhalm, Krüner Hochleger, Frauenalpe, Hochalm (bereits mehrere Dolinen zerstört oder überbaut), Soilaalm. Großes Dolinenfeld

am Zugspitzblatt; Dolinenfeld am Frieder u. südlich davon am Laus-Bühel: Dolinen an der Hirschwang-Hütte/Ammergebirge.

**HAS:** Im Hauptmuschelkalk bei Haßfurt; Gipserrfälle zwischen Eichelsdorf und Hofheim.

**KEH:** Allein auf TK Kehlheim schätzt man über 1000 Dolinen: Kleine, wenige Meter große Mulden, üppig bewachsene größere Ponordolinen, einzelne Riesendolinen mit bis zu 100 m Durchmesser und 20 m Tiefe; im Paintener Forst sind auch Kreideseimente (Grünsandstein) in die Verkarstung miteinbezogen.

**KT:** b. Randersacker (Neubildung 1962). "Blinder See" zw. Wipfeld und Lindach (früher wassergefüllte mk-Doine); neuer Dolinenteich bei Ebrach.

**KUL:** Dolinenfelder auf dem Göräuer Anger SE Weismain/ KUL, LIF.

**LAU:** Einer der wichtigsten Dolinenlandkreise; Dolinendichte bei Ranna ca. 8,5/km<sup>2</sup>; Schwerpunktlandkreis für große Ponordolinen mit Zulaufgräben; häufig Schwemmlanddolinen mit Felskontakt und besonders hoher Biotopvielfalt.

**LIF:** allein in der WWA-Bestandsaufnahme 100 Dolinen; um Weiden, Modschiedel und W Munkendorf Ponordoline an der Friedhofskapelle in Göräuer; bei Wunkendorf Dolinenfelder auf dem Göräuer Anger; SE Weismain/KUL, LIF; Abbühl S Wattendorf; W Berlesknock b. Stübzig; Burgstall S Stublang.

**MB:** Gr. Hauptdolomit(!)-Dolinen in den Hängen oberhalb der Oberen Krainsberger Alpe mit 100 m Durchmesser und 50 bzw. 80 m Tiefe. Zahlreiche Erdfälle im schmalen Band der grauen Reibler Kalkmergel, das um den Fuß des Wallberges zieht; unterhalb Hirschbergkamm, Ankelalm (in großem Karstkessel), Benzingalm (mit Uvala), Bernaualm, Firstalm (Felder), Freudenreichalm, Obere Haushamer Alm, Untere Haushamer Alm, Obere Holzpointalm, Hubertusalm (in Reihen; z.T. groß; Raiblerschichten); Jägerbauernalm, Rainernalm, Untere Schönfeldalm, Spitzingalm; Dolinen im Randbereich des Moores an d. Wechsel-Alm/Sutten.

**MSP:** Viele Flurnamen deuten auf Dolinen und Erdfälle hin, auch wenn diese schon verfüllt sein sollten, z.B. "Lochwiesen", "Wanne", "Büttenloch", "Im Reisterloch", "Tiefes Loch", alle bei Urspringen. Geländeabschnitte mit Dolinen sollen hier durch Blitzschlag besonders gefährdet sein (KROMA 1962); Schwerpunkt um Birkenfeld in Wäldern; Istelrain, Fleischhecke, Räuschelhöhe, Augensee-Büchelberg-Gebiet (insgesamt 29 Dolinen), Oberer Augensee, Unterer Augensee, Wildeiche, Plaisier, Mittl. Lehen, Heinrichshaupt, Todtermannschlag, Apfelbacherholz (insgesamt 3 D.; darunter eine mit ca. 500 m Durchmesser), Altenberg (im Trockenrasenkontakt), Dachsbaurain, Hochroth, b. Johannishof; Höhenrücken im Himmelstadter Wald, im Zellingener Wald; Dolinen im Engenthal, im Greußenheimer Bodengraben; Ameisenberg und Unt. Hägholz SW Laudenschlag, am Truhberg NW Billingshausen; Gemarkung Tiefental-Erlenbach: 10 Dolinen; Remlinger Wald: 4 Dolinen; Waldabt. Schorn b. Urspringen;

b. Stadelhofen und Duttonbrunn; in den 1950er Jahren ist sogar die Mühlbacher Straße über einer Doline eingestürzt. Wassergefüllte Erdfälle (Hüllen, Tummeler, Böller): "Sollsee", Wendelinuskapelle bei Tiefental, Johannishof b. Urspringen, Waldrand beim Esperleweg b. Urspringen: "Kühtränke"-Sumpf, in dessen Mitte ein Kalkfelsen aufragt; Flur "Saulöcher" bei Ansbach, Büchelberg.

**NEA:** Große Dolinenfelder mit sehr unruhigem Relief 1,5 km südlich Markt Nordheim bzw. 1,5 km westlich Krautostheim: "Höllern" und "Sieben Buckel" im Grundgips; Gipsdolinenfeld N Häfringsberg W Herbolzheim; 1967 gebildeter Erdfall SE Herbolzheim; NE Ergersheim (mit Ponoren); Eichelseeberg NW Ulsenheim sowie E Ulsenheim (Pappelrain), z.T. wassergefüllt; Dolinenfeld 50x50 m Waldrand NW Reusch b. Weigenheim; Hundsrücken 1 km NW Berolzheim; immer wieder neue Erdfälle W Wiebelsheim, "im Ried" N Lenkersheim. S Oberndorf, Talgrund Oberntief-Kaubenheim, E Kaubenheimer Bergkirche, 2 km NE Kilsheim N Geißbuck, N Ipsheim, Gipsdoline im Wald S Herbolzheim, Gräfhholz bei Oberntief; Gipsponor NW Herbolzheim (Entwässerungsgraben verschwindet im Untergrund); große Gipsauslaugungssenkungen: zwischen Markt Nordheim, Herbolzheim und Krautostheim, im "Ried" 1 km nördlich Lenkersheim, wahrscheinlich auch in dem breiten, ehemals vermoorten Talgrund nördlich Bad Windsheim bzw. westlich Kilsheim.

**NM:** Trotz großer Verluste auf den Ackerhochflächen (oft im Zuge früherer Flurbereinigungen; z.B. zw. Berching und Dietfurt) weit über 200 unverfüllte Dolinen; immer noch wichtiger Dolinen-Lkr.; z.B. gr. Dolinen- und Senkungsfeld im Grafenbucher Forst, im Wals SW Pestenrain, Wald-Dolinenfeld Herrnholz S Eutenhofen; NE Gundelshofen, Senkungsfeld im Dreieck Predlfing-Eutenhofen-Pestenrain; Wald-Dolinenfeld N Gimpertshausen; Franzosenlöcher SE Batzhausen; b. Finsterhaid-Breitenberg W Engelsberg; Dolinenfelde NE Schmauserberg E Wiesenacker, Lupenbach SW Mantlach, Ortslage ST: Coloman, um Kirchenwinn, Dolinenketten SE Reichertswinn und S Wüstung Kittensee, im Tal b. Wüstung Geroldsee, Weidelberg N Kirchenwinn, N und E Raitenbuch, S Hebersdorf b. Oberbürg, SSE Stetterhof; SW Haid b. Lauterhofen; SE Hellberg b. Lauterhofen; mehrere, z.T. besonders schöne Hülen: z.B. SW Düren.

**OA:** Fast ausschließlich im helv. Schrottenkalk (oft sehr tiefe und geräumige, ökolog. sehr wertvolle Dolinen) und in der Molassenagelflur (Schichtgrenzen; Dolinenketten); bisweilen auch im Hauptdolomit der Allgäuer Hochalpen; einer der Schwerpunktlandkreise für unterschiedlichste und biologisch hochwertige Dolinen; Kühberg-Unt. Gottesackerwände, Gottesacker, Engenkopf (hier auch Moordolinen); Unt. Gelchenwangelpe (Reihen), Falkenbergalpe, Hintere Entschentalpe, Obere Mädelealpe, Lugenalpe, Dietersbachelpe, Hochalpe (Lohmaos), Soyersbergalpe, Mausalpe, Mändelesbergalpe, Kalkhöfälpel, Grüntenalpe, Vorderaupe, Hinteraupe, Vordere Krumbachalpe, Spicherhalde, Papsche

Piesenalpe, Ihlsche Piesenalpe, Füßsche Piesenalpe, Höfle Mahdtal (u.a. Hölloch), Oberbalderschwangalpe, Alpe "Auf der Blässe", Kuh- und Stierbachalpe, Kuhplattenalpe, Kühengeratsgrund, Haseneckalpe, Eck-Älpen-Alpe, Blattele Alpe, Ornachalpe, Obere Wilhelmine, Untere Wilhelmine, Hinterwiesle-Alpe, Vorderwiesle-Alpe, Wiesachalpe, Neuschwandalpe (Reihen), Jugend II-Alpe, Zipfelsalpe, Wengenalpe, Taufersalpe, Kräutersalpe (Reihen), Immlersalpe, Hofackeralpe (Reihen), Dreheralpe (Reihen), Wildegundalpe (Reihen), Seifenmoos (Nordrand der Lichte), Hinterkrumbachalpe, Kesselalpe, Hinter Schwandalpe, Vorderhädrichalpe, Hoheneckalpe, Mittelhädrichalpe, Giebelalpe, Hohenfluhalpe, Vorderfluhalpe, Imbergalpe, Dietlealpe, Brunnenualpe, Toniskopfalpe, Dinigörgenalpe, Gundalpe, Obere Wirtsalpe (Reihen, große Dolinenbildungsflächen), Schmidalpe, Pfarralpe, Ochsenbergalpe (Reihen), Zieheralpe, Waltnersalpe, Scheidewangalpe (Reihen), Schneelochalpe, Suraalpe, Seelealpe, Sederealpe, Samasbergalpe, Rindalpe Süd, Rindalpe Nord, Morgenlauchalpe, Oberlauchalpe, Lachenalpe, Klammenalpe, Prodelalpe, Ochsenchwandalpe, Schwandeggalpe, Tennebergalpe, Töllersalpe, Tröblersalpe, Hahnenknobelalpe, Herrenbergalpe, Mittelbergalpe, Riemlealpe.

**OAL:** Ca. 1 km südwestlich der Kirche Unterbechingen (stark verwachsene Ponordoline mit anschließender, z.T. verfallener Dolinenkette); "Greng" bei Pfronten (verlandeter Dolinensee "Alter SEE"; Wettersteinkalk); Faulenseetal: mit die großartigsten Gipskarsterscheinungen der Bayerischen Alpen (Alatsee); Sulfatkarstdolinenfelder am Beinland/Ammergebirge; Dolinenkare Obere Gumpe und "Beim See" NW Hochplatte; Roßstall am Feigenkopf, Hirschwang-Grubenkopf (Moorkontakt, Ponore). Einzelne Molassedolinen in den Nagelfluhketten des Vorlandes.

**R:** Im gesamten Lkr. incl. dolinenartiger Trichtergruben: über 5000 (BRENNER 1987); allein im Stadtgebiet Hemau rund 2000 Dolinen incl. dolinenartiger Trichtergruben; nach Beobachtungen von Anwohnern in den letzten 20 Jahren z.T. bis zu 3 m tiefer geworden: BRENNER 1987; Landschaft "Tangrintel" (Hemauer Alb) ist Zentrum von Trichtergrubenrevieren, die stark mit Dolinen verbunden sind ("Wasserklingen", "Eglsee", "Siebersee", "Fressende Grube", Laubenhardwald u.a.); Keilbergdoline b. Regensburg: 3.700 m<sup>2</sup> groß; Dolinenfelder E und SE Thumhausen, W Schneckenbach, E Bergmatting, Schlingenbügel NE Painten; Zainberg N Brunn, Hufschlagwald NNW Brunn, Hohenloher Holz NE Beratzhausen.

**RO:** Nur ausnahmsweise im Talbereich, z.B. Wolfsgrube b. Flintsbach und Dolinenvertiefung auf der alteiszeitl. Nagelfluhe der Biber b. Brannenburg (Besonderheit); im Almbereich: Dolinen bis 6 m Tiefe an der Laubensteinalm, Spielberg-Riesenalm (gr. Schwemmlanddolinenfelder, Riesentrichter); mehrere Ponore im Laubensteingebiet, z.B. Laubensteinkessel, Riesenalm, Abergofen; Erdfälle im Gips der Raibler Schichten auch südlich der Möslaralm und Schlechtenberger Alm; Gipfelgratdolinen

Hochries; NE Gedereralm; Ponore Moserboden und Schlipfgrubalm (mit Mooren); Baumoos- und Hintermoosalm; Arzmoos-Kronberger Alm.

**SAD:** aus rel. kl. Juraanteil allein aus Karten mind. 80 Dolinen ermittelbar.

**SW:** Subrosionsrinnen mit (ehemaligen) Feuchtgebiets- und Moorbildungsresten: Schwanensee, "Kühsee", "Sausee" im Raum Alitzheim-Oberspiesheim; Mahlholz E Gerolzhofen: zahlreiche Auslaugungs- und Einsturzdolinen, z.T. sehr steil und tief mit Wasserstau, Vertorfung; Dolinen und grabenartige Einsenkungen im Grundgips zwischen Hundelshausen und Altmanndorf; Auslaugungsdoline "Krötenwässerchen" E Gerolzhofen (eine der wenigen "intakten" Gipsdolinen außerhalb von Wäldern; vgl. ULLMANN et al. 1983).

**TÖL:** Nur selten im Talbereich und dann hochgefährdet: z.B. N Wallgau; zahlreiche kleine Dolinen ("Löcherwiese" nach KNAUER 1942/43 in ENGELSCHALK 1971) bei der Höllgrube (= große Doline) unterhalb der Bendiktenwand; NW Neuglägerkopf NW Wallgau, Moosenalm, Lärchkogelalm (Nieder- und Hochläger); Kotalm, Haustattalm (mit Uvala), Bichleralm, Vordere und Hintere Scharnitzalm (mit Ponoren), Mühlalalm, Ludernalm; Hintere Krottenalm.

**TS:** Nur selten im Talbereich: 2 tiefe Dolinen 250 m W Lanzing (eine wassergefüllt, läuft bei Hochwasser in die andere über) sowie NW Schleching im Achental; am Achberg; im Almbereich; Großdoline im Eschelmoos auf der Wasserscheide zwischen Weißer Ache und Urschlauer Ache (2 Ponore, die Zuflüsse von beiden Talflanken aufnehmen); Dolinenfeld Hochkienbergalm; Roßalm/Geigelstein; Möseralm, Heinzenalm (mit Großponor), Seibalm; Wildenmoosalm (mit Schlucklöchern und Moorkontakt), Farnbödenalm, Winklmoosalm, Hemmersuppenalm, Weitalm, Jochbergalm, Rauschbergalm, (Raibler Schichten), Stoibenmöseralm (Felder).

**WUG:** Dolinenfelder Steinbrunnal b. Göhren, Blöschschlag SW Bieswang, ESE Zwieselberg b. Bieswang, Dolinenkette im Feuchtwiesental N Bieswang (außerordentliches Naturdenkmal), S Rothenstein.

### E.1.6.3 Karren, Schratzen, Schlotten

**Hauptverantwortung:** OA, BGL, GAP

**Schwerpunktverantwortung:** RO, TS, TÖL, MB, OAL

Auf der Alb und im Muschelkalk sind unbedeckte (sichtbare) Karren sehr selten. Schwerpunkt in den Kalkhochalpen, bevorzugt auf NW- bis NO-exponierten Hängen, da dort eine höhere Niederschlagsmenge vorhanden ist und die Schneeschmelze langsamer vor sich geht - das Wasser also längere Zeit im Jahr kalklösend wirken kann. Die schönsten und ausgedehntesten Karrenfelder Bayerns finden sich auf den Tafelgebirgen des Schratzen- und Dachsteinkalks; viele kleinere nacheiszeitliche Bildungen auf eisüberschliffenen Felsoberflächen (WILHELMY 1981b) auch im Großen Muldenzug (Stirnzone der

Lechtaldecke), im Plattenkalk der südlich anschließenden Muldenzonen, an der wettersteinkalkgepanzerten Stirnfront der Tirolischen Decke in den Chiemgauer Alpen, grundsätzlich vor allem in Jurakalken, Oberrätkalken, im Plattenkalk, Raibler- und Wettersteinkalk. Aber auch der gemeinhin als nicht verkarstet geltende Hauptdolomit kann großflächig durch Karrenfelder zerschlitzt sein, so z.B. am Koblat zwischen Nebelhorn und Daumen/OA. Als Sondererscheinung auch Karrenbildung in Kristallgestein (z.B. Oberpfälzer Granite) und paläozoische nordbayerische Kalke. Nur wenige der alpinen Vorkommen werden im folgenden genannt.

**AS:** Loch- und Rinnenkarren am Felsbereich W Gerhardsberg.

**BGL:** "Steinernes Meer" am Königssee; Reiteralpe; Lattengebirge; Staufen und Zwiesel; Zehnkaser/Untersberg.

**FO:** große Karren im Dolomit bei Heuchling.

**GAP:** Klufthkarren am Zugspitzblatt westlich des Totalisators; Gipfflächen Teufelstättkopf, Hennenkopf, Sefelwand, Schellalm, Estergebirge.

**HO:** Wannen-, Rinnen- und Klufthkarren auf den Felsstürmen des Gr. Waldsteins.

**KC:** Verkarrung im devonischen Flaserkalk beim Forstmeistersprungfelsen.

**NM:** Lochkarren an Felsen beim Fürsten- und Katzenbrunnen E Eisperzhofen.

**MB:** Hubertusalm/Breitenstein.

**MSP:** Im Wellenkalk am Werleinsberg E Karbach (häufiger in Gärten benachbarter Siedlungen).

**NEW:** Karren an Granitblöcken im Lerautal/Opf. (durch Forstwege weitgehend zerstört), am Flossenbürger Schloßberg, im Raum Falkenberg-Liebenstein.

**OA:** Karrenfeld des Oberen Gottesackerplateaus nimmt eine Fläche von ca. 5 km<sup>2</sup> ein; zur Hälfte Wald und Weide, etwa ein Viertel ist mit Latschen bestanden, zwischen denen größere Karrenfelder freiliegen; z.T. in kleinen "Pseudo-Flußsysteme"en miniature gegliedert (WAGNER 1950); Hintere Entschenalpe, Papstsche Piesenalpe, Höfle-Mahdtal, Besler, Untere Gottesackerwände.

**OAL:** S und E Hochplatte und N "Fensterl" ("Wilder Freithof", "Beinlandl" deuten auf Verkarrung).

**RO:** Karrenfelder auf der Kampenwand, b. der Schechtenberger Kapelle; Gedererwand, Friedenrath; Rinnenkarren im Oberrätkalk am Predigtstuhl, bei der Abergalm; Grozach; Napfkarren auf den Rundhöckern der Oberwiesentalalm, Karrengassen Osthang Spielberg sowie Hochriesgrat.

**SAD:** Granitkarren Lerautal und Leuchtenberger Wald.

**TIR:** Weißenstein bei Hohenhard.

**TÖL:** bei der Probstalm; Scharnitzalm; Scharfreitergebiet; Moosen-/Lärchkogelalm.

**TS:** Bischofsfellalm (Rundkarren), Eschelmoos, Kohleralm, Hochkienbergalm-Hörndlwand, Sonntagshorn, Grundbachalm, Weitalm.

**WUN:** Verkarrung im Marmorzug von Göpfersgrün.

#### E.1.6.4 Höhlen, Grotten, Abris

**Hauptverantwortung:** FO, BT, NM, LAU, BGL, GAP

**Schwerpunktverantwortung:** BA, LIF, AS, R, KEH, RO, OA, KU, UL

**Mitverantwortung:** NEA, KT, SW, HO, WU, MSP

Höhlen gibt es vor allem in den Kalkalpen, im gesamten Jurabogen, im Gipskarst Unter- und Mittelfrankens, selten im unterfränkischen und oberfränkischen Muschelkalk, sehr selten auch im Bunt- und Keupersandstein und Kristallin (z.B. paläozoische Marmoreinschaltungen oder Silurkalk). Kein Geototyp ist detaillierter über ganz Bayern erfaßt. Höhlenverzeichnisse der regionalen Höhlenvereinigungen. Bereits GÜMBEL (1879) erstellte eine Höhlenkarte von Bayern; Höhlenatlas SPÖCKER 1930; Höhlenkataster Fränkische Alb (HUBER 1959); Abt. Karstforschung der Naturhist. Ges. Nürnberg; vollständige Verzeichnisse siehe Karst- u. höhlenkd. Karten (Beih. Jahreshefte Karst- u. Höhlenkunde München, z.B. 1966/67 Verein für Höhlenkunde in München 1982, Landesverein für Höhlenkunde in Salzburg 1975, 1977, 1979). An dieser Stelle genügen wenige Beispiele (siehe unten).

Im größten zusammenhängenden Karstgebiet Deutschland, der Fränkischen und Schwäbischen Alb, arbeiten gut organisierte Höhlenvereine an der Erfassung und Kartierung der etwa 3500 bekannten Höhlen des Malmkalkes (Höhlenkataster). Auch das Höhlenkataster der Bayerischen Alpen ist weit gediehen. In der Frankenalb weit über 1000 Höhlen, Halbhöhlen, Felsgrotten und Abris (grottenartige Überhänge). Eingänge vorwiegend in steilen Talhängen, z.T. auch in Knocks der Hochflächen (dann z.T. Durchgangshöhlen mit 2 offenen Enden); viele davon paläontologisch und prähistorisch berühmt. Hier nahm die Höhlenforschung überhaupt ihren Anfang. Allein auf TK 6335 Auerbach: rund 100 Höhlen im Höhlenkataster Frankenalb. Häufungsgebiete von Höhlen, Grotten und Schächten sind z.B. die Kuppenalb E Velden/LAU, AS (zwischen Rothenbruck/Grünreuth/Bärnhofer Wald), die Königsteiner Alb N Königstein zwischen Krottensee/Wellucker Wald/Lankenreuth/AS, BT. Muschelkalkregion: ca. 45 natürliche Höhlen.

Zugängliche Höhlen im mittel- und unterfränkischen Grundgips zählen zu den geologischen Besonderheiten und sind daher auf jeden Fall als wichtige Geotope zu betrachten. Manche Höhlen sind mit besonders schutzwürdigen Oberflächenbiotopen verbunden, z.B. Höllern b. Marktndorheim/ NEA.

**AS:** Viele Höhlen und Grotten im Flembachtalzug Michelfeld-Steinamwasser; Sternsteingebiet W Sulzbach-Rosenberg; Gebiet zwischen Bürtel, Schmidstadt, Unterklausen und Hirschberg E Vorra/LAU, AS; Hachenfels- und Lenzenberggebiet E Neukirchen; Gebiet Neidstein-Ruprechtstein Osterhöhle bei Trondorf; "Sonnenuhr" im Schelmbachstein bei



Königstein: geräumige Durchgangshöhle, Eingang durch große Einsturzdoline;

**BGL:** Höhlenreichster Landkreis Bayerns mit über 1000 Höhlen darunter die längste Höhle Deutschlands die Salzgrabenhöhle und die tiefste Höhle, der Geburtstagsschacht (-584m); Schellenberger Eishöhle; Salzgrabenhöhle (über 8 km Ganglänge; bis zu 100 m hohe Hallen) u.a.

**BT:** Pegnitztal Pegnitz-Weidlwang, Teufelhöhle bei Pottenstein, Sophienhöhle bei Waischenfeld, Wasserberghöhle (von der Pegnitz durchflossen; aus einer kleinen "Quellgrotte" tritt das Wasser nach 300 m horizontaler Strecke wieder zutage); Quellgrotte in Loch; Hochrückenponor (= Taubennestponor) im Veldensteiner Forst (mit Felsen).

**FO:** Viele berühmte Höhlen; Binghöhle bei Streitberg, Teufelsloch bei Stadelhofen (14 m langer, niedriger Felsengang mit Deckenausklüngen und Sinterbildungen), Schönsteinloch, Ludwigshöhle, Zahnloch, Geisloch.

**GAP:** über 150 Höhlen allein im Estergebirge, 28 Höhlen, davon 5 Karstquellhöhlen (große Besonderheit), z.B. Angerloch (626 m lang), Hinterfallbachhöhle (Eingang ist zweitstärkste Karstquelle der Estergebirgssostflanke), Rastgrabenhöhle, Korallenhöhle, Kluffhöhle Teufelsstättkopf u.a; im Zugspitzgebiet ca. 90 Höhlen bekannt.

**HO:** Die Langenau-Höhle im Rauhberg bei Geroldsdorf gilt im Frankenwald bzw. im äußeren nordostbayerischen Raum als eine geologische Einmaligkeit: paläozoischer Clymenienkalk in Grundgebirgsumgebung, mit Tropfsteinbildungen, einem zeitweise austrocknenden See am Ende der Höhle und wabenartigen Lösungshohlformen (Kalkknollen sind aus dem zwischengelagerten Tonschiefer wabenartig herausgelöst), die aber schon zu ca. 80% durch Besucher zerstört sind. Sie verdient dennoch besonderen Schutz.

**KEH:** Großes Schulerloch, Silberloch (beide wichtige Fledermausquartiere), Steinzeithöhle bei der Kastlwand, Hohlstein- und Löwenfelsenhöhle in der Weltenburger Enge, Klammhöhle, Prunnhöhle, Klausenhöhle, Vierkammerhöhle, Mohrenloch u.a.; Obernederhöhle.

**LAU:** Im "Windloch" südlich Alfeld am Schwarzenberg (hier ist die Wirkung der Kalkkorrosion an Schwächezonen des Gesteins besonders anschaulich; die nicht erschlossene Höhle zeichnet in ihrem Verlauf die kuppenförmig übereinandergelegten, dolomitierten Schwammriffpartien des Karstknochs nach); "Distlergrotte" bei Neuhaus a.d.P. (mit Höhlensee), Bismarckgrotte, Maximiliansgrotte, Distlergrotte u.a. repräsentieren mehrere, im Lauf der Entwicklung nach unten fortschreitende Karstwasserniveaus (in unteren Niveaus noch wasserführend); Sulzfelshöhlen bei Bärnhof: Felsumrahmung, Rest einer Einsturzdoline, 2 Durchgangshöhlen; Unterwaldponor bei Rinnenbrunn: Felsriegeldoline mit Ponorhöhle, Doline 30 x 38 m, 10 m tief, 250 m langer Ponorgraben; in der Nähe: Kleeberghöhle (Durchgangshöhle), davor im Trockentalgrund 20 m lange Ponorhöhle mit 2 Eingängen und 260 m langer

Ponorgraben; mehrere Schlucklöcher in einem Uvala; Gr. Kammerbergponor bei Fischbach: 9 m tiefe und 12 m weite steilwandige Ponordoline mit offener Abzugskluft; Lohbühlponor: Ponordoline 33 x 12 m, 6 m tief, Höhle im Fels 4 m über Dolinengrund; im Hintergrund weitere 27 Dolinen, darunter eine mit 75 x 25 m.

**MB:** Tuffhöhlen Mangfallbrückenhöhle, Mangfallsinterhöhle, Spaltenhöhle im Sutten.

**MSP:** Heidenloch bei Birkenfeld (50 m lang).

**NEA:** "Höllern" ca. 1,5 km südlich Markt Nordheim (Höhlensystem im Grundgips mit einer Grundfläche von 360 x 1250 m, meist unter Wasser); im Gipshügel von Westphül zahlreiche Höhlen, die im dauernd wassergefüllten (phreatischen) Bereich entstanden sind; durch Trockenlegen des Gebiets über einen Entwässerungsgraben, der mitten durch den Gipshügel geführt wurde, verlangsamte sich die Verkarstung sehr stark. "Enzianhöhle" öffnete sich 1984 durch Bildung eines neuen Erdfalles. Schneckenhaushöhle, Spinathöhlen, Schlauchhöhle. Da das Phänomen der großflächig-oberflächennahen Aushöhlung des Untergrundes, für ganz Bayern einzigartig nur im fränkischen Gipskarst, von großer Bedeutung für die Nutzungsempfindlichkeit und auch die Biotopneubildung sowie die "Schützbarkeit" angrenzender Biotope ist, sei es mit einem Kartierbeispiel veranschaulicht (**Abb. E/6**, S. 297).

**NM:** Viele Höhlen und Grotten, allein auf Bl. 6736 ca. 50 Stück. Arnleither Höhle hat zwei markante Eingänge: einer flach und einer in Form eines Schlüssellocks; König-Otto-Höhle südöstlich Reichertswinn (bei Velburg) ist für den Tourismus geöffnet (schönste Tropfsteinhöhle Bayerns); Hohenberghöhle bei Velburg; Plankensteingrotte b. Bogenhof; Schachthöhle b. Frickenhofen.

**OA:** Sturmanshöhle bei Obermaiselstein (287 m lang, 19 m tiefer Höhlensee), Hölloch u.a.; Hölloch über 3 km lang ca. 300 m tief.

**OAL:** Gumpenkar- und Krähenhöhle/Ammergebirge; Mariengrotte im Falkenstein, Gamsstuben in Pfronten.

**RO:** Allein im Laubensteingebiet mehr als 24 Höhlen und Schächte, am eindrucksvollsten Schlüsselloch- und Spielberghöhle, mit die größten und bedeutendsten Karsthöhlen der Bayer. Alpen (bedeutungsvolle Fledermausquartiere); Wendelsteinhöhle bei Brannenburg; Kampenwandhöhle.

**TS:** Schinderloch/Bischofsfellnalm (50 m tiefer Schacht), Zwölferloch u. Steinackerhöhle am Hochgern (Jura-Hierlatzkalk), mehrere Kleinhöhlen im Engelsteingipfel b. Bergen (Raibler Rauhacken; sagenumwobenes Hölloch); Schmidkunzhöhle in der Hörndlwand des Kienberges; Hörndlgrathöhle; Hörndlwandhöhle mit Tropfsteinen; Dachslöcher b. Vogllug (Niveau des ehem. Eisstauseespiegels; Sonderfall eines engen Zusammenhanges mit Moorbildung).

**WM:** Schleierfallhöhle u. Schleierfallwasserhöhle (bedeutendste Kalktuffhöhlen Bayerns; beste Anschauungsobjekte für den speziellen Ausfällungsmechanismus von Kalktuff in Wasserfällen).

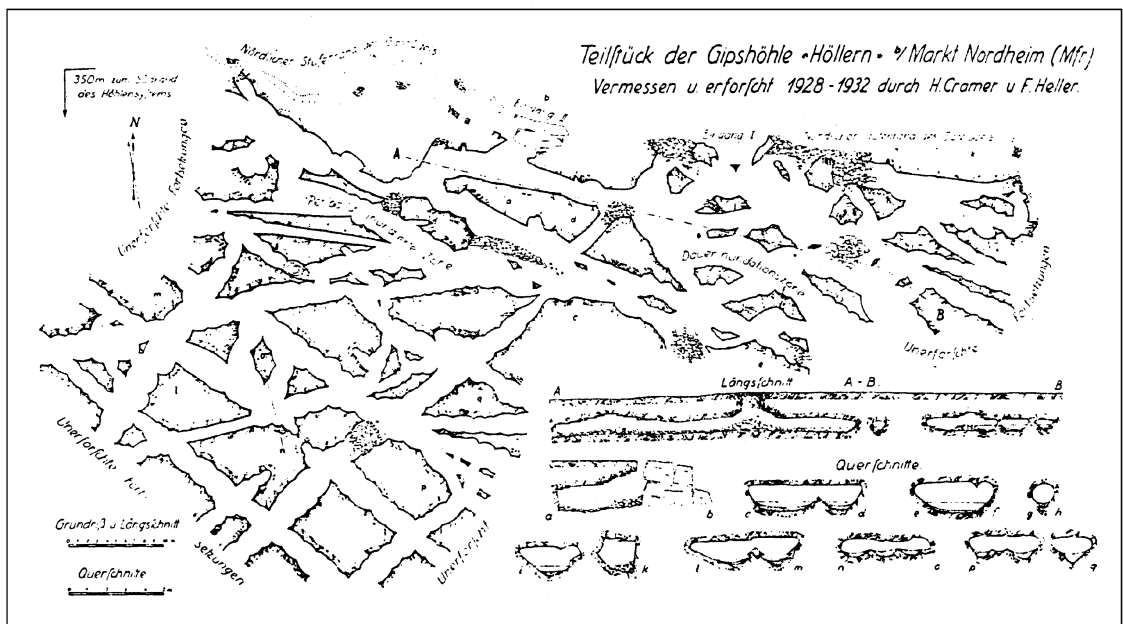


Abbildung E/6

Grundriß der Gipshöhle "Höllern" S Markt Nordheim/NEA (aus CRAMER & HELLER 1934)

#### E.1.6.5 Karstquellen, Hungerbrunnen, Bachschwinden

**Hauptverantwortung Karstquellen:** LAU, FO, EI

**Schwerpunktverantwortung Karstquellen:** BA, BT, NM, R, AS, KEH, DON, BGL, GAP, OA

**Mitverantwortung Karstquellen:** TS, RO, TÖL, MB

**Schwerpunktverantwortung Bachschwinden:** LAU, FO, BA, BT, EI, MÜ, TS-Nord, AÖ

**Mitverantwortung Bachschwinden:** AS, KEH, LA, NEA, MB, MSP, OAL, R, WUG, MÜ, M

"Hauptverantwortung" richtet sich hier nicht allein nach der Häufigkeit und Größe (Karstquellen wären z.B. in GAP und BGL häufiger als in LAU), sondern nach dem Handlungsbedarf (Gefährdung). Bei den überwiegend karstbedingten Bachschwinden sind auch eine Reihe von Beispielen in unverkarsteten Schotterplatten und Moränengebieten mit aufgeführt.

**AS:** Bachschwinde des Königsteiner Bachs bei Loch; Reinbach-Versickerung bei Kirchenreinbach; Mühl- bzw. Wildbachversickerung bei Eschenfelden; Seeweiler-Quellgrotte bei Michelfeld.

**BA:** Hoher Bronn bei Königsfeld, Hörschel bei Kotzendorf, Tumbler bei der Heroldsmühle.

**BGL:** Schwarzbachquelle; Felsenquelltopf auf der Röth; Funtenseequellen und -ponor; "Wunderbrünnel" im Steinernen Meer (nach SCHERZER 1927 "fast die einzige Quelle in der ganzen Felsenwüste").

**BT:** Hungerbrunnen Bettelbrunnen bei Prüllsbirkig; Aus dem Hungerbrunnen "Ursprung" bei Haselbrunn schießt zeitweise (v.a. nach der Schneeschmelze)

das Quellwasser in einer 1 bis 2 m hohen Fontäne heraus; die Quelle hat einen über mehrere Quadratmeter geschotterten Quellbereich, der sich in zwei deutliche, 0,5 - 1,0 m breite, ebenfalls geschotterte Abflurinnen teilt. Auch wegen seiner Umgebung ein unbedingt schützenswerter Geotop: auf der anschließenden Wiese befinden sich zwei weitere Quelltöpfe, unterhalb schließt sich ein landschaftlich reizvolles Trockental an; Ursprung bei Hohemirsberg.

**DON:** Karstquelle in Mühlheim/Röglinger Tal und Bahnbrücke Möhren.

**EI:** Quelltöpfe Wolkertshofen (400 l/s), Ettling (200 l/s), Schamhaupten (330 l/s); Roverbrunnen NE Morsbach.

**FO:** Mehrere Hungerbrunnen ("Geuder"): Trainmeuselbrünnlein b. Dürrbrunn, Teuerquelle bei der Kuchenmühle, Quelltopf im Großenohetal ca. 3 km südwestlich Wolfsberg fällt zeitweise trocken; relativ stark belastetes Wasser durch Landwirtschaft und mit Hausmüll verschmutzte Dolinen (WERNECK 1989); Lillachquelle S Lilling im Fels, oberhalb 2 Hungerbrunnen; Muschelquelle am Streitberg, mit Quellhöhle und Felsen; Stempfermühlquelle bei Gößweinstein (großer Quelltopf); weitere Karstquellen im Aufseß-, Wiesent-, Leinleiter-, Pegnitz- und Trubachtal.

**GAP:** Blaue Gumpe u.a. Karstquellen im Oberreitental, Kuhfluchtquelle/Estergebirge.

**KEH:** Altabens-Tal bei Arnhofen; Karstquellen ind Essing und Prunn.

**KUL:** Hungerbrunnen Prophetenbrunnen bei Schiradorf; Aubachquelle bei Menchau; Friesenquelle bei Kasendorf; 400 l/sec.

**LA:** Schwalbengraben E Niederaichbach; Bachschwinde am Talausgang.

**LAU:** Hungerbrunnen u. Karstquellen: Reinbach bei Kirchenreinbach; Wildbach bei Eschenfelden; bei Loch; Ittlinger Mühle (Verschmutzung aus nahegelegenen Steinbruch); Karstquellen bei Neuhaus a. d. P. treten als glasklares Wasser in Quelltöpfen in der Pegnitz zutage; Estavellen Seeweiherquellgrotte bei Fischstein, Quellhöhle des Schwarmbrunnens bei Engenthal, Höllbergquellgrotte bei Günthersthal; Hungerbrunnen (periodische Quellen) beim Baderweiher NE Neuhaus (Fuß eines Dolomitausbisses), beim Kammerweiher NE Fischstein und Lohgraben E Fischstein.

**LIF:** Krassach-Quelltopf; Weismainquelle.

**M:** Versickerungsstelle des Hachinger Baches bei Kirchrudering ("Hechtsee"); Gleißentalbach-Schwinde zwischen Ebertshausen und Großdingharting.

**MB:** Bachschwinde des Kirchseebachs in würmeiszeitlichem Schotter; mehrere Versitzstellen im Teufelsgraben SW Holzkirchen.

**MSP:** Versickerung des Krummibächleins bei der Vogelmühle b. Urspringen; kommt nach mehreren 100 Metern bei der Schleifbrunnenquelle wieder zutage (KROMA 1962); Trockental "Kalkofen" zwischen Erlenbach und Marktheidenfeld: mehrere Versickerungsstellen eines nur frühjährlich laufenden Baches; Katzenbach b. Erlenbach führt nur im Frühjahr Wasser; Heubrunnen- und Ochsenquelle bei bzw. in Marktheidenfeld; Johannes-, Grundloch und Fleischheckenbrünne in Birkenfeld; Quellsee in Urspringen ("Krummibächlein"); Ortsrand von Erlenbach Richtung Tiefental: Wiesenquelle mit 1,5 m breitem und 40 cm tiefem Bach.

**MÜ:** Gallenbachversinkung; mehrere Versinkungen an der oberen Mörn.

**NEA:** Irrbach 1 km N Herbolzheim (Grundgips); Entwässerung des Seebeckens westlich Schloß Seehaus in eine südlich, Richtung Straße gelegene Gipskarst-Schwinde; Häfeleinsbrunnen 750 m nordwestlich der Kirche von Kilsheim (größerer Quelltopf an der Grenze vom Grundgips zum Grenzdolomit); "Sulzquellen" ca. 1 km nordöstlich von Herbolzheim im Talgrund (nach EMMERT 1969 schwach salzhaltig). Gipskarstquellen (häufig durch Erdfall entstanden, deshalb Quelltöpfe mit oft trichterförmiger Ausmündung; z.T. bis 2 m tief; extrem hoher Mineralgehalt > 2,5 g gel.Stoff/l; 3 Ehequellen WSW Krautostheim (zugefüllt); E "Sieben Buckel" b. Marktnordheim; Riedgraben 1 km W Kirche Wiebelsheim; Häfeleinsbrunnen 750 m NW Kirche Kilsheim; Seebonnen NE Seemühle SW Lenkersheim; 500 m E Kaubenheimer Bergkirche.

**NM:** Hirschbergquellen bei Beilngries; Zellerbachquellen S Unterbuchfeld (mehrere Karstqu., Hungerbrunnen); Schichtquelle St. Lorenzi; Klapfer- und Vogelbrunnquelle N Dietfurt im Schwarzlabertal.

**OAL:** Roßbachschwinde im Geisenrieder Tal.

**R:** Wasserklingen b. Haag nächst Hemau; "Fressende Grube" und "Große Doline" im Laubenhard b. Hemau.

**RO:** Hammerbachquelle bei Aschau; MW 220 l/sec.

**TS:** Abfluß des Obinger Sees endet in einem Schwundloch im Südosten von Rabenden; Klosterseeausfluß in die Schlucklöcher bei Eglsee östlich Niederseeon; Seebachversinkung bei Steinau nahe Schnaitsee; Versitzstellen mehrerer Hangbäche des Fernbromberges N Schnaitsee; Versitzstellen Seibelalm b. Schleching; Karstquellen und Bachschwinden b. Lanzing.

**WUG:** Bachversickerung in einer Schlucht östlich Zimmern; Quelltopf am Schloß von Möhren (ca. 80-100 l/sec); Schambachtal zw. Schambach und Flemm-Mühle E Treuchtlingen (Bröller, d.h. meist nur nach der Schneeschmelze aktiv; 2 große Speilöcher).

#### E.1.6.6 Trockentäler

**Schwerpunktverantwortung Karst-Trockentäler:** AS, LAU, BT, EI

**Mitverantwortung Karst-Trockentäler:** BA, FO, KUL, LIF, NEW, SAD, R, KEH, WUG, DON, DLG, NM, WÜ, MSP

Einen exemplarischen Überblick des charakteristischen Verteilungsmusters liefert [Abb. E/16 \(Kap. E.4.2.2\)](#) für die Altmühl-Donaualb. Allein im Raum zwischen Pfünz/EI und Irnsing/KEH zwischen Altmühl und Donau etwa 500 km Karsttrockentäler (Dominanzrichtung NNW - ESE); es treten also auf mindestens 200 km Gesamtlänge SSW-exponierte Trockentalböschungen auf (wichtige potentielle und aktuelle Trockenrasen- und Trockenwaldstandorte; Verbundlinien der Schäferrei); weitere Schwerpunktregionen: Dolomittuppenalb, Muschelkalkregion zwischen Wern und Main, zwischen Main und Tauber; nicht karstgeprägte Trockentalrinnen siehe Teile D und C.

#### E.1.7 Bedeutung für Naturschutz und Landschaftspflege

Karsterscheinungen sind zwar allein als Zeugnisse einer außermenschlichen Dynamik und als besonders eindrucksvolle Merkmale der (aktuellen) Erdgestaltbildung (E.1.7.4) sowie als besondere Lebensräume (E.1.7.1) bewahrens- und pflegewürdig. Hinzu kommen aber eine Fülle von direkt auf den Menschen und seine Daseinsbedürfnisse bezogenen Funktionen (E.1.7.2, E.1.7.3).

##### E.1.7.1 Artenschutz, Lebensgemeinschaften

"Karst" klingt nach Dürre und Lebensfeindlichkeit. In Mitteleuropa bezeichnet er jedoch häufig Landschaften und Biotope mit einer hochspezifischen und schutzbedürftigen Artenausstattung (siehe im einzelnen E.1.4 und E.1.5). Stark eingeschränkte Zertalung und geringe rückschreitende Erosionsenergie (auf Grund geringer Fließlängen und Reliefe-

nergie) begünstigt langfristig konstante Existenzbedingungen für bestimmte Biotope.

In **Großdolinen** (incl. Uvalas, Poljen) und Karstkesseln treffen sowohl in den Kalkalpen als auch im Jura geländeklimatisch, edaphisch und hydrologisch gegensätzliche Wuchsorte und Lebensstätten zusammen, was die biotische Diversität erhöht und oft sehr bemerkenswerte Biotopkomplexierungen bedingt. Die klimatische Extrazonalität (Kaltluftsee, Höhenstufenumkehr) erlaubt es sonst streng alpinen Arten, hier manchmal bis in die subalpine oder gar montane Stufe herabzusteigen. Subarktisch-nordische Arten finden hier ähnlich wie in manchen Toteiskesseln bevorzugte Existenzmöglichkeiten. Die nordbayer. Poljenlandschaften, insbesondere auf fossilen Kreideböden (Schutzfellosschichten) gehören zu den dort wichtigsten Feuchtgebietsentwicklungsstandorten.

**Dolinen** sind allgemein wegen ihrer Topographie und Instabilität häufig von der Intensivnutzung verschont und daher, wenn sie nicht als wilde Müllkippen mißbraucht werden, häufig Standort gefährdeter Arten und Pflanzengesellschaften.

In **Höhleingänge** (und Abris, Grotten, Felsüberhänge) ziehen sich nicht nur bisweilen seltene Arten wie *Arabis turrata* (Turm- Gänsekresse), *Asperugo procumbens* (Scharfkraut), *Fumaria vaillantii* (Blasser Erdrauch), *Nepeta cataria* (Gemeine Katzenminze), *Polystichum lobatum* (Gelappter Schildfarn; in Oberfranken gefährdet), *Thalictrum minus* (Kleine Wiesenraute) zurück, sondern sie gehören auch zu den artenreichsten Kryptogamenstandorten mit vielen bemerkenswerten Arten. Ponore der Frankenalb sind oft noch vielfältigere Biotopkomplexe als normale Dolinen, enthalten sie doch auch Feuchtgräben, kleine Blockfluren oder Wände, vielfältig geformte und geneigte Einhänge, manchmal mit Magerrasen und Sukzessionsgebüsch. Ein schönes Beispiel ist der Ponor NW Bischofsreuth/AS.

**Karstbuckelwiesen** ermöglichen durch kleinräumige Durchdringung mehrerer Standortnischen einen großen Artenreichtum. Alle Nischen der alpinen Rasen treten auch in bestimmten Buckelfluren auf: Felsköpfe, kleine Anbrüche, Vorsprünge, kleine Hangabsätze, Hohlkehlen unterhalb von Grasbulten (z.B. Mordaualm bei Berchtesgaden). Zusätzlich standortgliedernd wirkt das Mosaik aus Buckel und Delle (Kleindoline), Buckelflanke, versauernde Humustaschen in den Dellen, podsoligen und entkalkten Stellen, Feuchtstellen und kleinen Quellaustritten. Die standortökologische Zellenstruktur der Karstbuckelfluren begünstigt eine gewisse Populationsentmischung der Pflanzen und entzerrt damit das Konkurrenzgefüge der Arten. Dies ermöglicht höhere Artenzahlen und eine größere Vielfalt an Zeigerartengruppen auf engem Raum. Dies erleichtert möglicherweise sogar die genetische Auffächerung, wie sie z.B. bei *Ranunculus montanus* im kleinreliefierten Gelände nachgewiesen ist (DICKENMANN 1980 zit. in RINGLER 1982). Die international berühmten Gipshügelsteppen um den Steigerwald sind auf engste mit der Grundgipsverkarstung verknüpft.

Ungestörte **Höhlen** sind lebenswichtige Winterquartiere für vom Aussterben bedrohte Fledermausarten, in den meisten Fällen auch für streng höhlengebundene troglobionte oder regional nur in Höhlen vorkommende Arten. Die fränkischen und alpinen Höhlenfaunen gehören zu den aufregendsten Zeugnissen der Evolution und der Evolutionsgeschwindigkeit, korrespondieren sie doch mit einer oft erst im Quartär begonnenen Höhlenbildungsgeschichte.

(Halb)offene **Karrenfelder** tragen wie andere Karstformen (Großdolinen) und Sonderstandorte (Blockansammlungen) insbesondere in den Bayerischen Alpen als bodenarme, beweidungs-, bringungs- und oft holznutzungserschwerende Sonderstandorte zur Erhaltung naturnaher Wald-, Krummholz- und Rasentypen bei, z.B. des ACERI-FAGETUM HUPERZIOSUM "In der Enge" bei der Tutzinger Hütte/TÖL (EWALD & FISCHER 1993), vieler Lärchen-Zirbenwälder der Berchtesgadener Alpen, der Latschenwälder usw.

Die Bedeutung von Karstgebieten für den Naturschutz geht indessen weit über "Spezialitäten" in punktuellen Karstformen hinaus. Dies zeigt sich am eindrucksvollsten in der Kuppenalb. Die **"Knocklandschaft"** beschreibt CRAMER (1928) u.a. folgendermaßen: "Hunderte kleiner Kegelberge, von Trockenfurchen umgeben, fesseln das Auge, ihre Höhe ist nur geringen Schwankungen unterworfen, felsige Hänge und z.T. senkrechte Wände steigen empor, von Höhlen und Höhlenruinen durchsetzt. Oft von kreisrunder Form, oft langgestreckt, oft durch langen Felsgrat mit benachbarten Kuppen verbunden, bilden sie ein dichtes Gewirr... ein wahres Durcheinander der Höhen und Tiefen, das durch den regellosen Verlauf der Talformen noch erhöht wird". Diese Landschaft ist eigentlich insgesamt ein Geotop und strichweise auch insgesamt ein Biotop! "Tropische Kegelkarstlandschaften" wie in den Hartensteiner Oberbergen, der "Steinpfalz" E Neukirchen/AS, im Betzensteiner Oberland und im Sackdillinger Forst haben nicht nur den höchsten "Biotopanteil" außeralpiner Kulturlandschaften (die bisher nicht kartierten naturnahen Buchen- und Trockenwälder mitgerechnet), sondern auch eine berückende Vielfalt an Biotoptypen, Kleinhabitaten und gut ausgebildeten Ökotonen.

Karsterscheinungen prägen durch funktionellen Zusammenhang mit Kontaktbiotopen auch deren Entwicklung. Z.B. bildeten sich kleine Niedermoores bei den Dachslöchern im Achental/TS im Rückstaubeereich dieses Durchgangshöhlensystems, das somit den Wasserhaushalt davor und dahinter entscheidend bestimmt. Auf der Rückseite dieses verkarsteten Kalkriegels drückt das Höhlenwasser in mehreren Quellen an die Oberfläche und speist dort ein weiteres Moor.

Viele der interessantesten Alpenmoore stehen in engem hydrologischen Zusammenhang mit Dolinen (z.B. Priesbergalm, Moosenalm/BGL, Engenkopf/OA, Hemmersuppen- und Winklmoosalm/TS).



### E.1.7.2 Abiotische Naturgüter, Wasser- und Stoffhaushalt

**Landschaftswasserhaushalt, Wasserrückhaltung, Abflußsteuerung:** Abgedichtete Dolinen wirken im Frühjahr als Schneewassersammelbecken, bei sonstigen Regen-Ereignissen als Wasserspeicher und luftbefeuchtende Standorte in der meist trockenen Karstumgebung. Voluminöse lehmgefüllte Karstsenken gehören zu den wichtigen natürlichen Retentionsräumen.

Dies äußert sich in (vorübergehenden) Wasseransammlungen bzw. Speichereffekten an den natürlichen Ventilen der Ponore bzw. Siphons. Äußerer Ausdruck dieser Retentionsleistung ist Feuchtbio-top-, Pfützen- und Tümpelbildung in Karstwannen (z.B. in den Poljentalern im Truppenübungsplatz Hohenfels/AS, NM, im Westteil des TUP Grafenwöhr), der starke Wasserspiegelanstieg in Blind- und Karstseen in Naßzeiten (z.B. "Wasserklingen" bei Haag und Laubenhardwald b. Hemau/R, Seeleensee im Hagengebirge/BGL, Egelsee und Taubensee bei Oberwössen/TS, Seenkette im Weitseeal/TS, Wildsee/Estergebirge/GAP, Soilasee bei Oberammergau/GAP, Seoner Alm am Brunnstein/ RO, Moosboden bei Grainbach/RO, Schlipfgrubalm bei Brannenburg/RO, Plankenstein- und Röthensteiner See im Risserkogelgebiet/MB). Regelmäßig bilden sich in ponorentwässerten Karstsenken bei der Schneeschmelze größere Seen. Liefere deren Wasservolumen ungedrosselt ab, so bildeten sich gemeinsam mit vielen anderen Karstzuläufen (die ebenfalls ponorgedrosselt sind) bedeutende Frühjahrshochwasserspitzen. Besonders eindrucksvoll leuchten die Schmelzwasserstauseen in jenen Karstgebieten, wo rostbraun leuchtendes Moorwasser über dem Siphon stehen bleibt (z.B. Moosalpe bei Steibis und Engenkopf-Ponor bei Tiefenbach/OA). Die Retentionsfunktion fand offensichtlich schon in früheren Jahrhunderten Beachtung, wie die "Vogel-Karte" von 1597 aus dem "Tangrintel" um Hemau/R durch Eintrag von "Tiefschächten" (Ponoren) und Rückhalteteichen für die Erzwäsche in Ponorgebieten belegt.

Karstentwässerung vermeidet weitgehend (u.U. hochwasserbildende) Oberflächenabflüsse mit ihren Folgeproblemen (Unterspülung, Rinnenerosion, Translations- und Rotationsbodenrutsche, Sohlen-eintiefung, Eröffnung neuer Wundhänge und Feststoffherde, Siedlungs- und Straßengefährdung, Überlastung mischkanalisierter Kläranlagen usw.). Trotz des oft raschen unterirdischen Fließens (mit Tracermethoden wurden in der Frankenalb bis über 1000 m/Tag ermittelt) erreichen die niederschlags- oder schmelzwasserbedingten Abflußwellen die Oberflächengewässer erst, nachdem deren Abfluß-peaks bereits abgelaufen sind (Beitrag zur Entzerrung der Hochwasserwellen). Karstentwässerung arbeitet auch mit unterirdischen "Drosselventilen" (z.B. an einer Spaltenquelle, die nur bestimmte maximale Wassermengen durchlassen können und bei Überschuß einen Rückstau erzeugt). Insbesondere stellt die poröse Gesteinsmatrix in den Massenfaziesgebieten des Maler der Frankenalb einen großen

Speicherraum für Grundwasser dar. Somit kann auch das unterirdische Abflußsystem vielfältig zur Retention beitragen.

Diesen landschaftshaushaltlichen Funktionen wirken allerdings Versiegelung, Überbauung, Überfüllung mit dichterem Material entgegen (siehe Grundsatz 2 in Kap. E.4.1).

**Trinkwasserversorgung und -schutz:** Karstwasserkörper versorgen weite Teile Frankens, der Oberpfalz, Nordoberbayerns und Nordschwabens, z.B. die Land- und Stadtkreise EI, IN, DON, ND, R, KEH, NM, AS, LAU, FO, BA, BT. Allein in der Region Ingolstadt werden direkt 170 000 Menschen aus dem Karstwasser versorgt, indirekt (d.h. über Karstwassereinspeisung in quartäre Talfüllungen) weitere 60 000. In dieser Region arbeiten derzeit 58 Karstbrunnen mit einer Gesamtleistungsfähigkeit von 3.850 l/s und einer Jahresförderung von 17 Mio m<sup>3</sup>. Viele Juragemeinden hängen zu 100 % vom Karstwasser ab, Nürnberg immerhin zu 40 %.

Vertikales Einsickern reduziert die Verschmutzungsmöglichkeiten des Wassers an der Oberfläche (Kontaminationsminimierung). Wenn die Karstaufgabe fremdstoffarm ist und die Landnutzung auf Schadstoffe verzichtet, ist die geringe Bodenfiltration in nur geringmächtig oder humusüberdeckten Dolinen-, Ponor- und Karren/Schlottengebieten ein Vorteil für den Grundwasserschutz.

Der Wasserlosigkeit der Hochflächen steht in den Karstgebieten im allgemeinen eine Häufung starker Quellen am Fuße der Berge und an Talrändern gegenüber (vgl. Pegnitz- und Wiesentalb, Estergebirge/Loisachtal, Laubensteingebiet/Prialental, Reiteralpe/Schwarzbachquelle usw.). Wird mit dem Karstwasserschatz sorgsam umgegangen, dann bedeutet dies eine oft größere Nähe und Verfügbarkeit leistungsfähiger sauberer Quellen in der Nähe von Haupt- und Talorten als in Nicht-Karstgebieten, wo in entsprechender Lage keine oder nur mäßige Quellen bestehen. Bleiben die Einspeisungsorte von Fremdstoffen frei, so übernehmen Karstgebiete gewissermaßen die Funktion, **Trinkwasser hoher Reinheit über ein garantiert belastungssicheres unterirdisches und kostenloses "Stollensystem" über erhebliche Entfernungen an Verbrauchs- und Bedarfsorte zu transportieren**. An anderer Stelle wäre dieser Wasserweg oberirdisch und daher unzähligen Kontaminationsquellen ausgesetzt! Gerade vor diesem Hintergrund erscheint die Notwendigkeit, Karstwassereinspeisungsgebiete von jeglicher zivilisatorischer Stoffzufuhr frei zu halten, noch dringlicher (siehe Abb. E/7). Aufsehenerregende Störfälle, wie die bakteriologische Belastung des Egloffsteiner Trinkwassers/FO z.B. 1989 (Abkochgebot), unterstreichen dies eindrücklich.

**Grundwasserneubildung:** Stark verkarstete waldarme Oberflächen sind mit die effizientesten Grundwasserneubildungsstandorte, da der Wasserverbrauch über Oberflächenabfluß, Interzeption, Evapotranspiration extrem gering sein kann. Dieser wassermengenmäßige Vorteil kann allerdings eine wassergütemäßige Achillesferse bedeuten, wenn

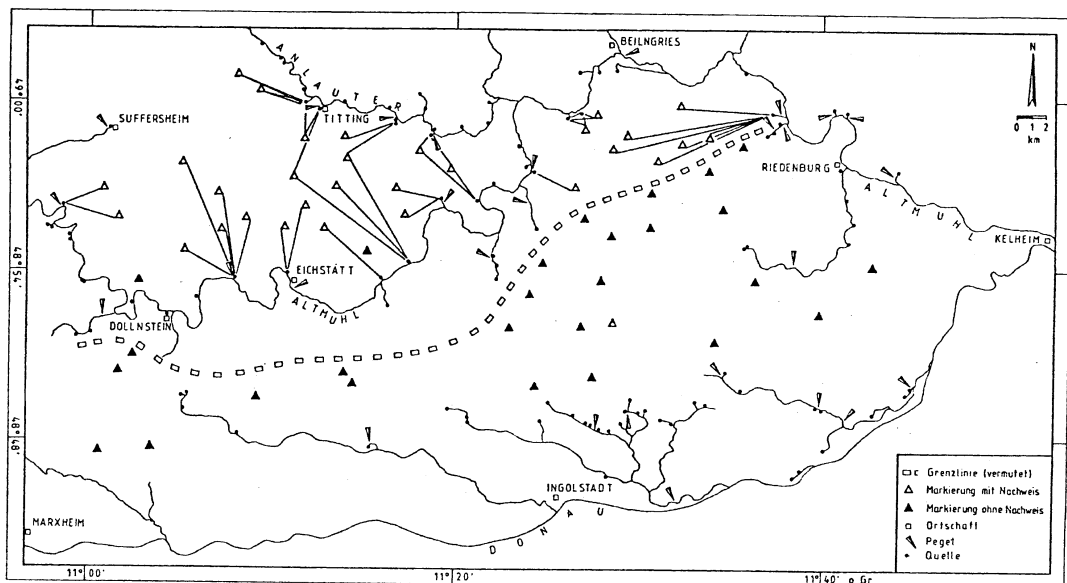


Abbildung E/7

**Nachgewiesene Karstwasserwege in der Eichstätter Alb** (aus PFAFF 1986). Die durch Strahlen gekennzeichneten Karstwasserwege zwischen Dolinen und Talquellen konnten tracertechnisch nachgewiesen werden. Südlich der strichlierten Mittellinie blieben die Markierungsversuche ohne Nachweis.

eine fremdstoffintensive Landnutzung betrieben wird.

**Schadstoffrückhaltung:** Bestimmte Karstlandschaften (z.B. mit meterdicken, halbdurchlässigen Sedimenten ausgekleidete Großdolinen) übernehmen auch eine ökochemische Filter- und Pufferfunktion für immittierte Schadstoffe, z.B. polare Biozidmoleküle, Radionuklide, Schwermetalle, wenn die Atmosphären vor der Einsickerung adsorptionsfähige Tonmineral-, Eisenoxid- (z.B. Raseisenerz-) oder Humusaufgaben passieren.

Karstgebiete können also ihre unverzichtbare Trinkwassernachlieferungsfunktion mit Schadstoffausfilterung verknüpfen.

Die Stoff-Retention und Abflußverzögerung von Karstoberflächen korrespondiert mit der relativ gleichmäßigen Zerstreung des Einsickervorgangs. Läuft das Schmelz- und Regenwasser nicht in wenigen leistungsfähigen Schlucklöchern zusammen, sondern versickert an Ort und Stelle in vielen feinen Fäden und Kluftspalten, so wird das Filterpotential von Humus- und Lehmaufgaben besser ausgenutzt und der unterirdische Abfluß eines Regenereignisses stärker verungleichmäßig. Ausgedehnte Karren- und Schlottenfelder (z.B. Grundgips im Steigerwaldvorland, oberflächennah anstehende verkarstete Nagelfluhen im Alpenvorland wie z.B. auf der Biber bei Brannenburg/RO, geschlossene Karrenfelder der Hochalpen) oder auch in sich geschlossene Kleindolinen- oder Karstbuckelflurenlandschaften (z.B. Michelfeld und Angerlboden im Estergebirge, Kloaschautal/MB) scheinen hierfür besonders prädestiniert zu sein. Karströhren (Geologische Orgeln) der Altmoränengebiete können ge-

wisse Wassermengen aus überlagernden Schottern in den tieferen Untergrund und auf talrandlich austretende Quellhorizonte ableiten.

Eine ähnliche Funktion übernehmen bzw. übernehmen die unzähligen Gipskarstschlotten des Steigerwaldvorlandes in Bezug auf Kalknieder- und Quellmoore der Unkenbachniederung/SW und des oberen Aischtales/NEA. Nicht umsonst sind fast alle relativ knapp unter Gelände liegenden Gipshöhlen phreatische Höhlen (im Grundwasserbereich).

In Karstbuckelwiesen erfolgt die Einsickerung vorwiegend über die oft tiefreichenden Humuszapfen in den Dellen. Hier dürfte die hohe Austauschkapazität der Humuskolloide für wassergelöste Kationen und Anionen sowie für bipolare Schadstoffe besonders zum Tragen kommen. Gut vorstellbar ist, daß auch Dungstoff-Frachten in den Humustaschen zurückgehalten werden. Netzförmig die Buckelflurendellen nachzeichnende Läger- oder Nährstoffzeigerfluren (z.B. Mittereisalm/BGL, bei Gerold/GAP) könnten darauf hindeuten.

**Hydrochemismus, natürliche Stoffverlagerung:** Als "negativ" könnte man die hohe Stoffauflösungsleistung von Gipskarstflächen empfinden. Für die beiden Karstquellen W Kaubenheim/NEA veranschlagte HELLER (zit. in GLA 1969; Bl. 6428 Bad Windsheim) einen Austrag von 10800 kg gelöstes Gipsgestein/Tag, für die heute verfüllten Ehequellen sogar 14000 kg/Tag. "Es werden also allein von diesen beiden Quellgruppen jeden Tag rund 25 t aufgelöstes Gestein abtransportiert bzw. 20 t reiner Gips!" (GLA 1969, S. 117).



Sollten viele Karstquellen ohne künstliche Grabenanschnitte nicht oder deutlich weniger geschüttet haben, so müßte man den intakten, nur als Magerrasen (Weide), Streu- oder Magerwiese genutzten Gipskarstsystemen eine bessere Stoffrückhaltung bezüglich Ca-Sulfat, verglichen mit intensivlandwirtschaftlich genutzten, zubilligen. Ein Teil des gelösten Kalkes (selten auch Sulfates) wird an den Austrittsstellen als Kalktuff (Gips, elementarer Schwefel) wieder ausgeschieden und bildet dort sehr interessante Lebensräume (Steinerne Rinnen etc.) und Baustoffe. Teilweise trägt die karstbedingte Tuffbildung zur Festigung von Bachrinnen oder Rutschhängen gegen Erosion und Hangbewegungen bei (Bachtuffe bilden Stufen und reduzieren das Abflußgefälle).

**Nutzbare Stoffe:** Nur nebenbei sei an heute meist eingestellte Abbaue von Sedimenten in Dolinen und Karstsenken erinnert: Heilerden aus Höhlenlehm im 19. Jhd. (z.B. im Geisloch in der Pegnitzalb, das dadurch weltberühmt wurde), Ocker und Eisenerze (z.B. Raum Auerbach, Kelheimer Alb). Das Höhlenklima wird natürlich auch heute noch gelegentlich zum Einkellern genutzt, z.B. vom Wirt in Steinamwasser.

### E.1.7.3 Landschaftsbild, Naturerleben

Die meisten Karstlandschaften sind touristisch gut erschlossene, beliebte Ausflugs- und Wandergebiete, deren Reiz nicht zuletzt auf Felsen, Karsttälern und Höhlen beruht. Der Karstformenschatz wird zum besonderen, auch prospektwirksamen Anziehungspunkt für den Tourismus. "Deutschlands schönste und größte Tropfsteingalerie", die Streitberger Binghöhle (benannt nach einem Nürnberger Spielwarenfabrikanten, der sie 1905 aufspürte und Amateur-Ausgräber war) lockt alljährlich über 70000 Besucher an.

Keine andere Kulturlandschaft Bayerns und vielleicht ganz Mitteleuropas bietet eine höhere Dichte und Länge der besonders erholungswirksamen Grenzlinien (Fels/Ebene, Wald/Wiese, Hang/Tal) wie die Kegelkarst- und "Cockpit"landschaft der Hersbrucker-, Pegnitz- und Wiesentalb, was ausschließlich auf dem speziellen Karstformenschatz beruht. "Karstforschung" ist nicht nur wenigen Wissenschaftlern vorbehalten, sondern insbesondere in Franken eine Leidenschaft vieler Amateure. Letztlich sind auch Fehlentwicklungen wie "Höhlenparties" ein Ausdruck der einmaligen Faszination des Karstes auf breite Bevölkerungsschichten.

Die urtümliche, geheimnisvolle Aura der Karstgebiete sowohl bei Einheimischen wie Touristen beruht nicht zuletzt auf einer rezent ständig fortschreitenden Morphodynamik. Überraschende Erdfälle oder Höhlenverstürze, neu auftretende Bachversinkungen etc. versinnbildlichen die Unberechenbarkeit und Unergründlichkeit der vom Menschen unbeeinflussten Naturkräfte. In unergründlich scheinenden Karstlöchern tut sich immer wieder der Schlund der Erde auf (siehe auch Kap. E.3). "Da geschah es im Gipskeupergebiet gar nicht selten, daß mitten auf der Wiese oder im Acker plötzlich ein

schachtartiger Erdfall einbrach. Halb furchtsam, halb neugierig wurden solche Stellen besichtigt. Sie waren für uns Landkinder Eingangstore in die Hölle, zumal sie sich im Dunkeln verloren. Von Vorstellungen des Geheimnisvollen, Unheimlichen zeugen die Namen so mancher Erdfälle: Teufelsloch, Mordloch, Galgenloch, Bodenloses Loch" (MATTERN 1993:3). Eine Reihe von Erdfällen haben sich in Bayern erst vor wenigen Jahren gebildet: ein Schacht auf der Abergalm/RO, bei Feulersdorf/KUL um 1980, bei Oberfellendorf/FO im Jahre 1982, ein Ackereinbruch westlich der "Sieben-Hügel" bei Marktnordheim im Gipskarst 1986. Was der Erdwissenschaftler "rezente Morphodynamik" nennt, das ständig fortschreitende abiotische "Leben" der Natur, wird an solchen Ereignissen auch für den fachlich Uninteressierten faßbar, ähnlich wie bei Bergstürzen oder Hochwasseraufschüttungen.

Felddolinen sind als Feldholzinseln häufig wichtige landschaftsgliedernde Elemente in sonst kahlen Hochflächen. Dolinenreiche Juraabschnitte können allein durch die hintereinandergestaffelten Dolinenbestockungen wie Parklandschaften wirken.

Über die Attraktivität reich schüttender Karstquelllöpfe, die Fremdartigkeit und Einsamkeit nutzungsfeindlicher Karrenlandschaften (Steinernes Meer, Gottesacker) brauchen hier keine Worte verloren zu werden. Die Suggestivwirkung nutzungsarmer weitläufiger Karstgebiete deutet der Geologe R.F.K. MEYER (1990) am Beispiel des TÜP Hohenfels/NM u.a. folgendermaßen an: "Vom Gipfel des Höhlenberges mit seinen Riffdolomit-Felsbastionen hat man eine wunderbare Sicht auf das Poljensystem von Judeneidenfeld. Leider muß in einem wissenschaftlichen Bericht wie diesem auf die reine Schilderung der Merkwürdigkeiten und Schönheiten der Felsformen verzichtet werden, die zusammen mit den Höhlen heute eine so starke Anziehung auf den technisierten und "aufgeklärten" Stadtmenschen ausüben" (S.37).

### E.1.7.4 Fremdenverkehr, Naherholung

Von den Karstformen sind vor allem die Höhlen nicht viel weniger tourismusträchtig als die Felsen. Jahresbesucherzahlen bis etwa 300000 Personen in einer Großhöhle (z.B. Teufelshöhle), höhlenverbindende Wanderwege und das Werben mit Höhlen belegen dies. Die Fränkische Schweiz besuchte Messen mit einem einer Höhle nachgebildeten Fremdenverkehrs-Werbepoststand (SEEBAUER 1984). Neben dem Massentourismus lockt der nördliche Frankenjura als höhlenreichstes Gebiet Deutschlands auch eine nicht zu unterschätzende Zahl an Spezialisten an, die sich zwar "in den Höhlen zu benehmen wissen", aber trotzdem die Grundbelastung erhöhen. Das "Gogern" (wildes Höhlenbefahren; vor allem in wenig bekannten oder laufend neu entdeckten Hohlräumen), die Nutzung als "Party- und Räucherhöhlen" lockt ebenfalls eine spezifische Zielgruppe in die Karstgebiete.

### E.1.7.5 Erdgeschichte

Der Karstformenschatz ist lebendiges Zeugnis vergangener Landschafts- und Klimaentwicklung und daher nicht nur für den Wissenschaftler als Lehrstück, sondern auch für den interessierten Laien als Anschauungsobjekt von größter Bedeutung. "Der Fränkische Karst erweist sich heute schon als ein Modellfall für Reliefgenerationen verschiedener tropischer und subtropischer Karsttypen in Mitteleuropa, sowie von quartären Prozessen in einem Karstgebiet." (PFEFFER 1981: 168). Dolinen zeigen die Verkarstung einer Landschaft auch dort auf, wo sonst unter geschlossener land- und forstwirtschaftlicher Nutzung keine sonstigen Karstsymptome sichtbar sind.

Dolinen sind Leitformen von Karstlandschaften, die sonst gar nicht bewußt würden. Dolinenfüllungen können als Boden- und Pollenarchive wichtige Hilfen der Paläoklimatologie und -geologie sein. Verschwemmte und sehr alte Dolinen und Poljen haben in der Frankenalb manchmal unter holozänen Sedimentschichten sogar eozäne (frühtertiäre) Rotlehm mit enorm hohem Kaolinitanteil konserviert, die in der übrigen Landschaft längst abgetragen sind (z.B. Eckeltshof/AS). Torfbildungen in Karsthohlformen können die einzigen vegetationsgeschichtlichen Archive dieser Landschaften sein (z.B. Eichstätter Alb). Sogar in den Bayerischen Alpen, wo kaum Paläoböden den intensiven eiszeitlichen Angriff überstanden, finden sich seltene Altbodenreste fast ausschließlich in Karsthohlformen, z.B. ein ältestpleistozäner bis pliozäner Rotlehm in einem Plattenkalk-Karstrichter an der Hochries/RO in 1500 m Höhe (JERZ 1982). Enthalten größere Dolinen an ihren Einhängen Buckelwiesen, wie z.B. in den Finzbachwiesen W Krün/GAP und im Geißschädel/GAP, so verraten sie ihr eigenes Mindestalter, das die spätglaziale Periglazialperiode deutlich übersteigen muß.

Horizontale Höhlen sind Marken eines ehemaligen Wasserspiegels, der über längere Zeit konstant war. Ein eindruckliches Beispiel sind die "Dachslöcher" bei Vogllug im Achental/TS. Sie durchlöchern eine nur 20 m hochragende Wettersteinkalkrippe, die als Halbinsel in den spätglazialen, vom Marquartsteiner Bergsturz gebildeten Stausee hineinragte. Die Löcher bildeten sich im Niveau des Seespiegels, dessen Zeugnis sie heute sind.

Als Fundpunkte tertiärzeitlicher (ca. 65 bis 2 Mio. Jahre vor heute) und quartärer Fossilien (sowie prähistorischer Artefakte) sind Höhlen, aber auch Karstspalten und Dolinen von großem paläontologischen, und vorgeschichtlichen Wert. Allein die Tatsache des Fundes in einer zeitlich grob einordenbaren Doline oder Höhle erlaubt schon eine gewisse Datierung (HEISSIG 1983, VLADI 1983). Die nach ihren Fundorten "Höhlenbär" (*Ursus spelaeus*) genannte riesige Bärenart bevölkerte gelegentlich hintere Höhlenabschnitte. Knochenanhäufungen in einigen Höhlenkammern der Fränkischen Schweiz führten einst zu der Vermutung, daß hier zahlreiche Bären infolge von giftigen Gasansammlungen getötet wurden. Knochenreste von eiszeitlichen Tieren

wurden in zahlreichen Höhlen (z.B. Distlergrotte bei Neuhaus/Pegnitz) gefunden, u.a. von Mammut, Wildpferd und Höhlenhyäne.

Allein über die Appelshöhle bei Steinbach/LAU existieren 70 wissenschaftliche Veröffentlichungen, über die Osterhöhle b. Trondorf 49, über das Windloch b. Großmeinfeld/LAU 37.

In Sinterformen oder Karstspalten eingeschlossene Faunen-Funde geben Aufschluß über die Entwicklungsreihe vieler Tierarten und über das Paläoklima. Tertiäre Karstfaunen sind merkwürdigerweise (RUTTE 1981) nur in der südlichen Frankenalb bekannt. Berühmt ist dabei vor allem die Eozän-Fauna von Heidenheim am Hahnenkamm/WUG. Aus dem Unteroligozän stammt die artenreiche Spaltenfauna von Weißenburg, aus dem Mitteloligozän stammen die Gunzenhausener und Gaimersheimer Funde.

### E.1.7.6 Frühgeschichte, Zeitgeschichte, Volkssagen

Immer wieder erlangen geheimnisvolle Höhlen und Stollen auch allgemeine, z.T. traurige Berühmtheit: die Suche nach dem berühmten "Bernsteinzimmer" in einer Kalkhöhle des Jonastales, verschollene Höhlenbegeher, die Geheimwaffenfabriken des Dritten Reiches oder die "Anton Völkel-Grotte" im Oberpfälzer Jura, in der 1933 eine kommunistische Geheimdruckerei betrieben wurde. Die inzwischen berühmten Auerbacher Erdfälle und Bachversenkungen sind Nachwirkungen eines bis zuletzt dramatischen Kapitels Oberpfälzer Industrie- und Sozialgeschichte (siehe das Schicksal der Maxhütte).

Vor allem in der Fränkischen und Schwäbischen Alb trugen Höhleninhalte wesentlich zur vor- und frühgeschichtlichen Forschung bei. Die berühmten Funde in der Ofnethöhle im Riegelberg/DON schildern FRAAS 1876 und DEFFNER & FRAAS u.a. folgendermaßen: "Ofnet, Ofen, Backofen sind in der süddeutschen Gebirgssprache Namen für zerklüftete Felsen. Insbesondere trägt diesen Namen eine Felsenhöhle auf der jurassischen Höhe, die sich zwischen Holheim und Utzmemmingen am Rand des fruchtbaren Rieses hinzieht ... Sie war Schauplatz eines reichen Urlebens, dessen Spuren durchaus intact im fetten gelben Lehm der 12 m tiefen und ebenso breiten Höhle eingebettet lagen, als sie im Laufe des Spätherbstes 1875 und des darauffolgenden Frühjahres unter meinen Augen ausgegraben wurde. In den obersten 80 cm schwarzer Gartenerde lag modernes Wesen, eiserne Klingen, Metallknöpfe, Schafknochen und ein St.Galler Batzen; mit 1 m Tiefe aber war die prähistorische Schichte erreicht, die je nach der Unebenheit des die Höhlensohle bildenden Dolomits 1-1,5 m Mächtigkeit betrug. Kohlenmulm und Asche, Feuersteinspitzen und Knochen und Zähne in Menge verhiessen reiche Beute und hohes Interesse ... Kaum wird es ein zweites Höhlenpaar geben auf der ganzen höhlenreichen schwäbischen und fränkischen Alb, so klar bloßgelegt, so sicher ausgebeutet und so leicht verständlich als gesicherter Wohn- und Schutzplatz, durch einen Felsklotz verschließbar und doch noch

durch einen seitlichen Schlupf erreichbar... (zit. nach MATTERN 1994). Einige Jahrzehnte später 1907/08 wurden im Eingangsbereich in 2 flachen Gruben 33 menschliche Schädel (später auf ca. 13000 Jahre datiert), die meisten von Jugendlichen und Frauen, das Gesicht einheitlich nach Westen gerichtet, gefunden. Den Kinder- und Frauenschädeln war Schmuck aus Hirschzähnen und Schnecken beigegeben. Unter diesen fanden sich neben einheimischen, damals rezenten, auch mediterrane sowie fossile aus dem Steinheimer Becken (MATTERN 1994). Das bis zu 2,5 m mächtige Höhlenprofil bildete die Grundlage für die Gliederung des süddeutschen Jungpaläolithikums, reichte aber bis zum Mittelalter herauf.

In der Kleinen Ofnethöhle stieß man auf bis zu 40000 Jahre zurückreichende mittelpaläozoische Kulturstufen.

Als Beispiele weiterer frühgeschichtlich wichtiger Höhlen seien angeführt: die Hexenküche bei Lierheim/DON, die "Drei-Jungfern-Höhle" im Ellernbachtal/BA, wo 1951/52 der Fund von 40, vor ca. 5000 Jahren erschlagener Mädchen Aufsehen erregte ("Kannibalismus in der Steinzeit"). Weinberghöhlen bei Mauern/NB, Großes und kleines schulerloch/KEH, Klausenhöhle/KEH, Höhlenruine bei Hunas. Die Fränkische Alb zählt zu den sehr früh besiedelten Räumen Mitteleuropas. Für den Ackerbau wurden lange Zeit nur die flachen Hangteile und Einsattelungen zwischen den Kuppen, mit einem zersatzreichen, wenig tiefgründigen, nur z.T. verlehnten Boden, genutzt. Trotz der erschwerten Feldbestellung am Hang wurden diese Flächen bevorzugt, da sich die Böden der Dolinen und anderer Hohlformen oder Senken wegen der schweren Tonakkumulationen nur als Wiesen- und Weideland eigneten. Die ackerbaulich nutzbaren Flachhänge wurden gerodet, wodurch sich die relativ geringe Mutterbodenaufgabe weiter verringerte und die Verkarstung wieder verstärkt einsetzte.

Karstbedingte Hülben (natürlich oder künstlich abgedichtete Dolinen) zeugen von früheren Wüstungen, einstigen dorffernen Gemeindeweiden (Tränken), aber auch vom Wassermangel und historischen Wasserversorgungen. Auch als Löschteiche und zur Bewässerung wurden sie verwendet. Gepflegte, schön angelegte Hülben verschönern heute noch das Dorfbild (z.B. Zainingen). Kulturgeschichtlich wichtige Bohnerzgruben aus eisenhaltigem Kalkverwitterungslehm liegen vor allem in der südlichen Frankenalb oft in kleinen Karsthohlformen. Im Volksmund gelten Geländeabschnitte mit Dolinen als besonders blitzschlaggefährdet.

Höhlen wurden seit Menschengedenken zu den unterschiedlichsten Zwecken genutzt: Nur relativ wenige Höhlen waren nach RUTTE (1981) Wohnhöhlen (z.B. Schuntershöhle). Die meisten dienten - und das nicht nur im vorderen Eingangsbereich - als Unterschlupf bei Jagdzügen, Zufluchtsstätte oder Ort kultischer Handlungen (z.B. Mariengrotte bei Unterdrackenstein). Die Burkhartshöhle diente im 2. Weltkrieg als Munitionsdepot; später wurde sie gesprengt. Die Durchgangshöhle Guckerloch bei

Michelfeld/AS diente napoleonischen Besatzungstruppen als Biwakplatz.

Lehmeinlagerungen in Höhlen wurden seit dem Altertum bis weit ins 19. Jh. zu Heilzwecken abgebaut. Die sog. "Siegelerden" (ein aufgedrucktes Siegel sollte die Echtheit des Fundorts garantieren) galten als Allheilmittel. Besonders das Geisloch (westlich Velden/LAU) wurde durch seine Heilerde weltweit bekannt. Auch die sog. Mondmilch, Montmilch oder Bergmilch, die in zahlreichen Höhlen von den Wänden abgekratzt wurde, fand als Arznei Verwendung. KYRLE (1923, in BINDER 1963) nimmt eine Verwechslung des in der Volks- und Schulmedizin als Heilmittel gegen Augenkrankheiten geschätzten *Nihilum album* ("Weißes Nix") mit der Bergmilch an, einem Zinkoxid, das als Verwitterungsprodukt des Galmeis vorkommt. Der Beliebtheit des Mittels entsprechen die zahlreichen "Nixlöcher" in den Alpen (z.B. Nixloch b. Halturm/BGL). Die Mondmilch wurde zum Ausheilen von Geschwüren verschrieben, getrocknet auch auf Wunden gestreut. Wöchnerinnen und Ammen wurden Brust und Schultern damit bestrichen, damit sich ihre Milch besser verteilte.

Zahlreiche Sagen ranken sich um Höhlen, Dolinen, Hülben, Karstfelsen u.a. Karstformen. Beispielsweise sollen im Hölloch im Engelstein bei Bergen/TS wilde Frauen hausen und Schätze lagern, die von einem Hund bewacht werden. Das abgegangene Dorf Grünfeld bei Urspringen/MSP soll eines Tages in der Erde verschwunden sein, dort wo heute die Flurnamen "Tiefes Loch" und "Lochwiesen" an Dolinen und Karstsenken erinnern (KROMA 1962).

Z.B. die Sage von Kaiser Karl, der im höhlenreichen Untersberg/BGL mit seinen Getreuen schläft und wenn die Not am größten ist wird er mit seinem Heer heraus ziehen und die letzte Schlacht schlagen. Sogar in die Dichtkunst sind Karstelemente eingegangen, z.B. "Die schöne Lau" von MÖRIKE, "Lichtenstein" von HAUFF.

Die unterschiedlichen Karsthohlformen sind häufig Rohstofflagerstätten, die bis heute bergbaulich genutzt werden, z.B. die Grube Leonie/AS, das spätkreidezeitliche "Neuburger Weiß" in bis zu 60 m tiefen Karsttaschen und Dolinen des Neuburger Juras. Die östlich an die Alb angrenzenden Hebungszone lieferten aus eisenreichen Schichten des Doggers bis Keupers eisenhaltige Schwarzwässer, die sich in den Karsthohlformen z.T. zu regelrechten Lagerstätten akkumulierten. So ergaben sich kreidezeitliche Ocker- und Eisenerz-, sowie tertiärzeitliche Bohnerzlager. In der Grube Hans bei Funkenreuth/AS wurde bis in die 50er Jahre Ocker abgebaut, der das Karsthöhlensystem des Königsteiner Poljes füllte. Im Feld Bernreuth der Grube Maffei reichte eine Erzformation in großräumige Höhlen hinein, die den Dolomit der SW-Flanke des Erztrages unterschritten. Bekannte Abbaustätten im Lkr. EI sind die Kindinger Klause, die Erzwäsche bei Titting und die Marienzeche bei Niefang.

Karstquellen waren seit jeher Lebensgrundlage der dortigen Bevölkerung. Heute noch erinnern sich alte Leute, wie sie in Oberfellendorf das Wasser einst

von der Streitberger Muschelquelle am Talgrund hochtragen mußten; oder in Oberngrub und Kalteneggolsfeld, wo man in Notzeiten das Wasser tief aus dem Singerstal (Lehstenquelle) holte; oder in Engelhardtsberg, wo man es aus dem Wiesenttal holen mußte. Die bis heute anhaltende Hochschätzung des Wassers in diesem Landstrich kann also nicht verwundern (WALTER 1988). In den Trockenjahren zwischen 1976 und 1991 mußte so manches Jura-dorf durch Tankwagen aus den tiefgelegenen Karstquellen notversorgt werden.

Tropfsteine aus fränkischen Höhlen wurden in größerer Zahl vom bayerischen König Ludwig II. als Naturkulisse im Schloß Neuschwanstein und Schloß Linderhof eingesetzt.

### E.1.8 Gefährdung, Rückgang, Zustand

"Dolinen schützen? Wozu? Davon gibt es doch genug, und wenn ein paar zugeschüttet werden, was tut's schon? Es bilden sich ja auch neue! Und überhaupt, wozu sich über ein paar Löcher im Boden aufregen?" So faßt MATTERN (1993:3) die verbreitete Grundeinstellung nicht nur von Landnutzungsvertretern und Landwirten, sondern leider auch von einigen Geologen und sogar einigen Naturschützern zu den kleinen Karsthohlformen zusammen. Dazu paßt ein kleines Erlebnis bei der LPK-Karstinventur (SCHNEIDER, SEIBEL) in Störnhof/FO 1989: Wir fragen eine Bäuerin nach einer großen Doline, die es hier geben soll, weil wir nichts gefunden haben. Sie weiß sofort Bescheid, führt uns um die Hausecke und zeigt hügelabwärts auf ein Maisfeld: "Dort unten war das, 2 große Löcher. In einem sind wir als Kinder Schlitten gefahren. Im anderen staute sich das Wasser. Noch meine Mutter hat dort ihr Wasser geholt. Zugeschüttet hat man sie in den 1960er Jahren während der Flurbereinigung, wo viel Erdmaterial angefallen ist."

Damit ist auch schon das bedrohteste aller Karstelemente bezeichnet. Aber auch andere Karstformen, ob größer oder kleiner als eine Doline, unterliegen form- und zustandsbeeinträchtigenden Auswirkungen der Nutzungsdynamik. Diese werden im folgenden skizziert und mit einigen quantitativen Beispielen belegt. Damit schälen sich die wichtigsten Ansatzpunkte der Landschaftspflege im Bereich der Karstgeotope heraus (vgl. Kap. E.4). Ein typisches Problem ist das völlig unterschiedliche Ansehen verschiedener Karstformen in der Bevölkerung. Quelltöpfe, große Höhlen (möglichst mit märchenhaften Tropfsteinen), hervorragende Tuffbildungen und Wasserfälle nötigen von vornherein Respekt ab; Dolinen ("Löcher") und Erdfälle, Karren, Felskopffelder, Kleinformen also, die häufig im Kulturland oder Siedlungsbereich liegen, Nutzungen stören und auch beseitigbar scheinen, tun sich da viel schwerer und erleiden viel mehr Beeinträchtigungen. Dasselbe gilt für "wenig greifbare" Großformen wie Poljen, deren oft außerordentlicher wissenschaftlicher Wert zu abstrakt ist und deren ungeschmälerter Erhaltung weit in die Landnutzungsplanung eingreift (Straßenbau, Bebauungsplanung usw.).

### Großflächige Eingriffe in Karstlandschaften

Sie sind unausweichlich, wo ganze Wirtschaftsregionen im Karst liegen. Beispielsweise leben und wirken allein im nordoberbayerischen Karstgebiet (EI, IN, ND) in 119 Orten rund 50 000 Menschen (KRAUS 1986). Kurvenarme Schnellstraßen und Autobahnen können nicht ohne gewaltige Formveränderungen durch Knocklandschaften geführt werden (siehe Autobahnstrecke Nürnberg - Bayreuth, tunnelreiche Bahnstrecke Hersbruck - Bayreuth durch die Pegnitz-Alb).

Mosaik aus Wannen, Trockentälern, steil aufragenden Felsbastionen, Hunderte von Höhlen, Grotten und Schächten, darunter berühmte Schauhöhlen und ein reicher Schatz an spezifischen Kleinformen machen landschaftlich fein gekammerte Karstgebiete zu den eingriffsempfindlichsten Regionen Mitteleuropas (vgl. auch Konflikt zwischen Gipskarstschutz Südharz und Autobahnprojekt). Auch eine intensive militärische Nutzung kann z.B. in den TÜPEN Hohenfels und Grafenwöhr-West erhebliche Karstlandschaftsveränderungen nach sich ziehen (LIPPERT 1975).

### Karren, Schlotten, Gipshügel

Gelegentlich werden Karren, Schlotten und geologische Orgeln beim Bau touristischer Anlagen und bei Wegebauten, z.B. in den Bayerischen Alpen (z.B. Ifengebiet-Hahnenköpfe, Oberwiesental/RO) sowie bei neuen Siedlungen (z.B. Schule in Traunstein), zerstört. Liebhaber versetzen malerisch verkarrete Gesteine im Jura und Muschelkalk von ihrem Ursprungsort in ihre Gärten. Zahlreiche verkarrete Wellenkalksteinstücke östlich von Karbach am Werleinsberg/MSP, die von den steilen Abhängen im Maintal herabbrechen, findet man häufig in Gärten wieder, wo sie zur Anlage des Alpinums verwendet werden. Humuserfüllte Karren, bei denen die Karrenrippen an der Oberfläche den Geotop kenntlich machen, können durch aufkommende Fichten oder Kiefern verdeckt und durch die kalkauflösenden sauren Wurzelabscheidungen und Humusaufgaben zerstört werden.

Wenig beachtet und in seinen langfristigen Konsequenzen unbekannt ist das Anpflanzen der verschlotteden oder kompakten Grundgipsoberfläche im Gipskeuper Mittel- und Unterfrankens. Wo vor der Felderbestellung auffällig weiße Gipsbrocken an vielen Stellen die Felder markieren (z.B. in der Marktordheimer Bucht/NEA), muß mit beschleunigter Gipslösung der vorhandenen Schlotten und mit dem Eintrag von Oberboden und Belastungsstoffen in die wenige Meter unter der Oberfläche weitverzweigten Gipshöhlensysteme und u.U. mit deren Plombierung gerechnet werden (GÖTZ & DIETRICH 1985). Eine Belebung der aktuellen Erdfalltätigkeit auf den "Gipsäckern" könnte ebenfalls mit der direkten mechanischen und indirekten agrarbedingten Labilisierung der Gipskarstoberfläche zusammenhängen. Die bei einzelnen Höhlenbegungen festgestellten Schlammablagerungen hängen damit zusammen. Neue Entwässerungsgräben und Grabendurchstiche durch Gipshügel (wie in den 1930er Jahren bei Wüstphül/NEA) haben Erosions-

material direkt in Gipskavernensysteme eingeleitet. GÖTZ & DIETRICH (1985) sprechen von einer "trüben, stinkenden Brühe" in den "Spinathöhlen" bei Wüstphül/NEA. Die verbreitete Torfhumuszehrerung der stark entwässerten Niedermoore in den Gipsauslaugungssenken (z.B. Unkenbachniederung/SW) hat die Pufferschicht zwischen Ackerbewirtschaftung und Gipskarstoberfläche ausgedünnt und damit die mechanische Beschädigungsgefahr und die Nährstoffbelastung der relativ flach anstehenden Gipsgrundwässer erhöht.

### Dolinen, Ponore und andere Karsthohlformen

Sogar vor besonders schönen Lokven, z.B. der fliederheckenumgebenen Hülle bei Gößmannsberg/FO, schreckte man mit der Verfüllung nicht zurück. Auch das großartige Erzloch bei Frankendorf/BA ist mit Schutt und Müll verfüllt (WALTER 1988). Eine optische Beeinträchtigung erfahren Dolinen, wenn die Vegetation der Doline durch Bewirtschaftungsmaßnahmen oder ähnliches der umgebenden Vegetation angeglichen wird. Hygrophile Vegetation in den Geländemulden von Dolinen ist oft durch Entwässerungsmaßnahmen in der landwirtschaftlich genutzten Umgebung bedroht.

Eine große Gefährdung für zahlreiche Dolinen besteht auch heute noch in der Nutzung als (wilde) Müllkippe. Vereinzelt findet man nicht nur Gartenabfälle darin, sondern auch besonders landschaftsverunstaltenden Sperr- und Sondermüll (z.B. Kühlschränke, gemischter Bauschutt). Das Einbringen von Abfall jeglicher Art ist als äußerst problematisch zu bewerten, da die Schadstoffe meistens ungefiltert über Schlucklöcher oder sonstige Hohlräume den auch der Wasserversorgung dienen Karstwasserkörper erreichen (vgl. SEIBEL 1991). "Bauschutt" ist eine keineswegs hydrologisch (geschweige denn naturschutzfachlich) unbedenkliche Einfüllungsform in Karstgebiete, kann er doch Sulfatbelastung (Gips), Lack- und Ölreste, organische Lösungsmittel, Fäkalgrubenhinhalte, organische Agrarabfälle und andere vergärende Abfälle enthalten. Jegliche Miteinfüllung humoser Materialien kann die Nitrat- und Ammonium-Belastung im Karstquellwasser steigern. Schon seit längerem ist der Nitratanstieg insbesondere in relativ flachen Karstbrunnen, z.B. auf der Eichstätter Alb, beunruhigend.

Im Wald ist die komplette Dolinenverfüllung zwar seltener, Abfall- und Bauschutteinlagerungen sind jedoch auch hier gang und gäbe, z.B. 2 große Dolinen bei Dachsbauelfsen/WUG.

Unter anderem mit dem Ende traditioneller Hirtenkulturen und der früheren Flurbereinigung war ein Umbruch dolinenumgebender Weide- und Dauergrünlandflächen verbunden, der dem Bodeneintrag aus den nun viel stärker gedüngten Flächen Vor-schub leistete.

Eine weitere Gefährdung, die die Dolinen aus landwirtschaftlich genutzten Räumen beinahe völlig verdrängt hat, ist die Verfüllung zwecks Nivellierung von Ackerfläche, die meist der Beseitigung der wilden Müllkippen folgt. Vielfach wird sich dabei darauf berufen, daß Aufschüttungen bis 300 m<sup>2</sup>

Grundfläche und 2m Höhe baugenehmigungsfrei sind.

Viele Dolinen wurden auch im Zuge der Flurbereinigung eingeebnet. Mit ihrer Verfüllung verschwinden wichtige erdgeschichtliche und kulturhistorische Zeugen und wissenschaftliche Landmarken. Das z.T. noch von Wasserwirtschaftsämtern angeordnete Auffüllen und Abdichten von Dolinen stellt meist nur eine punktuelle und vorübergehende Ausschaltung von Grundwasser-Gefährdungsstellen dar: So brach anstelle zweier künstlich verfüllter Dolinen am Ortsrand von Wolfsbuch/EI, auf denen sich ein See gebildet hatte, im Februar 1987 erneut eine große Doline ein und schluckte den See im ganzen (DONAU KURIER vom 14./15.2.1987). Das Karstgrundwasser wird von vielen, oft oberflächlich kaum erkennbaren Schlucklöchern gespeist. Ein Karstgebiet bringt zudem immer wieder neue Schluckstellen hervor. Bei größerflächigen Dolinenabdichtungen wird der oberflächliche Abfluß von Niederschlagswasser erhöht, die schwerwiegenden Folgen vor allem für Hanglagen sind offensichtlich.

Die Zustandsbilanz der Dolinen für die Schwabenalb im Bezirk Tübingen dürfte in etwa auch die Frankenalb-Situation wiedergeben (BRONNER 1988). Danach waren aufgefüllt: 85 % der ackerumgebenen, 66 % der grünlandumgebenen, 5 % der waldumgebenen und 75 % der siedlungs- oder bracheumgebenen Dolinen.

In Bayerns Karstgebieten wohnen und wirken in mehreren hundert Orten mehrere hunderttausend Menschen. Trotz erheblicher Reinigungsanstrengungen gelangt aber immer noch an Stellen unzureichend geklärtes Haus- und Gewerbeabwasser in die Dolinen. In noch unkanalisierten Ortschaften kommt das Straßenabwasser hinzu. Zum Teil ist an die Straßenentwässerung in die Dolinen eine Hauskläranlage, "abflußlose" Abwassergrube oder Jauchegrube angeschlossen (KRAUS 1986). Gottseidank wird das illegale Abpumpen von Jauche- und Gülle-Überschüssen vor allem im Spätwinter in Dolinen oder Ponorgewässer, wie es z.B. 1981/82 auf der Eichstätter Alb noch gelegentlich zu beobachten war, immer seltener. Einige Gemeinden und Einzelhöfe (DONAU KURIER vom 16.12.1987) nutzen auch heute noch, z.T. unerlaubterweise, Dolinen zur Abwasserbeseitigung, obwohl die Verschmutzungsgefahr für das unterirdische Karstwasser, das ja weithin noch zur Trinkwassergewinnung genutzt wird, bekannt ist. BOIE wies durch Markierungsversuche nach, daß z.B. die in ein Dolinenfeld bei Langenaltheim/WUG eingeleiteten Abwässer bereits nach 15 - 25 Stunden in den Solnhofener Karstquellen austreten. Ähnliche hydraulische Verbindungen sind auch von anderen Stellen nachgewiesen, z.B. einer Abwasserdoline bei Bieswang/WUG und der Ruckwidquelle in Pappenheim. Auch periodische oder nur episodische Abflüsse von landwirtschaftlich genutzten Flächen in Dolinen können bedenkliche Folgen haben. Eine besondere Gefahr besteht, weil die Verbindungen der Karstwassersysteme noch nicht ausreichend erforscht sind und der

Transport von Schadstoffen über große Entfernungen vermutet wird. In den beiden Wasserschutzgebieten Pottenstein und Elbersberg wurden beispielsweise erhöhte Konzentrationen von Pflanzenschutzmitteln festgestellt, obwohl beide Gebiete im Wald und weit vom nächsten Acker entfernt liegen (SEIBEL 1991).

Da Dolinen und Erdfälle direkte Zugänge zu Karstwassersystemen haben, stellen sie besondere Grundwassergefährdungszonen dar. Ein Beispiel aus Baden-Württemberg veranschaulicht den Umfang der Einzugsbereiche: Ulm hat im "Kalten Brunnen" im Kleinen Lautertal eine Wasserfassung, die im September 1954 plötzlich Wasser mit ekelerregendem Beigeschmack lieferte. Starkregen hatte eine geteerete Straße abgespült, die Straßenabwässer flossen in den nahen Erdfall. Nach 88 Stunden kam dieses Wasser im 5 km entfernten "Kalten Brunnen" wieder zum Vorschein. Die ganze Leitung mußte daraufhin stillgelegt werden. Vielen Dolinen, auch als Naturdenkmal gesicherten wie auf dem Keilberg in Regensburg, werden Straßenabwässer zugeleitet. In mehrere Dolinen bei Gelbensee-Kösching wurden Ölabscheider für die Autobahnabwässer eingebaut. Sogar in Trinkwasserschutzzonen kommen immer wieder Schadstoff- und Mülleinfüllungen in Dolinen vor, z.B. im Speckbachtal bei Auerbach/AS. Deutlich erhöhte, manchmal grenzwertüberschreitende Gehalte an Bor, verschiedenen Metallionen und hoher Kaliumpermanganatverbrauch, z.B. in der Lillachquelle, im Großenohe-Quelltopf/FO und anderen Karstquellen, haben ihre Ursache in Vermüllungen von Dolinen (WERNECK 1989). Eine detaillierte Abfallanalyse in einigen Dolinen auf der Forchheimer Alb b. Kemmathen und Gößweinstein erbrachte u.a. Sperrmüll, Hausmüll, Autowracks, Öltank, Öldosen, Kühlschränke, Rattengift, Nitroverdünnung, Lösungs-, Spül- und Desinfektionsmittel, Medikamente, Elektroteile, Kadaverteile von Kühen und Schweinen, Düngemittelsäcke (WERNECK 1989). Walddolinen trifft dieses Schicksal oft genauso oder sogar noch stärker als Felddolinen. Säuberungsaktionen enden bisweilen in einer Endverfüllung mit Bauschutt.

Eine schleichende Gefährdung von Dolinen ist umgebender intensiver Ackerbau. Die auf geneigten Ackerflächen "normale" Bodenerosion fördert die Abdichtung der wasserwegigen Klüfte und Risse im

Untergrund der Doline, was letztendlich zu ihrer Auffüllung führt, da kein Material mehr in den Karstuntergrund abgeführt wird.

Zu verständlichen Eingriffen verleiten neu entstehende Wassereinbrüche (neue Ponore), die u.U. sogar den Mühlen das Wasser abschneiden können, so geschehen am Mühlbach der Hämmerlmühle bei Auerbach/AS, wo ein neugebildetes Loch plötzlich den gesamten Niederwasserabfluß verschluckte und sich nach und nach auf 3,5 m Weite und 2,5 m Tiefe erweiterte. Der Besitzer machte endlich mit einer "Fuhre Aushub tabula rasa, um der Abwanderung seines Mühlbaches ein Ende zu bereiten" (ILLMANN 1988). Häufig erweisen sich aktive Dolinen buchstäblich als "Faß ohne Boden". So erweiterten sich die "Müllschluckererdfälle" bei Saaß/AS nach 1985 trotz wiederholter Mülleinfüllung nach jeder Überschwemmung.

### Dolinen-Verlustbilanzen

Mustergebiet im Lkr. Eichstätt zwischen Obereichstätt im SW, Inching im SE, Götzelshard im NE und Workerszeller Forst im NW: Von den in TK 25-Kartenausgaben vor 1960 eingetragenen insgesamt 202 Dolinen waren in der TK 50 Ausg. 1985 noch eingetragen: 32 Dolinen (Verlust: - 84 %).

### LPK-Dolinenzustandskartierung (Bearb. T. MEESENBURG, A.SCHNEIDER, S.SEIBEL)

Eine im Rahmen des LPK durchgeführte Offenland-Dolinenzustandskartierung in den Lkr. EI und KEH (Blattgebiete L 7136, L 6934, L 6936; dabei im Lkr. EI nur repräsentative Ausschnitte) faßt querschnittsartig das quantitative Ausmaß der oben genannten Beeinträchtigungen exemplarisch zusammen: (siehe Tabelle E/1).

Fast alle, sogar grünlandumgebene Dolinen zeigen Spuren und Symptome anthropogen erhöhter (Dünger)Einschwemmung (u.a. Brennesseldominanz). Völlige Freiheit von landwirtschaftlichen Abfällen, Bauschutt oder Hausmüll ist die Ausnahme. Der Verfüllungsfortschritt ist im Acker deutlich rascher als im Grünland. Ein nicht unerheblicher Anteil der Dolinen, insbesondere im Lkr. EI dient als Abwasservorfluter. Bezugsgrundlage waren die in der neuesten TK-Ausgabe eingetragenen Dolinen. Da eine unbekannte, aber erhebliche Zahl früher verfüllter

Tabelle E/1

### Auswertung der LPK-Dolinenzustandskartierung

	Lkr. EI (Sektor)	Lkr.KEH
Gesamtzahl Dolinen (100 %)	62	51
komplett verfüllt	24 %	14 %
fast aufgefüllt	6,4 %	11,8 %
teilweise aufgefüllt	40 %	37,3
unverfüllt, gering verfüllt	4,5 %	23,5 %
mit Abwasser- bzw. Klärbeckeneinleitung	13,0 %	5,9 %



Dolinen nicht eingetragen ist, gibt die ermittelte Verfüllungsrate nicht den Gesamtverlust wider.

#### Dolinen-Zustandserhebungen der Wasserwirtschaftsämter

U.a. für die Amtsgebiete BA, LA, IN, z.T. auch AS und R in den Landkreisen BA, FO, LIF, AS (z.T.), NM (z.T.) und ND durchgeführt. Genaue Ergebnisse sind bei den WWAs BA, AS, IN, LA verfügbar. Nur 166 von insgesamt 650 in den Lkr. BA, FO, LIF erfaßten Dolinen waren in einem "unbedenklichen" Zustand. Im Lkr. FO wurde der Zustand in 50 von insgesamt 336 bis 1988 erhobenen Dolinen als sehr bedenklich oder bedenklich eingestuft. In den Landkreisen BA und LIF waren es 25 von 214 bzw. 23 von 100.

#### Dolinenkataster Nordbayern der in Nordbayern tätigen Höhlenvereine

#### Dolinenkartierung im Lkr. FO durch den dortigen BN (1988/89)

Von insgesamt 16 erfaßten Dolinen waren nur 5 offen und 11 ganz oder weitgehend verfüllt.

#### **Höhlen und ihre Eingänge, Grotten, Abris**

Das Wegsprengen ganzer Felsen mit darin befindlichen Kleinhöhlen, wie z.B. bei der Flurbereinigung Schirradorf/KUL um 1974 (Schinderskellerfelsen NNÖ Schirradorf und Beckensteinkellerfelsen; WALTER 1984) dürfte wohl heute kaum mehr vorkommen.

Bei Baumaßnahmen oder in Steinbrüchen entdeckte Höhlen werden nur selten gemeldet und respektiert, auch um "Scherereien" mit dem Naturschutz zu vermeiden. Eine Meldepflicht wie bei Bodendenkmälern besteht nicht.

Das Vermüllungsproblem (vor allem senkrecht ansetzende Höhlen und Schächte) besteht indessen nach wie vor. Vor allem Höhlen in der Nähe von Berghütten wurden und werden gerne zur Entsorgung von Müll verwendet. Tierkadaver wurden und werden unzulässigerweise hier bisweilen beseitigt (z.B. im Almbereich, Hundsloch bei Weiden/LIF früher als Abdeckergrube, "Schinderloch" taucht als Höhlennamen immer wieder auf, z.B. Bischofsfellnalm/TS). Noch schwerwiegender sind allerdings Verfüllungen, die sogar mit Grundwasserschutz oder Gefahrenstellenbeseitigung begründet werden, u.U. aber zum Nachbrechen großer Müllmengen in noch unerschlossene Höhlensysteme führen können (z.B. "Müllschluckererdfälle" bei Saaß nahe Auerbach).

Entmüllungsaktionen von Höhlen- und Karstkundlern der Nürnberger Naturhistorischen Gesellschaft geben einen Eindruck von den mitunter erheblichen Müllmengen. Z.B. wurden aus der "Bettelküche" bei Auerbach 1987 etwa 800 Flaschen und 17 m<sup>3</sup> anderer Abfall entfernt. Nach einer Abpumpaktion (Bachwassereinbruch) kamen weitere Müllmassen wie "Sprungfedern, Drahtseile, Wärmflaschen, Blechtöpfe, Flaschen, Flaschen, Flaschen..." (ILLMANN 1988) zum Vorschein.

Aber auch allzu gründliche Säuberungsaktionen, bei denen auch natürliche Substrate, z.B. Schwemm-

holz, mit den darauf angewiesenen Tiergruppen entfernt werden bedeuten eine Gefährdung dieser Biozönesen (PLACHTER 1988).

Aber auch in schwer zugänglichen oder nur klettertechnisch befahrbaren Höhlen können größere Müllmengen entstehen. Eine Säuberungsaktion in der Salzgrabenhöhle am Simetsberg/BGL erbrachte 16 Säcke zu 200 Litern und 6 Blechtonnen mit Müll; darunter sogar 1 t Sondermüll.

#### Weitere Gefährdungen und Beeinträchtigungen

Traditionelles Befahren der Höhlen, in Franken als "Gogern" bezeichnet, Höhlenfeiern etc; Plündern von Tropfsteinen (die Langenau-Höhle/HO war schon Ende des 18. Jhs. ihres schönsten Tropfsteinschmuckes durch Raritätensammler beraubt; viele Höhlen werden sogar regelmäßig von Mineralienhändlern ausgeräumt); Berühren von Tropfsteinen und ständiges Betreten hemmt Tropfsteinwachstum, Verrußen durch Fackeln, Farbschmierereien (z.B. Felslindl bei Saaß); Höhlenrastplätze mit Feuerstellen (zurück bleiben Ziegelbrocken, Holz, oft Benzinkanister und auch Müll; Gefährdungen von Fauna und Flora; z.B. Schelmbachsteingrotte westlich Königstein/AS), Grotten und Kleinhöhlen als Übernachtungsort und Witterungsrefugium für Kletterer in Kletterwänden (z.B. Steinzeithöhle/Kastlwand, Löwenfelsenhöhlen in der Weltenburger Enge).

In letzter Zeit werden Höhlen verstärkt für gewerbliche Zwecke genutzt im Rahmen von geführten Abenteuer-touren und dies sogar in Winterquartieren für Fledermäuse z.B. Schlüssellochhöhle/RO. Als Nachteil erweist sich das weithin sichtbare Höhlenportal. Der Schutz ist hier schwierig. Seriöse Forschung ist in Höhlen mit starkem Besucherandrang stark erschwert.

Bei Schauhöhlen bringt die Höhlenbeleuchtung mit der Veränderung von Temperatur, Lichtverhältnissen, Vegetationsbeeinflussung etc. eine besondere Gefahr für die Höhle. In der Maximiliansgrotte (östlich Krottensee) werden noch immer Führungen mit Karbidlampen durchgeführt, die erst jetzt allmählich durch elektrische Beleuchtung ersetzt werden sollen. Die starke Ruß- und Stickoxidentwicklung schädigt Höhlenfauna und -flora und hinterläßt zudem einen zerstörerischen Film auf den größten Tropfsteinen Deutschlands. Formeninventar und Höhlenmalereien in Schauhöhlen werden durch chemische Veränderung ihrer Atmosphäre (CO<sub>2</sub>) durch die große Anzahl von Besuchern stark gefährdet, Sinterbildungen in ihrer Weiterbildung behindert.

Durch das Anlegen von (Beton-) Treppen und Geländern geht viel von der Urprünglichkeit der Höhlen verloren. Mit dem Vergrößern der Höhleneingänge (durch Sprengungen, Aufbrechen usw.) sind erhebliche Veränderungen der Höhlen-Ökologie verbunden. Sehr kritisch sind auch die Öffnungen von Höhleneingängen durch Höhlenforschergruppen zu sehen, u.a. weil sie dadurch mißbräuchliche Nutzungen ermöglichen.

Das Störpotential für höhlenbewohnende Tierarten durch zu häufige Höhlenbefahrung (HANSBAUER

1987) kann beeinträchtigt sein. Beispielsweise scheint die Frequentierung der Salzgrabenhöhle/BGL mit zeitweise über 600 Besuchern pro Jahr die überwinterten Fledermäuse weitgehend vertrieben zu haben (Regierung von Oberbayern 1986).

Kleinere Höhlen auf Privatgrundstücken werden häufig zu Lagerräumen umfunktioniert (z.B. Harzensteinkeller in Schirradorf/KU).

Eine seltene Gefährdung ist das Verschlammen der Höhlen durch Aufstau der Höhlenbäche vor Mühlenwerken. Durch den Aufstau wird den Bächen das natürliche Gefälle genommen, wodurch sie im Oberlauf, also z.T. in den Höhlen, Fracht sedimentieren.

Auch Überbauungen kleinerer Höhlen mit Hütten und Häusern beeinträchtigen den Geotop (z.B. in Kleinziegenfeld am Hangfuß des Schloßbergs/LIF).

### Unterirdisches Karstwasser, Karstquellen

Außer von siedlungs- und agrarbürtigen Einträgen gehen Gefahren auch von Straßenabwässern aus: Autobahn München-Nürnberg entwässert nördlich Ingolstadt in zehn Dolinen, deren Fangbecken und Ölsperren kaum lösliche Stoffe oder Emulsionen zurückhalten (weitere Schutzvorrichtungen sind jedoch geplant.)

## E.2 Möglichkeiten für Pflege und Entwicklung

Dieses Kapitel stellt denkbare und bereits übliche landschaftspflegerische Verbesserungsmöglichkeiten nebeneinander und bewertet sie kurz.

Folgende Maßnahmen werden dargestellt:

- 2.1 Landschaftliche Gestaltung und Vegetationspflege
- 2.2 Wiederherstellung des ursprünglichen Zustandes
- 2.3 Zulassen natürlicher Karstdynamik
- 2.4 Abschirmung gegen Stoffeinträge
- 2.5 Besucherregelung, -abschirmung
- 2.6 Aufklärung
- 2.7 Hoheitlicher Schutz
- 2.8 (Zustands-)Erfassung

### E.2.1 Landschaftliche Gestaltung, Vegetationspflege, Optimierung der Landnutzung

Die meisten Karstformen entziehen sich als Elemente der Naturlandschaft und Ausdruck eines wesentlich außermenschlichen Geschehens prinzipiell einer gezielten landschaftsarchitektonischen Gestaltung und Vegetationspflege, insbesondere gilt dies für Höhlen, Karren, Felskopffelder, Karstgassen, Schuttdolinen, Karstquellen. Zielgerecht sind eine angepaßte Nutzung oder Maßnahmen, welche vorhandene schädliche Nutzungseinwirkungen beenden oder reduzieren. Auch bei den übrigen Karstfor-

men sind durch Überbauungen, Fassungen, Verrohrung und Aufstauung als Karstlandschaftsbestandteil und als Quell-Biotop gefährdet (SEIBEL 1991; z.B. Quelle am Waldrand bei Gundlfing/KEH).

Zum Teil werden Karstquellen unmittelbar nach ihrem Austritt zu Fischteichen aufgestaut. Sie haben keine Gelegenheit mehr zur Geotop- und Biotopentfaltung. Als beliebte Rastplätze werden auch Karstquellen mit den Begleiterscheinungen Müll, Trittschäden etc. belastet. Die Ehe-Quellen im Gipskarst bei Krautostheim/NEA wurden im Zuge der Flurbereinigung sogar verfüllt.

Wasserabführung aus Eisenerzstollensystemen (z.B. Grubenfeld Leonie bei Auerbach/AS) kann z.T. km-entfernte Karstwasseraustritte beeinträchtigen. Seeweiher, Quelle N Steinamwasser, Quellen bei Ranna.

### Trockentäler

Am meisten gefährdet durch Verfüllungen (häufig von oben her; einige Abraumdeponien liegen darin; z.B. bei Buch S Riedenburg/KEH, Kanalbaumaterial, Straßendämme, Siedlungsrandverfüllungen; Autobahnausbau Nürnberg-Berlin). Früher: gelegentliche Abdichtung von Versickerungsstellen, um den Mühlwasseranfall zu verbessern (z.B. im Lkr.MSP); Steinbrüche am Talhang.

men kann Pflege oder Nutzung nicht das generell Etikett "bestandserhaltend" wie bei einem Halbkulturbiotop beanspruchen. Pflege ist in den meisten Situationen entweder suboptimal oder zumindest nicht existenznotwendig (wie bei einer Streuwiese). Ein generelles Junktim zwischen Pflege und Sicherung existiert bei Karsterscheinungen nicht (siehe aber unten).

### Wo im Karst ist Pflege zu legitimieren?

Wo allerdings Karstelemente unauflöslich und unablösbar in Landnutzungen integriert sind und ohnehin Stoffeinträge ins Karstwasser zu minimieren sind (E.2.4), kann das an sich nachgeordnete Ziel der optischen Respektierung oder Hervorhebung durch geeignete Maßnahmen mitverfolgt werden. In Betracht zu ziehen ist:

- Offenhaltende Pflege von Karsttrockentälern in Kombination mit Ausmagerung;
- Extensive Streu- und Feuchtwiesennutzung auf der vernähten Sohle von Poljen (nicht im Hochgebirge) und im Bereich von Bachschwinden;
- Extensive Wiesen- und Magerrasennutzung im Karstsenkungsbereich und Ponorgrabenbereich um Dolinen sowie in geschlossenen Dolinenfeldern (1- bis 2-schürige Mahd; Extensivbeweidung);
- Ausmähen von Dolinen dort, wo diese zu größeren Magerrasenkomplexen gehören, noch Magerrasen- und Magerwiesen(reste) an ihren Trichterhängen oder xerotherme Felsfluren an einer Dolinenseite aufweisen;

Es versteht sich von selbst, daß nur Mahd mit sorgfältiger Beräumung als karstpfläglich bezeichnet werden kann. Wo dies fraglich oder nicht kontrollierbar ist, wäre eventuell Beweidung vorzuziehen.

### Zielkonflikte Pflege/Naturhaushalt

Fragwürdig wird das Ziel der geomorphologischen Sicht- und Erlebbarkeit allerdings dort, wo es die Leistungsfähigkeit des Naturhaushaltes beeinträchtigt.

Beispiel: Wohl die meisten heute offenliegenden Karren- und Schrattefelder der Bayerischen, Salzburger-, Ober- und Niederösterreichischen Kalkalpen waren vor dem Weideeingriff des Menschen und der intensiven salinaren Holznutzung mit Böden und Vegetation bedeckt (bedeckter Karst). Keinesfalls sollte man Nutzungsformen restituieren, die den bedeckten zu einem nackten Karst gemacht haben ("Verkarstung" im volkstümlichen Sinn), dabei aber die wasserhaltende Rohhumusaufgabe und den subalpinen Bergkiefern-Zirben-Lärchen-Fichtenwald durch Weideverbiss, Vertritt, Schlägerung oder gar Brandnutzung schwächten oder entfernten. So kann das Vorhandensein mehrerer kleinerer oder größerer Karrenfelder oder auch Dolinen kein Grund sein, die Auflassung einer Alm und deren Rückkehr zur natürlichen Sukzession aus naturschutzfachlichen Gründen abzulehnen. Zum anderen ist daran zu erinnern, daß die Regenerationsvorgänge auf Karrenstandorten nach Nutzungsende außerordentlich langsam verlaufen. Almen, deren Besatz zur Öffnung großer Karrenfelder beigetragen haben muß, sind im Hagengebirge, im Steinernen Meer und am Hohen Ifen zumeist seit 50 - 100 Jahren aufgelassen, ohne daß ein Vegetationsschluß eingetreten wäre.

Wo der Mensch rezente Karstformenbildung mit beeinflußt, die ausgelösten Prozesse aber nicht mehr bremsbar (quasinatürlich) sind, wie etwa die Erdfalltätigkeit im Grubenauflassungsbereich bei Auerbach-Michelfeld/AS, ist es im Prinzip widersinnig, mit aufwendigen und wassergütemwirtschaftlich riskanten Verfüllungsmaßnahmen gegen die Einsturzformen anzugehen.

### Katastermäßige Ausscheidung von Karstelementen

Kernelement der Karstlandschaftspflege ist die Herausnahme von Dolinen, Trockentälchen, Trockentalanfängen, Karstfelsen, Felsköpfen oder Karstschächten aus Flurstücken oder Nutzungseinheiten (z.B. abgemarkten Lichtweiden), deren Nutzung sie nur behindern. Über jeder nicht als ND oder LB gesicherten Doline, die zu einer Ackerparzelle gehört (und vielleicht noch direkt an einem Wirtschaftsweg liegt) schwebt das Damoklesschwert der Verfüllung. Hier liegt es an der ländlichen Entwicklung, durch katastermäßige Separierung diese Gefahr zu beseitigen oder doch wesentlich zu verringern.

Im einzelnen kann dies bedeuten:

- Dolinenreihen in langgestreckten "Dolinenparzellen" als Pflegebiotop zusammenzufassen;

- die Funktionseinheit Doline + Ponorgraben + Ponoreinzugsgebiet als Vorrangkriterium bei der Neuverteilung und Besitzeinweisung zu berücksichtigen;
- auch Einzeldolinen herauszumessen und in öffentliches Eigentum zu überführen;
- für die Spezialpflege von Dolinenfeldern, -reihen, -wannen und -einzugsgebieten einen adäquaten Erschwerniszuschlag vorzusehen;
- Karsttrockentäler flurstücksmäßig konsequent von Hochflächenäckern und -wäldern abzugrenzen.

### Karstpfläge im Wald

Ein Gutteil der "Karstpfläge" muß sich im Wald abspielen. Folgende waldpflägerischen Maßnahmen sind in Betracht zu ziehen:

- Vermeidung der Einlagerung von Holzabfällen in Dolinen und Karstschächten;
- Vermeidung von Ernteverfahren oder Pflanzungen, die Walddolinen über kurz oder lang in Fichtendickungen und Stangenhölzern verschwinden lassen;
- Vermeidung größerer Aufhiebe und Rückeschäden im Zulaufbereich von Ponordolinen, die bei Starkregen Humuseinträgen Vorschub leisten;
- Reservierung der wichtigsten, naturnah bestockten Karstgeotope für den "außerregelmäßigen" Betrieb, die zurückhaltende Einzelstamm- oder Plenternutzung oder Naturwaldreservate.

### Landschaftsarchitektonische Möglichkeiten

Selbstverständlich eröffnet die Grün- und Landschaftsplanung vielfältige Möglichkeiten, Poljen, Uvalas, Flurdolinen, Trockentäler, Karstfelsen, Karstquellen, Bachschwinden und ganze Karstlandschaften besser zur Geltung zu bringen. Einige der Gestaltungsvarianten werden in E.4.2.1 angedeutet. Dieses weite Feld wird aber wegen seiner vorrangig ästhetischen Dimension und subjektiven Vielfalt hier nicht weiter ausgeführt.

### E.2.2 Wiederherstellung des ursprünglichen Zustandes

Künstliche Plombierungen und Einfüllungen jedweden Materials in Dolinen, Ponoren, vertikal durchlässigen Karren- und Felskopffeldern stören stets den Landschaftshaushalt (siehe E.1.8). Wo immer möglich und finanziell vertretbar, sollten Verfüllungen wiederausgeräumt werden. Die Wahl des einzusetzenden Gerätes richtet sich nach dem Dolinentyp. Beispielsweise sind festwandige, trichterförmige Lösungsdolinen belastbarer für das Heranfahren von Baggern und LKW als Erdfälle mit nachweislich immer wieder nachrutschenden Böschungen. Eine Beschäftigung mit der gebietstypischen Dolinen-Morphologie und -genese ist also recht hilfreich.

Allerdings: Unter den Hunderten ganz oder teilweise verfüllten Dolinen ist eine Auswahl zu treffen. Es wäre weltfern, Verfüllungen von Dolinen rückgängig zu machen, die heute nach abgeschlossener Flurbereinigung mitten in einem Ackerschlag liegen.

Folgende Kriterien der Vordringlichkeit von Räumungsmaßnahmen sind denkbar:

- Doline bisher nur teilweise verfüllt, nicht völlig verschwunden;
- direkter Anschluß an (vielleicht sogar noch wasserführende) Höhlensysteme (z.B. Grundgipsdولين, Ponorhöhlendولين, viele Erdfälle);
- Zugehörigkeit zu einem größeren bedeutsamen Biotopkomplex (z.B. Dolinenketten am Grunde artenreicher und idyllischer Trockentäler);
- Integrierender Bestandteil übergreifend schutzwürdiger Karstgroßformen (z.B. Dolinen und Ponore innerhalb der wenigen unterfränkischen Poljen);
- hydrologische Verbindung mit Karstquellen und Kalktuffbiotopen.

Aufwendige Räumungsaktionen wären anachronistisch, wenn gleichzeitig die Verfüllung anderer Dolinen weiterginge. Diese wird aber ungeachtet gutgemeinter Appelle kaum völlig zu stoppen sein, wenn Dolinen nach wie vor als "naheliegendste" und bequemste Beseitigungsmöglichkeit für Abraum aller Art, Lesesteine, ja ordnungsgemäß recht teuer zu beseitigenden Sondermüll erscheinen. Dolinenschutz und -ausräumung ist daher mit alternativen Deponie- und Abraumverwertungsmöglichkeiten und mit verfüllungser schwerenden Maßnahmen zu verknüpfen:

- Ausweisung größerer Breitraine und Zwickel in der Flurbereinigung zur Aufschüttung von Lesesteinen (und nebenbei Neuschaffung wertvoller Agrotopen).
- Verbesserung der Angebote zum Bauschuttrecycling (Lesesteine u.U. auch im Nahbereich ober- und außerhalb der Doline).
- Abschränkungsmaßnahmen auf natürliche Weise: Dichthecken, eventuell Ausbildung von Trockenmauer-Stufen an der Oberkante der dolinenhaltigen Karstwanne.

"Verfichtete" Karsttrockentäler von potentiell hervorragender landschaftlicher Bedeutung können insbesondere dann in ihrer landschaftlichen Schönheit wiederhergestellt werden, wenn die Talsohlenaufforstung bisher nur sperriegelartig ist, also nur einzelne Talabschnitte umfaßt. Die Dringlichkeit der Abräumung einzelner Aufforstungsblöcke erhöht sich, wenn ein noch wirksamer Trockenverbund gefährdet ist. Dies ist erkennbar an mehr oder weniger noch durchgängigen Hangtrockenrasen oder Dolomit-Kiefernwäldern (BUPHTHALMO-PINETUM) und kettenartigen Felsfreistellungen an den Talrändern.

Karstquellfassungen sollten möglichst unterbleiben oder im Auflassungsfalle (Ende der Trink- oder Brauchwassernutzung) zumindest im außerörtlichen Bereich von sämtlichen Verbauungen befreit und der natürlichen Formungskraft zurückgegeben werden.

### E.2.3 Zulassen natürlicher Karstdynamik (Senkungsfelder, Dolinen-Neubildungsgebiete)

Sehr leicht fällt dies bei abgelegenen, kaum genutzten Karrenfeldern oder hochgelegenen Karstgassen und Dolinenfeldern außerhalb von Almflächen im Hochgebirge; schon etwas schwerer bei Einbrüchen in Wirtschaftswäldern und noch schwerer allerdings bei Nutzungshemmenden Senkungsercheinungen und Bodeneinbrüchen im außeralpinen Agrarbereich, die aber grundsätzlich interessante Ansatzpunkte für Biotopneuentwicklungen bieten. Beispiel: Eine heute 5 m tiefe und über 15 m weite Doline im Getreideacker neben dem Speckbach bei Auerbach/AS war nach Berichten von Einheimischen "zunächst nur ein kleines Loch. Der Bauer hat es gleich zugefüllt. Doch schon im nächsten Frühjahr war alles nachgebrochen, ja das Loch war größer. Jetzt füllt er gar nicht mehr auf, es hat ja keinen Zweck. Den Acker würde er gern stilllegen, da die Bewirtschaftung allmählich zu schwierig und unrentabel ist.

Das Ausmaß solcher Dolinenneubildungen oder -vertiefungen wird unterschätzt, weil sie im Agrarland raschestmöglich wieder verfüllt, in Wäldern aber kaum bemerkt werden. Im Bereich intakter Karstwassersysteme zeigen sich daraufhin sehr bald wieder Nachsackungen. Manche dieser Karstsackungszonen sind also für eine geregelte, risikofreie Bewirtschaftung kaum mehr geeignet. Schwere landwirtschaftliche Maschinen sind durchaus einbruchgefährdet.

Grundsätzlich gibt es folgende Möglichkeiten:

- Geförderte Flächenstilllegung mit Sukzession auf Zeit oder Rasenpflege;
- Geförderte Umwandlung in extensives Dauergrünland;
- Ankauf durch die öffentliche Hand und Dauer sukzession oder gezielte Biotopentwicklung;
- Aufforstung.

Die derzeit gültigen Randbedingungen der Flächenstilllegung erschweren diese Möglichkeit. Denn mit einer sinnvollen Wiederinbetriebnahme nach 1, 3, 5 oder 20 Jahren ist kaum mehr zu rechnen. Die betroffenen Flächen sind außerdem oft zu klein. Da aber der Grundstückseigentümer und Bewirtschafter nicht für geogene Prozesse und hydrogeologische Fernbeziehungen einstehen kann und soll, können Flächenankaufprogramme der öffentlichen Hand oder der Naturschutz- und Jagdverbände eventuell mit einspringen. Dann können diese Flächen sowohl der morphogenetischen wie biologischen Sukzession überlassen werden. Möglich erscheint weiterhin eine durch das VNP oder Kulturlandschaftsprogramm geförderte Umwandlung in Dauergrünland. Zumindest bei Extensivbeweidung wirken sich bestehende und hinzukommende Senkungsfelder kaum mehr hinderlich aus. Eine gezielte Biotopentwicklung bietet sich insbesondere dort an, wo karstdynamische Nutzungsrisikozonen Erweiterungs- und Verbundfunktionen für gefährdete Inselbiotope übernehmen können (z.B. auf den mittel-

und unterfränkischen Gipshügelresten benachbarten Ackerflächen).

Ungünstig zu beurteilen ist die Aufforstung, da sich das heterogene Standortpotential von Karstsenkungsgebieten (trockene/feuchte/nasse, offen/halboffen/geschlossen bewachsene, Kalk-/Lehm-Standorte) bei un gelenkter Sukzession viel feiner und vielfaltsstiftender ausdifferenzieren kann.

Sehr hilfreich wäre

- eine Meldepflicht der Grundbesitzer/Nutzer für neu eintretende Erdfälle zur besseren Erfassung unterirdischer Karstsysteme und Vermeidung wassergefährdender Auffüllungen;
- eine grob-kartenmäßige Bestandsaufnahme aller derzeit bekannten karst dynamischen Risikozonen im Agrarbereich. Dann könnten diese viel besser in lokale Verbund- und Biotopentwicklungskonzepte (z.B. ABSP-Umsetzung) eingebunden werden und dem interessierten Landwirt leichter und gezielter Ankaufs- oder Sondernutzungsangebote unterbreitet werden.

#### E.2.4 Abhaltung von Stoffeinträgen, Pufferung

Die Notwendigkeit der Abhaltung agrar-, siedlungs- oder straßenbürtiger Stoffeinträge wurde weiter oben bereits ausreichend begründet. Sie dient

- dem Grundwasserschutz;
- dem Schutz der meist noch unbekanntesten Höhlenlebensräume mit ihrer extrem störanfälligen Fauna;
- dem Bestandesschutz abgedichteter Karsthohlformen, die bei übermäßigem Sedimenteintrag allmählich aufgefüllt werden können.

Entlastend und abschirmend wirken

- Pufferzonen aus düngerarm bewirtschaftetem Dauergrünland (u.U. durch Umwandlung jetzigen Ackerlandes);
- unbewirtschaftete Schutzstreifen um die Doline, die zumindest einen Großteil der Feststoffe und Ackererosionsschlämme mit den daran gebundenen Nährstoffen (z.B. P) in dichten Hochgras- und Gebüschstrukturen ausfiltern;
- die Stilllegung bzw. drastische Extensivierung im gesamten Kleineinzugsgebiet eines Ponors oder einer Doline (Trinkwasserschutzzonen);
- die großflächige Stilllegung und Extensivierung in nicht ponorzentrierten Karstwassereinspeisungsgebieten (z.B. Gipsschlottenoberflächen knapp unter dem Oberboden in den Lkr. KT, SW, NEA, kleinteiliger Kegelkarst, der nur von durchlässigen Sedimenten überdeckt ist, z.B. Hersbrucker Alb; Kalkscherbenäcker auf stark verkarnten Malmplateaus).

Insbesondere im Umfeld aktiver Ponordolinen müssen Grundwasser- und Geotopschutz an einem Strang ziehen. Breitere (Trinkwasser-) Schutzzonen um Dolinen herum sind sinnvoller als beispielsweise Verfüllungen und Abdichtungen, die den Abfluß nur an andere Stellen lenken oder Stauseen hervorrufen können, die u.U. in einem plötzlichen Ereignis durchbrechen und dann umso größere Erd- und Ab-

raumengen in die Karstwasserwege hineinreißen (siehe das Ereignis von Wolfsbuch/KEH).

Natürlich gehört es zur Eintragsvermeidung, im gesamten Einzugsbereich von Dolinen und Ponoren das Einbringen jeglichen Lockermaterials zu unterlassen (nicht nur in der Doline selbst, sondern im Trockental, in der Polje, in der Gipssenkungswanne usw.).

Ein Schritt in die richtige Richtung ist die wasserwirtschaftliche Schutzzonenausweisung um Dolinen, wenn eine Verbindung zum Grundwasser feststeht oder eine "zu kurze" Fließdauer (Selbstreinigungs- und Abbauphase) bis zu einem genutzten Trinkwasserbrunnen angenommen werden muß (nach dem kartographisch (an Isohypsen) ableitbaren oberflächlichen Einzugsbereich).

Eine Dimensionierung genügt i.d.R. ausschließlich nicht. Bei unbekanntesten unterirdischen Wasserwegen wurden bisher keine pauschalen Schutzzonen um Dolinen festgeschrieben. Es ist aber davon auszugehen, daß nahezu alle Dolinen in irgendeiner Form einen Karstwasserzugang besitzen. Pufferzonen sind also grundsätzlich pauschal in und um sämtliche Karsthohlformen wünschenswert, prioritär natürlich dort, wo eine Sedimentauskleidung fehlt, Wasserschlucker und Höhlenzugänge existieren.

#### E.2.5 Besucher-Regelung; Höhleninstandsetzung

Für Erholungs- und Besucheraktivitäten empfindlich sind vor allem Höhlen, Schächte und Grotten.

Der beste Schutz vor Höhlentourismus besteht darin, die Lage und den Zugang zu den Höhlen nicht zu publizieren. Entsprechend zurückhaltend wird daher von Höhlenvereinen mit der Veröffentlichung dieser Angaben umgegangen.

Bei der Gefährdung gibt es auch gebietsspezifische Unterschiede. In den Hochlagen der Bayer. Alpen bestehen wegen deren schlechten Auffindbarkeit und Zugänglichkeit kaum Probleme durch zu viele Besucher, obwohl etliche Höhlendaten publiziert sind (z.B. LANDESVEREIN FÜR HÖHLENKUNDE IN SALZBURG 1975, 1977, 1979). Nur bei relativ wenigen, touristisch interessanten Höhlen besteht hier Regelungsbedarf. Im außeralpinen Raum hingegen sind viele Höhlen in den Wanderkarten eingetragen und somit leicht auffindbar und sie sind z.T. in Natur-, Wander- und Höhlenführern ausführlich beschrieben.

Für die gefährdeten Höhlen sind Höhlenschutzkonzepte erforderlich. Diese Höhlenschutzkonzepte könnte man an verschiedenen Belastbarkeitskriterien ausrichten (siehe auch SEEBAUER 1984). Für höhere "Belastbarkeit" können sprechen: geringe Länge und Verzweigung, Trockenheit/Inaktivität, geringe Kalkausfällungsaktivität (geringe Tropfstein- und Sinterbildung); Armut an schützenswerten Karsterscheinungen im Inneren; Eingangssituation ohne größeren Biotopwert; keine Nachweise troglobionter oder troglophiler Fauna; keine größere Bedeutung als Fledermausquartier (bevorzugt

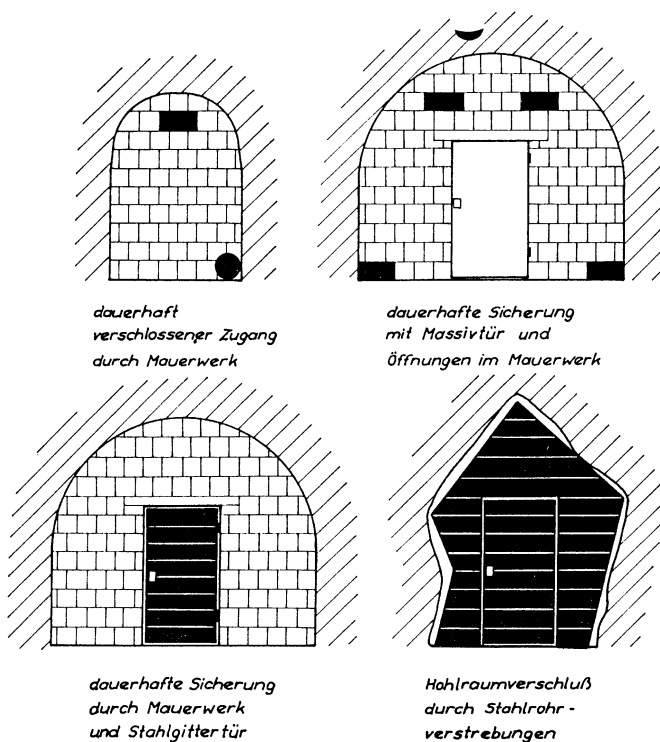


Abbildung E/8

**Beispiele für biotoperhaltende Sicherung von Höhlen- und Stollenzugängen** (aus MEIER 1988).

In Bezug auf Naturhöhlen kann allerdings nur die Variante rechts unten weiter empfohlen werden

größere Höhlen mit konstanter Temperatur ohne Luftzug); leichte Begehbarkeit (geringes Gefahrenpotential); mit Sicherheit keine paläontologisch oder frühgeschichtlich wichtigen Höhleninhalte.

Nach diesen Kriterien empfindlich einzustufende Höhlen könnten fallweise für den menschlichen Zugang gesperrt werden. Weniger tiefe, ökologisch und wissenschaftlich uninteressante oder uninteressant gewordene Höhlen könnten evtl. sogar als "Party- oder Freizeithöhlen" freigegeben werden ("Blitzableiter" für wertvolle Höhlen). Allerdings ist bei der Anwendung einiger "Belastbarkeitskriterien" Vorsicht geboten. Beispielsweise ist der faunistische Durchforschungsgrad der bayerischen Höhlen viel zu gering, als daß ein Nicht-Nachweis bemerkenswerter Arten als Zeichen für Belastbarkeit genommen werden dürfte.

Bei über 4200 z.Zt. in Bayern bekannten Höhlen ist eine Sicherung durch Verschluß der Höhle wohl nur in Ausnahmefällen durchführbar, vor allem, da in der Folge ständige Kontrollen und Reparaturen erforderlich sind.

Sollte eine Absperrung erforderlich sein, so sind massive Bauweisen zu vermeiden bei denen das Profil der Höhle eingeengt, das Höhlenklima verändert oder der Arten- und Stoffaustausch behindert wird. Auch der optische Eindruck sollte so wenig wie möglich gestört werden. I.d.R. kommen daher für Höhlen nur Gitterkonstruktionen in Frage. Bei Fledermauswinterquartieren wird evtl. nur eine Absperrung im Winterzeitraum erforderlich sein. Bei abgesperrten Höhlen ist eine regelmäßige Betreuung erforderlich. Hier hat es sich bewährt z.B. Angerlloch/GAP, Mammuthöhle/EIH die örtlich täti-

gen Höhlen- bzw. Heimatvereine etc. zu beteiligen und diesen die Betreuung zu übertragen. In manchen Ländern wird die Höhlenbetreuung fast vollständig auf Vereinsebene durchgeführt z.B. Belgien.

GÖRNER (1988) fordert zugunsten der mehreren hundert höhlenbewohnender Einzeller, Mollusken, Spinnentiere, Krebse, Würmer, Tausendfüßler, Insekten und Wirbeltiere den semipermeablen (d.h. für den Artenaustausch zwischen Außenwelt und Höhle durchlässigen) Höhlenverschluß.

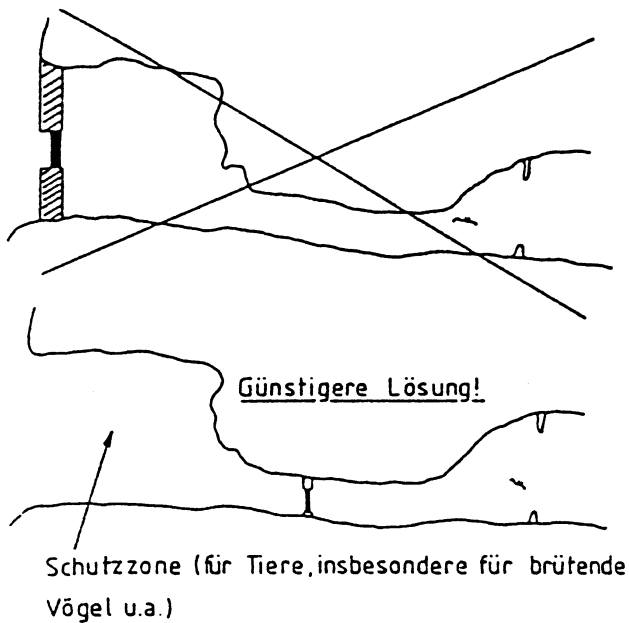
Absperrung haben sich bewährt, die nur auf Antrag für sinnvolle wissenschaftliche Zwecke geöffnet werden können. Für Höhlenverschlüsse gibt es verschiedene Möglichkeiten (vgl. [Abb. E/8](#), S. 313):

Starke Gitter sollten aus ästhetischen und technischen Gründen (Bewitterung, Korrosion, Größe) nicht direkt am äußersten Rand des Höhleingangs angebracht werden. Sinnvoller ist die Anlage eines starken Verschlusses an einer etwas zurückgesetzten, möglichst engen Stelle der Höhle. Durch diese Maßnahme bleibt die Funktion der Höhle als Unterschlupf für größere Säugetiere erhalten ([Abb. E/10](#), S. 314).

Damit Einbrecher an weiter innen liegenden Türen nicht unbeobachtet bleiben, haben sich in Kombination dazu etwas schwächere Außenverschlüsse bewährt (FRICKE 1985).

Türplatten sollten aus ökologischen Gründen (Höhlenklimaveränderung) nicht verwendet werden, selbst wenn ein Durchlaß für Höhlenbesiedler geöffnet bleibt. In Betonfundamente eingesenkte starke Metallgitter erscheinen als beste Lösung. Ist der zu verschließende Querschnitt nach ehemals künstli-





Verschlüsse im vordersten Eingangsbereich sind stark den Witterungsunbilden ausgesetzt

Abbildung E/9

Plazierung von Höhlenverschlüssen (FRICKE 1985)

### Schnitt

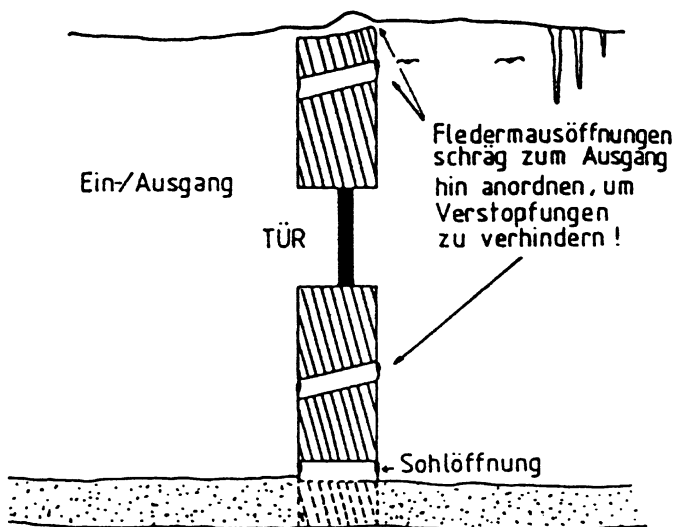


Abbildung E/10

Fledermaus- und Sohlöffnungen in Höhlenverschlüssen (FRICKE 1985)

cher Erweiterung zu groß, kann er durch örtlich vorkommende Natursteine teilvermauert und verkleinert werden (Abb. E/8). Das Gitter sollte oben einen Schlitz freilassen, der breit genug ist, daß Fledermäuse im Flug die Tore passieren können. Des weiteren müssen besonders am Boden Durchschlupfe freigelassen werden, die keine scharfen Kanten aufweisen und nicht vollständig von Metall

umgeben sind. Viele Fledermäuse sowie Kriechtiere bzw. Lurche passieren den Höhleneingang am Boden. Man kann dazu beispielsweise natürliche Auskolkungen des Eingangsfelsens bis max. etwa 300 x 200 mm (um den Verschlusseffekt nicht zu gefährden) von der Verbauung einfach aussparen (Abb. E/9). Bei Abmauerung werden an Verschlussbauwerken von Höhlen und Stollenmundlö-

chern 10-20 cm hohe und ca. 50 cm breite Aussparungen empfohlen. Die Gitterabstände in den Durchlässen sollten 8-15 cm betragen, Amphibien-durchlässe mindestens 20 cm lichte Weite haben (MEIER 1988).

Verständnis für die Sperrungen von Höhlen gewinnt man, wie Umfragen ergaben (FRICKE 1985), durch zusätzliche Aufklärung mittels Hinweisschildern. Die "ausgesperrten" Personen stehen dem Verschuß dann viel "aufgeschlossener" gegenüber; die Zahl gewaltsam aufgebrochener Eingänge nimmt stark ab. Die Hinweisschilder selbst sollten dezent gehalten und nicht schon von weitem sichtbar am verschlossenen Objekt angebracht werden, um nicht noch zusätzlich Personen anzulocken. Auch die Souvenirjäger werden durch schlichte Schilder gebremst. Die Hinweis-Schilder sollten folgenden Inhalt aufweisen (weitere Aussagen zu Verschußplanung und Schlüsselverwaltung bei FRICKE 1985):

- Grund für den Verschuß;
- Daten, Kurzbeschreibung der Höhle;
- falls möglich Telefonnummer, Adresse einer führungsberechtigten Person oder eines Schlüsselnehmers;
- evtl. Öffnungszeiten, insbesondere eine Erklärung für die Schließungszeiten (Schutz der Fledermaus-Winterquartiere etc.).

Weiter sind stärkere Kontrollen bei geschützten und auch (noch) ungeschützten Höhlen dringend erforderlich: Naturschutzbehörden und -vereine, Polizei, Staatsförster, Revierinhaber, private Grundstückseigner und Gemeinden können über den Wert der Höhlen aufgeklärt und dadurch zur stärkeren Kontrolle von Schutzbestimmungen animiert werden.

Bei durch Besucher geschädigte Höhlen gibt es verschiedene zeit- und kraftaufwendige Möglichkeiten diese wieder zu restaurieren. Beseitigung von eingeschleppten Müll, vor allem auch von Karbidresten. MORTON et. al (1989) beschreiben verschiedene Verfahren die sich bewährt haben um Ruß (am besten mit Wasser und feineren Bürsten), Ritzungen (mit Drahtbürsten) oder Farbreste zu entfernen. Letztere sind am schwierigsten zu entfernen am besten mit Drahtbürste und Essiglösung. Beachten, daß die Lösung nicht in die nähere Umgebung gelangt! Bedeutsam kann auch die Wiederherstellung des ursprünglichen Höhlenklimas sein, z.B. wenn bei Schauhöhlen durch künstliche Eingänge oder dichte Sperren dieses verändert wurde (in der Wendelsteinhöhle/RO wurden z.B. die Verriegelung des natürlichen Eingangs, die im Winter angebracht wurde um Vereisungen zu verhindern, wieder entfernt).

### E.2.6 Aufklärung und Medienarbeit

Höhlen gelten bei jedermann als wertvoll und schutzbedürftig, Dolinen, Einbruchslöcher, Karren oder gar großräumige Poljenlandschaften keineswegs. Die verdienstvolle Inwertsetzungsarbeit, insbesondere der karst- und höhlenkundlichen Vereine, ist in ihrer Wirkung weitgehend auf einen Kreis von

Insidern beschränkt geblieben. Konzertierte Dolinenschutzaktionen einzelner Landkreise und Kreisnatschutzverbände (z.B. EI, FO, KEH) zeigen aber immerhin einen Bewußtseinsfortschritt in breiten Kreisen der Bevölkerung. Als sehr hinderlich für den Biotopschutz erweist sich die hohe Selektivität des GEOTOPKATASTER BAYERN, der nur ausgewählte Karstelemente aufnimmt und die unvollständige Dolinenerfassung im Rahmen der Biotopkartierung (nur in Verbindung mit "wertvollen" Biotypen).

Nach wie vor besteht also Aufklärungsbedarf, z.B. im Rahmen der Medienarbeit der Verbände und Behörden, des Heimat-Sachkunde und Erdkunde-Unterrichtes, von Informationsveranstaltungen der Heimat- und Gartenbauvereine (die auch Patenschaften für Feld- oder Walddolinen und Höhlen vermitteln könnten), von konzertierten Informationsserien der Behörden (Faltblatt Dolinen, Höhlen usw.).

### E.2.7 Hoheitlicher Naturschutz

In Bayern stehen Karstformen mit am Beginn des "amtlichen Naturschutzes". Ab 1815 wurden die ersten Tropfsteinhöhlen unter Schutz gestellt.

Vielfach ist die naturschutzrechtliche Sicherung auch heute noch unverzichtbar, insbesondere bei Dolinen, Karstschächten, Ponoren (Naturdenkmal oder Landschaftsbestandteil). Der großräumige Schutz der interessantesten bayerischen Karstlandschaften ist heute weitgehend vollzogen (LSG, Naturpark, NSG, Nationalpark Berchtesgaden).

In anderen Bundesländern wie z.B. Baden-Württemberg sind Einzelobjekte wie Dolinen und Höhlen als besonders geschützte Biotope in das Naturschutzgesetz aufgenommen.

### E.2.8 (Zustands-)Erfassung

In allen Karstlandkreisen unerlässlich sind vollständige Inventuren der herausragenden Karstelemente, in jedem Falle aber der Dolinen (i.w.S.), Karstquellen, Poljen und Uvalas, Höhlen und Grotten, Bachversinkungen und Ponore. Um Karstgeotope ausreichend pflegen und entwickeln zu können, müssen ihre Verbreitung, ihr Zustand, die umgebende Nutzung und mögliche Gefährdungen flächendeckend bekannt sein. Vorhandene Kartierungen (Dolinen, Höhlen), z.B. der Karst- und Höhlengesellschaften, sind noch nicht in ausreichendem Maße der Naturschutz- und Planungsarbeit im Alltag zugänglich gemacht und sollten gezielter als bisher herangezogen werden (siehe [Kap. E.3.](#)).

Gute Erfassungsgrundlagen bieten vor allem die älteren Ausgaben der topographischen Karten 1:25000 und z.T. die TK 1:50000, in denen Dolinen eingetragen sind. Aufschlußreich sind auch alte Flurkarten 1:5000, in denen viele, heute nicht mehr ohne weiteres erkennbare Dolinen verzeichnet sind.

Ein Problem ist die weitgehende Ignorierung der Dolinen in neueren Flurkarten.

Per Luftbild (insbesondere Falschfarbentechnik) können Karstformen des Offenlandes am besten nach der Ernte oder im zeitigen Frühjahr nach der

Ackerbestellung erfaßt werden: Ponore erscheinen heller als ihre Umgebung, da sie rascher austrocknen. Verschmierte Dolinen erscheinen als dunkle Kreisflächen, da sie die Feuchte länger halten. Dolinen unter Wald bleiben nahezu unentdeckt.

### E.3 Situation und Problematik der Pflege und Entwicklung

Eine der wichtigsten Naturschutzvoraussetzungen im Karst, das Wissen und Bewußtsein in der Bevölkerung, läßt offenbar eher nach. Während der Karst-Inventur im LPK 1989 fragte man junge Leute in den Dörfern meist vergebens nach Dolinen etc. Allerdings entstanden inzwischen mehrere karstkundliche Wanderwege, z.B. der "Karstkundliche Wanderpfad" bei Neuhaus a.d. Pegnitz/LAU.

Verschiedentlich fehlt es aber noch an den notwendigen Hintergrundinformationen (z.B. "Karstrandwanderweg Maximiliansgrotte"/NM). Informationskonzepte, Besucherlenkung und Begleitinformationen werden sehr unterschiedlich gehandhabt (man vgl. z.B. die typähnlichen "Riesenburgern" im Wiesental/FO und bei Oberemmendorf/).

Weniger spektakuläre Karstgeotope und -landschaften außerhalb von Vorzeigelandschaften werden höchstens im Zuge vereinzelter Naturdenkmalsausweisungen, pressewirksamer Markierungsversuche oder Naturereignisse von Sensationswert (Durchbrüche, Fischsterben usw.) bemerkt. Zustandsveränderungen der überwiegend abgelegenen Feld- und Walddolinen, Kleinhöhlen usw. werden meist nur zufällig bemerkt.

Schutz- und Pflegeprioritäten sind zwischen einzelnen Landkreisen und Regierungsbezirken offensichtlich sehr verschieden. Nicht einmal im gleichen Landkreis sind die Auswahlkriterien für geschützte und ungeschützte Beispiele ein und desselben Karstelementtyps immer zu erkennen. So ist bei Roßdorf a.B./BA nur eine große repräsentative Doline im Grünland als ND ausgewiesen; Dolinen derselben Erhaltungswürdigkeit (7 Punkte nach LPK-Dolinenbewertung) sind dagegen ungeschützt und präsentieren sich z.T. in stark verschmutztem Zustand.

Die Notwendigkeit einer Erfassung und Kartierung der Karstformen wird allerdings seit langem erkannt, so liegen von amtlicher und privater Seite einige Kartierungen zu verschiedenen Karstgeotopen vor:

- Höhlenkataster Fränkische Alb von HUBER (1959).
- Weitere Katastererfassungen oder Gebietskartierungen erfolgten durch Fachkundige: SEEBACH (1929), SPÖCKER (1952), HASERODT (1965), NATURHISTORISCHE GESELLSCHAFT NÜRNBERG (1966/67), APEL (1971), PFEFFER (1986).
- Kataster d. LANDESVEREIN FÜR HÖHLENKUNDE in Salzburg (1975, 1977, 1979); sowie VEREIN FÜR HÖHLENKUNDE in München (1982).

- Der GEOTOPKATASTER BAYERN des GLA erfaßt besonders auffällige große Dolinen und Dolinen, die den Festgesteinsuntergrund erschließen; sie ist also nicht flächendeckend.
- Dolinenkataster Nordbayern der Forschungsgruppe Höhle und Karst Franken: sehr detaillierte Datei zu Lage, Geologie, Genese-Typ, aktuellem Schutz, Beeinträchtigungen mit Grundrissen und Querschnitten.
- Die Biotopkartierungen von Bayern erfassen zahlreiche Dolinen, sofern sie besondere Vegetationsstandorte in ihrer Umgebung darstellen. Viele Dolinen dürften aber unter Bezeichnungen wie Teich, Feldgehölz, bruchwaldähnliches Gehölz, versumpfte Fläche etc. verschwunden sein. Die Kartierungen decken von daher für den Geotopschutz nur einen Teilbereich ab.
- Die "Kleinstrukturkartierung" bzw. Struktur- und Nutzungskartierung wird seit 1983 vor Flurbereinigungsverfahren von der Bayerischen Landesanstalt für Bodenkultur und Pflanzenbau durchgeführt. Aufgrund des Maßstabs 1:5000 und größer könnten hier theoretisch sämtliche Dolinen erfaßt werden. Sie wurden nach verschiedenen Erfassungskriterien bzw. Biotop- und Geotop-Typen aufgenommen, Dolinen unter Waldbedeckung sind jedoch nicht erfaßt.
- Kartierung der Amphibienlaichplätze beispielsweise in den Wäldern des Forstamtes Eichstätt wurde auf Veranlassung des Landesverbands für Amphibien- und Reptilienschutz e.V. und des Forstamtes Eichstätt durchgeführt; diese Kartierung gibt aber lediglich Auskunft über verschmierte oder versiegelte Dolinen.
- Die geomorphologische Kartierung der Bundesrepublik Deutschland (DMK-25-Projekt), die seit 1982 durchgeführt wird, kann nur Übersichten liefern (Maßstab 1: 1.000.000).
- Die um 1985 begonnenen Dolinenkataster der Wasserwirtschaftsämtler (BA, IN, LA, AS) wiesen bei Bearbeitungsschluß 1990 einen recht unterschiedlichen Bearbeitungsstand auf ([Tab. E/2](#)); z.T. wurden Walddolinen nicht erfaßt (z.B. IN); die Datei besteht aus Erhebungsformblättern, Übersichtslageplänen und Problemzusammenfassungen für jede Gemeinde. Z.T. mit Unterstützung von ABM-Kräften wurden Sanierungsmaßnahmen eingeleitet. Dolinen unter Waldbedeckung und versiegelte Dolinen wurden meistens nicht erfaßt.

#### Dolinen

Nur die größten und imposantesten Dolinen gehören seit langem zum engeren Kreis der als ND geschützten Einzelschöpfungen, z.B. Hussittenloch b. Litten-

Tabelle E/2

## Bearbeitungsstand der Wasserwirtschaftsämlter (WWA) zur Kartierung von Dolinen

WWA	Landkreis	Dolinenerhebung	Anzahl
Bamberg	BA	vorhanden	214
	FO	vorhanden	336
	LIF	vorhanden	100
Bayreuth	BT	keine	
	KU	keine	
Weiden	NEW	keine	
Nürnberg	LAU	keine	
	RH	keine	
	AS	teilweise	
Amberg/Sulzbach	SAD	keine	
	R	keine	
	NM	in Arbeit	
Landshut	KEH	vorhanden	?
Ingolstadt	EI	vorhanden	?
	ND	geplant	
	DON	keine	
Donauwörth	DON	keine	
Weißenburg	WUG	keine	

schwung/AS, ausgewiesen 1939. Zwar ist jede Dolinenbeeinträchtigung letzten Endes nicht nur naturschutzfachlich, sondern auch wasserwirtschaftlich relevant. Die Wassergesetze greifen aber nur dann, wenn feststeht, daß die Doline ein wasserwirtschaftlich bedeutendes Gewässer (Gewässer III. Ordnung) ist, oder wenn nachweisbar ist, daß durch Verfüllung der Lauf wild abfließenden Wassers nachteilig verändert wird (KRAUS 1986). Die besondere Tragik einzelner Dolinen im Konflikt zwischen Geotop- und Grundwasserschutz offenbart die große Leutzdorfer Doline/FO, welche auf Drängen des Bayerischen Landesamtes für Wasserwirtschaft verfüllt wurde (WALTER 1988).

Den aktuellen Umgang mit neuen Karst-Einbrüchen sollen nur wenige Beispiele beleuchten. Über einige Dolinen bei Auerbach/AS ("Zwei-Bäume-Erdfälle") (Abb. E/11) berichtet R. ILLMANN (1988) u.a.: Am Umfang von Doline 3 ergaben sich, bedingt durch einlaufendes Hochwasser, immer wieder Erweiterungen durch Randabbrüche. Im Winter 1987/88 schüttete der Eigentümer rund um die Doline einen Damm auf und grub einen Teil der Böschung ab, um dem Wasser hier einen neuen Weg zu bieten, damit die Erosion in die Wiese hinein aufhören sollte ... Bei dem heftigen Tauwetter Ende März 1988 rutschte noch ein großer Teil der Landbrücke zwischen Doline 2 und 3 ab - einschließlich eines Grenzsteines.

Die abgerutschten Erdmassen entblößten eine steil nach unten abtauchende Felsfläche. Bei Doline 4, die sich erst im Winter 1986/87 stark erweitert hatte, brach im April 1987 ein halbkubikmetergroßer Fels-

brocken aus der Südwand aus und verlagerte den Steilrand bis knapp an die Ackerfläche. Im Frühjahr 1988 rutschte hier nochmals ein 1 m breites Stück ab, so daß auch diese Doline sich in den Acker hineinfrißt. Die neuen Ackerleinbrüche erreichten im Sommer 1987 bis zu 8 m Durchmesser bei 5 m Tiefe. Herr Lindner füllte die beiden kleineren im Herbst auf. Im Januar 1988 zeigte sich 20 m östlich ein neuer Einbruch von 1 m Durchmesser, der zur Frühjahrsbestellung rasch aufgefüllt wurde... Im Frühjahr 1988 brach schließlich an der Südkante des großen Einbruches noch ein Streifen von 1 m durch Unterhöhlung weg, so daß dieses Loch inzwischen an 10 m Durchmesser herankommt. Mit Durchschnittlich 5 m Tiefe bedeutet dies einen Massendefekt von über 300 m<sup>3</sup>, die seit 1 172 Jahren in die Tiefe gefahren sind. Ich gäbe vieldarum, wenn ich wüßte, wohin! Das Fesselndste an diesem "Karstkrimi" ist aber zweifellos die am Anfang geschilderte Verlagerung des Wasserabflusses mit den "erstickenenden" Folgen für die Höhle.. Das Stilllegen aktiver Dolinenflächen in der Landwirtschaft ist häufig dadurch gehemmt, daß Prämien erst bei Stilllegungen von 25 % der landwirtschaftlichen Flächen ausbezahlt werden.

Leider ist man bei der Wahl des Auffüllmaterials für neugebildete Dolinen nicht zimperlich, wie folgendes Beispiel von den sogenannten "Müllschluckerrerdfällen" bei Saaß nahe Auerbach/AS zeigt. "Im Haupttrichter des "Müllschluckers" sackte 1987 nach Überschwemmungen immer wieder Erreich nach. Vom oberen Feldweg aus wurde laufend neuer Bauschutt, altes Heu etc. abgeladen. Im Sommer 1988 fuhr schließlich die Stadt Auerbach schweres

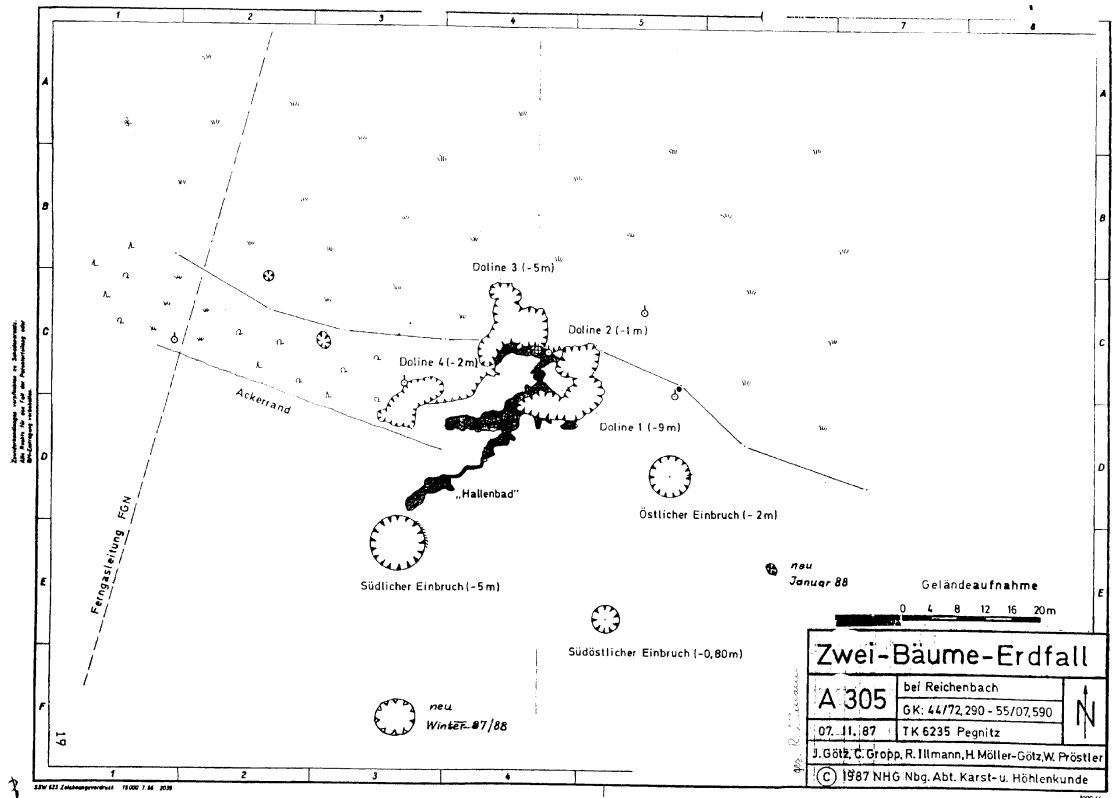


Abbildung E/11

**Neue Dolineneinbrüche im Agrarland: Beispiel Zwei-Bäume-Erdfall bei Reichenbach/AS** (aus ILLMANN 1988); schwarz: unterirdischer Höhlenverlauf; alle im Acker (unten) und Grünland (oben) eingetragenen Trichter sind neueren Datums.

Geschütz auf und ließ lastwagenweise Aushub vom Bau der neuen Wasserleitung in die Hauptdolinen einfüllen. Die große Doline N Speckbach ist gleichfalls mit Bauaushub eingeebnet." (ILLMANN 1988, S. 23).

Mehrere Landkreise und Gremien (in den 1980er Jahren auch die Regierung von Oberbayern; K. KEMENY) leisten indessen beim Dolinenschutz wichtige Pionierarbeit:

- Dolinenschutzverordnungen (LB) in Zusammenarbeit von Landwirtschaftsamt, unterer Naturschutzbehörde und Wasserwirtschaftsamt (z.B. Lkr. EI);
- Herausnahme aus der Bewirtschaftung;
- Anlage 10 m breiter Pufferstreifen (z.B. EI);
- Bepflanzungsempfehlungen;
- Vergütung des Landwirtes aus Pufferzonenprogrammen;
- Ankauf von Doline + Pufferstreifen durch Gemeinde; dadurch entledigt sich der Eigentümer im Falle wilder Müllablagerungen Dritter von der Haftungspflicht (z.B. EI);
- Entrümpelungen und Ausbaggerungen von Dolinen seitens der Unteren Naturschutzbehörden (z.B. GAP: Krün-Tennsee, KEH: Neulohe: Anlaß war Coli-Belastung in nahegelegtem Wasserschutzgebiet);

- Dolinen- und Höhlenprogramme einzelner Naturschutzverbände und wissenschaftlicher Gesellschaften: Bund Naturschutz (z.B. Dolinensäuberung und Zustandserfassung im Lkr. FO), Forschungsgruppe Höhle und Karst (Dr. GÖTZ, Hausen b. Forchheim).

### Höhlen, Grotten, Abris

Nur ein kleiner Teil der Höhlen wurde als Naturdenkmal, Landschaftsbestandteil oder - bei prähistorischer Bedeutung - Bodendenkmal (BayDSchG Art. 6, Art. 7) ausgewiesen.

Der Schutz der Höhlen bzw. die Kontrolle der Schutzbestimmungen für geschützte Höhlen liegt i.d.R. in der Hand der Grundstücksbesitzer, was sehr unterschiedliche Schutz- bzw. Kontrollintensitäten zur Folge hat.

Immer häufiger werden als letzte Schutzmaßnahme die Eingänge versperrt; leider oft auch durch einfaches Zuschieben, Verfüllen oder Zusprennen ganz verschlossen, was wiederum verheerende Folgen für einige vom Aussterben bedrohte Höhlenbewohner hat (Fledermäuse, Lurche, Insekten etc.).

Der Verschluß der Salzgrabenhöhle am Simmetsberg/BGL 1984/85 zeigt aber auch den oft enormen Aufwand solcher Maßnahmen: Das Gitter wurde mit Hilfe der Tragtierkompanie und des Skizuges

der Bundeswehr antransportiert. Der Einbau dauerte fast einen Monat. Angemeldete Besucher können seitdem die Höhle nur noch in Begleitung eines vom Verein autorisierten Führers in der Zeit vom 1. Mai bis 30. September besichtigen. Ausgabe des Schlüssels gegen eine Kaution von 100 DM während der Dienstzeit bei der Nationalparkverwaltung. Jeweils nur eine Gruppe darf sich in der Höhle aufhalten. Nach Beendigung der Begehung ist ein schriftlicher Bericht über die besuchten Höhlenbereiche, die höhlenkundlichen Erkenntnisse und den Zustand der Höhle abzugeben.

Verschiedene Höhlenforschergruppen, z.B. die Naturhistorische Gesellschaft Nürnberg, Abt. Karst- und Höhlenkunde, die Forschungsgruppe Höhle und Karst Franken, der Verein für Karst- und Höhlenkunde in München und andere setzen sich für Schutz und Bewahrung der Höhlen und auch Dolinen ein, indem sie diese systematisch erfassen, vermessen und auch sanieren. Wo Höhlen durch Touristen von Zerstörungen bedroht sind, folgt häufig die Sperrung ihrer Eingänge, was i.d.R. einen höheren Verwaltungsaufwand erfordert. Durch (auf Bitten des Landesamtes für Denkmalpflege und des Lehrstuhls

für Ur- und Frühgeschichte der Universität Erlangen erfolgte) Sperrung des Eingangs der in einem Steinbruch gelegenen Steinberg-Tropfsteinhöhle bei Hunas konnte allerdings 1988 die vorgesehene Sperrung des Höhleneingangs durch den Betreiber in letzter Minute verhindert werden: Der rege Besucherverkehr zur Höhle stellte einen enormen Risikofaktor für den Betrieb dar, da laufend Sprengarbeiten durchgeführt werden mußten.

Der Höhlentourismus ist bei weitem noch nicht überall in der wünschenswerten Weise gelenkt. Zwar übernehmen einige Schauhöhlen mit Besucherzahlen bis 250000 (z.B. Teufelshöhle; SEEBAUER 1984) Ablenkungsfunktion, doch wächst der früher sehr kleine Kreis privater Höhlenfans, die sich nicht in Schauhöhlen begeben, ähnlich wie die Sportkletterer, unaufhaltsam an. Immer mehr der - auch schwierig zugänglichen - Löcher im Berg werden entdeckt und zunehmend begangen. Das Fehlen systematischer Höhlenschutzkonzepte bei den einschlägigen Landkreisen mit einer Inventarisierung und Empfindlichkeitsbewertung erschwert eine verantwortliche Lenkung und Kontrolle.

## E.4 Pflege- und Entwicklungskonzept

Das folgende "Karstkonzept" konzentriert sich auf das unter den heutigen Rahmenbedingungen Realisierbare und unabdingbar Notwendige. Klassische Biotoppflege ist dabei nur ein Randbereich.

Manche karstbezogenen Ziele lassen sich nur schwer mit dem klassischen Instrumentarium des Naturschutzes umsetzen (BAYER 1980). Stets gilt der Appell auch den verantwortlichen Landnutzern und naturschutzexternen Verwaltungen, ihre jeweiligen Handlungsspielräume und Aufklärungsmöglichkeiten konsequenter als bisher zu nutzen.

Neben den Land- und Alpwirten, dem Tourismusgewerbe (Abfall in Dolinen!), den Gemeinden sind hier auch die Verantwortlichen der Ländlichen Entwicklung, des Trassenbaues (einschließlich der an Linienbestimmungsverfahren und Umweltverträglichkeitsprüfungen Beteiligten), der Wasserwirtschaft, der Militärverwaltung (karstgeprägte Truppenübungsplätze), aber auch viele nichtlandwirtschaftliche Grundbesitzer mit Karstformen im eigenen Garten angesprochen.

### E.4.1 Grundsätze und Ziele

Hauptanliegen des Naturschutzes in Karstgebieten muß es sein, das Gesamtgefüge an Klein- und Mittelformen wie Dolinen, Höhlen, Abrißspalten, Quelltöpfe und Trockentäler in natürlichem Zustand zu erhalten, d.h. vor Zerstörung, Einebnung und Beschädigung zu bewahren, nötigenfalls auch die jeweilige Umgebung typgerecht zu erhalten und zu gestalten (BRONNER 1988).

#### (1) Klar abgrenzbare Karstformen sind "Geotope"

Bei vielen Karstformtypen kann sich zumindest im außeralpinen Bayern eine Unterscheidung zwischen "besonders schon- (ggfs. pflege)bedürftigen" und den "übrigen" Objekten erübrigen. Viele Dolinen, Erdfälle, Karstwannen, Höhlen und Grotten, Karrenfelder, Karstbuckelfluren und einige andere Formelemente verdienen als bedeutende Geotope eingestuft, sorgfältig erhalten, ggfs. gepflegt oder saniert zu werden.

Ein Abgrenzungsproblem stellt sich in Landschaften mit großräumig intensiver Karstmorphologie, wie den besonders stark gekammerten Zentralteilen der Kuppenalb, wo die Trennung in schutzwürdige und weniger schutzwürdige Formelemente fachlich schwierig ist. In jedem Fall sollten aber die in sich geschlossenen Karstlandschaften der Alpen mit ihren meist sehr begrenzten Nutzungsansprüchen en bloc als Geotopzonen angesehen werden, in denen zusätzlich einzelne Karstlöcher oder besonders schöne Karrenfelder als Schutzobjekte ausgewiesen werden sollten.

Dies gilt außerhalb von Schutzgebieten genauso wie in Nationalparks und Naturschutzgebieten. Beispielsweise dürfen die großen Karren-, Dolinen- oder Felskopffelder des Michelfeldes im Krottenkopfggebiet oder die karstgeprägte Taubenseewanne im Chiemgau nicht weniger "respektvoll" behandelt werden, nur weil sie zufällig nicht in alpinen Naturschutzgebieten liegen.



## (2) Karstpflge muß aber auch landschaftsökologische Funktionsbeziehungen und Formengesellschaften berücksichtigen!

Die Karstnatur einer Landschaft zeigt sich nicht nur in Dolinen, Höhlen und anderen Einzelschöpfungen, sondern in funktional und morphogenetisch verbundenen Formenserien: Kleine Hohlformen können in größeren verschachtelt sein (z.B. Kleindolinen in Senkungswannen, Buckelfluren an Dolinenwänden); zu bestimmten Hohlformen gehören Vollformen, zu Schlucklöchern auch Quell- oder Ausfällungsbiotope usw., Entwässerungssysteme verbinden mehrere Karstelemente (Funktionsverbund).

Landschaftspflege kümmert sich nicht nur um einzelne Karstelemente, sondern auch um deren Funktionszusammenhänge. Beispielsweise macht eine Dolinenausräumung in einer karsthydrographisch zusammenhängenden Dolinenkette nur Sinn, wenn auch die anderen Karstlöcher wieder freigelegt werden (vgl. auch Grundsatz 3). Was nützt die anspruchsvolle Gestaltung einer Ponordoline, wenn das Trockental oder Polje, dessen Teil sie ist, durch unangemessene Nutzungsveränderungen völlig denaturiert ist?

## (3) Generalziel ist ein möglichst naturnaher, eingriffs- und störungsfreier Zustand!

Karsterscheinungen sind Ausdruck natürlicher, vorwiegend physikalisch-chemischer Prozesse, die meist längst vor dem Auftreten des Menschen einsetzten. Dazu "paßt" am besten ein Belassen bzw. eine Rückführung in einen naturnahen Zustand. Dies schließt allerdings, z.B. in offenen Magerrasen-Dolinen, Gipshügeln, Riedwiesenresten in Gipsauslaugungssenken Mittel- und Unterfrankens, Karstbuckelwiesen und -weiden des Alpenrand- und Alpengebietes, Kleindolinenfeldern, die nach Bewaldung dem Blick entzogen wären, eine bioökologisch, bisweilen auch ästhetisch motivierte Pflege nicht aus.

## (4) Rezente Karstdynamik respektieren!

Neu einbrechende Erdfälle müssen zwar in Sonderfällen wie am Marktplatz von Hemau/R wieder beseitigt werden. Trotzdem ist die Karstdynamik mit ihren alljährlich irgendwo in Bayern neu auftretenden Senkungen und Einbrüchen grundsätzlich schutzwürdig, weil sie

- "anerkannte Geotope" schafft (z.B. Dolinen, langfristig auch Karrenfelder), deren Wert nicht vom Alter abhängt;
- neuralgische Stellen im Landschaftshaushalt aufdeckt, die dann von Landnutzungen besser respektiert werden können (eine Oberflächenwassereinsickerstelle ist nach einem Dolineneinbruch auffälliger als vorher!).

Das Generalziel des Prozessschutzes muß auf den abiotischen Naturschutz ebenso Anwendung finden wie auf den biotischen, in dem es entwickelt wurde (vgl. Kap. A.4.1 und LPK-Band I).

Das Nachbrechen neuer Karsthohlformen im Boden kann selbst mit wiederholtem Auffüllen nicht unter Kontrolle gebracht werden und birgt laufende Gefahren für den bewirtschaftenden Landwirt. Viele Karstsenkungsfelder sind dauerhaft aktiv.

Neu entdeckte oder entstandene Karstformen sollten bei der unteren Wasser- und Naturschutzbehörde inventarisiert werden. Land- und Forstwirte, Steinbruchunternehmer und andere Betroffene sollten dazu aufgerufen werden, während der Bewirtschaftung entstehende Erdfälle und Dolinen oder durch Abbaubetrieb entdeckte Höhleneingänge zu melden.

## (5) "Karstpflge" ist vor allem Sanieren und Abpuffern!

Kardinalaufgabe der "Karstpflge" (vgl. Grundsatz 2) ist die Abschirmung gegen Einträge ins Karstwasser bzw. die Beseitigung von Funktionsstörungen z.B. des hydrographischen Systems, in der Hauptsache durch Ausräumung, Nähr- und Schwefstoffeintragsverminderung (Außenpflege; vgl. LPK-Band I, Kap. 6.8).

Abstandszonen für Düngung und Biozideinsatz sind um Karsthohlformen, Schlucklöcher, Bachschwinden ebenso wichtig wie an Fließgewässern, zumal die Selbstreinigungskapazität der unterirdischen Karstwasserwege viel geringer ist. Dimensionierung und Abgrenzung dieser Pufferzonen sollten sich stets am unmittelbaren oberirdischen Einzugsgebiet der versickerungsaktiven Karstform orientieren (das gesamte oberirdische Einzugsgebiet kann ein riesiges Trockentalsystem sein, das allerdings nicht hydrologisch aktiv ist).

Bei angrenzender Ackernutzung sollten zum Schutz des Grundwassers vor allem um Dolinen Schutzstreifen von mindestens 10 m Breite angelegt werden. Diese Streifen bedürfen nur extensiver Pflege.

Der Grad der Nutzungsextensivierung in der Pufferzone (Karstschonzone) sollte abgestuft sein nach

- der Grundwassereinspeisungsleistung und Biotopbedeutsamkeit der Einsickerstelle (z.B. eines Ponores oder Versitzgebietes in einem Trockental);
- der Trinkwasser- und Biotopbedeutung des davon gespeisten Karstwasserweges bzw. der kommunizierenden Wasseraustrittsstelle (z.B. Hungerbrunnen, großer oligotropher Karstquelltrichter am anderen Ende, mutmaßlich durchflossene Höhle mit schutzwürdiger troglobionter Fauna).

Die erforderlichen Nutzungsrestriktionsstufen sind heute durch Angebote des KULAP und des Vertragsnaturschutzes weitgehend gedeckt. Die Erfordernisse reichen von langfristiger Stilllegung und Verwaldung (z.B. in wichtigen Versickerungsgebieten) über düngerfreie Bewirtschaftung (z.B. in verkarsteten Felskopf- und Karrenfluren des Frankenjuras) bis zu mäßiger Extensivierung (z.B. in großen Karstwannen mit eingelagerten Dolinen).

Die betroffenen Landwirte erfüllen also je nach der karsthydrographischen Funktion ihrer Nutzfläche unterschiedliche Ressourcensicherungsaufgaben für die Allgemeinheit und haben deshalb unterschiedliche Ansprüche auf Ausgleichszahlungen. Beispielsweise ist eine karstwasserschonende Ackerbewirtschaftung am lößfreien bzw. weitgehend erodierten Rand der unterfränkischen Muschelkalkplateaus ungleich wichtiger als inmitten der überdeckten Gäufelder.

**Unbedeckte Karstlandschaften sind obligatorische Extensivierungsgebiete; sie vertragen eigentlich generell keinerlei landwirtschaftliche Intensivierung.**

Müll, Holzabfälle, Agrarabfälle und Abraum (auch sogenannter "unbedenklicher") sind in Karsthohlformen, also Dolinen, Karstwannen, Senkungsfeldern, in Schachtnähe, in Karstgassen, Karsttrockentälern, Karren- und Felskopffeldern, stets fehl am Platz. Sie sind dort meist noch schädlicher als in anderen Geländevertiefungen, denn sie bedrohen das Karstgrundwasser und damit auch weiter entfernte Karstquellen und Vorfluter oder (bei abgedichteten Hohlformen) wertvolle Stillgewässer und Feuchtbiotop. Sogar die Verklausung und Verdämmung unterirdischer Karstwasserwege ist nicht ausgeschlossen.

Nicht nur aktuelle, sondern auch ältere überwachsene Verfüllungen sollten in manchen Fällen ausgeräumt werden, auch um die schutzwürdige ursprüngliche Form wiederherzustellen. Die dabei einzuhaltenden Vorsichtsmaßnahmen beschreibt Kap. E.4.2.2 (S. 328). Räumungsaktionen im Zusammenwirken mit Anliegern und unter umfassender karstbezogener Aufklärung, wie sie z.B. die Landkreise Eichstätt und Bayreuth in vorbildlicher Weise durchführen, sind nicht durch gelegentliche Sonderaktionen, etwa von Schulklassen oder Gartenbauvereinen, zu ersetzen, so pädagogisch wertvoll diese auch sein mögen. Leider ist in den meisten Fällen der Einsatz schweren Gerätes notwendig.

**(6) Den Abflußbeiwert unbedeckter Karstlandschaften nicht erhöhen! Vertikal entwässernde Karstoberflächen sollten nicht abgedichtet werden!**

Die Vermeidung unnötiger Bodenversiegelung und abfluß- bzw. erosionsfördernder Oberflächenverdichtung hat in Gebieten des unbedeckten Karstes besondere Bedeutung, weil hier pro Flächeneinheit mehr Einsickerpotential verloren gehen würde als in den meisten anderen Landschaften (vgl. Kap. E.1.8 sowie LPK-Band I, Kap. 6.3). Hier sind an erster Stelle großflächig verkarnte und verschlottete Landschaften mit fehlender oder durchlässiger Überdeckung zu nennen (Alpen, Grundgips, subkutane Karrengebiete der Alb).

**(7) Einleitungen und Einträge in Karsthohlformen minimieren! Alle Filtermöglichkeiten vor der Doline ausschöpfen!**

Jede Fremdstoffeinleitung, aber auch Ackererde-Einspülung in Karsthohlformen gefährdet Grund-

bzw. Trinkwasser, beeinträchtigt potentiell weiter entfernte karstwassergespeiste Naßbiotop und Gewässer und die äußerst milieuempfindlichen Lebensgemeinschaften des Grundwassers und der Höhlen. Unvermeidbare Abwassereinleitungen sollten allgemein schnellstmöglich in sickerdichte Rinnen und Becken umgeleitet und dort (vor)gereinigt werden (Pflanzenkläranlagen mit Biotopfunktion, Ölabscheider, Rasen als Filterflächen etc.). Sofern es Topographie und Karstdeckschicht erlauben, sollte nach Möglichkeiten Ausschau gehalten werden, den Abwasserzustrom nicht möglichst bald unter der Oberfläche verschwinden zu lassen, sondern in bioaktiven, naturnah gestalteten Fließrinnen auf möglichst langer oberirdischer Strecke zu reinigen. Erosionshemmende Vorkehrungen im Ackerbau (Schutzabstände, isohypsenparallele Bearbeitung, Grünstreifen, Ranken usw.) sind im Nahbereich von Karstschlucklöchern besonders wichtig.

**(8) Aufklärungsarbeit über Karstformen und ihren Haushalt!**

Wie bei allen übrigen Geotopen dient auch hier eine zielgruppenspezifische Information (wie sie z.B. der Lkr. Eichstätt im Fall der Dolinen bei der ländlichen Bevölkerung ausübt) der besseren Erhaltung, vor allem der Verhinderung von Zerstörungen aus Unwissenheit. Für Schulen und Erholungssuchende können Karstwanderwege bzw. in sonstige Lehrwanderwegen eingebundene Karstinformationsstellen eingerichtet werden.

**(9) Keine weiteren Erschließungen von Höhlen!**

Erschließungen beeinträchtigen in aller Regel die Ökologie des Höhleninneren und Höhlenportals sowie auch die natürliche Form des letzteren (Beschädigungen oder Souvenirbeschaffung durch Besucher, Störeffekt für Höhlentiere, Veränderung der Bewitterung usw.). Für Fremdenverkehrszwecke sind in den wichtigsten Karstregionen Bayerns z. Zt. genügend Schauhöhlen erschlossen. Weitere Erschließungen, etwa nach dem Prinzip "Jeder Jura-Fremdenverkehrsgemeinde ihre Schauhöhle!" wären ein unvermeidbarer substantieller Eingriff in eines der eigenartigsten und geringstbelastbaren Biotopsysteme.

Sollte das sportliche Höhlenbegehen einen ähnlichen Aufschwung nehmen wie das Sportklettern in den letzten 2 Jahrzehnten, dann wird eine auch naturschutzfachlich (und sicherheitsorientierte) Kontrolle der Zugänglichkeit touristisch interessanter Höhlen unvermeidbar, wie sie bereits im Nationalpark Berchtesgaden besteht.

Hierfür ist eine Betreuung der Höhlen durch ortskundige Höhlenvereine o. ä. erforderlich (wie z.B. Angerlloch/GAP), da nur in Ausnahmefällen z.B. Nationalpark, die Naturschutzbehörden dies leisten können,

**(10) Bessere Betreuung potentiell besonders gefährdeter Objekte!**

Pflege- und Erhaltungsmaßnahmen können natürlich nur dann erfolgreich sein, wenn die betroffenen

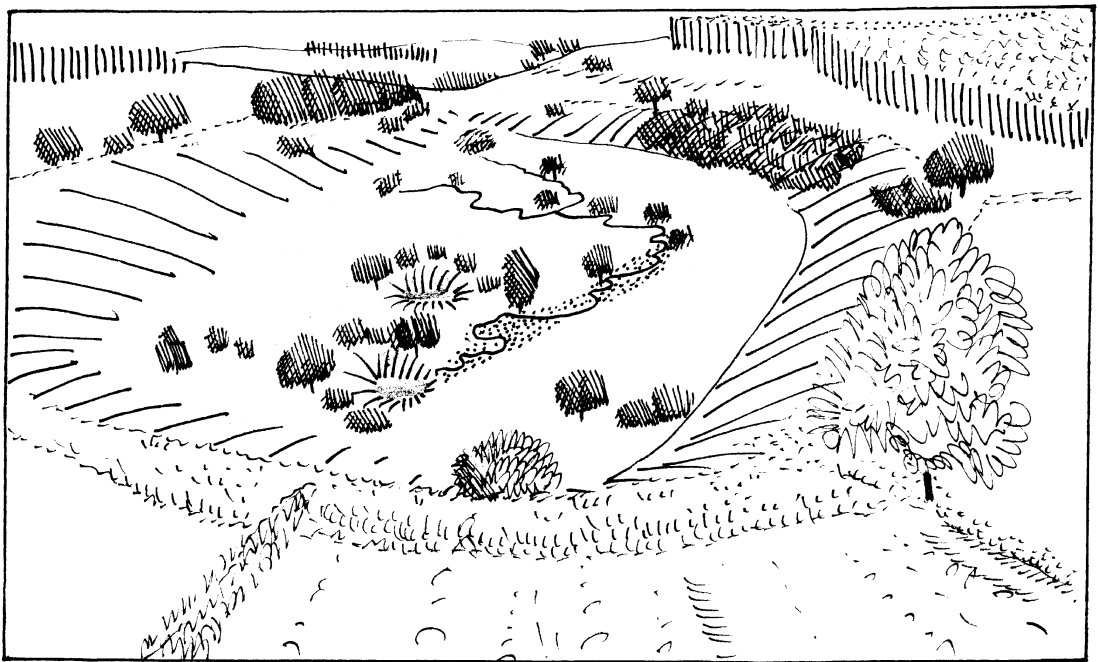
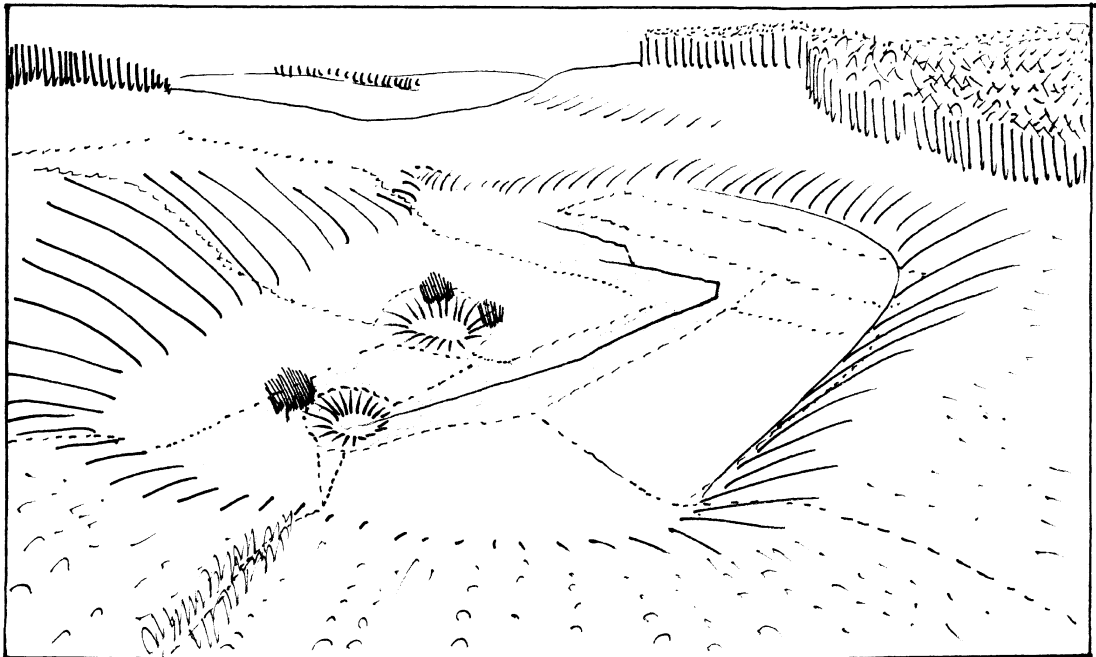


Abbildung E/12

### Idealgestaltung größerer dolinenhaltiger Karstwannen in der Agrarlandschaft

Grundstücksbesitzer im besonderen und die Bevölkerung im allgemeinen aufgeklärt und informiert wurde und ggfs. ein ND- oder Informationsschild auf den Schutz hinweist. Bei der Zustandsüberwachung und Betreuung incl. gezielter Aufklärung der Eigentümer und Bewirtschafter sollten ehren- oder

nebenamtliche Helfer (Naturschutzwacht des Landkreises, Gebietsranger in Naturparks, Forstpersonal, lokale Umweltbeauftragte) die Naturschutzbehörden unterstützen. Betreuungsaufwand und -intensität richten sich nach der Dichte und Formenvielfalt im jeweiligen Landkreisteil.

**Abbildungsbeschreibung zu Abb. E/12, S. 322:****Oben:**

- Ackerbau mit seinen erhöhten Austragsrisiken hat den Boden der Großdoline erfaßt;
- Dolinenzuflüsse als Graben reguliert oder verrohrt;
- Großform spiegelt sich kaum in Nutzungs- und Biotopdifferenzierung wider.

**Unten:**

- Acker am Senkenboden und an den Randhängen macht extensivem Dauergrünland Platz;
- Obere Umrandung durch lockere Gehölzstrukturen, Einhänge z.T. auch durch Sukzessionsflächen abgehoben;
- Dolinenzufluß renaturiert und wieder gewunden (Poljen-Böden haben im allgemeinen geringes Gefälle!);
- Großform hebt sich als lockere Parklandschaft aus dem sonst strukturarmen Alb-Plateau heraus.

Größere Pflege- oder Wiederherstellungseingriffe sollten immer mit der zuständigen unteren Naturschutzbehörde und dem Geologischen Landesamt abgesprochen werden.

**(11) Karstformen systematisch kartieren und dokumentieren!**

Für einzelne Karstobjekte (Dolinen, Höhlen) haben Karst- und Höhlenvereinigungen und Wasserwirtschaftsämter viel Vorarbeit geleistet. Auch die veröffentlichten geologischen Karten bieten wertvolle Grundlageninformationen. Trotzdem fehlt eine umfassende Inventarisierung des gesamten Karstformenschatzes, die auch biotische Schutzwürdigkeit, Gefährdungen und Nutzungssituationen einschließt. Beispielsweise könnte der Kartierung von Abtrags- und Hanglabilitätsformen der Bayerischen Alpen (Geomorphologisch-hydrographische Karte des LfW, Hanglabilitätskarte der Oberforstdirektionen) eine Karstformeninventur an die Seite gestellt werden. Vorbilder: Erfassung des Laubensteingebietes u. des Estergebirges (LANDESVERBAND F. HÖHLEN- U. KARSTFORSCHER 1997) durch den Münchener Karst- und Höhlenverein, Ausschnittkarten für das Funtensee- und Gottesackergebiet.

**E.4.2 Handlungs- und Maßnahmenkonzept**

Karstformen und -erscheinungen gehören zu den anspruchsvollsten und umfassendsten Herausforderungen der Landschaftspflege, begegnen sich doch hier die Problemebenen "Landschaftliche Szenerie", "Träger bedeutsamer, oft verinselter Biotope", "Rückzugslebensräume für bedrohte Arten", "Trinkwasserschutz und Sicherung des Landschaftswasserhaushaltes" und "Wassergütesicherung" keineswegs konfliktfrei (siehe Kap. E.2). Die Überlagerung von Optimierungsaufgaben für die ästhetischen, biotischen und abiotischen Ressourcen ma-

chen sie zu Landschaftspflegeobjekten allerhöchster Dringlichkeit.

Karsterscheinungen sind in den Bayerischen Alpen meist eine nachgeordnete "Zutat", im Jura - bedingt auch in einzelnen Gipskeuper- und Muschelkalkregionen - dagegen oft spektakuläre und allgemein bekannte Zentralobjekte des Naturschutzhandelns, die sogar bei bescheidenem Flächenanteil die Gesamtlandschaft kennzeichnen. Vor allem um diese Räume geht es nachfolgend.

Im Vordergrund dieses Kapitels stehen Gestaltungsbilder für "Karsthohlformen" und "Karst-Trockentäler" (Kap. E.4.2.1). Ausführungsmaßnahmen entsprechen vielfach dem Pflege-Instrumentarium anderer Landschaftsteile bzw. der Siedlungswasserwirtschaft und brauchen im Teilkapitel E.4.2.2 (S. 328) nur gestreift zu werden. Ein Gutteil ebenfalls sehr interessanter Karsterscheinungen, wie Höhlen, Karren und Schratten, stellt keine landschafts- und biotoppflegerischen Anforderungen im engeren Sinne, kann also hier ausgespart und der mehr hoheitlichen Naturbewahrung und Eingriffssicherung sowie dem Aufgabenbereich "Artenhilfsmaßnahmen" (z.B. Fledermausschutz, Sicherung der troglolithen Reliktfauna) überlassen bleiben. Andere Karstbegleiterscheinungen, wie Karstquellen, -bäche und Hülen, werden in den LPK-Bänden II.19 "Bäche und Bachufer" und II.8 "Stehende Kleingewässer" mitbehandelt.

**E.4.2.1 Gestaltungsbilder für Karstformen**

Für einige der verbreitetsten und/oder landschaftlich repräsentativsten Karstelemente, die immer wieder Schauplatz von Nutzungskonflikten sind, werden im folgenden Entwicklungsziele formuliert.

**E.4.2.1.1 Gestaltung großer Karstwannen (Großdolinen, Poljen, Uvalas) und Senkungsmulden**Geltungsbereich:

- Große alpine Karstgebiete, insbesondere Berchtesgadener Plateaugebirge, Lattengebirge, Estergebirge, Synklinorium (Haupt-Muldenzone der Oberbayerischen Voralpen);
- Poljen im unterfränkischen Wellenkalk (Main-Tauber-Gäu);
- Poljen und große Karstmulden in der Hersbrucker Alb, in der Flächenalb (z.B. WUG, EI, KEH) und in der Oberpfälzer Kuppenalb, insbesondere Velburger Jura; kraterähnliche Karstmulden in den Forsten der Altmühlalb.

Vorbildlandschaften:

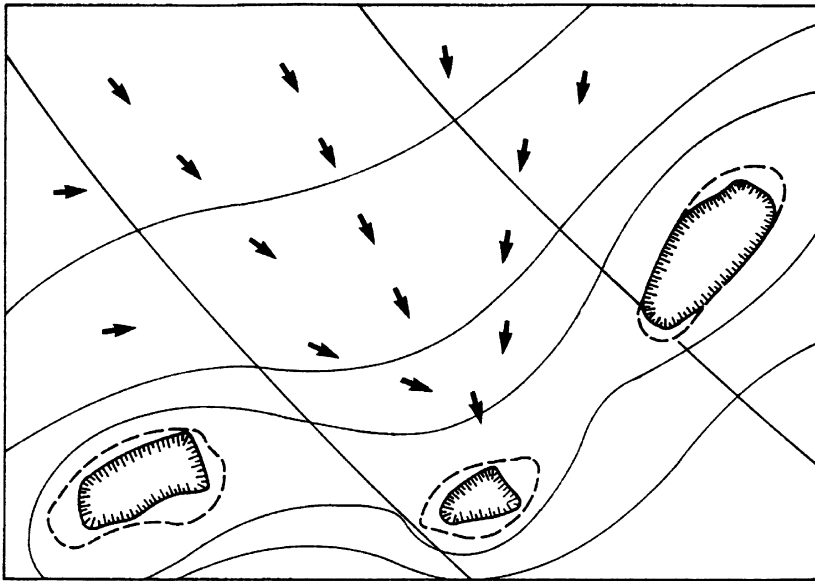
- Slowenischer Karst, Istrien;
- Karstwanne N Unterklausen/AS.

Gestaltungsziele:

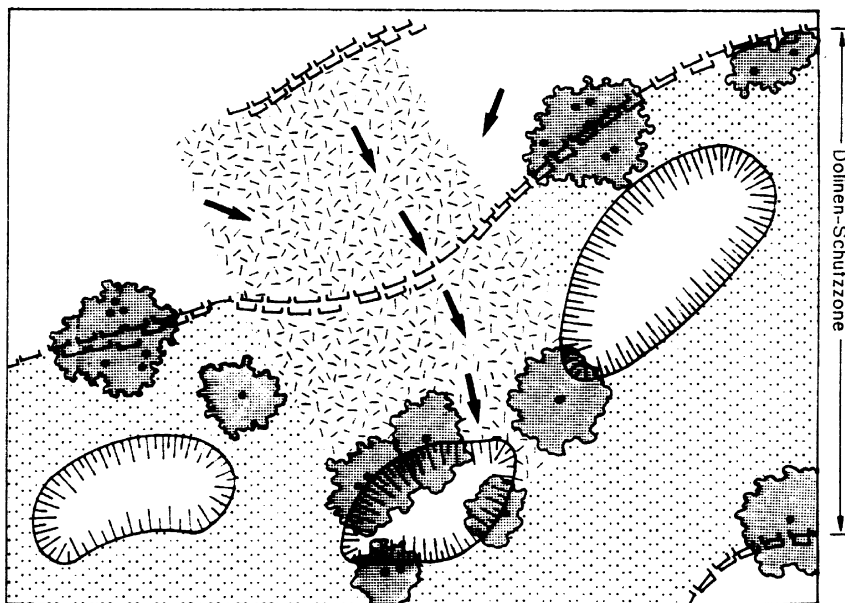
Große Hohlformen in der Agrarlandschaft:

Eine Großform kommt am besten bei weitgehend freier Sohlenfläche zu Geltung. Ihre Raumwirkung kann durch nach oben hin zunehmend bewaldete

VORHER



NACHHER












- |   |                                 |   |                                    |
|---|---------------------------------|---|------------------------------------|
|  | Acker                           |  | Höhenlinien                        |
|  | Dauergrünland genutzt           |  | Oberflächenwasser,<br>Ackerabtrag  |
|  | Dauerbrache mit Auskämmfunktion |  | Dolinenkante vor der<br>Verfüllung |
|  | Lesestein-Berme                 |  | Doline                             |
|  | Bäume, Büsche                   |   |                                    |

Abbildung E/13

Minimalsanierung für Ackerdolinengruppen

Randhänge und eine parkartig von der Umgebung abgehobene Sohle bzw. Umrandung gesteigert werden. In morphologisch ausgeprägten Karstwannen in gering oder extensiv genutzter Landschaft, z.B. in der Hersbrucker Alb, bei Hohenfels, im Raum Königstein-Neuhaus (LAU, AS, BT), sind relativ naturnahe Biotopabfolgen anzustreben, in denen sich die landschaftliche Sonderstellung der Großform manifestiert. Auch in intensiven Agrargebieten sollte eine vollkommene Vergrünlandung der Sohlen und Randhänge angestrebt werden. Bei abgedichteter Sohle, z.B. durch Schutzfels-Schichten in der Oberpfälzer Alb, kommt der pfleglichen Behandlung und Entwicklung von Feuchtbiotopen (je nach Naturraum sind dies periodische Kleingewässer, periodische Karstseen, Riedwiesen, Vermoorungen, extensive Feuchtwiesen) große Bedeutung zu (vgl. [Abb. E/12](#), S. 318).

Die Freihaltung von größeren technischen Eingriffen und Geländeänderungen, nach Möglichkeit auch von Hauptverkehrsstraßen, sollte selbstverständlich sein. Breitsohlige Karstwannen der Flächenalb können und sollten zumindest bis auf das Niveau von typischen Wiesenknopf-Silgenwiesen extensiviert werden.

Große Hohlformen in der extensiven alpinen Weidelandchaft:

Derzeit besteht wenig Anlaß zu Nutzungsveränderungen und landschaftlicher Optimierung. Große Vorsicht ist geboten bei almwirtschaftlichen Erschließungs- und Intensivierungsmaßnahmen.

#### **E.4.2.1.2 Ziele und Leitbilder für Dolinen, Erdfälle und Karstschächte**

Dolinen (fränk. "Erpfel" = Erdfälle, "Löcher") sind nicht nur die für den Laien auffallendsten Erkennungsmerkmale des Karstes, sondern auch besondere Problempunkte. Hierauf konzentriert sich ein Gutteil des landschaftspflegerischen Wirkens im Karstgebiet. Die angespannte Gütesituation der Karstwasservorräte und -quellen in allen Teilen der Fränkischen und Oberpfälzer Alb läßt sich ohne umfassende Sanierung der Wasserzutritte auf den Hochflächen nicht beheben. Zudem sind die Dolinen und Erdfälle oft die einzigen relativ naturnahen Elemente der kahlen, seit altersher hecken- und gehölzarmen Ackerbreiten.

Zur Zeit präsentieren sich die trockenen Ackerdolinen überwiegend als unansehnliche Hochgras-Hochstauden-Fluren, als eingesenkte eutrophe Feldgehölze oder teilverfüllte Schutt- und Abraumkippen, nur wenige auch als Feuchtwiesen, trockene Magerwiesen und Magerrasen.

#### Geltungsbereich der Empfehlungen:

Alle kleineren Karsthohlformen Bayerns von Unterfranken bis ins Hochgebirge, mit besonderem Schwerpunkt im Frankenjura; Dolinenhäufungsgebiete in den Landkreisen DON, WUG, EI, RH, KEH, R, NM, SAD, LAU, FO, BT, KU; alpine Mittel- und Hochlagen in den Allgäuer Nagelfluhkette und im Kalkalpin.

#### Vorbildnahe Landschaften und -situationen:

- In flache Wannen eingesenkte Dolinengruppen NE Maierhofen/KEH und Gelbsee/EI;
- dolinenhaltige Karstwanne 2 km E Göhren/WUG;
- abbruchnahe Dolinen am Zultenberger-Görauer Anger/KU;
- große wassergefüllte Gipsdoline in ehemaligem Mittelwald bei Ahlstadt/CO;
- Egelsee und östlich anschließende Naßmulde E Biesenhard/EI;
- Hutanger bei Klingenhof/LAU;
- Irrendorfer Hardt bei Beuron (Baden-Württemberg);
- Großdolinen am Engenkopf/OA;
- Eschelmoos am Hochfelln/TS;
- Grubalmpolje an der Hochries/RO.

#### Idealgestaltung, Entwicklungsziele:

Die **Minimalanforderungen** an eine sowohl wasergütemwirtschaftliche als auch gestalterische und biotische Sanierung unbewaldeter Albdolinen faßt [Abb. E/13](#) zusammen.

- Dolinengruppen bzw. -ketten benötigen eine klar abgegrenzte Pufferzone (**Dolinentenschutzzone**), die möglichst durch kleine Ackerterrassen von der umliegenden erosionsaktiven Flur abgetrennt sein sollte. Die Randterrasse kann nach dem Beispiel der jura- und muschelkalktypischen Trockenmauern aus Lesesteinen aufgeschichtet und mit dem Dolinenaushub (siehe unten) hinterfüllt werden. Die Größe der Minimalpufferzone sollte sich an der um Dolinengruppen meist vorhandenen Einmuldung orientieren.
- Von den (teil)verfüllten Karstlöchern sollten zumindest die wasserschluckenden wieder freigelegt werden. Soweit der Aushub unbedenklich ist, kann er außerhalb der Dolinentenschutzzone - möglichst nicht im direkten Oberflächenwasserzuflußbereich - untergebracht werden.
- Die Unansehnlichkeit eutropher Stauden- und Grasfluren in der eigentlichen Doline darf nicht über deren ökologischen Wert hinwegtäuschen (MATTERN 1993). Abgesehen von Unrat- und Abraumbeseitigung sind im eigentlichen Dolinentrichter im allgemeinen keine sonstigen Pflegemaßnahmen erforderlich.
- Die Dolinentenschutzzone sollte als strukturreicher Biotop gestaltet werden. Zusätzliche Gehölze sollten nicht nur in und an den Dolinen konzentriert sein, sondern auch das Pufferzonengrünland durchsetzen und die Schutzzone nach außen markieren.
- Nach der "Ausräumung" sollten nur schachtartige Erdfälle und Felsdolinen eine scharfe Oberkante haben. Im Regelfall sollte die allmählich in die Horizontale überleitende Ursprungsform der Trichter- oder Wannendolinen wiederhergestellt werden. Die scharfen, verfüllungsbedingten Geländekanten sollten verschwinden.

Verknüpft man dolinenreiche Zonen mit den Flächenumlegungsmöglichkeiten der Ländlichen Entwicklung, mit Stilllegung BVNP und dem Bayerischen Kulturlandschaftsprogramm, so bieten sich



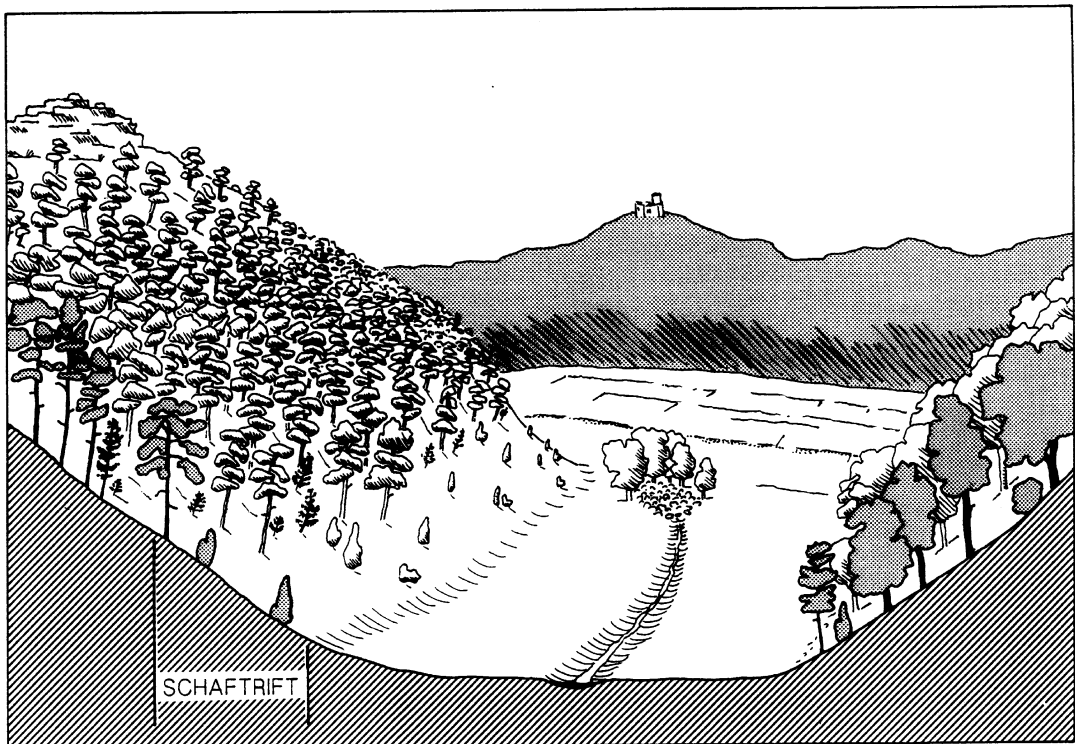


Abbildung E/14

## Leitbild für Karst-Trockentäler

Perspektiven für eine tiefgreifendere Sanierung von Ackerdolinengruppen. Schwerpunkte für diesen Weg sind in größeren Karstwannen mit darin eingelagerten Dolinenketten und -gruppen sowie in Dolinen mit einmündenden Gräben und (periodischen) Kleinbächen zu setzen. Über die "Minimallösung" (hinaus) wäre dann anzustreben (vgl. Abb. E/17, S. 330):

- Die dolinenpuffernde Dauergrünland- oder Brachezone ist viel ausgedehnter und umfaßt auch die erosionsaktiven Einhänge der Karsteinsenkung (vor allem in Erdfallgebieten der lehmüberdeckten Alb). Nach Möglichkeit ist sie durch abflußbremsende und -filternde Querstrukturen (Hecken, buschreiche Raine und Ranken, zumindest aber durch Dauerbrachestreifen) aufzugliedern.
- Der gesamte Dolinenzufluß ist zu renaturieren (Aufweitungen, Mäandrierungen, Querriegel aus schweren Lesesteinen und Jurablöcken, Weichholzstecklinge direkt am Gerinne). Landschaftstypische, nicht zu schematische Bepflanzungselemente z.B. Kopfbäume, geschlossene Galeriewaldstreifen können die hydrographischen Beziehungen verdeutlichen und die Filterleistung verstärken (Entnahme gelöster Nährstoffe durch gerinneunterlegende Baumwurzeln).
- In Dolinen ausmündende Dränsammler sind nach und nach stillzulegen, bzw. nicht mehr zu

erneuern. Eine Ausnahme machen lediglich Dränausmündungen in Abwasserdolinen von Siedlungen.

- Unter heutigen agrarstrukturellen Gesichtspunkten unsinnige vorflutlose "Sackgräben" und Dränstücke in abflußlosen Karstwannen sind stillzulegen. Die resultierende Vernässung der Karstwannen erzeugt eine Bereicherung der Biotoppalette der strukturarmen Hochflächen. Im Frühjahr und nach größeren Niederschlagsereignissen regelmäßig überstaute Teilbereiche können brachgelegt werden.
- Der Gesamtbereich kann als erholungswirksame Kleinlandschaft mit Baumgruppen und Solitären parkartig gestaltet werden. Ein Schematismus über alle ähnlichen Dolinengebiete Bayerns hinweg sollte allerdings vermieden werden.

Nicht wenige Dolinen dienen als **Abwasservorfluter der Albdörfer**. Im allgemeinen gibt es hierzu keine realistische Perspektive. Lange Abwasserpipelines verschieben das Problem, lösen es aber nicht. Neben einer besonderen Betonung des Subsidiaritätsprinzips bei der Gewässerverschmutzung (jeder Anlieger sollte die ihm möglichen und zumutbaren Reinigungsmöglichkeiten nutzen), kommt es in dieser Zwangslage vor allem darauf an, die Reinigungsstrecke zwischen Dorf und Doline so effektiv wie möglich zu gestalten.

Abflußverlangsamende Zuflußrenaturierung (Windungen, Steinkaskaden, starke Bepflanzung, Röh-

richt-Aufweitungen) sind hier problemmildernde Zwischenlösungen. Stärker als bisher sind die Möglichkeiten größerflächiger Pflanzenkläranlagen oder eine Umweg-Einleitung (Fließstreckenverlängerung und -verlangsamung) zu prüfen.

Spezifische Entwicklungsmaßnahmen sind an **Dolinen und Karstwannen mit Resten von Magerbiotopen** (trockene Magerwiesen, saumartige bodensaure Magerrasen an Alblehm-Erdfällen, Kalkmagerrasen) angezeigt. Handelt es sich um ein relativ geräumiges Senken- und Muldengebiet, in dem sich Trichterdolinen mit flachen Einmündungen abwechseln (Beispiele: Hemauer Alb, Hochfläche östlich des Kleinziegenfelder Tales, östliche Weißenburger Alb), so ist extensive Grünlandpflege auf großen Flächenanteilen angezeigt (Rotationssysteme, wie in den LPK-Bänden II.6 "Feuchtwiesen" und II.3 "Bodensaure Magerrasen" beschrieben). Endziel ist hier eine kleinräumige Durchdringung nasser, wechselfeuchter bis trockener Wiesen. Ersatzweise kann auch Schafhaltung (bei Fernhaltung der Nachtpferche) betrieben werden.

**Wald-Dolinen**, vor allem aber mehr oder weniger zusammenhängende **Walddolinenfelder** mit angrenzenden Felskopf- und Karrenstandorten sollten mit ihrem Nahbereich in einem besonders naturnahen Zustand sein bzw. in diesen übergeführt werden. Oberirdische Zulaufbereiche auf lehmiger Albüberdeckung oder Gipskeuper sollten zur Selbstentwicklung von Feucht- oder Anmoorwäldern sehr restriktiv genutzt werden (z.B. Veldensteiner Forst, südlicher Steigerwald). Spezifischere Gestaltungsempfehlungen sind überflüssig. Vordringlich ist es, die Tendenz zur Einfüllung von Holzabfällen und des beim Forstwege- oder Straßenbau anfallenden Gesteinsabraumes zu stoppen. Aus jenen Dolinengebieten, die wahrscheinlich Inseln natürlicher Fichtenwälder im Buchenwaldgebiet darstellen (z.B. Veldensteiner Forst/BT, LAU), sollte Waldbau ausschließlich auf der Basis der Naturverjüngung betrieben werden, um das waldvegetationskundlich interessante Mosaik nicht zu verwischen.

Riesen-Karstschächte und große felsige Kessel- oder Schachtdolinen, z.B. in den Kalkalpen (insbesondere Dachstein- und Schrattealkgebiete), in der Kuppenalb und im Paintener Forst N Kelheim, sind groß genug und mikroklimatisch so abgehoben, daß sich in ihnen azonale Biozönosen nicht nur auf der Ebene krautiger Pflanzengesellschaften und der Kleintierwelt, sondern auch der Waldgesellschaften entwickeln. Die hier (in Resten) vorhandenen schluchtwaldartigen, edellaubholzdominierten und hochstaudenreichen azonalen Waldgesellschaften sollten sich auch in den derzeit durch Holznutzung stark überprägten Karstlöchern entwickeln dürfen, z.B. Alpendost-Fichtenwälder, Bergahorn-Eschenwälder. Dasselbe gilt für z.T. quellmuldenartige, ständig quellfrische Gipskeuperhohlformen im Steigerwald, im Main-Tauber-Land und Grabfeld. Hier einst verschiedentlich begründete Fichtenmonokulturen (z.B. E Ergertsheim/NEA) sollten sukzessive, z.B. im Zuge der unbeeinflussten Windwurfsukzession dem standortspezifischen Laubwaldtyp Platz

machen, z.B. Traubenkirschen-Eschen- oder sogar Erlenbruchwäldern.

#### E.4.2.1.3 Karst(trocken)täler

Vieles im [Kap. E.4.2.1.2](#) Angesprochene gilt auch hier. Im folgenden werden karstgebietspezifische Merkmale besonders berücksichtigt. Dabei werden die Haupttäler der Karstgebiete außer acht gelassen, deren Geschichte viel weniger von Karstprozessen geprägt ist (z.B. Altmühl-, Laaber-, Pegnitztal) und die auf Grund ihrer Dimension das geotop-bezogene Handeln übersteigen.

##### Geltungsbereich:

Vorwiegend trockene oder nur zeitweise durchflossene Karsttalsysteme in der gesamten Frankenalb, mit besonderen Häufungsschwerpunkten z.B. im Lauterachsystem/AS, Pegnitz-, Trubach- und Wiesent-System/FO, BA, BT.

Karstgeprägte Seitentäler im Wellenkalk (WÜ, SW, KT, KG, NES, AN).

Zum Aufgabenbereich der Karsttäler gehören natürlich die daran geknüpften Detailscheinungen wie Karstquellen, Hungerbrunnen, Ponore und Taldolinen, Versitzstellen, Bachschwinden, fossile felsige Strömungshohlkehlen, Grotten und Höhleneingänge am Talrand.

##### Vorbildlandschaften:

- Steinbachtal N Rothenburg/AN;
- Oberes Anlautertal zwischen Titting und Gersdorf/EI, WUG;
- Oberes Morsbachtal bei Großnottersdorf/EI;
- Oberes Schambachtal (Laubental) oberhalb Suffersheim/WUG;
- Tal zwischen Loch und Hirschbach/AS;
- Rinntal bei Alfeld/LAU;
- Trockentalsystem S Münnertal/KG.

##### Gestaltungsziele:

Die ideale Gestaltung der unzähligen, miteinander vernetzten Karst-Trockentalsysteme der Nordalb und der auf die Hochflächen hinaufziehenden trockenen Kastentäler der Südalb ist durch die traditionelle Nutzung vorgegeben. Der Dreiklang aus gepflegtem Talbodengrünland, Schaftrift an einem oder beiden Talrändern und lichten Heidekiefernwäldern bis zu den Schwammriffen hinauf ist zu erhalten. Hierzu gehört die Reservierung der althergebrachten Talrandtriften (früher auch mit Rindern) für den Viehtrieb.

Die Gestaltung muß danach streben, die den Karst-Seitentälern zukommende, für den gesamten Alb-Naturschutz unersetzliche Artenvernetzungsfunktion zwischen den zentralen Artenreservoirs der Haupttalstränge und den oft biotopleeren Hochflächen zu intensivieren. Hierbei geht es in erster Linie um Biozönosen der Trockenrasen, Trockenwälder und Felsheiden, in Wassertälern auch der Talfeuchtwiesen, Riedwiesen und Fließgewässer.

Bachschwinden und Hungerbrunnen am Talboden oder dessen Rändern sollten durch einzelne Laubbaumgruppen abgehoben sein. Durchlässige Tal-

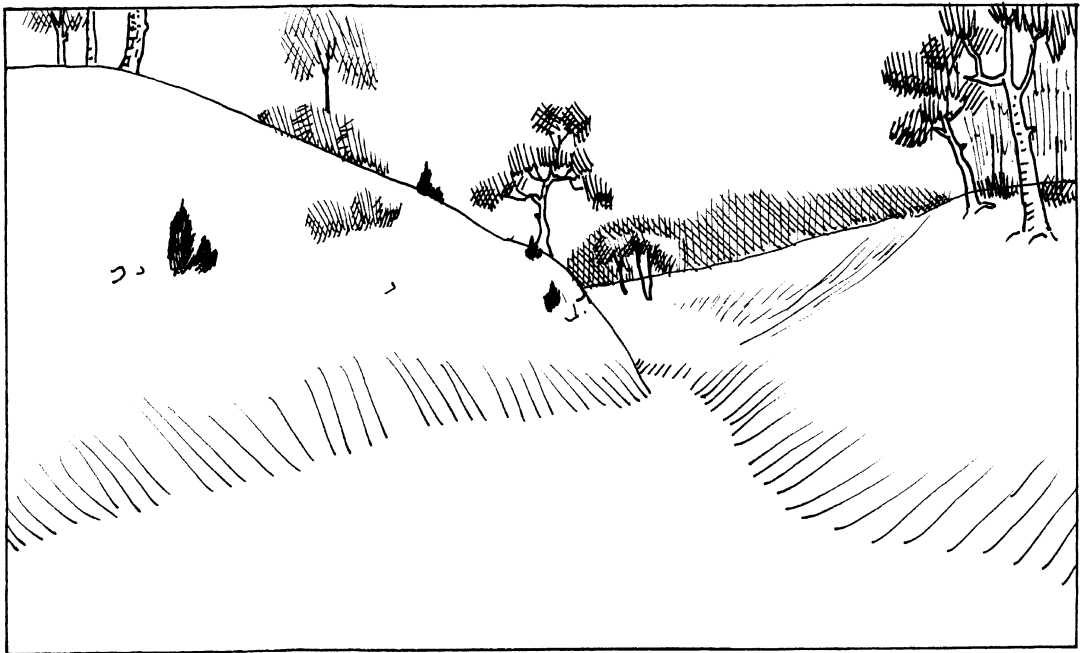


Abbildung E/15

#### Gestaltung von kleinen Jura-Trockentälern

- Offene gepflegte Schaftrift geringer Verbuschung;
- keine scharfen Waldränder, sondern weidewaldartige Breitsäume im Übergang zum dichteren Wirtschaftswald an der Oberkante.

schotterkörper, die das Karstaustrittswasser zu den periodisch anspringenden Quellen (Hungerbrunnen) leiten, sollten möglichst überhaupt nicht gedüngt und chemisch behandelt werden. Die Talbodennutzung sollte generell extensiv (keine Gülle) betrieben werden; um die Wasserschluck- und Quellbereiche sind düngerefrei bewirtschaftete Pufferzonen erwünscht (Abb. E/14, S. 326). Eine ideale landschaftliche Gestaltung für die oberen Abschnitte von Jura-Karsttälern symbolisiert Abb. E/15 (S. 328).

#### E.4.2.2 Pflege-, Pufferungs- und Wiederherstellungsmaßnahmen

Viele Gestaltungshinweise ergeben sich bereits aus den Leitbildern und Zielen (Kap. E.4.2.1). Viele der in Kap. E.2 diskutierten Maßnahmen enthalten dort bereits Empfehlungen und brauchen hier nicht mehr weiter vertieft zu werden (siehe dort). Wo Karstformen schutzwürdige Biotoptypen tragen, bieten folgende LPK-Bände detailliertere und ergänzende Hinweise:

- II.1 "Kalkmagerrasen" für magere Trockendolinen, für Karsttalhänge und halboffene Riffe;
- II.3 "Bodensaure Magerrasen" für die Lehmheiden im Dolinenbereich (z.B. Hemauer und Kellheimer Alb);
- II.6 "Feuchtwiesen" für Feuchtwannen und Talböden (z.B. bei Forchheim/EI);

- II.8 "Stehende Kleingewässer" für die Hülsen und
- II.14 "Einzelbäume und Baumgruppen" für die Einzelbestockungen.

**Alle für diese Biotop- und Strukturtypen mitgeteilten Empfehlungen kommen auch den umrahmenden bzw. damit assoziierten Karstformen zugute.**

Grundlage der karstbezogenen Landschaftspflege sind Karstinventuren und -pflegekonzepte für möglichst jeden der "Karstlandkreise" MSP, WÜ, KT, NES, HAS, NEA, AN, BA, LIF, FO, BT, LAU, AS, NM, R, KEH, EI, ND, DON sowie für die beiden Truppenübungsplätze Grafenwöhr und Hohenfels.

Eine hohe "Disposition" für Biotopneubildungen zeigen bestimmte Teile der Kuppenalb, insbesondere dort, wo im Acker- und Grünlanduntergrund Felspfeiler mit vergrustem Dolomit und mit Kreidesedimenten verfüllte Hohlformen kleinräumig abwechseln. Fest anstehende Dolomite können im Zuge der Ackererosion zunehmend einige Dezimeter aus dem Nutzungsniveau herausragen und die Nutzung zunehmend erschweren. Im Rahmen der Flurbereinigung ist stärker als bisher auf diese Teilflächen mit zunehmender landwirtschaftlicher Erschwernis Rücksicht zu nehmen und ggfs. durch entsprechende karstgeologisch differenzierte Parzellierung ein Brachfallen zu erleichtern. Voraussetzung hierzu ist eine karstgeologisch differenzierte

Vorerkundung des Bereinigungsgebietes, am besten während der Schwarzbrache, wo sich Dolomithärtlinge oft deutlich abzeichnen.

#### E.4.2.2.1 Große Karstwannen, Poljen, Uvalas

Anwendungsbereich: vor allem EI, NM, LAU, MSP.

- Wiederherstellung einstiger Dauergrünlandnutzung am Wannensboden, in jedem Fall im Nahbereich der Ponore;
- Bereiche sehr langsamer Versickerung (Rückstaubereiche enger Ponore) aus der Nutzung nehmen (Feuchtbiopte);
- Renaturierung kanalisierter Gerinne (Gräben) am Poljenboden (Mäandrierung);
- Grenzen zwischen alluvialen Auflandungsböden im Wannengrund und flachgründigeren, z.T. felsigen Einhängen möglichst in Nutzungsdifferenzierung aufnehmen, z.B. Schaf- oder Rinderweide am Hang. Noch vorhandene lichte Heidewälder, meist Standorte vieler seltener Arten (Schnarrheuschrecke, Strohblume, Sprossende Hauswurz etc.) von hoher Bedeutung, durch entsprechende Ausnahmenutzung (Waldweide, Schaftrieb durch lichte Kiefernwälder) in ihrer lockeren Struktur, die die Optik der Karstwanne am deutlichsten erkennen läßt, erhalten.

#### E.4.2.2.2 Dolinen

Dolinenkonzepte sollten jeweils landkreis- oder gemeindeweise in Angriff genommen werden. Unerläßlicher Ausgangspunkt ist ein Überblick über Verluste, Zustand und Lage bereits verfallener Dolinen und rezent aktiver Einbruchgebiete sowie ein Blick auf alte Karten. Eine wichtige flankierende Maßnahme zur Sicherung von Karsthohlformen ist der Nachtrag bisher nicht erfaßter Dolinen in den Flurkarten und Meßtischblättern. Zur hohen Dunkelziffer siehe KEMENY (1985).

Pufferungsmaßnahmen sind bei unbewaldeten bzw. im Kulturland befindlichen Dolinen und Erdfällen von besonderer Bedeutung (siehe Kap. E.4.2.1). Am wirksamsten ist ein mehrfach hintereinandergestaffelter Wechsel aus Stoffentzugsflächen (z.B. 2-3schürige Wiesen) mit Abfangstreifen (z.B. Hochgrasstreifen, Raine).

Zumindest im intensiv genutzten Ackerland und/oder kahlen Landschaften gelegene Dolinen auch grünplanerisch herauszuheben: Zumindest 1 Baum oder Baumgruppe (Beispiele für Pflanzstandorte siehe Leitbild).

Entrümpelungen fortsetzen, dabei nicht halbherzig ausräumen, sondern primäre Gesteinsböschung völlig freilegen, ansonsten ist mit ständigem Einwaschen von Verfüllungsresten zu rechnen, z.B. Dolinen beim Dachsbauersfeld/WUG, S Muttenhofen b. Dietfurt/NM (Bauschutt), Zellerbachquellen S Unterbuchfeld/NM (Verrohrung herausnehmen).

Ein Standard-Maßnahmenpaket für Dolinen kann es angesichts der in den Kap. E.1.3, E.1.4, E.1.8 be-

schriebenen Ausstattungs- und Beeinträchtigungsvielfalt nicht geben. Hier kann allerdings nicht auf alle Einzelnotwendigkeiten und -problematiken eingegangen werden. Eine gewisse Kanalisierung des dolinenbezogenen Handelns wird mit folgender Gliederung nach verschiedenen Problemzonen angeboten:

#### A Offenlanddolinen in Magerrasen(wanne)

Dolinen einzeln, gruppenweise oder halbverschmolzen in großer Magerraseneinheit eingebettet, die die gesamte Karstwanne ausfüllt; Beispiele: Maierhofen/KEH, S Tennsee/GAP, Hirzneck und Geißschädel/GAP, Feuchtdolinen bei Saulgrub/GAP.

Zumindest größere, trichterförmige oder wannenförmige Dolinen im Freiland sollten nach Möglichkeit ausgemäht werden. In vielen Fällen haben sich kleinflächig an Kanten oder Versteilungen Reste einer Magerrasenflora erhalten, die nun wieder zur Ausbreitung gebracht werden können. Selbstverständlich ist der Einbezug in die Pflegemahd dort, wo größere Magerrasen und -wiesen die Erdfälle und Dolinen umgeben; oberhalb von Magerrasenhängen in Dolinen Grünlandpuffer einrichten.

#### B Almdoline(n)

Z.B. Stebergalm/GAP, Hemmersuppen-, Eschmoos-, Rauschberg-, Kohler- und Hochkienbergalm/TS, Schachengebiet/Esterberggebiet/GAP, Moosen- und Lärchkogelalm/TÖL, Priesberg-, Anthaupten-, Moosen-, Lattenbergalm/BGL, Mahdtal-Untere Gottesackerwände/OA.

Außer Entrümpelung im allgemeinen keine eigentlichen Pflegemaßnahmen erforderlich. Wassergefüllte Almtümpel (häufig mit *Eriophorum scheuchzeri*-Rasen; wichtige Bergmolchlaichstätten) vor zu starker Beanspruchung des Weideviehs bewahren (notigenfalls auszäunen). Moorränddolinen in die Weidesperrzone der angrenzenden Almhochmoore einbeziehen.

#### C Offenlanddolinen in Grünlandwanne

Z.B. N Marching/EI, Gelbensee-Grampersdorf/EI, N Biesenhard/WUG, bei Neudorf/WUG.

Obligatorische Grünlandextensivierung: Präferenzstandorte für die Regenerierung artenreicher Feucht- und Trockenwiesen auf den Ackerhochflächen der Flächenalb (Reste von Wiesenknopf-Silgenwiesen, echten Glatthaferwiesen usw. sind noch vorhanden); im Endzustand 1-2mal mähen. Beweidung als Alternative nur dann, wenn erhebliche Verlagerung (Kotanhäufung) und erosionsbegünstigende Trittbelastung vermieden werden kann. Im Falle von Schlucklöchern ist aber bei Beweidung große Vorsicht geboten.

#### D Ponorgräben, Dolinen in Karstgräben

Z.B. Ponordoline mit langem Zulaufgraben b. Otterzhofen/KEH; Kerbtal b. Rinnenbrunn 150 m rechts der Str. nach Achtel/LAU :mit Einsturzdoline u. Höhle; NW Pilgramshof/AS: 250 m langer, am Ende 3 m tiefer Ponorgraben; Ponordoline SW Buchhof/AS (im Ackerbereich; 10 m tief), Ponordo-



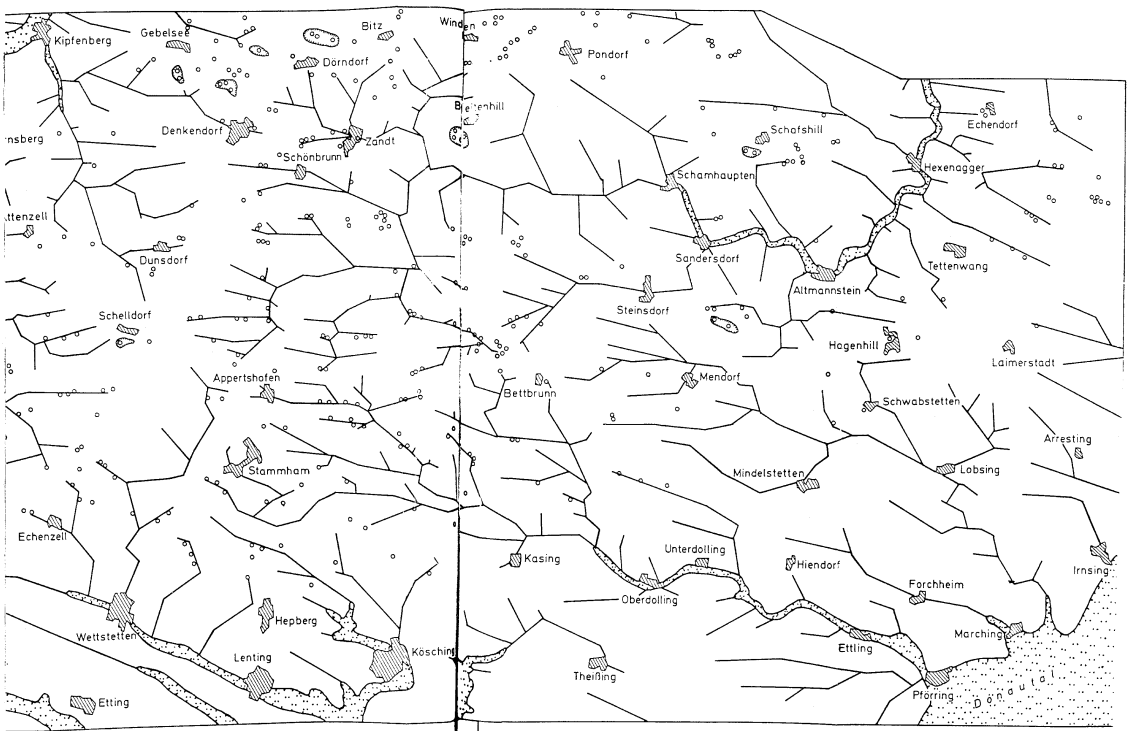


Abbildung E/16

Leitlinien des Biotopverbundes von Karstbiotopen in der Altmühl-Donaualb (aus APEL 1971)

line NW Bischofsreuth b. Königstein/AS, 2-Bäume  
Erdfall b. Michelfeld/AS.

Nach Möglichkeit querschneidende Straßen und Wirtschaftswege mit Verrohrungen verlegen (siehe Beispiele Rinnenbrunn); Ackeranteile im Kleinzugsgebiet des Ponorgrabens in extensiv genutztes Dauergrünland umwandeln; Schutt, Abfall und Auffüllungen mit besonderer Sorgfalt entfernen ("Zeitbomben" für das Höhlen- und Karstwassersystem); ansonsten wie C.

#### E Ackerumgebene Doline oder Hülbe

Z.B. Eichstätter Alb, Hochflächen zwischen den Laabertälern/NM, R, Köblitz-Wernberg/NEW.

Vorrangig ist die Bereitstellung von Pufferzonen und die Ausräumung der fast immer vorhandenen Abraummassen und organischen Abfälle. Vergebliche Liebesmüh wäre aber die Mahd in vollkommen ruderalisierten, mit Brennesseln ausgekleideten Dolinengruben. Hier sollte der tierökologische Wert der Staudenfluren den Ausschlag für Nicht-Behandlung (außer Pufferungsmaßnahmen) geben.

#### F Dorfdoline, Abwasserdoline

Alle Ortschaften mit Dolinenentwässerung, z.B. im Lkr. EI: Amtmannsdorf, Aschbuch, Arnbuch, Eglofsdorf, Grampersdorf, Kirchbuch, Meising, Kaldorf, Kevenhüll, Litterzhofen, Oberndorf, Neuzell, Paulushofen, Wolfsbuch, Wiesenhofen; Doline S Mutenhofen b. Dietfurt/NM.

Falls Abwassereinleitung weiterhin unvermeidlich, dann Zuleitung in offenen, "naturnahen" Gerinnen mit obligatorischer Brache- oder Grünland-Pufferzone; windungs- und schwellenreiche, möglichst turbulente und pflanzenreiche Filterstrecken mit einzelnen Beruhigungszonen.

Innerhalb der Flächennutzungs- und Bebauungsplanung von Weißjura- oder Muschelkalk-Gemeinden die Siedlungs- und Einwohnerzuwächse möglichst auf jene Ortsteile konzentrieren, die nicht an das Karstsystem angeschlossen sind.

Trockene Dorf(rand)dolinen (z.B. Görkau/KUL) können wie A und C gestaltet werden; u.U. auch Streubst.

#### G Walddoline

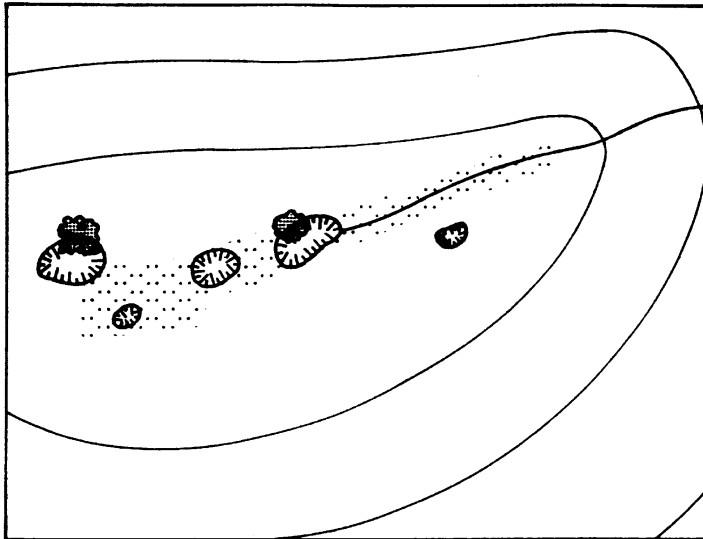
Schwerpunktgebiete: z.B. Veldensteiner-, Paintener-, Kelheimer-, Scherneck Forst.

Holzabfälle und sonstigen Abraum ausräumen; strikte Anweisung an Personal im Staatsforstbereich, weitere Einlagerungen zu vermeiden; dahingehende Waldbauernberatung.

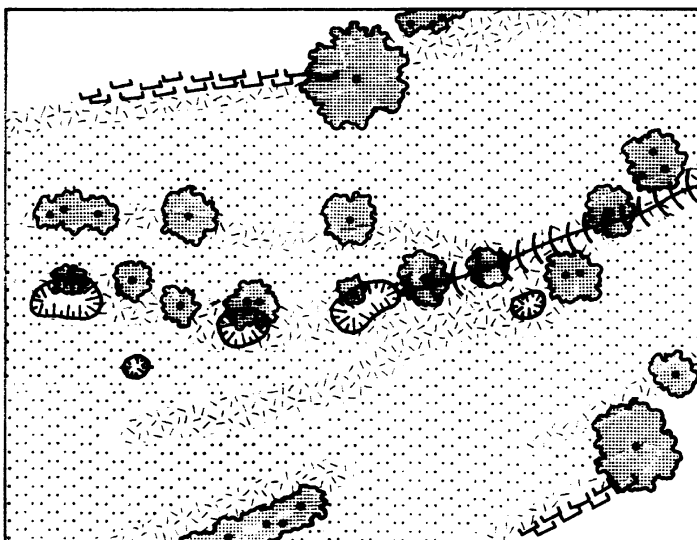
#### H (Teil)verfüllte Dolinen

Beispiele: N Wildberghof SE Ulsenheim/NEA (Bauschutt, Müll usw.), Dolinen unterhalb Sportplatz Ihrlerstein/KEH (Zuflußverrohrungen entfernen), gelegentlich überlaufend, dann in Siedlung fließend; Ortsausgang Neulohe/KEH, Maierhofen/KEH (Altlasten in Dolinenfüllung verursachen

VORHER



NACHHER











- |   |                       |   |   |
|---|-----------------------|---|---|
|  | Acker                 |  | Retentionssteigernde Umgestaltung des periodischen Dolinenzuflusses |
|  | Dauergrünland genutzt |  | Hohenlinien   |
|  | Dauerbrache           |  | Doline  |
|  | Lesestein-Berme       |   |   |
|  | Bäume, Büsche         |   |   |

Abbildung E/17

Tiefgreifende Sanierung von Ackerdolinengruppen



bei Starkregen Coli-Belastung im nahegelegenen Wasserschutzgebiet), Walddoline NE Frauenhäusl/KEH (Bauschutt, Hausmüll, Forstabfälle etc.) SW Maierhofen/KEH, 8 m weite und 3 m tiefe Ponordoline rechts des Weges Schirradorf - Leesaau/KUL, Dolinenfeld SW Roßdorf a.Berg/BA, z.T. total verf., z.B. 3 m tiefe und 5 m weite Walddoline NE Schloß Greifenstein/BA, Dolinengruppe an der Str.kreuzung zw. Hohenpözl und Huppendorf/BA (ausräumen, Schutzstreifen fehlt), NW Bischofsreuth/AS (Ponordoline mit Zulaufgraben; Verfüllung ist bereits nachgebrochen), "Auf der Höhe" W Saulgrub/GAP, N Tennsee/GAP.

Im Einzelfall Ausräumen unter Beachtung der unterschiedlichen karstgeologischen Empfindlichkeit der einzelnen Dolinentypen (siehe [Kap.E.2](#)).

### I Aktive Erdfallgebiete

Z.B. die durch Karstwasserabzug des Eisenerzbergbaues ausgelösten oder mitbedingten Erdfallgebiete bei Saaß ("Müllschlucker-Erdfälle"), "Zwei-Bäume-Erdfälle" W Reichenbach, Spechbachversinkung bei Reichenbach (vgl. ILLMANN 1986), Wiese in der Nähe des Franzosenlochs b. Etdorf/FO: z.B. 1989 neuer Erdfall mit Wasserzuleitung; Speckbach- und Flembachtal bei Auerbach/AS, Mühlbachversinkung bei Hämmerlmühle-Staubershammer (ILLMANN 1986); aktuelle "Erdfalläcker" um Ulsenheim/NEA (alljährlich neue Einbrüche, rasche Verfüllung mit z.T. bedenklichem Material); Flur "Unterer Schimmel", Hutung Weigenheim, am Hohenlandsberg/NEA, Hutung Wüstphül/NEA; Erdfallgebiet im Bereich "Hollgrube" NNW Sulzheim/SW; Erdfallgebiet in den Flurstücken des Anwesens Paulus in Hemau/R; "Wasserklinge" und andere Großdolinen b. Hemau/R: in den letzten 30 Jahren z.T. über 3 m tiefer geworden!; Leutzdorfer Doline b. Gößweinstein: am 9.3.1835 erstmals eingebrochen, seitdem in ständiger Vertiefung; "Hühnerloher Fälle" bei Gößweinstein: Sackungen begannen am 4.7.1864, seitdem nicht zur Ruhe gekommen; Schwunddoline b. Aufseß: seit 1924 in Bewegung.

Neubildungsgebiete für Gipserdfälle und Dolinen, die sich durch regelmäßig wiederkehrende Sackungen und Einbrüche verraten, nach Möglichkeit aus der intensiven Nutzung nehmen und in "einbruchstolerante" Extensivnutzung oder Brache überführen (Beispiel: Grubenfeld Leonie; siehe [Kap. E.5](#)). Wie viele Beispiele zeigen, wird der Besitzer oftmals des Grundstückes nicht mehr froh: Verluste an Wirtschaftsfläche, Unsicherheit beim Maschineneinsatz. Leider wird bis heute fast jede nutzlose, neu entstehende Vertiefung zum Müllabladen benutzt, neben Bauschutt auch "leere Behälter von Motorenöl, Herbiziden, Lösungsmitteln und synthetischen Deter-

gentien" (ILLMANN 1986). Schon deshalb ist eine Stilllegung des Einbruchsgebietes mit der Auflage des Verfüllungsverzichtes das Mittel der Wahl.

#### E.4.2.2.3 Höhlen, Grotten, Abrisse

Neue Höhlenschließungen sollten grundsätzlich nicht mehr vorgenommen werden. Sie würden die "Konkurrenzsituation" bereits bestehender Schauhöhlen, deren hohe Unterhaltungsaufwendungen oft jetzt schon nicht mehr durch die Eintrittsgelder gedeckt werden können, nur erhöhen.

Wasserführende Höhlen sollten soweit möglich von Fremdstoffzuflüssen freigehalten werden (Gefährdung von Höhlenschnecken). Höhlensäuberungsaktionen fortführen, jedoch die natürlichen Substrate dabei in der Höhle belassen.

Schöne Abris- (Hohlkehlenfelsen) an Talrändern sollten nach Möglichkeit nicht vollgestellt und dem Blick entzogen werden. Talböden freihalten.

Verzicht auf Fackeln beim Höhlenbesuch. Keine offenen Feuer im Höhleneingang. Wo sich die Verwitterung von faunistisch bedeutsamen Höhlen als notwendig erweist (Zuschußmöglichkeit nach den Landschaftspflegeleitlinien), ist diese so umsichtig vorzunehmen, daß sie sicher ist und nicht alle paar Jahre erneuert werden muß. Detaillierte technische Hinweise siehe BELZ & MENNEKES 1982: Mitt. d. LÖLF 7 (3): 46-47.

Sicherer Verschuß der biologisch und geologisch besonders wertvollen Objekte (Ausführung siehe E.2). Einzige wirkungsvolle Möglichkeit zur Erhaltung von Tropfsteinbildungen und zur Sicherung von Fledermausquartieren. Betreuung von Höhlen durch Höhlenforschungsgruppen.

Schutz- und Pflegemaßnahmen in Stollenanlagen, Stollenmundlöchern, Halden u.a. Bergbaurelikten sollten stets mit einschlägigen regionalen Fachgesellschaften abgesprochen werden, in Oberbayern z.B. mit dem "Förderkreis der oberbayerischen Bergbaugeschichte e.V."

#### E.4.2.2.4 Karsttrockentäler

Die Verknüpfung der Biotoppflege und der verbundherstellenden Maßnahmen in Karstgebieten mit den Leitlinien der Trockentalsysteme (an denen meistens auch Dolinen aufgereiht liegen) zeigt [Abb. E/16](#) exemplarisch auch für andere Albregionen. Trockentalzüge sind bevorzugt als Triftlinien für Schäfereien wiederherzurichten oder anzubieten. Schwerpunktorkommen der Rindsaugen-Föhren-Trockenwälder.

## E.5 Modellprojekte

**Vernetzungskonzepte für Gipshügel** im Steigerwaldvorland (Reg. v. Mfr., LBV):

Ankauf früher umgebrochener und planierter Kontaktflächen zu Gipshügeln mit hohem Flächenanteil eingackerter Gipslinsen (z.B. östlich anschließend an die 7-Hügel bei Marktnordheim/NEA).

**Grubenfeld Leonie bei Auerbach/AS: Entwicklung eines anthropogenen "Karstgebietes" zu einem zentralen Biotop:**

Anthropogene Erdfälle über alten aufgegebenen Erzstollensystemen der Maxhütte führten zu großflächigen Betretungsverboten und Nutzungsaufgabe (mit Ausnahme von Schafbeweidung). Die äußerst vielfältige sekundäre Kleinmorphologie führte unter dünger- und pestizidfreien Bedingungen zu einem kleinteiligen Lebensraumkomplex aus nassen und trockenen, mageren und eutrophen Strukturen, zu ausfransenden naturnahen Waldrändern, Feuchtwaldfragmenten, Abbruchkanten (auch heute noch treten Einbrüche auf), oligotrophen Kleingewässern

(Hülben), Magerrasen und Pioniergesellschaften auf Bruchflächen.

Regional bedeutsame größere Populationen von Kammolch, Gelbbauchunke, Wiesenknopfbläuling, Storchschnabelbläuling, Wachtelkönig, Eisvogel und 20 Paaren Braunkehlchen entwickelten sich. Mit einer Erbschaft engagierte sich der Landesbund für Vogelschutz, unterstützt durch den Bayer. Naturschutzfonds, hier mit seinem bisher größten Ankaufprojekt. In diesem inzwischen als NSG gesicherten "Hans-Peter-Lutz-Biotop" hat Prozeßschutz und Pflegeverzicht Vorfahrt. Geogene, wenn auch anthropogen ausgelöste Dynamik steht also in einem seltenen Gleichklang mit biogener Dynamik, Geotopschutz und Biotopschutz steigern sich hier in einem weithin nachahmenswerten Beispiel wechselseitig (vgl. SOTHMANN 1996).

Bedauerlich ist dabei lediglich, daß dies letztlich nur aus Gefahrensicherungsgründen möglich war und in verkarsteten Agrargebieten mit rezenter Erdfalldynamik bisher keine Nachahmung findet.



## F Felsen, Blockfluren, Härtlinge und Inselgesteine

*"Ein einziger kleiner Felskopf in einer ebenen Landschaft kann eine Fülle spezifischer Gesteinsbewohner tragen und damit die Diversität wesentlich erhöhen. Felsen und Irrblöcke sind nicht dazu da, wegen einiger Gabeln zusätzlichen Heues zerstört zu werden; laßt sie stehen!"*

(J. POELT 1993)

In den Felsen, Klippen und Blockbildungen tritt das Anorganische unverhüllt vor Augen. Natürliche Felsbereiche zeigen die Urkräfte der Erde wie auch das allen Ökosystemen zugrundeliegende "Muttergestein"; sie sind Geotope par excellence, gleichzeitig aber auch unersetzliche, weil seltene und hochspezifische Biotope.

Felsbildungen und -ausbisse ermöglichen "Urwelt"-Erlebnisse auch dort, wo sonst intensive Nutzungen vorherrschen. "Hier ruhest du unmittelbar auf einem Grunde, der bis zu den tiefsten Orten der Erde hinreicht, keine neuere Schicht, keine aufgehäuften, zusammengeschwemmten Trümmer haben sich zwischen dich und den festen Boden der Urwelt gelegt..." meinte GOETHE am 29. Juni 1785 auf dem Haberstein am Schneeberg im Fichtelgebirge und traf damit den plutonischen (den Erdtiefen entstammenden) Charakter des Granits.

Mythen, Sagen und phantasievolle Geländebezeichnungen ranken sich um die unerschöpfliche, oft bizarre, an Menschenwerk erinnernde Formenwelt des entblößten Gesteins. In Fremdenverkehrsprospekten und Wanderwegenetzen sind Wände, "Steinerne Meere", "Riesenburgern", "Teufelstische", "Druidenschüsseln", Riesenblöcke, Labyrinth, Felsklammen, Wackelsteine u. dgl. Anlaufpunkte in einer sonst unspektakulären Landschaft. Der Nimbus des Unzugänglichen erzeugt Verlockung - auch für einfache Spaziergänger, die dort die Kletterer bewundern oder für Eltern, die ihre abenteuerlustigen Kinder nur mit der Aussicht auf einen Kraxelfelsen zu einem langweiligen Marsch bewegen können. Dies schafft spezielle Nutzungskonflikte, die dieser Band berücksichtigen muß: die "Felspezia-

listen" unter den wildlebenden Arten (z.B. Felsbrüter, seltene Kleinmollusken, Felssteppenpflanzen) und unter den Menschen (Kletterer) treffen sich hier.

Was haben aber Felsbildungen in einem Landschaftspflegekonzept zu suchen? Gehört das kletterfreundliche "Felsputzen", das Reinigen von Magnesia und Abfällen oder gar der Schutzverbau gegen Steinschlag nun auch schon zur Landschaftspflege?

Mitnichten. Vielmehr geht es hier zuallererst um eine

- optimale Einbettung in das genutzte Umfeld,
- Steuerung des Erholungsverkehrs ("Außenpflege", vgl. LPK-Band I),
- Biotopentwicklung auf den felsbenachbarten Standorten, die eine optimale Zonation (Gürtelung, Abfolge) der Biozönosen von den tiefgründigen über die flachgründigen bis zu den bodenfreien Standorten gewährleistet (Felsen sind stets nur der Mittelpunkt einer zugehörigen Standortcatena).

Felsbildungen waren klassische Objekte des frühen Naturschutzes im 19. Jahrhundert, als Geotopschutz z.T. noch vor Biotopschutz rangierte. Leider symbolisieren sie aber auch das Dilemma einer eingegengten "Naturdenkmalpflege", also biologisch viel zu kleiner und unvollständiger, wenn auch attraktiver und kurioser "Einzelschöpfungen" und "Naturgebilde", was schon vor dem 1. Weltkrieg von H. LÖNS als "Pritzelkram" geißelt worden war (vgl. die z.T. unter 10 ha großen Fels- und Blockmeerschutzbereiche des Fichtelgebirges, die oft nur punktuellen Fels-Naturdenkmale der nördlichen Albhochfläche). Wenn sich dieser Bandteil trotzdem solchen Landschaftsinseln zuwendet, ist dies nicht als Rückwendung zur historischen "Naturdenkmalpflege", mißzuverstehen, sondern ein Mosaikstein und Handlungselement in einer umfassenderen, durch andere LPK-Bände (z.B. I, II.12) komplementierten Strategie.

### F.1 Grundinformationen

Im Zentrum dieses Bandteiles stehen **natürliche** Fels- und Blockbildungen aller Art, soweit sie **etwas Besonderes** darstellen. Dies gilt im außeralpinen Raum grundsätzlich, in den Bayerischen Alpen nur bedingt oder stellenweise. Deutlicher als im GEOTOPKATASTER wird die Einheit von Fels und Felsumfeld herausgestellt.

Zur Bezugseinheit des Geotopschutzes gehören die einem Felsgebiet optisch, morphogenetisch und ökologisch zugeordneten Blockfelder, Schuttfelder, Ergänzung- und Ausweichhabitate für felsbewohnende Wirbellose und bodenlebende Wirbeltiere. Wo ein Biotopkartierer ein Fels- oder Blockgebiet wegen Lage im Wirtschaftswald (bayerische Sonderregelung), naturferner Nutzung wie Fichtenrein-

bestand oder Intensivweide nicht mehr erfassen würde oder dürfte, kann es trotzdem als Geotop und potentieller Biotop von Bedeutung sein.

Felsen, Blöcke und Blockansammlungen sind Attraktionspunkte, erdgeschichtliche Kennmarken, meist artenschutz wichtige Sonderbiotope, im Regelfall aber keine "Pflegefläche" (siehe oben).

Der Einfachheit halber werden felsverwandte Phänomene wie (weitgehend) bewachsene Härtlinge von besonderer erdgeschichtlicher Aussagekraft und landschaftlicher Wirkung sowie (i.d.R. morphologisch hervortretende) isolierte oder seltene Gesteinsausbisse ("Inselgesteine") mitbehandelt, die als bedeutende natürliche Aufschlüsse, als ebenfalls

besonderer Beachtung bedürfen. Gemeinsames Kriterium ist die Formung bzw. Herauspräparierung durch **Verwitterungsprozesse**, also nicht in erster Linie durch die Arbeit des Gletschereises und fließenden Wassers (siehe Teil C: Gletscherschliffe, Rundhöcker, Findlinge sowie Teil D: Strudeltöpfe, Strömungshohlkehlen alter Täler usw.). Trotzdem wäre die abstraktere Sammelbezeichnung "Verwitterungsformen" unzweckmäßig, weil

- auch primär "vulkanogene", "meteoritische", z.T. auch "fluviale" und "glaziale" Formen sekundär durch Verwitterung und Abtrag überprägt oder nachgeschliffen werden,
- der wichtige Teilaspekt der "seltene", isolierten oder fensterartig aufgeschlossenen Gesteinsinseln verdeckt würde,
- viele Blöcke durch **periglaziale Transportvorgänge** (Bodenfließen, Abgleiten auf Permafrostboden oder Hängeeis; siehe Teil C) oder Absturz in ihre heutige Lage gebracht wurden.

Die notwendige Erweiterung um "Härtlinge", "Inselgesteine" usw. sei am Beispiel des ostbayerischen Pfahls illustriert. Er präsentiert sich stellenweise als Felsriff, dann wieder als relativ niedriger vegetationsbedeckter Wall oder Härtling oder auch als abweichender bandförmiger Bodenbereich. Der erdgeschichtliche Signalwert und der Biotopverbundwert erschöpft sich nicht in den Pfahlfelsen, sondern verbindet sich genauso mit den anderen Pfahlausprägungen. Ähnliches gilt für viele ökologisch, gesteinskundlich und erdgeschichtlich herausstechende Gesteinsvorkommen, die einmal als Einzelfels, dann wieder als schütter bewachsene Rippe oder gar nur als ebener, aber ökochemisch spezifischer Bodenausschnitt in Erscheinung treten. Gelegentlich empfiehlt sich der Einbezug anthropogen mitgestalteter Felsbildungen und Halden, da auch diese geochemische Inselstandorte von hoher Bedeutung darstellen können (siehe aber Teil B).

Überlappungen mit anderen Geotoptypen sind natürlich unvermeidbar. Beispielsweise könnten viele Talrandfelsen, fließwassererzeugte Schlucht- und Klammwände zu den Talbildungen (D) gestellt werden. Im Interesse einer einheitlichen Darstellung der Nutzungs- und Erholungsproblematik aller "Felsen" werden sie jedoch hier behandelt. Im Teil C "verbleiben" allerdings die Gletscherrundhöcker, -schliffe und -findlinge, im Teil H und I die letzten Endes auf das Riesereignis oder den jüngeren Vulkanismus zurückgehenden Formen.

### F.1.1 Das Formenspektrum der Felsen und Inselgesteine

Wegen ihrer ganz verschiedenen landschaftsgestalterischen Ansprüche und Biotopbedeutung wird im folgenden unterschieden in: anstehende Felsbereiche (**Kap. F.1.1.1**), Blockbildungen im weiteren Sinne, Felsstürze, Schutthalden (**Kap. F.1.1.2** - F.1.1.4, S. 338), Abbauhalden (F.1.1.5), Härtlinge, Traufkanten, Schichtstufen (**Kap. F.1.1.6**, S. 341) und seltene oder Inselgesteine (**Kap. F.1.1.7**, S. 341).

#### F.1.1.1 Felsbereiche, Gesteinsdurchragungen

Als "Felsen" werden hier alle die Vegetations- und Bodendecke durchragenden anstehenden Gesteinspartien bezeichnet. Sie wurden aufgrund ihrer größeren Widerstandsfähigkeit und Verwitterungsresistenz aus dem weicherem Umgebungsgestein herauspräpariert, blieben als Restbastionen laufend vom Rand her erodierter und/oder ausgelaugter Massive stehen (z.B. Karstfelsen, die z.T. erst nach jahrhundertelanger Überdeckung mit Kreideschichten wieder an die Oberfläche kamen) oder wurden in Bach- und Flußeinschnitten angeschnitten (siehe Teil D und B).

Felsen sind die auffälligsten, morphologisch wie farblich abstechenden Elemente der natürlichen Erdoberfläche. Sie repräsentieren einen ökologisch hochspezifischen Extrempunkt im Spektrum der Lebensräume, gewissermaßen als Gegenpol zu den Gewässern. Die Eigenschaften des Primärsubstrates kommen, unverhüllt und ungedämpft durch Boden- und Vegetationsüberzüge, zur Wirkung. In den Felsen zeigt sich stets aufs neue die stete Abtrags- und Formungsarbeit natürlicher Kräfte: Steinschlag im Hochgebirge, aber auch an Mittelgebirgs- und Jurahängen, donnernde Felsstürze (z.B. 1978 am Hohlen Berg bei Muggendorf/Wiesentalb). Auch außerhalb der Alpen bietet Bayern eine große Vielfalt an Felsgebilden verschiedenster Gesteinsarten, die hier nur grob kategorisiert werden können. Viele der bizarrsten und oft sagenumwobenen Formungen liegen im Jura und Mittelgebirge, teilweise sogar im felsarmen Hügelland.

Felswände: bildeten sich im Zuge der Gebirgsbildung durch die Kombination von tektonischer Hebung und Abtrag bzw. linearer Fließwassererosion, häufig auch an tektonischen Leitlinien (Brüche, Überschiebungsgrenzen usw.). Wandfluchten und Felsstürme entstanden häufig an (fossilen) Durchbruchstätern in widerstandsfähigen Gesteinen (Kastentäler, Schluchten oder Klammen; siehe Teil D). Bei ungliedertem Felsaufbau, wie er insbesondere bei steil aufgerichteten Schichtbänken (z.B. Stuiben-Nord/OA) und/oder homogener Riffkalkausbildung (z.B. Felsstürme des Oberrätalkalks, Schwammriffkalk) entsteht, siedelt sich nur spärliche, unregelmäßig verteilte Vegetation auf der Felsoberfläche an. Die Bedeckung mit Moosen und Gefäßpflanzen wird mit zunehmender Meereshöhe, Verwitterungsaktivität und Gesteinsbrüchigkeit immer geringer.

Felsbastionen: langgezogene Steilabstürze an der Traufoberkante oder an Zeugenbergen; kennzeichnen harte, flachlagernde Schichtstufen vor allem am Albtrauf, weniger auffällig da und dort auch im Rhätsandstein (z.B. Obermainisches Bruchscholengebiet). Sie bekrönen Auslieger und Zeugenberge, die durch flächenhaften Landabtrag im Tertiär und durch quartäre Tiefenerosion untergraben wurden und immer wieder nachbrachen. Typische Beispiele: Ehrenbürg/FO, Göräuer - Zultenberger Anger/KUL, LIF, Staffelberg/LIF (ins Gigantische gesteigert natürlich in den Alpen: z.B. Ifen - Gottesackerwände, Besler/OA, Aschenthaler Wände/RO, Reitalpe und Untersberg/BGL, dort aber außer-

halb der hier angewendeten "Geotop"-Dimension). Riffdolomitkuppeln der nördl. Frankenalb bilden ringsum geschlossene, nordseitig aber meist imposantere Felsbastionen (Knocks, Cockpit-Landschaft, Kleintafelberge).

Felstürme und -nadeln: vor allem in der Frankenalb (Schwammriffnadeln im Leinleitetal/BA, Tüchersfeld/BT u.a.), in den Kalkalpen (z.B. im Haupt- und Ramsaudolomit, so etwa Steinerne Agnes/Lattengebirge, Krottenspitzen und Kratzer/OA) und sogar im Nagelfluhgebirge (z.B. Siplinger Nadeln/OA). Sie laufen oberseits oft konisch aus, so daß keine vegetationsbegünstigenden Plateauflächen entstehen. Große turmartige Massive der Alpen wie z.B. die Aptychenkalkzacken des Schneck-Himmeleck, der Salober an der Höfats/OA, die Trettachspitze/OA, der Geiselstein/OAL, das Ettaler Mannl/GAP, der Plankenstein/MB oder der Felsturm an der Gedererwand/RO seien nur am Rande erwähnt, da sie entweder die Geotopdimension deutlich überschreiten oder keinen nennenswerten Handlungsbedarf bedingen.

Wollsack-, Kissen- und Matratzenbildungen des Grundgebirges: An Felsfreistellungen des Granites, Granodiorites, manchmal Sand- und Kalksteines wittern Klüfte und Schichtfugen aus, so daß kissen- oder wollsackartige Felspakete entstehen. Wollsackfelstürme enden i.d.R. in einem kleinen Plateau, auf dem Bodenbildungen und sogar Waldfragmente Platz haben. Felsnischen und Überhänge im Wandfußbereich (z.B. mit Leuchtmoos *Schistostega osmundacea*) sind regional sehr charakteristisch, z.B. an Sandsteinfelsen. Nahtloser Übergang zu Blockbildungen und gr. Blockhalden, die häufig aus wollsackartigen Verwitterungsresten bestehen.

Felsformen verschiedener Gesteinsarten: Nach Erscheinungsbild, Klettertechnik, Substrat und Biotopstruktur (Risse, Spalten, Klüfte und Fugen, Steilheit, Gesimse mit Bewuchs, Schuttbildung usw.) sehr unterschiedliche Felsstandorte bilden z.B.:

- Granit: überwiegend Felsburgen (und Steinbuckel) auf Hochpunkten der Grundgebirgslandschaft mit Matratzen- und Wollsackbildungen (siehe oben), seltener als langgezogene Wand, viele glatte Felsoberflächen;
- Gneis und Phyllit, Tonschiefer: i.d.R. sehr grabbänderreich gegliedert (z.B. Zwercheck/FRG, Osser/CHA), aber auch strukturarme Steilwände (z.B. Kl. Arber und Keitersberg/REG);
- Pfahlquarz: hohe bewuchsarme, aber unregelmäßig gegliederte Wände (z.B. Weißenstein/REG), meist aber sehr spalten- und humustaschenreich (Kiefern), wenn auch gesteinsbedingt sehr pflanzenfeindlich (extremer Wasserhaushalt);
- Diabas (Schalstein): spaltenarme, rundlich-unregelmäßig geformte dunkle Felsen; an den wenigen wandartigen Abbrüchen (z.B. König David/HO, Berneck) sehr stark durch Grabbänder, Felsrasen und Trockengebüsche gegliedert;
- Massen- und Riffkalke/-dolomite: oft recht struktur- und bewuchsarm (vgl. [Abb. F/7](#)); bieten die höchsten (bis zu 60 m) und längsten außeralpinen Wandbildungen Bayerns (z.B. Fal-

kenwand bei Prunn/KEH, Röthelbachwand im Wiesentgebiet);

- Schichtkalk, Mergelkalk: viel strukturreicher als Riffelfelsen; bilden viel feineren und feinerdereicheren Schutt; geringere Wandhöhen
- Kieselkalk, Radiolarit, Aptychenschichten (nur Alpen): "saure" Substrate, hier nur am Rande erwähnt (siehe "Inselgesteine"); stark abweichende Felsflora; z.T. stark geschichtet und rasenbänderreich;
- Sandstein (Rhät-, Dogger-, Coburger Sandstein, kleinflächig auch Felssandstein innerhalb der Buntsandsteinformation): im allgemeinen recht fugenreich und bewuchsfreundlich meist in Talrand-, Schlucht- oder Trauflage; im Burgsandsteingebiet um Nürnberg auch als Härtlingsrippen mit wollsackähnlichen Bildungen;
- Nagelfluh (Molasse, alteiszeitl.Schotter): außeralpin stets als Talrandabbrüche oder Schluchtrandfelsen, i.d.R. sehr grob gebankt (Grenzen glazialer Sedimentation); charakteristisch sind massige Sturzblöcke und die Abwitterung von Schotterkomponenten.

Merkwürdige Felssonderbildungen: z.B. Felstore (z.B. an der Hochplatte/Ammergebirge, Lochsteine im Veldensteiner Forst), gesichts-, figuren- oder tierähnliche Felstürme, mit "Hälsen" und "Tailen" (z.B. "Richard-Wagner-Felsen" am Arber, "Gundl am Backofen" am Heuberg/RO, "Steinerne Agnes" im Lattengebirge/BGL), Fels- oder Gletschertische (z.B. am Göll und Watzmann/BGL), Felsüberhänge, kopfartige Vorwölbungen (erzeugen regenarme, oft nährstoffreiche Sonderstandorte, Hohlkehlen/Abbris/Balmen (z.B. unt. Altmühltal, Püttlachtal, Laabertal, Kleinziegenfelder Tal), "Schwammerlfelsen" (pilzartig geformte Schwammriff-Einzelfelsen, z.B. unteres Altmühltal). Viele Beispiele siehe F.1.6.

Besondere Verwitterungsformen auf Felsoberflächen: gesteins- und klimaabhängig sehr unterschiedliche mikromorphologische Felsoberflächenstrukturen; nicht nur geomorphologisch-geologisch sondern auch klettertechnisch und felsökologisch von größter Bedeutung.

Tafonibildungen und Bröckellöcher: loch- bis wabenförmige Kleinstverwitterungsformen auf verkrusteten Gesteinsoberflächen; entstehen durch Einwirkung von Wasser, Salz, Temperaturunterschieden; bevorzugt auf Massengesteinen in relativ ariden Gebieten; durch chemische Verwitterung kann Limonit, Kalk oder Kieselsäure entfernt werden; aus den Zwischenräumen bröckeln dann die freigelegten Gesteinsreste heraus; übrig bleiben zellige Aushöhlungen in Gesteinen (Waben), deren Oberfläche nicht verkrustet ist, deren Inneres jedoch häufig durch Inkrustationen von Limonit zellig gegliedert wird. Vor allem auf Sandsteinen, selten auch in Graniten; in Bayern vor allem in einigen Keuper-sandsteinformationen Nordbayerns: Rhät-, Coburger Sandstein usw., z.B. am Ostrauf der Haßberge, im Coburger und Lichtenfelser Land, wenn auch nirgends so schön ausgebildet wie z.B. im Luxemburger Sandstein oder an der portugiesischen Algarve, z.T. auch im Buntsandstein. Sogar an Gneisfel-



sen des Oberpfälzer Waldes treten bisweilen tafelnähnliche Gesteinsaushöhungen auf. Wabensandsteinbildungen, z.B. im Raum Sesslach-Altstein (CO) oder Burgkunstadt/LIF, schaffen ein sicherlich für Mollusken, nestbauende Insekten, Felsalgen, Flechten und Moose bedeutsames Mikromosaik an Mini-Rippen und Mini-Grotten.

Eng verwandt sind die in Teil E aufgeführten Napf- und Lochkarren auf Karbonatgesteinen, die Gipsauslaugungs-Kleinstformen der Raibler Rauwacken in den Bayerischen Alpen, die in den Kalkalpen häufigen Zellenkalken verschiedener Schichtglieder. Größere Karrenformen im Karbonat der Frankenalb und der Kalkalpen, Schlotten im Grundgips, geologische Orgeln in alt- und mitteleiszeitlichen Nagelfluhabstürzen werden eingehender unter E und C behandelt.

Opferkessel / Felsschüsseln: Wannenbildungen meist auf Graniten und Gneisen im Kristallin, seltener auf Sandsteinblöcken; entstehen unter den herrschenden klimatischen Verhältnissen auf waagerechten oder gering geneigten Felsflächen durch ein Zusammenwirken aus chemischer, biologischer und mechanischer Verwitterung (CZUDEK et al. 1964). Auswitternde Abflußrinnen können mehrere Opferkessel miteinander verbinden; treten sogar selten auf Silikatfindlingen im Alpenvorland auf (z.B. "Druidenstein" bei der Sunderburg/FFB). Die "Schlüsselsteine" auf kreidezeitlichen Kallmünzerblöcken der Frankenalb (z.B. bei Krottensee/LAU) erklärt CRAMER (1932) durch Wurzelätzung feuchtigkeitsliebender, kieselsäurereiche Standorte bevorzugender Algen und Moose. Viele Beispiele siehe F.1.6.

### F.1.1.2 Blockmeere, -felder, -bildungen

Im Unterschied zu den "Felsen" haben sich hier Gesteinspartien von ihrer Unterlage abgelöst, liegen noch in der Nähe (Gesteinszerlegung) oder wurden vorwiegend durch Bodenfließen verlagert. Heute in Ruhe oder nur in geringer Bewegung. Sie liegen im allgemeinen nicht unterhalb von größeren Felswänden und erhalten keinen Gesteinsnachschieb mehr. Ihre urweltliche Ausstrahlung verschaffte ihnen seit jeher Beachtung im Naturschutz. Der Geotopschutz stößt hier allenfalls da an gewisse Grenzen, wo großflächige Blockstreuungen (periglaziale Wanderschuttdecken) ganze Steilhänge überziehen (z.B. Böhmerwaldhauptkamm). Blockdecken können Hänge, Plateaus und Gipfel überziehen, häufig sind Gesteinspartien an Ort und Stelle zerfallen, die Transportentfernungen sind dann sehr gering. Viele Basaltblockmeere, Gipfelblockmeere des Böhmerwaldes und Fichtelgebirges, Kalkblockmeere der Bayer. Alpen verhüllen den blockliefernden Felsuntergrund völlig.

Unterschied zu Schutthalden (F.1.1.4): vorherrschend grobblockig; Bildung weitgehend abgeschlossen; kaum rezente Bewegung und Blocknachlieferung.

Umfassende Charakterisierung siehe Univ. Bayreuth: Tag.ber. Symposium "Lebensraum Blockhalden" am 6./7.9.1996.

Nach Lage, Entstehung und Blockdichte lassen sich unterscheiden:

Blockmeere (Blockschuttgipfel, Gipfel-Blockmeere, Plateau-Blockfelder): gipfel-, plateau-, oberhang- oder hangschulterüberziehende Grobblockansammlungen, die nur wenig transportiert wurden und weitgehend aus der Abwitterung in situ hervorgehen. Gefälle im allgemeinen geringer als bei Block- und Schutthalden; geschlossene Zerblockungen vor allem in Grundgesteinen (insbesondere Granit), Basaltdecken (z.B. östl. Fichtelgebirge, Hochröhön, Schwarze Berge), gelegentlich auch Massenkalken der Nordalpen (z.B. Blockfeld Tatzelwurm/RO). Geschlossene, vorwiegend im Tertiär und Glazial losgewitterte Trümmerfelder befinden sich schwerpunktartig an Flachhängen bis 20°, manchmal aber auch an steileren und flacheren Hängen. Periglaziale Wanderschuttdecken waren schon ab Hangneigungen von 5° in Bewegung (HAUNER 1979).

In Felsburgen und -labyrinthen (vgl. Abb. F/1, S. 339) vor allem der nordostbayerischen Kristallgebirge sind die übereinandergetürmten und -gestürzten Massen noch eng mit autochthonen Felsfreistellungen verknüpft. Zwischen abgekippten Riesblöcken und Felstürmen eröffnen sich große, saalartige Nischen, Grotten und Schluchten, die häufig eigene Namen führen (z.B. am Haberstein-Schneeberg, Luisenburg). Die biotopstrukturelle und mikroklimatische Vielfalt ist außerordentlich groß.

Blockhalden, Hangblockfelder: Vorwiegend überkopfgroße Blockansammlungen, die hangabwärts transportiert wurden (und werden); meist rel. steil; ziehen sich von zerblockenden Felsfreistellungen (z.B. Steinernes Meer am Plöckenstein/FRG, Kaitersberg-Blockfelder/CHA, Saulochklamm/DEG, Bolgengranit im Wildflynch der Hörnergruppe/OA) oder vom Rand einer zerblockenden Festgesteinsdecke (z.B. Ränder der Basaltplateaus über Buntsandstein oder Muschelkalk, zu Bachtälern abbrechende Quarzrestschotterdecken des südostniederbayerischen Hügellandes) nach unten; manchmal eindrucksvolle Beispiele für saure Gesteinsinseln in einer vorherrschend basischen Landschaft (z.B. Granitblockfeld am Bolgen/OA); manchmal auch umgekehrt (Malmböcke über Eisensandstein).

Blockstreuungen: Blockfelder mit starker Zerstreuung des Blockmaterials; keine geschlossene Überdeckung. Schließen meist unterhalb geschlossener Blockfelder im Grundgebirge an. Darüber hinaus: Trümmerrelikte erodierter Sedimentdecken (z.B. der Transgression des Oberkreide- oder Tertiärmeeres über der Frankenalb: "Kallmünzer"- und Limonitblöcke der östlichen Frankenalb, Kieselblöcke des Neuburger Jura).

Wanderblöcke (Restlinge, Findlinge) der ostbayerischen Mittelgebirge, z.T. auch des Juras und des südostniederbayerischen Quarzrestschottergebietes überwandern ansehnliche Strecken; z.T. liegen sie auf anderem geologischen Untergrund. Beispielsweise liegen die untersten Granitblöcke der Luisenburg/WUN auf Phyllit. Gletscherfindlinge (erratische Blöcke) treten natürlich nur im Bereich der

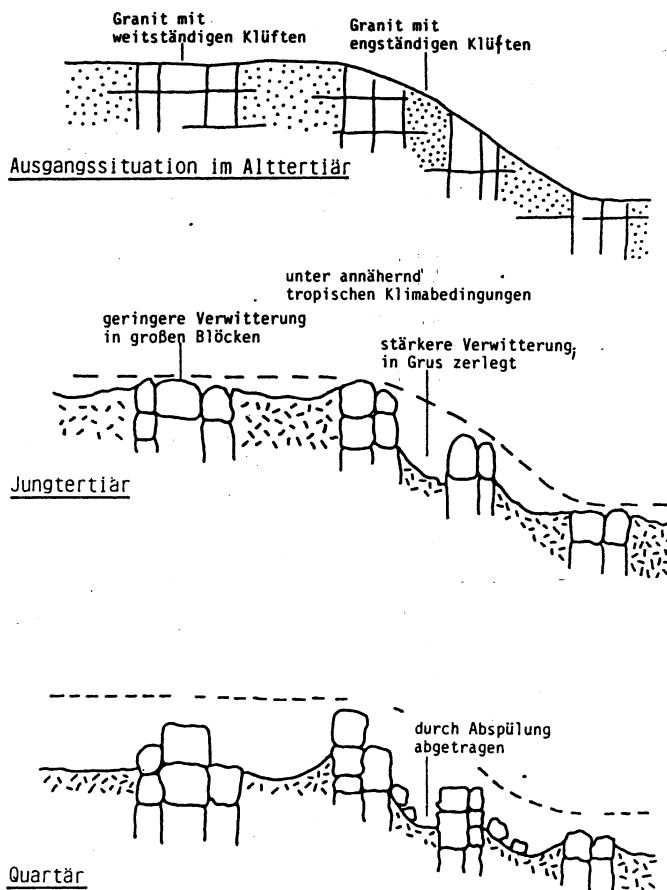


Abbildung F/1

Bildung von Felsburgen (nach BRAUN 1969)

südbayerischen und Böhmerwald-Vereisung als große, kantengerundete Einzelblöcke von ortsfremdem Material in Erscheinung. Sie wurden während der Vorstoßphasen des Eises transportiert und nach dem Abschmelzen des Gletschers abgelagert (siehe Teil C). Im glazialen Treibeis transportierte Eisdriftblöcke treten in den Flußtälern auch weit nördlich der Vereisungsgrenze auf.

Blockströme: hier ziehen sich die solifluidal (periglaziales Bodenfließen) transportierten Einzelblöcke oft etwas auseinander und über größere Entfernungen in Hangrinnen oder Täler hinein. Die Verknüpfung mit aktuellen Feuchtstandorten, Sicker- und Quellfluren ist hier oft charakteristisch (z.B. Nordfuß des Fichtelgebirges, Falkensteiner Vorwald, Saldenburger Bergland, Finsterau-Annabrunner Waldhufenfluren im Böhmerwald, Rhät-sandsteinblockströme im Itz-Baunach-Bergland). Blockströme reich(t)en oft bis in den Agrarbereich, sogar in Ackerlagen hinein (z.B. Regenknie).

Durchflossene Blockströme: Abgeglittene Blöcke sammelten sich im Taltiefsten zu regelrechten Blockströmen, an deren Hohlräume vom Bach durchflossen werden, z.B. an der Hochrhön-Ostabdachung (z.B. Eisgraben), im Oberpfälzer Wald (z.B. Waldnaab-, Ascha-, Lerau-, Girnitztal), Falkensteiner Vorwald (z.B. Hölle bei Wiesent) und östlichen Tertiärhügelland (Quarznagelfluhblockströme), selten sogar als Findlingsblockströme im

Alpenvorland (z.B. bei Reichertsheim/MÜ, Steiner-ner Graben W Utting/LL; vgl. Teil C).

#### Prozeß der Blockbildung:

Verlief im Grundgebirge in folgenden Phasen (MENSCHING 1960):

- 1) Intensive Tiefenverwitterung im feucht-heißen bis wechselfeuchten Tertiär-Klima bereitete das feste Gestein auf und zerlegte es in große Blöcke (tertiäre Wollsackbildung). Schwerpunkte der Wollsackverwitterung sind Massengesteine (Granite und Gneise) und dickbankige Sedimentgesteine mit ausgeprägter Horizontal- und Vertikalklüftung.
- 2) Im eiszeitlichen Periglazialklima gerieten Blockmassen innerhalb der Fließerde auf dem gefrorenen Boden in Bewegung oder wurden durch Frosthhebung und Abfließen der Feinerdedecken an der Erdoberfläche freigelegt. Unterlagernde Feinmaterialien, wie z.B. tertiäre Lagen unter den Rhön-Vulkaniten, haben z.T. wie ein Schmiermittel diese Bewegungen begünstigt.
- 3) Seit der Eiszeit wurden die Gesteinsblöcke durch Ausspülung und Auswehung weiter freigelegt. Auch rezent gelangen immer neue Blöcke an die Erdoberfläche.

Der **Lebensraumcharakter eines Blockfeldes** (siehe 1.3) ist bestimmt durch

- die Gesteinsart (basisch/sauer usw.);
- die Blockgröße: Gneis- und Granitblockmeere bestehen aus überwiegend größeren, heute wenig bewegten oder unbeweglichen Trümmern, Basaltblockfelder aus Säulenbasalt aus viel kleineren, z.T. noch bewegten und nachrollenden Bruchstücken, Diabasblockhalden aus größeren bis kleinen Stücken, Kallmünzer Quarzitsandsteinblöcke auf der Frankenalb sind kaum über 1 m<sup>3</sup> mächtig;
- die Tiefe und Feinerde- bzw. Streuarmut der Blocklage (Blockmeere können mehrere Meter tief und feinerdefrei sein, was Baumbesiedlung verhindert);
- die Hang- und Höhenlage: windgefegte und schneearme Gipfelflagen, dauerfeuchte Schluchtstandorte, Mittelhänge usw.

### F.1.1.3 Felsstürze, Sturzblöcke, Sturzblockmassen

Durch Absturz großer Felsmassen, meist in der Eiszeit und frühen Nacheiszeit entstandene Blockmassen mit äußerst ungleichen Trümmergrößen (Feinschutt bis Hausgröße). Viele Felsstürze sind Jahrzehnte nach dem auslösenden Hauptereignis weiter aktiv. Spektakuläre rezente Großabbrüche demonstrieren in grandioser Weise den natürlichen Abtragsprozeß der Gebirge (Prozeßschutzflächen; mit die interessantesten "Freilandlabors" der Natur; so etwa die Bergsturzbereiche von Hinterstein/OA, auf der Klebalp/OAL, hier sogar Mooraufstauchung, und am Schrofen bei Brannenburg/RO). Zu den damit oft verbundenen Schwemmkegeln siehe Teil D, zu den ebenfalls oft (bergseitig) anschließenden Schutthalden siehe F.1.1.4. Mit Bergstürzen eng zusammenhängende Rutschhänge und Fließströme siehe Teil D und B.

Manche alpine Bergstürze wurden durch spätglaziale Eisbewegungen noch moränen- und rundhöckerartig überformt sowie durch Toteiserscheinungen (mitgerissene, durch Bergsturzmassen überdeckte und später ausgeschmolzene Eismassen) zusätzlich gestaltet (vgl. Teil C). Sturzblockfelder entwickeln eine eigene Dynamik.

Bilden innerhalb intensiv genutzter Alm- und Bergwaldregionen landschaftliche Höhepunkte von großer Naturnähe; besonders landschaftsprägend an den Karhängen der Allgäuer Nagelfluhketten, unterhalb von Wettersteinkalk-, Schrattealk-, Dachsteinkalk- und Plattenkalkabstürzen, aber auch an Riffdolomit- und Malmkalkwänden des Frankenjuras (z.B. Zentralbereich des TÜP Hohenfels/NM).

In außeralpinen Felssturzbereichen ist der urwüchsig-nutzungsbedeutsame und azonale Charakter relativ noch bedeutsamer als in den Alpen. Man denke etwa an die

- großen Gneistrümmernmassen der Seewände an Arber und Rachel sowie auf der tschechischen Seite des Künischen Gebirges, die höchst naturschutzbedeutsame Mosaik aus Fichtenurwäldern, Felsfluren, Quellfluren, Kleinmooren und

Lavinarfluren bedingen und letztlich die Holznutzung herausgehalten haben;

- abgeglittenen und eingestürzten Sandsteinfelspakete in den Rhätschluchten Mittel- und Oberfrankens (z.B. Schnittlinger Loch/RH, Wolfsschlucht/BT);
- zusammengestürzten Jurafelsen, z.B. auf gamma-Kalk abgeglittener Delta-Dolomit-Pfeiler am Lochberg bei Pegnitz/BT;
- ausgedehnten Rutschblockfelder des Malms auf Ornatenton. Beispielsweise sind am Westhang des oberen Püttlachteales E Eschernberg (BT) ganze Schichtpakete des Malm-beta abgerutscht und antithetisch auf 150 m Breite gegen den Hang gestellt.

Bergsturzgebiete ragen stets durch extremen Arten- und Strukturereichtum, durch in sich geschlossene naturnahe (Nutzungserschweris!) Biotopseinheiten aus der übrigen Landschaft heraus, z.B. aus fichten-dominierten Forsten (z.B. Nordfuß des Breitensteins/MB und Rauschberges/TS, Spatenaualm/RO) oder aus relativ intensiv genutzten Lichtweiden (z.B. Rappental und Nordkare des Stuiben-Rindalphorns/OA). Wildromantische Blockfichtenwälder ("Märchenwälder", ASPLENIO-PICEETUM), Ahorn-Buchenwälder und andere Blockwaldgesellschaften stocken inselartig darauf (siehe F.1.4).

### F.1.1.4 Schutthalden

Feinstückiger als Blockhalden; vorwiegend durch rezente Dynamik geprägt: heute noch in Bewegung, erhalten im Regelfall immer noch Nachschub aus aktiven Felswänden, zu deren Fußzone sie gehören; siehe F.1.1.1); Stückgrößen nehmen im Durchschnitt von oben nach unten stark zu (Sortierung). alle Übergänge zu Blockhalden ("Blockschutthalden" enthalten neben Schutt auch größere Blöcke) und Schwemmfächern, mit denen sie oft räumlich zusammenhängen (siehe Teil D).

Natürliche Schutthalden sind grundsätzlich wertvolle und schutzwürdige Geo- und Biotope. Sogar im Alpenraum, wo sie erst ab der subalpinen Stufe zu den "normalen", in größere Biotope eingebetteten Erscheinungen gehören, großflächig aber nur unterhalb sehr hoher Wandfluchten auftreten, kennzeichnen sie besondere Vorrangzonen des Naturschutzes und landschaftliche Höhepunkte (z.B. oberes Wimbachgries/BGL, Geigelstein-Ostwand/TS, Schinderkar/MB, Schöttelkarspitze/TÖL, Dammkar/GAP, oberes Höllental/GAP, Mindelheimer und Waltenberger Haus/OA).

Zum Kernanliegen des Geotopschutzes gehören sie nur im außeralpinen Raum und in den tieferen Lagen der Bayerischen Alpen, weil hier vielerlei Gefährdungen bestehen und besondere Vorkehrungen getroffen werden müssen. Außeralpine Hauptverbreitung an der Grenze Weißjura/Braunjura, z.B. Kalkscherbenhalden bei Beilngries/NM oder Pappenheim/WUG, sicherlich manchmal im Zusammenhang mit frühgeschichtlicher Materialgewinnung (keltische Oppida) oder alten Steinbrüchen entstanden (MILBRADT mdl.). Seltener im kristallinen Grundgebirge, wo dafür die periglazial entstande-

nen Blockhalden charakteristisch sind (Ausnahme: auch rel. kleinstückige Diabashalden im oberfränkischen Selbitztal oder an der Fränkischen Linie).

#### F.1.1.5 Abbauhalden

In Ermangelung eines eigenen Bandteiles "anthropogene Geotope" sollen hier auch die alten Abraumhalden historischer Bergbautätigkeit erwähnt werden, die insbesondere für den Frankenwald und bestimmte Teile des Bayerischen Waldes (z.B. Bodenmais), der Bayerischen Alpen (z.B. Riedboden bei Mittenwald, Kressenberg) und des Molasseberglandes (Pechkohlenabraumhalden im Raum Hausham, Penzberg, Peiting) bezeichnend sind (vgl. aber Bandteil B "Bergbaus Spuren" sowie F.1.1.7 Inselgesteine). Insbesondere die schwarzen, hochbeweglichen Schieferhalden des Frankenwaldes und Vogtlandes sind standortökologisch und biologisch Sonderstandorte von hohen Graden und ein naturraumprägender Faktor. Alte Abraumhalden sind relativ von größter Bedeutung, wo natürliche Felsausbisse nur spärlich vorhanden sind (z.B. Frankenwald, Münchberger Hügelland und Schiefervogtland).

#### F.1.1.6 Härtlinge, Traufkanten, Schichtstufen

Es geht hier um morphologisch auffällige, als geologische Leitlinien und Biotopsonderstrukturen hervortretende Rippen, Härtlinge, Auftragungen, Kanten und Stufen aus Festgestein, die weitgehend oder großenteils mit einer Vegetations- und (oft sehr dünnen) Bodenhaut überzogen sind und nicht in erster Linie auf Eis-, Wind- oder Fließwasserformung, sondern auf Verwitterung zurückgehen. Das Anstehende tritt uns zwar nicht ganz nackt entgegen, ist hier aber immer noch viel landschafts- und biotopbestimmender als in anderen Landschaftsteilen. [Abb. F/2, S. 342](#), gibt beispielhaft einen groben Gesamtüberblick morphologischer Leitstrukturen für West-Oberfranken und Ost-Unterfranken, entlang derer sich Fels-, Trauf- und Stufengeotope kettenartig häufen.

Viele dieser Bandstrukturen sind Träger von Felsfreistellungen, deren Biotopverbundzone sie bilden (vgl. F.1.1.1).

Bei großdimensionierten Hauptkonturen der Landschaft (z.B. Hauptverwerfungslinien und Grabenbrüche, Alb- und Keupertraufkanten, Hauptstufen der Grundgebirgstreppe Ostbayerns, durch Wettersteinkalkmauern und Rhätkalkriffe markierte Muldenzüge der Oberbayerischen Voralpen, Molassehärtlingszüge im Allgäu, die den unregelmäßigen Rhythmus der Moränenlandschaft durch ihre linearen Konturen auffallend konterkarieren, die oft maergleichen, hohlwegdurchschnittenen Rhät- und Eissandstein-Stufen im Albvorland, die Bursandsteinrippen des Mittelfränkischen Beckens, die Kleinschichtstufe der Acrodus-Bleiglanz-Bank der Keuperlandschaft des Grabfeldes oder der Frankenhöhe, die scharfen Abkantungungen der Quarzrestschotterplateaus im ostniederbayerischen Tertiärhügelland oder der Felssandsteinstufe im Spessart) kann die Anwendung des Geotopbegriffes schwer

fallen. Trotzdem ist kaum zu bestreiten, daß auch sie im Landschaftsschutz, in der Landschaftsplanung und im Biotopverbund eine große Rolle spielen: Die in [Abb. F/2](#) halbschematisch dargestellten Keuper-, Dogger-, Alb-, Grundgebirgs-Randstufen sind für das landschaftliche Erscheinungsbild, für den Geotop- und Biotopschutz von herausragender Bedeutung. Für den Artenschutz wichtige Fels- und Steilhangsonderstandorte, naturnahe Waldtypen, Felsheiden schließen sich hier oft kettenartig aneinander. Im Biotopverbund der betreffenden Landkreise haben diese Strukturen eine "Rückgratfunktion" (siehe ABSP-Landkreisbände). Technische Fremdkörper, die der Mensch auf exponierten Schichtstufen und Traufzonen anbringt (Bebauung, Steinbrüche, Straßendurchstiche usw.), beeinträchtigen das Landschaftsbild viel stärker als in den Verebnungszonen.

Inselartig aufragende, kleinere Härtlinge und Rippen sind auch dann hochbedeutsam, wenn sie nicht aus bemerkenswerten oder seltenen "Inselgesteinen" bestehen. Wären sie weggesprengt oder wegplaniert, würde das Biotopsystem und der Landschaftscharakter wesentlich verarmen.

Typische Beispiele sind die Rifffolomitknocks der nördlichen Frankenalb, die Kalktuffhügel im nördlichen Alpenvorland und Donauried sowie die ähnlichen Grundgipshügel um den Steigerwald, die Diabaskuppen des Vogtlandes (HO), die markanten Kleinkuppen des Falkenberger und Falkensteiner Granitmassivs/NEW, R, CHA, TIR, die Sandstein- und Nagelfluhhärtlinge des Penzberger oder Rottenbucher Molassezuges/TÖL, WM, OAL, die Molasse-Steilkante auf Herrenchiemsee/RO, die Gipskeuperrippen am Kapellenberg bei Alsleben/NES und im Gebiet Altenburg - Schlechtsarter Schweiz/NES, Südhüringen, die charakteristischen Rippen des Rotliegenden im Stockheimer Becken/KC, die Basalt-"Hübel" oder "Küppel" (kleine Balsalkuppen in der Rhön und Oberpfalz, z.B. Kühnhübel und Staudenhübel bei Weha/NEW, Pilster/KG), härtlingsbuckelartige Pingensysteme (vgl. Teil B), wie z.B. in den Gaisbachwiesen N Gaisheim (NEW) entlang des Baches ("eine mehrmals unterbrochene Reihe niedriger, langgezogener, 2-3 m hoher und 5-10 m breiter Hügel mit Heideflora bzw. Trockenkiefernwald", die LUTZ 1930 für mögliche eiszeitliche Reste hält, wahrscheinlich aber Relikte des Quarzschotter- oder Goldbergbaues darstellen).

Auch diese Elemente haben Anspruch auf herausgehobene landschaftsplanerische oder ggfs. geotoppflegerische Berücksichtigung. Häufig sind sie der Grund für das Überdauern bemerkenswerter Biotope, Tier- und Pflanzenpopulationen, in anderen Fällen gilt es hier "bloß" Kennmerkmale und Gesichtszüge von Landschaften zu erhalten.

#### F.1.1.7 Inselgesteine, geologische Fenster, seltene Gesteinsvorkommen

Der Begriff Inselgesteine wird hier für lokal eng begrenzte und (regional) seltene oder zumindest ungewöhnliche, petrologisch/mineralogisch/tektonisch interessante Gesteinsvorkommen in isolierter

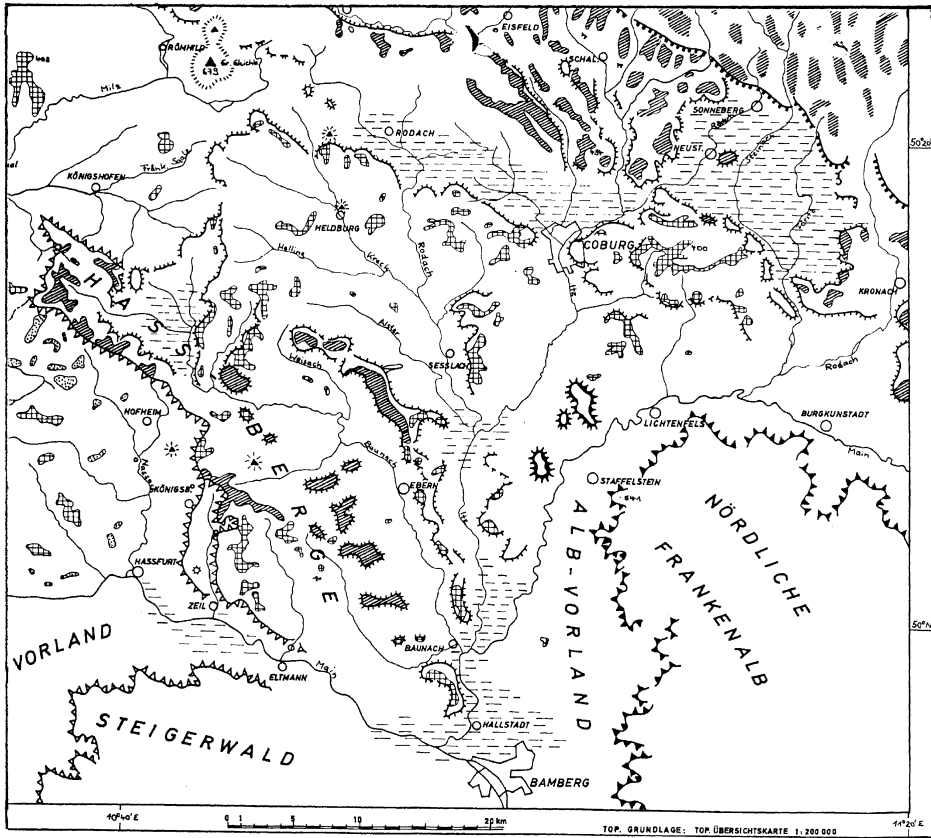


Fig. 1. Hassberge und Coburger Land. Morphologische Übersichtskarte (verändert nach SPÄTH 1973).



Abbildung F/2

Morphologische Hauptkonturen in Ost-Unterfranken und West-Oberfranken (aus SPÄTH 1976)

Entlang der dargestellten Stufenlinien konzentrieren sich wichtige "Felsgeotope", die in diesem Bandteil vorgestellt werden.

Lage verwendet, die den vorherrschenden "Matrix-Gesteinen" gegenüberzustellen sind. Sie repräsentieren und markieren

- Erosionsrelikte (z.B. kleine Malmkappen im alfernen Bruchschollenland bei Plesten-Mitwitz/CO, KC);
- "Fenster" oder tektonische Relikte (Schubfetzen, Scherlinge, schmale Ausstrichbereiche von tektonischen Deckeneinheiten, Ganggesteine im Bereich wichtiger Hebungs- oder Störungslinien usw.), z.B. die Weißjura-Abgleitschollen am Donaurandbruch bei Straubing, Riestrümmermassen (siehe Teil I);
- Hauptlinien des Gebirgsbaues, z.B. Bruchzonen, Verwerfungen, Überschiebungsgrenzen, Aufbrüche des paläozoischen Vulkanismus usw., z.B. Diabas-Porphyrite an Überschiebungsgrenzen der Allgäuer Alpen;
- (oberirdisch) seltene Gesteinsarten und Minerale (viele Beispiele siehe F.1.6).

Man kann sie mit gleichem Recht als Singularitäten wie als Indikatoren geologischer Bauplänen und tektonischer Prozesse betrachten. Solche Anschauungsobjekte erleichtern die pädagogische Vermittlung der sonst oft abstrakt empfundenen erdgeschichtlichen Vergangenheit. Sie machen für den Neuling kaum glaubliche Vorgänge glaubhaft.

Die Abgrenzung zwischen "seltenen oder inselhaften" und "normalen" Gesteinen ist relativ und den Maßstäben einzelner geologischer Regionen und Landkreise unterworfen. Beispiele:

- der Buntsandstein repräsentiert in den Bayerischen Alpen klassische, auch ökologisch abgehobene Inselgesteinsgeotope (z.B. Iser-Nordhang/OA), im Spessart - Odenwald aber ganze Naturräume;
- Weißjurakalke stellen bei Straubing, Aidenbach oder Ortenburg seltene denkwürdige Inseln mit pflanzlichem Sondercharakter dar, auf der Alb dominieren sie die gesamte Landschaft.

Insofern soll dieser Bandteil nicht inventarisieren, sondern lediglich dazu anhalten, den jeweiligen geochemisch-petrographisch-morphologischen Sonderelementen eines Naturraumes besondere Aufmerksamkeit zu schenken. Aus der auf engem Raum kaum darstellbaren Vielfalt solcher Erscheinungen seien zwei Kategorien hervorgehoben, die sich häufig auch überlagern:

Besonderheiten aus stratigraphisch-tektonischer Sicht: In Bayern relativ selten aufgeschlossene Gesteinsserien, Altersstufen, geologische Formationen und Schichtvorkommen; in der betreffenden geologischen Teilregion isoliert, aber weiter entfernt auch in Bayern z.T. durchaus verbreitete Faziseinheiten. Können sowohl als Vollformen (relativ harte Gesteinsinseln, Rippen, Härtlinge) als auch als Hohlformen und Einkerbungen (ausräumbare Gesteinsinseln) auftreten. Beispiele:

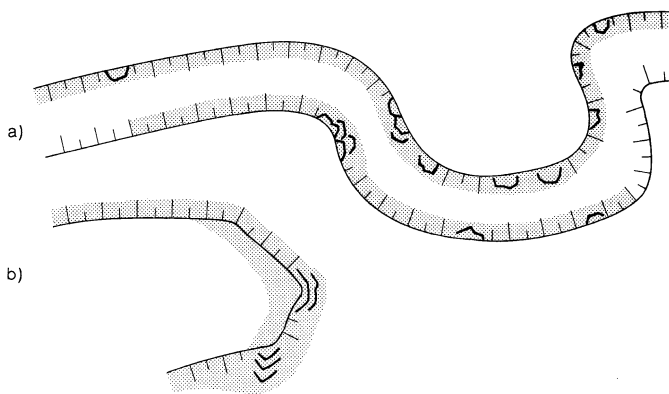
- von der heutigen Weißjuratafel weit entfernte, isolierte Jura-Abgleitschollen als Zeugnisse des Donaurandbruches bei Straubing;

- Härtlinge aus Ries-Auswurfmassen (Malm-schollen) im Hahnenkammgebiet/WUG (siehe Teil I);
- Kristallin- und Malmausbisse im nördlichen Tertiärhügelland, etwa bei Aidenbach-Fürstenzell und Abensberg;
- marine Zechstein-Dolomite im Spessart;
- isolierte Buntsandstein-Scherlinge im Vilser Gebirge bei Oberjoch;
- Reste der kieseligen Kreideüberdeckung auf der Fränkischen Alb;
- schmaler, mehrfach unterbrochener Helvetikum-Streifen aus marinen Kalken, Sandsteinen und Quarziten, der insbesondere östlich des Allgäus zur stratigraphisch-tektonischen Besonderheit wird (helvetische Inselkuppen und Rippen am Tölz-Kocheler Alpenrand, im südlichen Rosenheimer Becken, bei Bergen; Adelholzen/TS);
- Haselgebirge im Raum Bad Reichenhall (Einkerbungen);
- Cenoman-Randschuppe am Nordrand des Kalkalpin in Oberbayern;
- schmale Bänder von Raibler Sandsteinen und Mergeln in den Kalkalpen;
- Rotliegend-Einkerbungen im Bereich der Fränkischen Linie und des Donaurandbruches, z.B. bei Donaustauf/R (festländisch gebildete, grobklastische Sedimentgesteine).

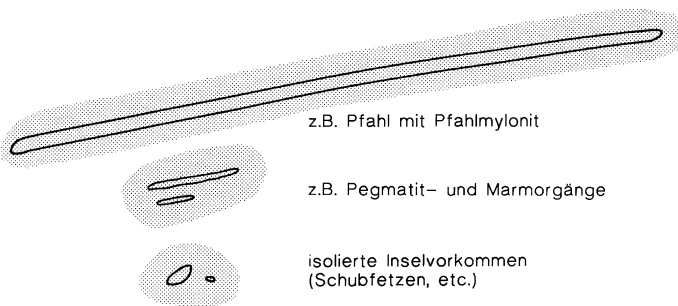
Manche dieser Inselgeotope wurden erst durch (alten) Abbau auch landschaftlich sinnfällig, z.B. Basaltgänge im oberen Leinleitetal/BA und in den nördlichen Haßbergen (vgl. auch Teil G); Tertiärkohlen am Bauersberg/Rhön (NES); Schieferkohle von Imberg/OAL, Großweil/WM und Buching/OAL.

Besonderheiten aus mineralogisch-petrographischer Sicht: Fallen zumindest im jeweiligen geologischen Umfeld petrographisch-geochemisch, in ihrem Mineral- und Elementbestand "aus dem Rahmen"; sind deshalb oft mit bedeutsamen Sonderbiotopen verknüpft; meist kleinflächig-gangartig, punktuell, in einzelnen Schmitzen, Ausbissen, Härtlingen oder auch Geländeeinkerbungen; manchmal sogar weltweit selten oder "endemisch" (einziges oder Schwerpunktorkommen in Bayern). Auch Diese, i.d.R. auch tektonisch aufschlußreichen Erscheinungen treten in Vollformen und kleinen Auftragungen, Härtlingen, Inselkuppen, Geländestufen, Rippen (entsprechen dann der Kategorie F.1.1.3), in Hohlformen und Einkerbungen, aber auch in Hangstufen, natürlichen Aufschlüssen, anthropogenen Auskofferungen und Stollenbereichen auf. Beispiele: Eklogit-, Quarzporphyr-, Serpentin-, Prasinit- oder Amphibolitinseln Nordostbayerns, alte Traßgruben im Riesbereich (siehe Teil H), Flußspatgänge im Naabtal, Pegmatitgänge der südlichen Grundgebirgsregion, extrem saurer Bristandstein des Allgäuer Helvetikums, "Bolgengranit" in der Allgäuer Hörnergruppe, Augitporphyr in der "Aroser Zone" des Allgäus, vivianitreiche Interglazialtone z.B. im Steinbachgraben bei Nußdorf/RO, vermutliche Doppleritvorkommen in alten und mächtigen Mooren (z.B. Pechschnaitmoor/TS), natürlich austreichende Pech-, Schieferkohle- und Ölschieferhorizonte im (Vor-)Alpenraum.

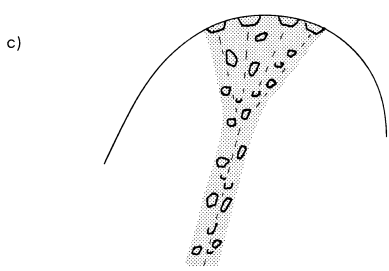
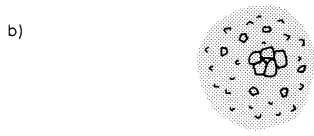
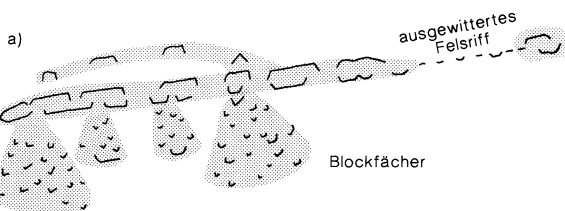




Wirkungsbereich landespflegerischer Maßnahmen



Wirkungsbereich landespflegerischer Maßnahmen



Wirkungsbereich landespflegerischer Maßnahmen

Abbildung F/3

Wirkungsbereiche für Felsen an Steilrändern (a, b), an Härtlingszügen (c), "besonderem" Gesteinsgängen (d) und Gesteinsinseln (e), Felsriffen mit Schutt- und Blockhalden (f), Felsburgen mit Blockfuß (g), Blockströmen (h).

Solche Geoelemente häufen sich naturgemäß in gebirgsbaulich und gesteinskundlich komplizierten Landschaften, in Bayern z.B. entlang der tektonischen Hauptlinien (Bruchränder, Deckenüberschiebungen), z.B. im Nordosten, am Spessart-Randbruch des Oberrheingrabens und in den Voralpen.

### F.1.2 Wirkungsbereich

"Felsbezogenes" landschaftspflegerisches Handeln ist nur ausnahmsweise auf, sondern vorwiegend um den Felsbereich herum und im weiteren Vorfeld nötig. Mit zu sichern und zu entwickeln sind Kontaktstandorte, die biologisch, geologisch-geomorphologisch und landschaftlich eine Bindeglied- und Ergänzungsfunktion übernehmen oder die mehrere dicht beieinanderliegende Geotope zu einer geschlossenen Landschaftseinheit verknüpfen (z.B. Blockwiesen). Die für Felslebensgemeinschaften notwendige Lebensraumkonstanz setzt eine Nutzungsberuhigung in den benachbarten Bereichen voraus (keine übereilte Rodung von Waldbeständen neben schatten- oder halbschattenbedürftigen Felszönosen; umgekehrt auch keine waldbauliche Waldverdichtung und Verschattung lichtliebender Felsen usw.).

Der landschaftspflegerische Wirkungsbereich umschließt außer dem Felsstandort:

- den Hangfuß, die zugeordneten Felssturz- und Hangschuttbereiche. Felsfreistellungen mit Blockanhäufungen, (siehe Abb. F/3 z.B. im Granit, Gneis und Glimmerschiefer, aber auch in der Kuppenalb, erfordern fast immer die Ausweisung eines großzügigen forstlichen Schon- oder Tabubereiches, der auch die unterhalb der Blockfelder angrenzenden Oberhangbereiche einschließen sollte (Zonationsschutzbereich).
  - den geomorphologischen Sockel, dem eine Fels- oder Härtlingsform aufsitzt; so etwa geht es beim Schutz des Pfahles, von Pegmatitstöcken, Marmorzügen, Prasinit-Serpentinitvorkommen um die Bereitstellung eines störungsarmen Sockel- und Kontaktbereiches, also um eine harmonische Einbettung ins übergreifende geologische Landschaftsgefüge. Der Pufferbereich muß mindestens so geräumig sein, daß der gesamte Umriß der Gesteinsinsel erfaßbar bleibt. Lineare Härtlinge und Ganggesteine erfordern eine dem gesamten Verlauf folgende Landschafts- und Nutzungsplanung, welche die Kontaktbereiche einschließt (siehe Abb. F/3, S. 344). Beim Pfahl sind das immerhin 140 km, wobei auch die begleitenden Mylonit- und Pfahlschieferbänder nicht ausgeklammert werden dürfen, bei den Marmorbändern bis zu 1 km im südlichen Bayerischen Wald und mehr als 15 km am Rande des Fichtelgebirges (FÜSSL 1993, mündl.). Die Wirkung, Erleb- und Erforschbarkeit von Inselgesteinen hängt wesentlich ab von einem landschaftlich adäquaten Zustand des Kontaktbereiches, der Nachbargesteine und des weiteren Umfeldes. Auch sehr kleine oberirdische Vorkommen seltener Gesteine erfordern besondere Aufmerksamkeit in der Nutzungs- und Landschaftsplanung.
- Hier können auch gezielte Pflegemaßnahmen unvermeidlich werden. So ist beispielsweise ein nur wenige m<sup>2</sup> großer Vesuvianfels auf einer Wiese im Lkr. Hof der einzige Nachweis dieser Gesteinsart in Deutschland und deshalb von herausragender geologischer Bedeutung. Er kommt nur bei zumindest halboffener, relativ mager-niedrigwüchsiger Vegetation zur Wirkung.
- einen optischen Schonbereich; z.B. würden Felsinseln und Knocks inmitten der offenen Kulturlandschaft durch optisch dominante Nutzungsänderungen im Vorfeld (z.B. Baukörper, massive Geländeänderungen, Aufforstung, z.T. auch Maisäcker) ihrer Wirkung und der karstmorphologisch stimmigen Einbettung beraubt. Auch hier ist das Vorfeld von erheblicher indirekter Bedeutung.
  - einen räumlich geschlossenen Extensivnutzungsbereich in offenen Blockgebieten (Blockwiesen), z.B. im Basalt und Kristallin, bzw. einen forstlichen Schonbereich im Anschluß an Waldfelsen und Blockfelder.
  - Talflanken oder Traufzonen sowie Schichtbänder, in deren Verlauf Felsfreistellungen auftreten (z.B. Malm alpha bis epsilon-Horizont); Felsen in Talrandlage (Abb. F/3, S. 344) sind nur zusammen mit der gesamten Talrandzone, mit dem Vorfeld der Talsohle und selbstverständlich den Ablagerungsbereichen der Fels-Verwitterungsprodukte angemessen zu entwickeln und einzubetten. Ähnliches gilt für Trauffelsen und Felsbastionen an Naturraumrändern. Bei Schichtstufen, Traufzonen und Zeugenbergen ist der Geotopbegriff immer schwieriger zu handhaben. Aber auch geotopüberschreitende Steilabfälle der Weißjura- oder Keupersandsteinplatten oder hervorgehobene Zeugenberge wie Hesselberg/AN, Walberla/FO, Staffelberg/LIF, Neubürg/BT, Schobertsberg und Sophienberg/BT gehören zu den besonders empfindlichen schonenswerten Landschaftsteilen.
  - die gesamte geologisch-tektonische Abfolge (und das landschaftliche Ensemble), zu der Felsen gehören. Das charakteristische Standort- und Biotopmuster wird erst durch die gesamte Abfolge bestimmt. Beispiele: Die auffälligen Muldenflügel der Kampenwand-Gedererwand-Mulde/RO (Wettersteinkalkfelsen) sind landschaftsplanerisch nicht von dem teils latschen-, teils weidebedeckten Hang des Muldenkernes (Raibler Schichten, Dolinengelände der Rauhacken) abzutrennen. Die besondere geowissenschaftliche Schutzwürdigkeit der Wildbarren-Überschiebung bei Flintsbach/RO und anderer Hauptüberschiebungsgrenzen beschränkt sich nicht auf einen linearen Geotop "Überschiebungsgrenze", sondern erfordert den Zusammenhang des ganzen Hanges.
  - die Sicherheitsstreifen an der oberen Felskante und die Felsplateaus;
  - den Lenkungsbereich potentiell felsbeeinträchtigender Erholungs- und Sportaktivitäten im weiteren Umfeld und im Rahmen von Gesamtkonzepten für größere Räume (Durchsetzung notwendiger Tabu- und Ruheräume; überlokal konzipierte

Betretungs- und Erschließungsregelungen für Kletterer, Wanderer und andere Besucher);

- den Lenkungsbereich (aus)laufender Steinbrüche in räumlicher Nähe zu Naturfelsen ("felsbetont" renaturieren).

Die Abbildung F/3 (S. 344) gibt Anhaltspunkte zur Bemessung des Felsgeotop-bezogenen landschaftspflegerischen Entwicklungs- und Gestaltungsbereiches, zu dem natürlich, wie z.B. an Rutschhängen und Bacheinrissen, auch der völlige Nutzungsrückzug und das Gewährenlassen natürlicher Dynamik gehören kann.

### F.1.3 Standortverhältnisse, Existenzbedingungen der Fels- und Blockbesiedler

Felsen, Blockfelder und Inselgesteine ragen als extreme Sonderstandorte von großer Konstanz aus der mittelfeucht-eutrophen, hochdynamischen Nutzlanschaft heraus. Die Dominanz der abiotischen Eigenschaften des unverwitterten Gesteins unterdrückt Bodenreifung und Sukzession zur "Klimaxvegetation". Auch auf den von einer nur flachen Bodenschicht überdeckten Härtlingen ist oft der Muttergesteinseinfluß auf die Lebewelt deutlicher als in der übrigen Landschaft. Fels- und Blockstandorte gehören zu den wechselvollsten Standortmosaiken überhaupt. Relief-, Expositions- und Neigungswechsel auf engstem Raum prägen den Wasser-, Wärme- und Stoffhaushalt. Tiere und Pflanzen benötigen hier speziellere Besiedlungs- und Überlebensstrategien als in angrenzenden Biotopen (vgl. F.1.4 und F.1.5).

Eine standortkundliche Gesamtdarstellung ist weder möglich noch notwendig. Die LPK-Bände II.1, II.3 und II.17 liefern ergänzende Informationen.

#### F.1.3.1 Felsfreistellungen, Felshänge

Entscheidend für die Ökologie eines einzelnen Gesteinsstandortes sind Gesteinschemismus und Gesteinsaufbau, die damit unmittelbar verbundene Verwitterbarkeit und (mikro)morphologische Oberflächenstruktur und organismische Besiedelbarkeit, die Lage in der Landschaft (Exposition, Lage am Hang, auf Hochflächen, Regionalklima usw.) und damit die Erreichbarkeit für bestimmte Arten, die Habitatstrukturverhältnisse für die Fauna usw.

##### F.1.3.1.1 Gesteinstyp, chemische Zusammensetzung

Beeinflußt so wesentliche pflanzen- und tierökologische Parameter wie

- Mikrorelief, Ritzen-, Spalten-, Nischenbildung,
- Wärmespeicherfähigkeit/Wärmekapazität (beispielsweise speichert Kalk- und Dolomitgestein im allgemeinen besser als Silikatgestein),
- Löslichkeit und pH-Wert der Verwitterungsrinde, Basenreichtum/Kalkangebot (Gehäusebildung z.B. für Landschnecken, die im Karbonatgebiet viel höhere Artenzahlen erreichen als an recht schneckenarmen Kristallin- und Sand-

steinfelsen, kalkreiche Felsen tragen ganz andere Flechten als kalkfreie),

- phytotoxische oder -hemmende Elemente (z.B. Schwermetalle),
- Feinmaterialfreisetzung (tonige oder sandige Verwitterungsrückstände, Humusbildung bzw. Ton-Humus-Kopplung).

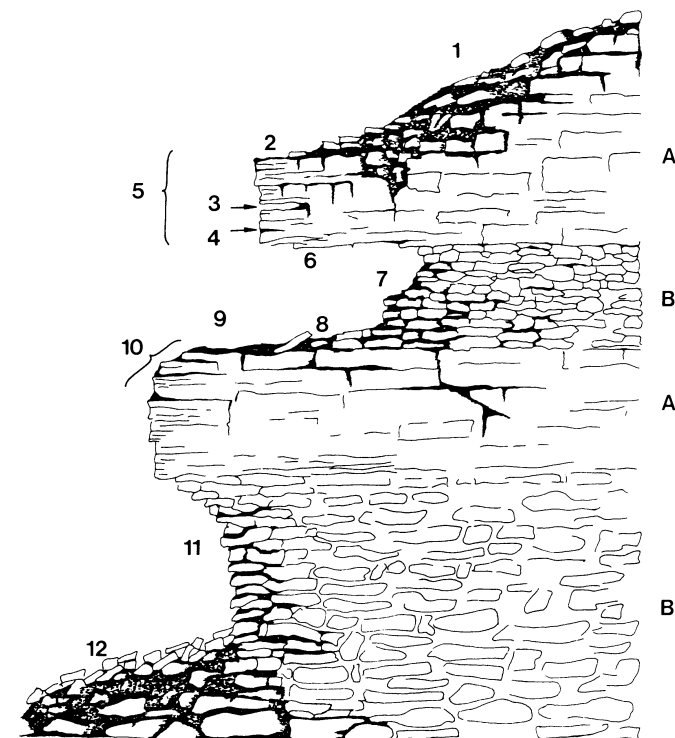
In einer ersten ökologischen Typisierung müssen auseinandergehalten werden:

- Silikatfelsen,
- Karbonat - (Kalk-, Dolomit-)Felsen,
- Sandsteinfelsen,
- Nagelfluh-Felsen.

Diese Hauptgruppen bilden wiederum jeweils mehrere ökologische Unter- und Übergangstypen. Jeder Gesteinsart sind bestimmte geochemische Merkmale eigen, deren pflanzen- und tierökologischer Einfluß durch die Faktoren Lage, Lokalklima/Exposition, tektonische Beanspruchung usw. überlagert und modifiziert wird.

Silikat-, Grundgebirgs- oder Kristallinfelsen: breite Palette chemisch und/oder physikalisch-mikromorphologisch unterschiedlicher Substrate mit jeweils (wahrscheinlich, nicht immer genügend erforscht!) eigenem biotischem Besiedlungspotential; SiO<sub>2</sub>-reiche Silikate mit sauer reagierender Verwitterungsrinde (z.B. sehr saure Glimmerschiefer, Gneise und Granite, kaum Feinmaterial abwitternde Quarzfelsen usw.) bilden andere Pflanzenstandorte als SiO<sub>2</sub>-arme basische bis neutrale Silikate wie Basalt, Diabas, Amphibolit, Serpentin, Gabbro, Redwitzit, Kalksilikat oder gar kristalline Kalke (Marmor). Spaltenarme Gesteine (z.B. viele Diabase) bilden physikalisch natürlich ganz andere Ansätze für die pflanzliche Besiedlung wie polygonal abwitternde Basalte, feinschichtig aufgeschlossene Urtonschiefer oder Granit-Wollsäcke. Nur am Rande erwähnt seien die vielen "seltenen Felstypen" der Bayerischen Alpen (wie z.B. stark geschieferte Flyschwände (Hällritzer Serie) am Schlappolt, Gaultsandsteinwände in der Breitachklamm, Radiolaritwände, Doggerkieselkalkwände), welche allesamt wiederum eigene Pflanzenstandorte bilden. Auch die wenigen schwermetallreichen Silikatgesteinsfelsen Bayerns, z.B. an den Schieferhalden des Frankwaldes (u.a. das seltene Eisen-Moos *Mielichhoferia*), am Bodenmaier Silberberg, am Kaitersberg und bei Passau, erweisen z.B. durch Schwermetallflechten wie *Lecanora epanora*, *Acarospora sinopica*, *Prototarmelia nephaea* ihren hochschutzwürdigen Sondercharakter (POELT 1966, WIRTH 1969 u. 1972). Auch der grau- bis gelblichweiße, splittig-dichte Pfahlquarz ist abschnittsweise vergesellschaftet mit Bleiglanz, Fluß- und Schwespat (STRUNZ 1952).

Karbonat-(Kalk-/Dolomit-)Felsen: Kompakte Riffdolomite und -kalke bieten nur wenig Besiedlungsansätze, die Wellenkalke und Schichtkalke des Malm alpha, beta, die alpinen Knollenflaserkalke oder bestimmte Lias-Kieselkalke dagegen viele Klüfte und Ritzen. In wie viele kleinlebensräumlich unterschiedliche Horizonte eine einzige Felswand



Erde

A In Scherben zerfallender Wellenkalk  
B In Brocken zerfallender Wellenkalk

- |   |                         |    |                            |
|---|-------------------------|----|----------------------------|
| 1 | Schutthalde             | 7  | Grottenwand                |
| 2 | Felskrone / Zenitfläche | 8  | Grottenboden               |
| 3 | Felsspalte              | 9  | Gesims / Traufbereich      |
| 4 | Felsritze               | 10 | Neigungsfläche / Felslehne |
| 5 | Stirnfläche             | 11 | Überhangfläche             |
| 6 | Grottendecke            | 12 | Geröll                     |

Abbildung F/4

Abfolge der Mikrostandorte an einer Wellenkalkwand (aus ZIEGLER 1981)

zerfallen kann, möge Abb. F/4 am Beispiel des unterfränkischen Wellenkalkes illustrieren.

**Sandsteinfelsen** (z.B. Rhät-, Burg-, Coburger-, seltener Bunt- und Molasse-Sandsteinfelsen): meist beschattet (im Wald oder Waldschluchten), häufig von Sickerwasser durchfeuchtet, können im Unterschied zu Granit- oder Kalkfelsen Wasser speichern (Evaporation, Bergfeuchte). Trockene Sandsteinfelsen erhitzen sich aber an der Sonne wegen des sehr geringen Wärmeleitvermögens sehr stark. Feuchtigkeit im Sandsteinfels steigert die Absorption und Leitfähigkeit, durch Austrocknung wird die Oberfläche gekühlt.

Daher ist das Mikroklima auf feuchten Felsen weniger extrem als auf trockenen (VAN DER DUNK 1970/72). Durch das Herauswaschen des kalkhaltigen Bindemittels ist die Verwitterungsschicht kalkärmer als das Muttergestein. Sehr selten ist der Biotoptyp "natürlicher Eisensandsteinfels", der durch besonders leichte Abwitterbarkeit und pflanzliche Besiedelbarkeit gekennzeichnet ist (z.B. Hahnenloch b. Hersbruck/LAU); häufiger ist er an an-

thropogenen Anschnitten in Hohlwegen und Kellergassen.

**Nagelfluhfelsen** (alteiszeitl. verbackene Schotter, Molasse, alpines Cenoman): ausgeprägtes Mikrorrelief; vorwiegend basisches Milieu (calcitisches Bindemittel, viele Kalkgerölle); häufig beschattet, in feuchten Schluchten oft überrieselt; meist rel. fugen- und spaltenarm; partienweise ideales Substrat für Fels- und Erdmoose.

#### F.1.3.1.2 Regional- und Geländeklima

Für Bayern gilt generell: Karbonatfelsen stehen häufiger "in der Sonne", liegen im Durchschnitt tiefer und "kontinentaler" als Kristallin-/Silikatfelsen. Karstfelsen des Frankendolomits, z.B. in der Weismain- und Forchheimer Alb, finden sich völlig freistehend (z.B. Spitzelstein bei Kleinziegenfeld/LIF, Purzelstein bei Drosendorf/BA), Talrand- und Trauf-Karbonatfelsen begrenzen offene Talböden oder Heidehänge (z.B. 12-Apostel bei Pappenheim/WUG, Arnberger Felsen sowie Dohlenfelsen im Wellheimer Tal/EI, Prunner Felsen/KEH), während zumindest die größeren Granit-, Gneis- und

Sandsteinfelsen entweder höher im Waldgebirge, dort sogar oft in Zonen erhöhter Steigungsregen und Immissionsbelastung, auf landwirtschaftlich nicht nutzbaren Bergkegeln oder an Oberhängen sitzen und damit viel stärker in das Waldklima integriert sind. Mittel man die Meereshöhe und Makroklimasituation, so ergibt sich bei den außeralpinen Karbonatfelsen Bayerns ein Schwerpunkt in der wärmeren und trockeneren kollinen oder sogar planaren Stufe. Außeralpine Kalk- oder Dolomittfelsen mit ebenso vielen Niederschlägen und Dauerluftfeuchte wie etwa die Fichtelgebirgsgranite gibt es in Bayern nicht. Nicht zufällig stimmen die Konzentrationsgebiete xerothermer Arten und außeralpiner Karbonatfelsbereiche auffallend überein. Hieraus ergibt sich u.a. eine außerordentliche Seltenheit und Bedeutsamkeit gut besonnener (oder gar xerothermer) Kristallin-/Silikat- und Sandsteinfelsen, wie z.B. der Felshänge des unteren Regentales, des Donaurandbruches, der Fränkischen Linie, der Wojaleite und Saaletalhänge bei Hof bzw. Blankenstein, des Quarzkeratophyrs der Steinachklamm bei Waffhammer, des Wenderner Steines (WUN), der Pfahlfelsen bei Weißenstein und Viechtach.

Wandklima: Exponierte südseitige Felsflächen zeigen einen extremen saisonalen Wechsel zwischen Frost und Hitze, Feuchtigkeit und Trockenheit. Ihr Einstrahlungsgenüß ist auch im Winter bei tiefstehender Sonne viel höher als in der übrigen Landschaft. Die Einstrahlung senkrechter Südwände ist im Herbst und Frühjahr größer als im Hochsommer. Die hohe Wärmehaltung des kompakten Gesteins ermöglicht auch nachts höhere Temperaturen als in der Außenluft. Das extreme Mikroklima freier südseitiger vegetationsarmer Felskomplexe ist geprägt durch tagsüber starke Besonnung, Aufheizung, Windexponiertheit und extreme Trocknis, nachts durch beträchtliche Abkühlung, im Winter durch extremes Ausfrieren. Das ohnehin schon subkontinental getönte Gebietsklima der Frankenalb, der Fränkischen Linie, des Donaurandbruches, der Keilberg-Naabtal-Linie und des mainfränkischen Wellenkalks wird durch diese mikroklimatischen Sondereigenschaften von Felsstandorten noch verstärkt. An heißen Tagen nach regenlosen Wochen bei Windstille können an Kalkwänden und Kalkfelsfluren der Alb, ja sogar des Allgäues Maximaltemperaturen von 58 - 76 °C auftreten (GAUCKLER 1938). In Wäldern oder Geländeeinschnitten eingebettete Felsen weisen ganz gegenteilige Klimaverhältnisse auf. Hier herrschen meist ausgeglichene, oft feucht-warme und windgeschützte Bedingungen. In niederschlagsgeschützten Felsnischen (Abriss) rührt die Feuchtigkeit weitgehend nur von Nebelniederschlag oder Sickerwasser her. Auch an Felsoberkanten und -Plateaus ist das Mikroklima extrem, wenn auch gegenüber der freien Felsfläche etwas gemäßigt: Die 14 h - Temperaturen in 1 cm Bodentiefe lagen an einem kalkfelsigen, 15° geneigten Altmühltal-Südhang bei Kelheim 1935 an den meisten heiteren Sommertagen bei rund 45 °C (GAUCKLER 1938). Die vergleichbaren Bodentemperaturen eines benachbarten Buchenwaldes betragen etwa 18 °C. Die Lufttemperaturen in 1 m Höhe lagen dagegen in

der offenen Felsheide kaum höher als im Wald (27 bzw. 26 °C). Sogar in kühler-humideren Klimaregionen fungieren Felshänge deshalb als "Ausliegerstandorte" für xerotherm-subkontinentale-submediterrane Arten, z.B. für Pfingstnelken-Bleichschwingelfluren an Nagelfluhfelsen bei Stein/Traun (TS) und im Salzachdurchbruch bei Burghausen, für den Libellenhaft (*Libelloides coccajus*) an den Lechsteilabbrüchen bei Litzau/WM im submontanen Klima oder die Heideküchenschelle (*Pulsatilla vulgaris*) auf kleinen Muschelkalkdurchragungen der Rhönhochfläche oberhalb Ginolfs (NES).

### F.1.3.1.3 Orographische Lage, Massiv- oder Wandcharakter

Das individuelle Klima einzelner Felsgruppen (klimatische Ausgesetztheit, Windzügigkeit, Besonnung, Abtrocknung usw.), ihre Auffangwirkung für windtransportierte Samen und Kleintiere, vor allem aber ihre tierökologische Funktion hängt sehr stark von der Geländeposition ab: - am Talhang, - in unterschiedlich exponierten Bergflanken, - innerhalb abgeschlossener oder nur einseitig offener Hohlformen wie z.B. Karen, - in unterschiedlicher Höhe über dem Tal, - unterschiedliche Steilheit des Felssockels, Geräumigkeit oder Enge der vorgelagerten Täler oder Tieflagen.

Sowohl für die landschaftliche Erscheinung, das Lokalklima, die tierische Besiedlung und für die Zugänglichkeit für den Menschen ist die morphologische Selbständigkeit eines Felsens von Bedeutung: - auf allen Seiten abstürzende "Felsfreistellungen", "Massive", kleine Felskegel, Knocks, - Steilabfälle eines Plateaus, Traufes oder Talrandes ("Wand"), - nur wenig vom Plateaurand abgerückte Felstürme ("Massive" in der Terminologie der Elbsandsteinkletterer) usw..

Folgende orographischen Felstypen sind für das außeralpine Bayern besonders typisch:

- einen Hang oben abschließende Wandbänder, Trauf-, isolierte Rippen- oder Bastionsfelsen wie z.B. im unterfränkischen Quaderkalk und an der Ehrenbürg/FO, Sandsteinfelsen im Lichtensteiner Wald bei Rabelsdorf/HAS,
- Felsen an relativ offenen Haupttälern (z.B. Obermaintal/LIF) oder in engen Schluchten und Seitentälern mit stark abgeschirmtem Sonderklima (z.B. Rhätschluchtfelsen bei Nürnberg, Kastlhäng/KEH),
- Gipfel- und Gratfelsen hoher Mittelgebirge, wie z.B. im Hohen Fichtelgebirge und Böhmerwald,
- hangunterbrechende Wandstufen, wie z.B. Kleiner Riedel- und Hüttenstein bei Arnbruck/CHA, REG, Seewände des Böhmerwaldes, viele Radiolarit- und Kieselkalk-Wandstufen der Bayerischen Alpen (z.T. in der warmen Hangzone gelegen),
- Ufer- und Unterhangfelsen von Flußeinschnitten, z.B. Schwarzer Regen Teisnach - Meindlgrub/REG, Egertal bei Hohenberg/WUN, Ammercanyon Scheibum/GAP, WM, Antenloch/TS.

Nach der räumlichen Zuordnung (Konfiguration, Verbundfunktion) lassen sich z.B. unterscheiden:

- umlaufende, also alle Expositionen vereinigende Felsbastionen, wie z.B. die "Kleintafelberge" des Schwarzen Brand bei Hirschbach (AS, LAU)
- kettenartig an Tälern aufgereichte Felsen wie im Altmühl-, Trubach- und unteren Naabtal,
- atollartig genäherte Einzelfelsen auf Hochflächen oder kleinen Bergkegeln aufgesetzte Kristallinfelsfreistellungen wie im Falkensteiner Vorwald/R.

Auch die Massenerhebung der Felsfreistellungen kann sehr unterschiedlich sein: vergleichsweise hoch aufragende Massive wie in der Pegnitzalb - schmale Felsaufragungen wie die Kegelkarstfelsen der nördl. Frankenalb usw.

#### F.1.3.1.4 Kleinstandortgefüge von Felsfluren

Schon kleinere Wände und Felsfluchten präsentieren sich als hochkomplexes, horizontal und vertikal stark aufgegliedertes Gefüge unterschiedlicher Nischen und Kleinstandorte. Die nachfolgend genannten Teilelemente spielen in Silikat-, Sandstein-, Nagelfluh- und Karbonatgebieten eine völlig unterschiedliche Rolle. Auch innerhalb dieser Gesteinsklassen eröffnen sich faziesbedingt erhebliche wand- und felsmorphologische Unterschiede (z.B. zwischen kluftarmen, wenig Grobmaterial absondernden Riffdolomiten, Massen-, Platten- und Muschelkalken), deren Behandlung hier zu weit führen würde. Auch wenn man die chemischen Eigenschaften außer acht läßt, haben etwa wollsackgegliederte, aber sonst strukturarme, oft rechtwinklig einem flachen Kammplateau aufsitzende, schon seit der Eiszeit ausgeformte Granitwände und Kreidesandsteinpfeiler nur wenig mit einer unterfränkischen Wellenkalk-Felsstufe gemein, die aufgrund ihrer plattigen Gesteinsstruktur laufend Schutt absondert.

Die wichtigsten Standortseinheiten an Mittelgebirgsfelsen seien im folgenden in morphologischer, edaphischer und mikroklimatischer Hinsicht charakterisiert:

Felsfuß: Mit relativ feinstückigem bis scherbigem Schutt verhüllt sind die Wandfußzonen leicht abwitternder Schichtkalke (z.B. Malm alpha, beta, Wellenkalk, alpine Kieselkalke, Hauptdolomit) und von Pfahlquarzfelsen; gröbere Verblockungen (oft Überreste periglazialer Felsstürze) bilden sich unterhalb von Riffdolomiten, Massenkalken, alpinem Platten- und Oberrätkalk, teilweise auch Wollsackgranitfelsen, Diabasabstürzen. Die Schuttdynamik von "Schuttfußfelsen" hält die Waldbestockung etwas auf Distanz, so daß hier der Abschattungshorizont nicht so hoch in die Wand hinaufreicht. Der Xerothermcharakter der Felsen (s.u.) und die Schuttkörper- bzw. Böschungsbildung können sich also bis zu einem gewissen Grade gegenseitig bedingen. Zur Standortökologie im einzelnen siehe F.1.3.3 und F.1.3.4. Andere Felsen erheben sich abrupt aus planem Untergrund. Böschungen, Schutt- und Blockfüße sind kaum vorhanden. Dies gilt z.B. für durch Erosion aus Albüberdeckungen aufgetauchte Riff-

dolomitfelsen der nördlichen Frankenalb (Karstfelsen). Auch in teilverfüllten Trockentälern aus verwitterungsstabilem Frankendolomit steigen die Felsen oft abrupt, nahezu rechtwinklig oder sogar überhängend (s.u.) direkt vom Talboden auf (z.B. oberstes Kainachtal bei Schirradorf/KU, Flembachtal SW Steinamwasser/BT, Schulerlochfelsen im untersten Altmühltal). Desgleichen erheben sich viele Sandstein- oder kristallinen Wollsackfelsen nahezu oder völlig übergangslos aus flachen Kammlagen, Hangabsätzen, Hängen oder Plateaus (z.B. Rhät-sandsteinkämme im Reichswald, Altenstein-Lichtenstein/HAS, Dreissessel/FRG, Keitersberg, Gneisfelsen am Falkensteinamm/REG, Dachsfelsen/Steinwald, Waldstein/Fichtelgebirge).

Felsüberhänge, Hohlkehlen, Balmen, Abris: Für die Fränkische Schweiz außerordentlich charakteristisch sind die vorspringenden Felsdächer, z.B. bei Pottenstein, Tüchersfeld, Schirradorf, am Purzelstein bei Drosendorf/BA, aber auch in der Oberpfälzer und Südalb kommen sie vor, z.B. am Büchelberg bei Velburg. Manchmal ziehen sie sich sogar über längere Strecken an Talfelsflanken entlang (z.B. im Püttlach-Engtal/BT); vgl auch F.1.3.1.1. Solche den Regen abhaltende Nischen, z.B. am Frankendolomit, an Schwammriffen, an fluvial ausgehöhlten Talrandfelsen, an Molasse- und Eiszeitnagelfluhen, in denen sich aber Nährstoffe ansammeln (Wild, Mensch, natürlicher Anfall von Feinmaterial), nennt man Balmen (z.B. Weismain-Talsystem/LIF, im Laabertal/R, tiefere Lagen der Bayer.Alpen). Im Siedlungs- und siedlungsnahen Bereich nutzte der Mensch, damit wohl den genius loci prähistorischer Wohnstandorte aufgreifend, solche natürliche Vorgaben für Felsenkeller, Ziegenställe, Schuppen, ja sogar Höhlenwohnungen. Beispiele: Kallmünz/R, Stein an der Traun/TS (Eremitage), Riffkuppel bei Weidelwang nächst Pegnitz/BT, Freienfels/BT, Sulzbürg/NM.

Auch im Kristallinbereich bilden die besonders schattseitig und bei Waldbedeckung dunkel-feuchten Felsnischen am Wandfuß einen ganz eigenständigen, vor allem bryologisch wichtigen Kleinstandort ("Leuchtmoos-Grotten" im Kristallin und Sandstein). Zwischen den vor langer Zeit abgestürzten "Wollsäcken" und groben Gesteinstrümmern wurzeln Bäume. Das Wandtropfwasser sammelt sich am Wandfuß. Dauerhaft hohe Luftfeuchte, verstärkt in schluchtartigen Großspalten (z.B. in den Felslabyrinthen des Fichtelgebirgsgranites und des Sandsteines), ermöglicht üppiges Mooswachstum, z.B. *Sphagnum*- und *Polytrichum*-Polster, an sickerfeuchten Anreicherungsstandorten auch artenreiche Hochstaudenfluren (z.B. in der Quellarena oberhalb der Höllbachgespreng am Falkenstein/REG, in der Arber- und Teufelsseewand). Silikatwandfußstandorte ohne unterirdische Wasserzutritte dürften aber auch sehr sauer sein, da sie sowohl vom Fels- wie vom Kronenablauf immissionsbedingte Säurelösungen erhalten. "Frostkliffs" sind Überhänge an Felsburgen, die durch frostbedingtes Herausstemmen und Abstürzen von Blöcken entstehen, z.B. Südwand Großer Habenstein, Dachsfelsen/Steinwald, Kleiner Waldstein/HO.



Wandfüßen alteiszeitlicher Nagelfluhen fehlen offene Schutthalden. Häufig liegen aber abgestürzte Nagelfluhtrümmer wild durcheinander (z.B. Baierbrunn - Pullach/M). Hangbewegungen rufen tiefe Spalten und Rutschwülste, z.T. auch quellwasserzürgige Nackenseen hervor (z.B. E Kloster Schäftlarn/M). Hohlkehlenartige Nischen können sich am Wandfuß entwickeln. Wegen der beschränkten Sprunghöhe sind unbeschattete Felsflächen eher die Ausnahme (z.B. isolierte Schneeheide-Kieferwaldstandorte auf Nagelfluhabbrüchen bei Hohendilching und im Mangfallknie/MB). Überlagernde grundwasserführende Schotter (z.B. Reißschotter im Isartal) bedingen die Nagelfluhwände herabrieselnde, Tuffwülste und -balkone bildende Quellhorizonte, die im Winter durch Bildung oft riesiger Eiszapfen und Eisvorhänge besonders eindrucksvoll sind (z.B. S Schäftlarn im Isartal/M).

Nischen, Wandabsätze, Felsbänder und Leisten häufen sich bei etwas geringerer Wandneigung und in stark gebanktem, löchrig-wulstigem oder klüftigem Sedimentgestein. Stufenartig abfallende dolomitisierte Massenkalk des Malm Gamma und Delta schaffen für manche Juratäler besonders charakteristische Felstreppe (z.B. Vilstalhänge bei Kallmünz/R, Lintlberg bei Riedenburg/KEH, Gungolinger Heide/EI), die besonders interessante wärmezeitliche Relikt- und Steppenheidestandorte darstellen (Typ des "Fumana"-Felsens). Schichtfugen und -grenzen, wie z.B. diejenige der Crussoliensis-Mergel im Gamma-Riffdolomit der Oberpfälzer und Hersbrucker Alb (z.B. Mittelbergwand bei Unterhirsbach/AS) oder zwischen Delta- und Epsilon-Dolomit an Riff-Felsen bei Betzenstein/BT können Quergänge und Rasenbänder oder zumindest Streifen von Spaltenvegetation verursachen.

An den Felsoberkanten und äußersten Plateaurändern ermöglicht zwar eine rendzinen- oder rankerartige humose Bodenbildung dichtere Zwergstrauch-, Rasen- und Kräutervegetation, jedoch (zumindest auf Karbonatfels) noch keine Waldbäume (außer, wenn Baumwurzeln Feinerdetaschen in Vertikalspalten oder Schlotten erschließen können). Die flachen Humusaufgaben auf Wandabsätzen, Rasenbändern, Kanten und Felsplateaus trocknen schon nach wenigen regenlosen Tagen aus. Bei Humusmächtigkeiten von weniger als 10-15 cm wird den meisten Waldbäumen eine Dauerexistenz unmöglich. Mit zunehmender Flachgründigkeit steigt auch der Skelettreichtum der Bodenaufgabe. GAUCKLER (1938) fand beim Schulerloch (KEH) im Buchenwaldboden ein mittleres Skelett-Gewichtsprozent von 5, im steil-felsigen Buschwald von 8, im Carex humilis-Felsabsatzrasen von 61 und in schütterten Blauschwingel-Felsheiden von 73 %.

Stark abweichende Verhältnisse zeigen die ebenen, z.T. sogar etwas eingemuldeten Plateaus von Woll-sack-Granittürmen und -bastionen in den höheren Kristallinegebirgslagen, insbesondere bei noch wirksamer Abschirmung und Streuproduktion durch Baumkronen. Fehlende Versickerung, relativ günstiges Kleinklima und günstige Wasserversorgung ermöglichen bedeutende Humus-, ja Trockentor-

faulagen, geschlossene Zwergstrauch-/Moos- und sogar Baumbesiedlung. Schon auf kleinsten, etwa 20 m<sup>2</sup> großen Felsplateaus können sich kleine, forstlich kaum nutzbare "Urwaldfragmente" etablieren, sofern das Beklettern abgehalten werden kann (z.B. auf verschiedenen Steinwald- und Kösseinfelsen sowie im Falkenstein Vorwald).

Gesteins- und faziesspezifische Verwitterungskleinststrukturen bestimmen wesentlich die pflanzliche Besiedlung und Habitatwirkung. Außerordentlich vegetationsbegünstigend wirken z.B. Lochreichdolomite der Hersbruck-Königsteiner und Velburger Alb, z.B. Höhenglückfelsen bei Hirsbach/AS, Schwammstrukturen, z.B. in den Velburger Riffdolomiten, am Hirtenberg bei Holzheim/NM, die den Rasenbesatz (Blauschwingel, Furchenschwingel usw.) ermöglichen. Ähnliches gilt für die schaligen unregelmäßige Oberflächenstruktur der Diabas ("Schalstein-")Abstürze, wie z.B. bei Berneck-Wirsberg/BT, KU, im Saaletal N Hof, am König David im Selbitztal/HO, sowie für den außerordentlichen Strukturreichtum säulenartig auswitternder Basaltabstürze (z.B. Rabenstein/Rhön, Parkstein und Waldecker Schloßberg/NEW; siehe Teil H). Auch in den Bayerischen Alpen bilden unterschiedliche Schichtglieder ganz verschiedene Wandstrukturen und damit auch pflanzliche Besiedlungsmuster. Man vergleiche miteinander z.B.: die stark berasteten, allerdings sehr seltenen Flyschwände (Fellhorn), die rasenbanddurchsetzten Platten- und Wettersteinkalkpartien, die struktur- und vegetationsarmen Oberrätkalkriffe, die löchrigen Rauhacken- und Zellenkalkwände oder die kleinstrukturreichen Radialit- und Doggerkieselskalk-Wandstufen!

Spezifische Sonderbildungen sind z.B. halbgeöffnete Verwitterungsröhren (Geologische Orgeln; in eiszeitlichen Nagelfluhen Südbayerns; siehe Teil E und C), Höhlenöffnungen und Grotten (am Wandfuß, aber auch in größerer Höhe), "Bretterdolomite" (in scharfe Risse und Vertikalrippen gegliederte, weil stark senkrecht geklüftete Malmfelsen wie z.B. im Felsengarten SW Rupprechtstein/AS, um Velburg am Höhlenberg und Reiterstein, bei Kircheneidenfeld/NM). Letztere bestimmen vor allem die Moos- und Flechtenverteilung einer Steilwand.

Verwitterungsrückstände: Ihre Bildungsrate und Rückhaltungsmöglichkeit in Spalten und Verebnungen (hier auch Detritusanhäufung) und letztlich die Ausbildung fleckenweiser Felsböden (Syroseme, Felsrendzinen, Protorendzinen, Protoranker) hängen wesentlich vom Gestein ab (z.B. Dolomitasche oder -sand aus Frankendolomit und Bronner Plattendolomit, Feinerde aus Diabasverwitterung usw.). Die unterschiedliche Bodenbildung verstärkt die edaphischen Unterschiede zwischen Absätzen und Wandflächen und erklärt das Auftreten spezifischer Pflanzengesellschaften oder seltener Arten (z.B. Strohblume *Helichrysum arenarium* in Dolomittfelsenischen am Hutberg/R und Sprossende Hauswurz *Jovibarba sobolifera* im Knockgebiet von Neuhaus-Velden/BT).. Lediglich an glatten Steilwänden und Überhängen, sowie an windverblasenen Kanten und Felsspitzen findet praktisch keine Bodenbildung

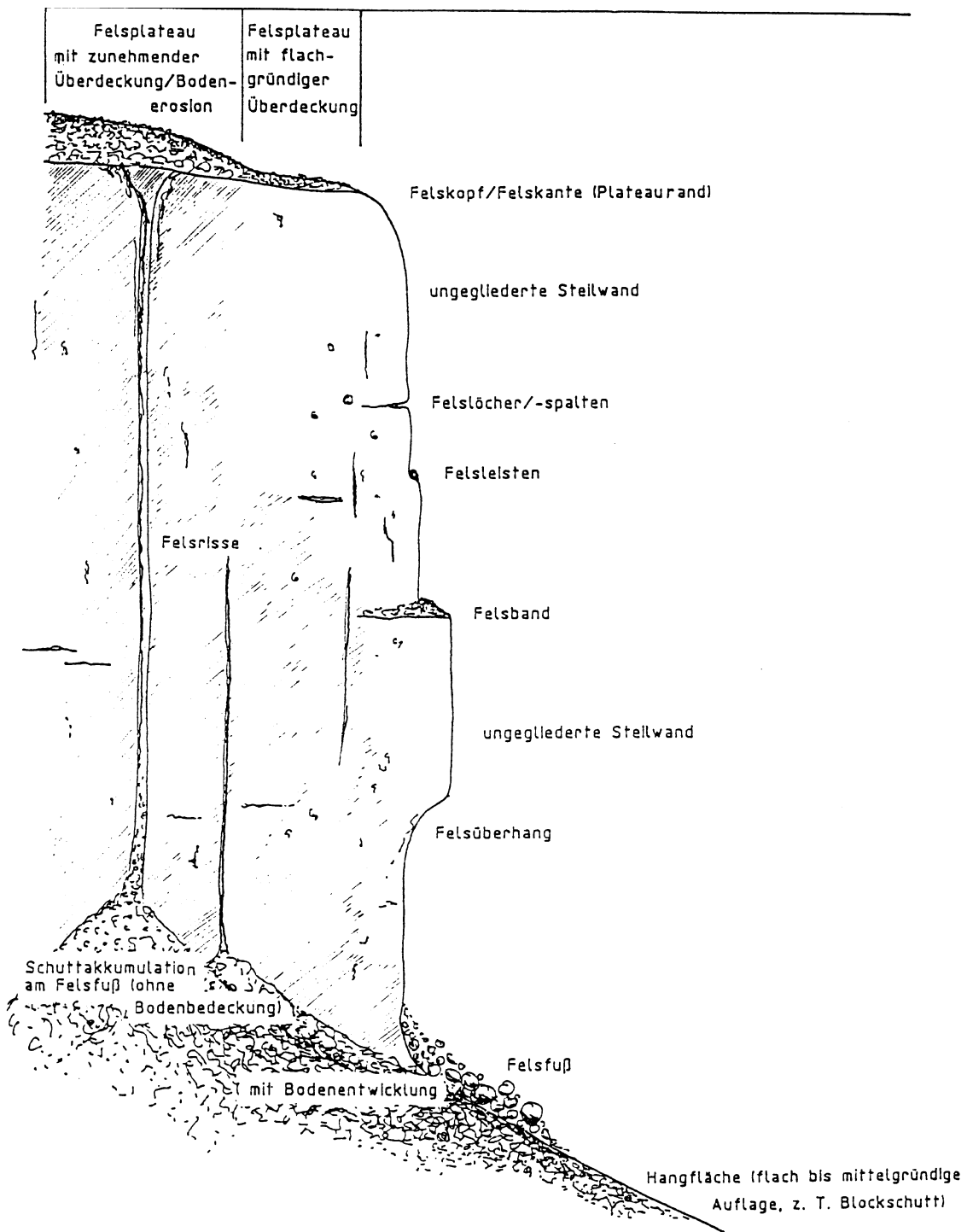


Abbildung F/5

Schematisiertes Idealprofil eines Kalkfelsstandortes der südlichen Frankenalb (FAUST et al. 1988)

und Materialdeposition statt. Hier ist das Gedeihen höherer Pflanzen und auch die Existenz kleiner tierischer Felsbesiedler fast allein von feinen Klüften, Rissen und Spalten abhängig.

Wird die Boden- und Bodenvegetationsentwicklung nicht wie so oft durch den Trampeleffekt unterdrückt, nimmt hinter der Oberkante die Bodenmächtigkeit und -reife rasch zu. Auf die Rohböden folgen Rendzinen, Ranker, Parabraunerde-Rendzinen bzw. Braunerde-Ranker oder Podsole.

### F.1.3.2 Schutthalden

Im Gegensatz zur Blockhalde (siehe F.1.3.3) überwiegt scherbiger, kleinstückiger Schutt. (Fein-) Schutthalden verhüllen den Fuß vieler plattig und scherbig abwitternder Schichtkalkwände (z.B. Malm alpha, Wellenkalk). Außer-alpine Feinschutthalden werden z.B. im Wellenkalk bis zu 40° steil, bei Thüngersheim sogar 50° (hier vermag *Sesleria* noch zu wurzeln!). Vor allem am Albrauf, wo viele Schuttfluren den Ornat- und Opalinuston überlagern und wo recht unterschiedliche Stückgrößen aus den Wänden fallen, findet eine stärkere gravitative Sortierung statt, d.h. talabwärts zunehmende Trümmergröße (Übergang von Schutt- zu Blockhalden), dadurch eher konkaves Hangprofil. Die meist viel größeren alpinen Kalkschutthalden erreichen unterhalb großer Wände (vor allem Hauptdolomit und Wettersteinkalk), in Karen und Talschlüssen und in größerer Höhe (Frostsprengung) ihre größte Ausdehnung. Im mainfränkischen Wellenkalk ist die Haldenbildung dort am ausgeprägtesten, wo dem Wellenkalk noch eine Staffel aus Hauptmuschelkalk aufsitzt, der das Gros des Schuttes liefert, so z.B. am Ravensberg bei Veitshöchheim/WÜ, am Tiertalberg bei Thüngersheim/MSP und am Roßtalberg bei Retzbach/MSP.

**Dynamik:** Im Unterschied zu den mehr statischen Blockmeeren (siehe unten) echte "Fließgleichgewichts- oder stationär dynamische Ökosysteme". Ständige Materialnachlieferung, Verlagerung und Umlagerung (auch durch Solifluktion und Fließwasser) bei talseitiger Überwachsung bzw. Verwitterung erzeugt einen zwar dynamischen, aber in seinen Lebensbedingungen über Jahrhunderte und Jahrtausende hochkonstanten Standort, der auf natürlichem Wege ein frühes Sukzessionsstadium fixiert. Reliktgesellschaften und -arten aus der Eiszeit oder postglazialen Wärmezeit, wie z.B. Bergschrecke (*Podisma terrestris*), Schildamper (*Rumex scutatus*), Rasensteinbrech (*Saxifraga rosacea*), konnten deshalb über lange Zeiträume überdauern. Die starke Zerklüftung der Schichtkalke (z.B. wulstig abbröckelnder Wellenkalk) erleichtert die Arbeit des Spaltenfrostes. Stetiger Materialnachschub und Steinschlag (vor allem im Winter) sowie Abrollen und Abspülung halten die Halde teilweise in Bewegung; sie kommt nur in warmtrockener Jahreszeit zur Ruhe (im Wellenkalk kann dann die dort charakteristische Feinerdefraktion zementartig verhärtet). Im Winter erzeugen Frostlockerung, -hebung und starke Durchfeuchtung eine stete Bodenbewegung. Von den Wandstufen rieselt ständig Feinmaterial nach. Nach einer

Frostnacht hört man vor allem im Wellenkalk das Knistern und Rieseln der Erdbröckchen, Steinchen, nuß- bis faustgroßen Stücke (KAISER 1950). Darunterliegende Siedlungen und Straßen müssen manchmal mit Betonübergießungen und Schutznetzen geschützt werden (z.B. Kallmünz/R, Essing/KEH, 12-Apostel/WUG). Schutthalden des Albraufes sind insbesondere auf der Ornatenterrasse häufig mit Rutschungen verbunden. Schuttüberzogene Rutschungen, in denen sich Wälle mit Sprunghöhen von 3-4 m ausbilden können, überfahren sogar die Stufe des Eisensandsteines (z.B. Pegnitztal).

Der schwächer geneigte Haldenfuß ist in der nördlichen Frankenalb die Zerfallszone, in der der hier lagernde Grobschutt zu feinem Material verwittert. Oft lösen sich größere Blöcke an Ort und Stelle in der Art eines Puzzles in kleinere Bruchstücke auf, ohne ihre Form gleich zu verlieren. Die unteren Haldenpartien führen am meisten Feinerde.

**Bodenentwicklung, Wasser- und Stoffhaushalt:** Abrieselnde Verwitterungsrückstände und Felsablaufwasser sorgen für ein ständiges Nährstoffangebot; im oberen Haldenteil sehr geringe Bodenentwicklung (Syroseme), die unteren Partien des Haldenfußes besonders feinerdreich. In Schattlage deutlich bessere Bodenentwicklung. Blockklüften im unteren Böschungsteil sammeln Detritus und regen die Bodenentwicklung an. Stoffanreichernde Sickerwasserzüge machen sich vor allem unterseits bemerkbar (z.B. Halden über Ornatenton/Jura oder Kössener Schichten/Alpen). Mineralreiches Kluft- und Karstwasser kann so in die Schuttkörper einsickern und unterseits in Scheinquellen wieder austreten (z.B. über dem Feuerletten unterhalb von Rhätolias-Schutt im Talkessel von Thieroldsreuth/BT).

### F.1.3.3 Blockhalden, -meere, Felsstürze

Die außeralpin vorwiegend über 10 000 Jahre alten Blockhalden und Felsstürze sind Inselstandorte von höchster edaphischer, morphologischer und mikroklimatischer Eigenart und damit klassische Geotope, zumal sie nur selten größer als 5 ha sind. Einige ökologische Merkmale seien im folgenden hervorgehoben.

**Hohe Konstanz,** geringere Dynamik als Schutthalden: Blockhaldenbildende Prozesse meist längst abgeschlossen. Dennoch wandern blockreiche Schuttdecken ab etwa 20° auch heute noch geringfügig, ein ferner Nachklang periglazialer Prozesse, erkennbar an Beschädigungen technischer Anlagen (z.B. Bauersberg/NES), Säbel- und Bogenwuchs von Fichten und Laubbäumen (z.B. in den Karwänden des Böhmerwaldes oder in den Blockmeeren der Bayerischen Alpen, wie z.B. Tatzelwurm/RO). Steile und relativ kleinstückige, mehrschichtig übereinandergelagerte Blockhalden mit relativ glatten, reibungsärmeren Steinoberflächen, z.B. Basalthalden am Rauhen Kulm/NEW und am Teichelberg-Osthang/TIR, werden rezent leichter umgelagert als rauhkörnig abgewitterte Granit- oder Sandsteinblöcke.

Trümmergröße und -form: Schon der Bergwanderer registriert je nach Blockgröße eine unterschiedliche Begehbarkeit: - tritt- und sprungfester, konsolidierter Grobblockschutt (wo nur die vielen Spalten und gelegentlich ein paar Wackelblöcke zur Vorsicht mahnen; z.B. Gipfelblockmeere des Fichtelgebirges), - unsicher zu begehende, immer wieder abrutschende Kleinblockhalden (z.B. Basalthalde Rauher Kulm), - kaum passierbare Bergsturzgebiete usw. Diese Unterschiede resultieren vor allem aus der Körnung, dem Kluftabstand des Gesteins, der tektonischen Beanspruchung der Herkunftsgebiete der Bergsturzmassen. Typische Blockhalden bestehen jedoch überwiegend aus mindestens kopfgroßen Trümmern. Ein interessanter Zusammenhang besteht zwischen anstehenden Felsen und Haldengröße: Im pleistozänen Vereisungsgebiet (z.B. Grenzkamm des Böhmerwaldes, Arber) sind die Felsen oft größer und die Halden deutlich kleiner als in eisfreien Gebieten (z.B. Rhön).

Im Böhmerwald verringert sich die Blockgröße in der Reihenfolge Finsterauer Kristallgranit/grobkörniger Biotitgranit (Wollsäcke von m<sup>3</sup>-Größe) - feinkörniger Granit - Aplit - Diorit (HAUNER 1979). Die klassischen Granit-Gipfelblockmeere des Hohen Fichtelgebirges, Plöckensteins und des Lusen bestehen aus überwiegend gerundeten Mittel- bis Großblöcken, wogegen die kleineren Basalttrommel- und -prismenhalden unterhalb von Säulenbasaltfreistellungen (z.B. Steinernes Haus/Rhön, Waldeck/NEW), die wegen ihres rein "silikatischen" Milieus in den Bayerischen Alpen völlig isolierten sauren Glaukonitsandsteinhalden (z.B. Kühberg und Grünten-Südhang/OA) oder die nur kleinflächig vorkommenden Halden aus Reiselberger Sandstein (z.B. Ofterschwanger Horn/OA) vor allem eckig-kantengerundete, kleine bis mittelgroße Komponenten enthalten. Die Basaltblockhalden des Fichtelgebirges, z.B. des Ruh- und Teichelberges/TIR, WUN bestehen aus Trümmern von Kopfgröße bis maximal 1,8 m Kantenlänge (DIMROTH et al. 1965). Im gleichen Blockmeer können runde Blöcke (z.B. aus Biotitgranit) und eckige Trümmer (z.B. aus Zweiglimmergranit) vorkommen (HAUNER 1979).

Grundgebirgs-Blockmeere mit übereinandergürtelten Blöcken haben sich nur im Granitbereich entwickelt (HAUNER 1979, ELLING 1976). Gneise und Glimmerschiefer neigen viel weniger zur blockigen Absonderung. Ihre wenigen Blockhalden (z.B. Künisches Gebirge/CHA, Siebensteinfelsen/FRG) sind plattiger, weil die Gesteinszerlegung sowohl nach Klüften wie Schieferungsflächen erfolgt.

Gerundete bis kissenartige Blöcke (z.B. Granit, Diabas, z.T. Basalt) entstammen stets dem tertiären Zersatz, lediglich kantengerundete Blöcke wurden weitgehend unter rezenten Klimabedingungen subaerisch (unterhalb der Oberfläche) geformt, kantige Formen sind stets pleistozänen und rezenten Ursprungs.

Sturzblockfelder bestehen in Bayern überwiegend aus Karbonat- bzw. Sedimentgestein (im Jura z.B. Jura-Riffdolomite, Malm beta, in den Alpen vor allem Massen- und Bankkalke wie Platten-, Wetterstein- und Dachsteinkalk), Blöcke daher oft spalten- und kluftreicher; Blockgröße und -gestalt viel unterschiedlicher (Feinschutt bis Hausgröße) als bei Blockfeldern, mehr Risse, frische Bruchkanten, Spalten, Taschen, in denen kleine Wasser- und Humusmengen festgehalten werden (vgl. hiermit die kalotten-, trühen- oder sargdeckelartig regelmäßigen allseitigen Abdachungen der kristallinen Blockmeerkomponenten, die das Wasser ungehindert ablaufen lassen); in den z.T. übereinandergestürzten Sturzmassen entstehen noch mehr als in den Blockhalden tief- und weitreichende, kalte luftführende, z.T. weitlumige Hohlraumssysteme; Trümmerfeld-Oberfläche viel ungleichmäßiger als bei Blockmeeren; häufig sind flache Talböden bis zum Gegenhang überrollt; es können sich kalte luftstauende Trichter und Mulden ausbilden.

Substrat, Bodenbildung: Bodenbildungen im üblichen Sinne fehlen in Bergsturzflächen ebenso wie in exponierten Blockmeeren. Sie sind auch pedologisch ein extremer Sonderstandort. Hohlraumreichtum, kleinräumiger Wechsel von trockenen, feuchten, schattigen, besonnten, windexponierten und geschützten Stellen, taschenartige Detritus- und Humuseinlagerungen erzeugen äußerst diverse Standortbedingungen. Langwährende Oberflächenkorrosion erzeugte vor allem an Kristallinblöcken charakteristisch körnig-rauhe, die Flechten- und Moosbesiedlung erleichternde Oberflächen. Ausspülung durch Niederschläge schlämmt Verwitterungsrückstände und Detritus aus bzw. zur Blockfeldbasis durch. Gipfelblockmeere und sogar einige relativ tiefegelegene Blockmeere wie das Basaltblockfeld am Bauersberg/NES sind zentral bis mindestens 1,5 m frei von Feinerde und deshalb von Natur aus waldfrei (WALENTOWSKI 1993). Dies hemmt (in Verbindung mit rezenten Bewegungen und dem Extremklima) das Gefäßpflanzenwachstum und Aufkommen von Gehölzen. Bewaldungsfähig sind dagegen ruhende, tieferliegende, nicht zu mächtige Blockhalden unterhalb der Käme, die auf Felsoberflächen bis zu 20 - 40 cm, in Spalten bis zu 1 m tiefe Rohhumusvorräte anreichern und durch die extreme Geländerauhigkeit auch besser als glatte Hänge gegen Boden- und Streuabschwemmung sichern (Bevorratungsstandorte für die organische Substanz). Zwischen Granit- und Gneisblöcken sowie in Kalk-Bergstürzen angesammeltes und verrottes Laub bildet unter den spezifischen feuchtkühlen Bedingungen mullartigen Moder ("natürlichen Blattkompost"; ELLENBERG 1978) und regional daran gebundene Arten (z.B. *Festuca altissima* im Oberpfälzer Wald und Schiefergebirge) und regional blockhaldentypische Waldgesellschaften. Gut durchfeuchtete locker-krümelige Braunerden in den Lücken und Spalten geringmächtiger Grundgebirgshalden werden von den weitverzweigten Wurzeln von Edellaubböhlzern oder Fichten erschlossen. An Unebenheiten der Felsblöcke bilden sich feinerdereiche Taschen, die anspruchsvolle Arten begün-

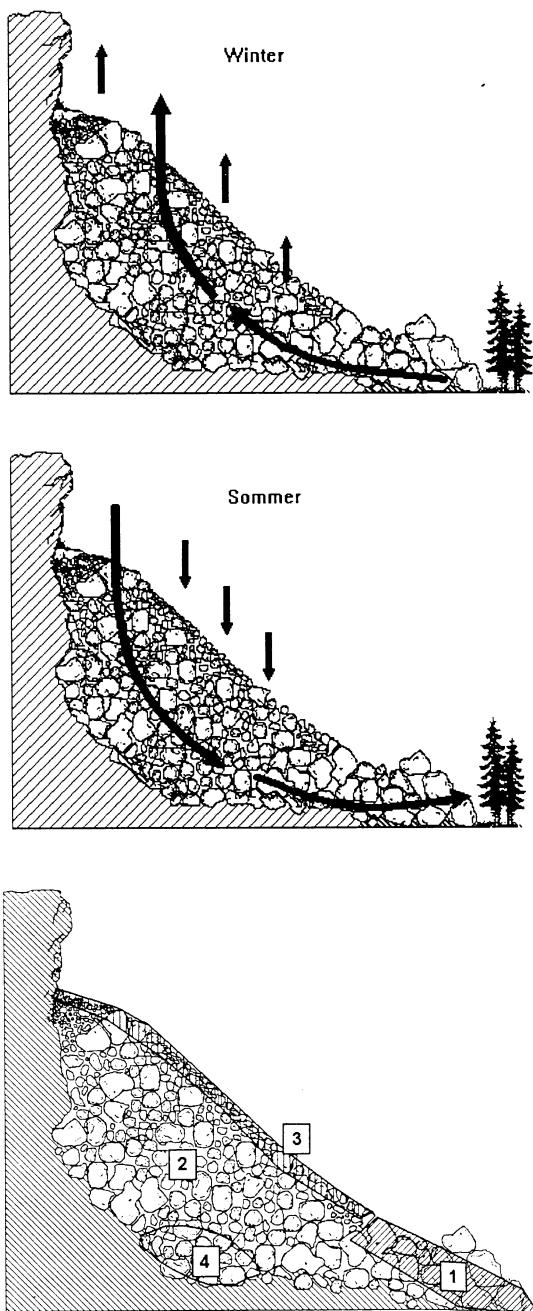


Abbildung F/6

**Saisonale Luftzirkulation und thermische Differenzierung in einer Grobblockhalde** (aus MOLEND 1996)

1 = Haldenfuß; 2 = Haldenkörper; 3 = Haldenoberfläche; 4 = fossiler Eiskern

stigen, während unmittelbar daneben die anspruchslosen azidophilen bis neutrophilen Felsflechten und -moose gedeihen.

**Sonderklima:** Das höchst eigentümliche Mikroklima ist geprägt durch:

- Räume geringer Luftbewegung und hoher Dauerefeuchte in der bodennahen Luftschicht zwi-

schen großen Blöcken (AUGUSTIN 1991). In den Lücken zwischen den Blöcken steht auch im Hochsommer kuhlfleuchte Luft. Während der Schneeschmelze sammelt sich zwischen den Blöcken Kaltluft, die den Boden auch im Sommer lange unterkühlt, somit eine Krautschicht unterdrückt, andererseits aber den Boden feucht hält und dadurch Moose begünstigt (SMETTAN 1981). Riesenblockreiche Bergsturzgebiete bieten häufig mehr windberuhigte Nischen als Mittelgebirgsblockmeere mit ihrer aerodynamisch wesentlich gleichförmigeren Oberfläche.

- Luftströmungen (Windrohrsysteme) im Hohlraumsystem (MOLEND 1996, HEMP 1996): Eine jahresrhythmische Luftzirkulation größerer Blockhalden und Bergsturzmassen lässt im Sommer am Haldenfuß Kaltluft austreten ("Eislöcher, Wetterlocher"), die sich zusätzlich in vorgelagerten Mulden zu Kaltluftseen stauen kann (z.B. Grainauer Bergsturz/GAP), umgekehrt im Winter am Haldenkopf relativ warme Luft entweichen und die Ausaperung beschleunigen (Abb. F/6). Die Kaltluftströme verzögern das Abschmelzen (Eisreste bis in den Frühsummer in mittelmontanen Blockfichtenwaldern der Voralpen), senken die Oberflächen- und Bodentemperatur, damit auch die biologische Aktivität und das Wurzel- bzw. Keimlingswachstum. Wie kommen diese Windstrome zustande?

Meterdicke Blockhalden schirmen die Haldenbasis gegen Auentemperaturveranderungen ab, die dadurch relativ gleichmäßig kühl (7-8 °) bleibt. Die im Hohlraumsystem zirkulierende Luft kühlt sich durch Beruhung mit dem im Vergleich zur Oberfläche relativ kalten Gestein und dem Felsuntergrund ab und tritt in größeren grobblockigen Halden und Bergstürzen in einem Windrohrsystem aus. Das Hohlraumsystem mächtiger Grobblockhalden wird von Kaltluft durchströmt, die vor allem am unteren Ende ausströmt. Die Abkühlung kann bei unterlagernden Stauschichten (in der Frankenalb z.B. Ornamenton, in den Bayer. Alpen z.B. Kössener, Partnach- und Raibler Mergel) durch Verdunstungskälte verstärkt werden. In der Hersbrucker Alb erhielt HEMP die ausgeprägtesten Temperaturgange an warmen Tagen nach kühlen Nächten, wo offensichtlich nachts kühle Luft in das Hohlraumsystem eindringt und erst bei wieder ansteigender Umgebungstemperatur tagsüber ausfließt. Umgekehrt bewahrt die isolierende Blockhalde im Winter den Untergrund vor dem Ausfrieren, der dadurch seine gespeicherte Wärme langsam abgeben kann. Für die Vegetation ist die Kühle der austretenden Luft bei gleichzeitig relativ hoher Feuchte von besonderer Bedeutung.

Der "natürliche Kuhlschrankeffekt" kaltluft erzeugender Blockhalden kann in den Alpen, wahrscheinlich auch im Mittelgebirge (MOLEND 1996) gefördert werden durch ganzjährige (Permafrost) oder erst im Sommer langsam abschmelzende Eiskerne, die die Hohlraumluft zusätzlich abkühlen, die dann der Schwerkraft folgend am Haldenfuß ausströmt.

Im Winter dagegen wird durch Eisneubildung Wärme frei, die als Warmluft aufsteigt und im oberen Haldenbereich austritt. Während der Schneeschmelze eingedrungenes Wasser gefriert wieder und kühlt beim langsamen Abschmelzen im Frühjahr und Frühsommer die Bodenluft zusätzlich ab. In nordalpinen "Eiskellern" wie z.B. am Breitenstein/MB, im Baumgarten bei der Klammspitz/OAL, am Eibsee/GAP, Melköde/OA, Mittereis/BGL, am Frillensee/TS und Staufen-Nordfuß/BGL, dürften ähnlich ungünstige Temperaturverhältnisse auftreten, wie sie RICHARD (1961) aus Schweizer Blockhalden schildert: In 160 cm Tiefe überstieg die Bodentemperatur im unteren Haldenbereich niemals 2,0° C, im Jahresmittel lag sie 1958/59 sogar bei -1,5° C. MAYER (1961) registrierte in Block-Zwischenräumen und Spalten eines Bergsturzgebietes am Mühlhörndl/RO (970 m) an einem wolkenlosen Sommertag Tagesmitteltemperaturen zwischen 5 und 13,8° (ca. 13-5° C kälter als im benachbarten Bergmischwald) und eine Tagesschwankung von maximal 2,6° C (im Bergwald 8,2°C, an der Blockoberfläche im weitgehend offenen Bergsturzzentrum 14° C!). Gegen Mittag trat an den Luftaustritten sogar schwache Nebelbildung auf. Die Lufttemperatur der Kaltluftströme entspricht teilweise dem Jahresmittel der Lufttemperatur für diese Höhenlage wie auch der Bodentemperatur.

Der Eiskellereffekt begünstigt kälteertragende nordische und alpine Arten, wie z.B. *Clematis alpina*, *Rhododendron hirsutum* (beide nur Alpen), *Huperzia selago*, *Lonicera nigra*, läßt vor allem in den Alpen den Baumwuchs, der nur in den oberflächlichen, kaltluftbeeinflussten Rohhumusansammlungen wurzeln kann, manchmal kaum über Krüppelwuchs ("Latschen-Krüppelfichtenwald") hinauskommen. In solchen Fällen sind auch in Tallagen lichtliebende Arten höherer Alpenstufen begünstigt.

#### F.1.3.4 Härtlinge und Inselgesteine

Unmöglich kann hier die Vielfalt der geochemischen, morphologischen und edaphischen Standortbedingungen solcher Geotope ausgelotet werden. Eine kleine Auswahl muß genügen und soll anregen, im jeweiligen Landkreis die jeweiligen Spezialstandorte zu erkunden und ins Bewußtsein zu rücken.

Grundsätzlich bildet jeder aus der Umgebung herausragende Härtling einen eigenen Klimatop, also eine kleine Raumeinheit mit spezifischem Geländeklima. Im Freiland genießt sein Südhang stets mehr Globalstrahlung als ebeneres Gelände. Diese Wärmebegünstigung geht einher mit größerer Trockenheit (Windexposition) und Flachgründigkeit (eiszeitlicher Bodenabtrag; periglaziales Abfließen alter Verwitterungsaufgaben; rezenter Bodenabtrag; Windverblasung von organischem Material). Wird der trocken-extreme Standortcharakter noch durch edaphische Durchlässigkeit und regional-klimatische Trockenheit verstärkt, wie z.B. bei den fränkischen Grundgipsbänken, so sind Härtlings- und Kantenstandorte prädestinierte Inseln für kontinentale und südliche Floren- und Faunenelemente. Auf

den Riffdolomit-Knocks der nördlichen Frankenalb und Oberpfälzer Alb entwickeln sich die Böden meist nur zu sandig-schluffigen Rendzinen, auf den tiefergelegenen Kristallinfelsen zu sandig-grusigen Rankern. Wegen des trockenisgehemmten Streuabbaues und der Kiefernüberschirmung tritt auf Dolomit-Knocks eine moderartige Humusform auf, auf den Silikat"-Riffen" in höherer Lage auch Rohhumus- und Trockentorfaufgaben. Auf den Dolomitriffen wird das Kalium durch den Ca-Antagonismus zum Mangelfaktor (Nadelchlorosen bei Kiefern). Das geringe Wasserspeichervermögen der Böden auf Silikat- und Karbonat-Knocks bewirkt häufig Wasserdefizite.

Selbstverständlich wird die Eigenart als Pflanzenstandort ganz wesentlich von der chemischen Gesteinszusammensetzung geprägt. Inselgesteinsvorkommen können sich durch außergewöhnlichen Nährstoff- oder Basenreichtum (z.B. Ultrabasitinseln, Kalksilikat- und Marmorgänge), durch geogene Nährstoffarmut (z.B. Pfahlquarz, Rhyolithinseln) und durch pflanzenhemmende Elemente (z.B. Schwermetalle) von der Landschaft abheben.

Beispiele:

Die Gipsbänke des fränkischen Gipskeupers (nicht nur der berühmten Gipshügel des Steigerwaldvorlandes, sondern auch des Grabfeldes, des Vorlandes der Frankenhöhe) sind edaphisch von den geochemisch-physikalischen Besonderheiten des Gipsgesteins geprägt: Wechselfolge aus bis metertiefen Felsengipslagen, dolomitischen Steinmergeln und schmalen Gipsbänken, gesteinsbedingte Dynamik durch Verbiegungen, Stauchungen und Faltungen infolge von Quellungsvorgängen bei der Anhydrit-Gips-Umwandlung sowie immer wieder Einbrüche und Sackungen (siehe Teil E), hohe Löslichkeit und rasche Abwitterung des Ca-Sulfates, alkalische Bodenreaktion (kalkhaltige Böden). Die noch erhaltenen Gipshärtlinge bilden heute bis 5 m hohe Kuppen und Rippen.

Morphologisch ganz ähnliche Kuppen, Höcker und Wannen bilden kleinflächig die Wiesenkälke der Münchner Ebene und der Donaurieder. Der zu über 97 % aus Ca CO<sub>3</sub> bestehende, stellenweise vertuffte Alm ("Alben" von röm. terra alba) enthält stets 0,5 - 1,5 % organische Anteile. Im naturfeuchten Zustand bei Wassergehalten von 10-40 % eine breig-schmierige Masse (mikrokristalliner Sand bis Schluff). Bei starker Entwässerung sehr trocken. Substrat pflanzenwachstumsfeindlich, deshalb kalktrockenrasenbegünstigend. Alte Alm-("Weißsand")-Abbaue haben gelegentlich den Kuppencharakter verstärkt (z.B. Lochhauser Sandberg/FFB, Riedheimer Moos/GZ, Tuffhügel bei Wörth/ED). Die enge standörtliche Verzahnung mit Nieder- und Anmoorlinsen und -bereichen kennzeichnet Almhügel genauso wie Gipshügel (hier Gipsdolinien).

Serpentinkuppen: Das metamorphe, schwarz bis grünlänzende, im angewitterten Zustand blaue bis violette Eruptivgestein Serpentin ("der blaue Fels") besteht zum größten Teil aus dem Mineral Serpentin, einem wasserhaltigen Magnesium-Eisen-Silikat ohne Aluminium. Bei der Verwitterung



wird nur wenig  $\text{Ca}^{++}$  und  $\text{K}^+$ , dafür umso mehr  $\text{Mg}^{++}$  frei, das die  $\text{K}^-/\text{Ca}^-$ -Aufnahme hemmen kann. Das  $\text{Mg}^{++}/\text{Ca}^{++}$ -Verhältnis liegt an den deutschen Standorten um 25 : 1. Die Schwermetalle Ni, Cr (das im Boden Phosphate ausfällen kann) und manchmal auch Co werden bei der Gesteinsverwitterung in relativ hohen Konzentrationen pflanzenverfügbar. Dafür kann Molybdänmangel auftreten. Die Schwermetalle hemmen die mikrobielle N-Nachlieferung. PH-Werte zwischen 6 und 9, in Felsspalten 6,8 - 7,0 belegen den basischen Sonderstandortscharakter in sonst vorherrschend sauren Kristallingebieten. Im Gelände bildet Serpentin aufgrund seiner Verwitterungsresistenz oft herausragende Kuppen und Rippen oder kleinere Felsgruppen (z.B. Serpentinzüge bei Schwarzenbach - Schwingen/HO und Schönsee/SAD).

Diabaskuppen unterscheiden sich vom umgebenden Schiefergelände durch besonders trockene (Erhöhungen!), warme und nährstoffreiche, meist kalkhaltige Böden. Die Ca-Verfügbarkeit ist jedoch verringert, weil es in Form von Silikaten vorliegt. Der Kaligehalt ist i.d.R. geringer als im umgebenden Kristallin. Kalk-Inseln (Kalksilikat, Marmor, Devonkalke usw.) im vorherrschend bodensauren Grundgebirge heben sich nicht nur durch den exotisch wirkenden Basen- und Ca-Reichtum, sondern häufig auch durch verkarstungsbedingte Trockenheit aus der Umgebung heraus.

#### F.1.4 Pflanzenwelt der Felsen, Blockstandorte, Härtlinge und Inselgesteine

(Flechtenbezogene Teilbeiträge: V. WIRTH; Jura-Blockhalden: A. HEMP)

Felsen, felsige Bereiche und ihre Kontaktbiotope haben seit jeher die Botaniker und Vegetationskundler besonders angezogen. Es sind klassische Refugial- und Residualstandorte, an denen heute bedrohte Arten vergangener Klimaperioden oder heute weit entfernter biogeographischer Regionen oft isoliert überdauern konnten. "Seltene", d.h. nicht allgemein verbreitete, vom Hauptverbreitungsgebiet abgegrenzte Artvorkommen heben viele dieser **extra- oder azonalen Sonderstandorte** von ihrer biogeographischen Umgebung ab. Das extrem kleinräumige Nebeneinander nackter, flach- und tiefgründiger Bodenstellen, verschiedener Expositionen, Besonnungsgrade, basenreicher und entbaster (auf Kalkfelsen), kahler und humoser Kleinstandorte und die meist enge räumliche Assoziation mit anderen naturnahen Lebensräumen erzeugen sehr kleinteilige Gesellschaftsmosaik, die sich syntaxonomisch oft nur mühsam einordnen lassen (STÖCKER 1965), und meist sehr hohe Artendichten. Der ökophysiologische Inselcharakter wird manchmal durch wachstumshemmende (Schwermetall-)Anionen noch verstärkt. Die Antreffwahrscheinlichkeit für hochspezialisierte, pflanzengeographisch weit vorgeschobene, seltene und gefährdete Arten und Vegetationstypen ist viel höher als in der übrigen Landschaft und auch höher als in vielen anderen Geotopen. Felsstandorte sind nicht nur in den Alpen

wegen ihrer hohen Konstanz und Konkurrenzarmut klassische Endemiten-Refugien.

Die geobotanisch-floristischen Verhältnisse sind daher auch relativ ausführlicher zu betrachten als in anderen Geototypen. Allerdings brauchen hier die in den Bänden II.1 (Kalkmagerrasen), II.3 (Bodensaure Magerrasen), z.T. auch II.4 (Sandrasen) behandelten, auf Felsstandorte übergreifenden Vegetationseinheiten nicht mehr eingehend dargestellt zu werden. Kalkalpine Vegetationseinheiten werden nur am Rande erwähnt, da sie dort oft den Rahmen von "Geotopen" weit überschreiten und wegen ihrer Vielfalt den Rahmen dieses Kapitels sprengen würden (vgl. hierzu die ausführliche vegetationskundliche Literatur zu den Bayerischen Alpen). Getrennt nach Gefäßpflanzen, Moosen und Flechten (letztere sind hier von zentraler Bedeutung) werden zunächst jeweils die charakteristischen pflanzlichen Lebensbedingungen umrissen und anschließend typische Pflanzengemeinschaften und Arten getrennt nach Felsen, Blockfluren usw. genannt. Gelegentlich werden Beobachtungen aus standörtlich verwandten Geototypen (z.B. Aufschlüssen, künstlichen Felsenschnitten, Steinbrüchen) einbezogen.

##### F.1.4.1 Einige pflanzenökologische Grundlagen zur Fels- und Blockbesiedlung

Das Pflanzenleben von Felsstandorten besetzt alle möglichen, auch die extremsten Nischen: Felsspaltenpflanzen (Chasmophyten), Moose und Gefäßpflanzen in Detritusanhäufungen kleiner Nischen und Absätze (Chomophyten), mit Rhizoiden in Kleinstspalten eindringende Flechten (Rhizolithophyten), an der Oberfläche haftende Algen (Exolithophyten), mehrere mm ins Gestein eindringende Einzeller, meist Blaualgen, aber auch "Innenkrusten" bildende Flechten (Endolithophyten). Manche Flechten und Moose zerstören aktiv die Felsoberfläche ("Lithophagophyten"). Gefäßpflanzen und selbst Moose kommen ohne ein Mindestmaß an organisch-mineralischem Feinmaterial nicht aus. Ihre Chance liegt also fast ausschließlich in/an detritussammelnden Rissen, Spalten, Absätzen oder Löchern, wo sie dem "Gesetz des beatus possidens" (OETTLI 1904) unterliegen: Der erste, sehr langlebige und/oder vegetativ fortpflanzungsfähige Pionier (fast alle Felspflanzen sind ausdauernd!) eines Felsmikrostandortes kann nur mehr schwer verdrängt werden, weil für einen Konkurrenten kein Wurzelraum mehr übrig ist. Das "Recht des glücklichen Spaltenbesitzers/zufälligen Erstbesiedlers" ist insbesondere für die Neubesiedlung von Sekundärfelsen und -Blockhalden, z.B. an Verkehrsanschnitten und in Steinbrüchen, von Bedeutung (siehe [Kap. F.2](#)) und trägt wohl auch mit zur hohen Artenkonstanz in Felsbiotopen bei.

Innerhalb der höheren Pflanzenwelt lassen sich - mit regionalen Abstrichen - unterscheiden (z.T. in Anlehnung an CHEROVSKY 1960, BERGNER 1990):

- echte Felspflanzen (Petrophyten), die in ihrem Gesamtareal nur auf Felsen und Blöcken vorkom-

men, z.B. *Asplenium*-, *Cystopteris*-, *Woodsia*-Arten, *Androsace helvetica*, *alpine Draba*-Arten, *Draba aizoides ssp. montana* (im Jura), mehrere *Saxifraga*-("Steinbrech"-)Arten, *Cryptogramma crispa*;

- felsliebende (petrophile) Pflanzen, Fels-Kontakt- oder Felsheidearten, die in wesentlichen Arealteilen ihren Vorkommensschwerpunkt in (z.T. überrasten) Felsen oder Felsheiden, d.h. Verzahnungen Felsköpfen/Grasheide haben, z.B. *Fumana procumbens*, *Linum austriacum*, *Dianthus gratianopolitanus*, *Juncus trifidus*, *Agrostis rupestris*, *Saxifraga rosacea*, *Dianthus gratianopolitanus*, *Festuca pallens*;
- fakultativ (gelegentlich oder unter günstigen Bedingungen) felsbesiedelnde Pflanzen, z.B. auf Silikatgrus in Felsnischen, z.B. *Lychnis viscaria*, *Jasione montana*.

Mit verschiedensten Anpassungen und Strategien haben sich (extrem xerotherme) Felspflanzen auf den Extremstandort (siehe F.1.3) eingestellt: Poikilohydre (wechselfeuchte) Moose und höhere Pflanzen halten mit dichtem Polsterwuchs zusätzlich Wasser fest (z.B. *Tortella*-Arten, *Rhacomitrium canescens*, *Androsace helvetica*, *Petrocallis pyrenai-ca*). Rollblätter, Wachsüberzüge, Behaarung, eine dicke Cuticula und Wasserspeichergewebe minimieren den Transpirationsverlust. Feuchte- und Lichtanspruch sind deutlich negativ korreliert: Arten und Gesellschaften mit hohen Lichtzahlen haben die geringsten Feuchteansprüche und umgekehrt.

Mittlerweile auch in Bayern recht gut erforscht ist das sehr artenreiche und charakteristische Flechtenleben der freien Gesteinsoberflächen. Flechten in ihrer unerhörten Kolonisationsfähigkeit scheinbar lebensfeindlicher Extremstandorte fehlen kaum einem Felsen, es sei denn, er ist frisch herausgebrochen oder -gesprengt. Diese "Doppelwesen" aus Algen und Pilzen bringen die regionalgeologische und landschaftsökologische Landschaftsdifferenzierung sehr fein zum Ausdruck, denn epilithische Flechten sind unmittelbar an das geologische Substrat gebunden als andere pflanzliche Organismengruppen. In ihrer Artenfülle spiegelt sich die petrographisch-ökochemische Bandbreite bayerischer Felsgeotope. Anders gesagt: Es sind viele morphologisch, klimatisch und mineralogisch unterschiedliche Fels- und Blockformen in möglichst vielen Naturräumen nötig, um den Minimalforderungen des Lichenen-Artenschutzes einigermaßen gerecht zu werden.

Das lokale Flechtenarteninventar hängt stark von der mineralogischen Zusammensetzung des Substrates mit chemischen und physikalischen Folgeparametern wie Löslichkeit (Oberflächenkonstanz), pH-Wert der Verwitterungsrinde, Schwermetall-, Basen- und SiO<sub>2</sub>-Reichtum u.a. ab (ausführliche Diskussion bei WIRTH 1972: 3-27). Kalkreiche Gesteine tragen eine völlig andere Flechtenflora als kalkfreie. Auch innerhalb der kalkfreien Silikatgesteine gibt es bedeutende flechtenfloristische Unterschiede, z.B. zwischen SiO<sub>2</sub>-reichen und -armen Gesteinen (erstere mit sauer reagierender, letztere mit basisch-neutraler Verwitterungsrinde). Basite

wie Basalt und Diabas, oder gar Ultrabasite wie Serpentin und Redwitzit bilden jeweils ganz eigene Lichenen-Florenregionen. Deshalb kommt der geologisch-petrographischen Diversität Bayerns auch ein hoher Artenschutzwert zu. Seltene Gesteine heben sich oft auch durch seltene (Flechten)Arten hervor.

Die unterschiedlichen Wuchsnischen der Flechtenflora im Felsbereich deutet [Abb. F/7](#), S. 358 an. Die hohe Artenzahl von Felsflechten ermöglicht die Ausscheidung von Flechtengesellschaften, die außer Gesteinsarten, Beschattungsgraden und Höhenstufen verschiedentlich auch die unterschiedlichen Felsneigungen und -expositionen an ein und demselben Felsen oder Block differenzieren.

Auch für die Moosflora und den bryologischen Naturschutz sind Felsbiotope von zentraler Bedeutung. Ein erheblicher, regional sogar großer Teil der (seltenen) Moosflora siedelt in Fels- und Blockbereichen. "Die ungeheure Vielfalt der Felsstandorte, bedingt durch chemische und physikalische Beschaffenheit der Unterlage, durch feinste mikroklimatische Abstufungen in Bezug auf Feuchtigkeit, Exposition, Neigung, Lichtgenuß, Frostgefahr, Windwirkung, Schneebedeckung etc., befriedigt in einer weiten Skala die ökologischen Ansprüche der verschiedenartigsten Moose und damit von Moosgesellschaften unterschiedlichster Zusammensetzung" (NEUMAYR 1971). Mehr als bei den Flechten wird die Felsmoosvegetation neben der Geochemie ("Kalkmoose", "Silikatmoose") durch von der Gesteinsart abgeleitete Parameter wie Verwitterungsform und Spaltenstruktur gesteuert. Die größte Vielfalt entwickelt sich auf schattigen Felsen in Wäldern, in Schluchten mit gleichmäßig hoher Luftfeuchte, besser noch mit Wasserüberrieselung. Spezifische Moose und Moosgesellschaften besiedeln aber auch sonnige Wände und Felsgruppen. Wegen ihrer hohen Empfindlichkeit und Ausgesetztheit für Aktivitäten wie Klettern, "Kraxeln" und Felsputzen ist den Moosen (wie den Flechten) in einem Felspflegekonzept hohe Beachtung zu schenken. Denn Moose besetzen nicht nur fast alle etwas detritushaltigen Spalten und Simse (d.h. die "Griffe" der Kletterer), sondern verhüllen trittwichtige Kanten und Gesimse oder hängen "störenderweise" in Form üppiger Girlanden und Teppichen über feuchtschattige Felsen herab. Gerade in den Einstiegs- und Aufenthaltsbereichen am Wandfuß befindet sich häufig die höchste Bryophytendiversität. Arten wie *Thamnium alopecurum* (die wiederum kleinere Moose wie *Metzgeria pubescens*, *M. conjugata*, *Lejeunea cavifolia* "Huckepack" nehmen) überziehen oft mehrere qm große Flächen glatter Felswände.

Noch deutlicher als Gefäßpflanzen differenziert die Moosbesiedlung die mikroklimatisch verschiedenen Teilstandorte von Felsmassiven oder -blöcken, also nach FREY 1923 (zit. in NEUMAYR 1970) die Fußfläche, Grottenfläche (unter Überhängen), Überhangfläche, Stirnfläche (senkrecht), Neigungsfläche (obere Böschung) und Kulmfläche ("Gipfelzone", Kuppel). Die Besiedlung auch freierer, scheinbar extrem-trockener Felspartien wird durch

wasserzügige Haarrisse, kleine Spalten und Ritzen erleichtert. Abgestorbene und lebende Moospolster stauen Felsablaufwasser und speichern es längere Zeit, so daß hygrioch Anspruchsvollere Arten einwandern können. Sogar sehr steile und ruhlose Wellenkalkschutthalden können von einzelnen Moosarten (z.B. *Tortella*-Arten) besiedelt werden. Die häufigen Auffrierungen (Kammesbildung) in feinerdehaltigen Schutthalden heben *Tortella*- oder *Astomum*-Rasen empor und stellen sie u.U. auf den Kopf. Das akrotone (Spitzen-) Wachstum kann nun umgekehrt werden. Die Haldenmoose sprossen dann "verkehrt herum". Es entstehen "Mooskugeln" mit artspezifisch unterschiedlichen Durchmesser, die vom Wind über die Halden transportiert werden und sich rasch ausbreiten. (Abb. F/8, S.359). *Astomum*-Sporen keimen sogar in kleinen bewegten Erdklümpchen oder in erdhaltigen leeren *Cebrina*-Schneckenkapseln.

Paradoxerweise können Felsen reich mit vorwiegend einzelligen, z.T. hochspezialisierten **Algen** besetzt sein, auch außerhalb der schon von ferne erkennbaren schwärzlichen Algenstreifen an überrieselten Stellen. Der scheinbar tote Fels "lebt". Unterschiedliche Expositionen und Feuchtegrade prägen sich in sehr unterschiedlichen **Felsalgenesellschaften** aus (JAAG 1945, CHANG 1994). Kieselalgen werden wahrscheinlich durch Vögel, evtl.

auch Insekten aus umliegenden Gewässern an feuchte Felsen verschleppt und bilden dort Algengesellschaften. Bezieht man noch die Verfrachtung von Diatomeenschalen durch Wind ein, so kann man sowohl die erstaunliche Artenvielfalt als auch die gefundenen Assoziationen erklären (REICHARDT 1985, S. 173). Felsdiatomeen scheinen erhebliche osmotische Druckschwankungen, vielleicht sogar kurze Austrocknung überstehen zu können. Bevorzugt werden aber feuchte bis überrieselte Felspartien, wo sie bräunliche Überzüge bilden, wie z.B. an der Oberlandwand bei Aicha/EI. Eine Strategie zur besseren Nutzung des Felslebensraumes durch Diatomeen scheint die Eigenbewegung zu sein. Fast alle Felsdiatomeen sind hierzu befähigt. Austrocknungsperioden können u.a. durch den "Rückzug" in wassergefüllte Felslöcher überdauert werden, z.B. bei *Hantzschia amphioxys*.

Sogar die Pilzwelt felsiger Standorte scheint eigene Züge aufzuweisen. Auch für eine mykologische Gesamtcharakterisierung von Felsgebieten reicht das verfügbare Datenmaterial bei weitem nicht aus. Lediglich einzelne Stichproben sollen andeuten, daß der nutzungsabweisende, naturnahe Waldtypen konzentrierende Effekt von Block-, Fels- und Knockstandorten auch das Pilzleben wesentlich bereichern kann. Unberührte Wälder, wie sie für viele Felskontaktstandorte typisch sind, haben bekanntlich für

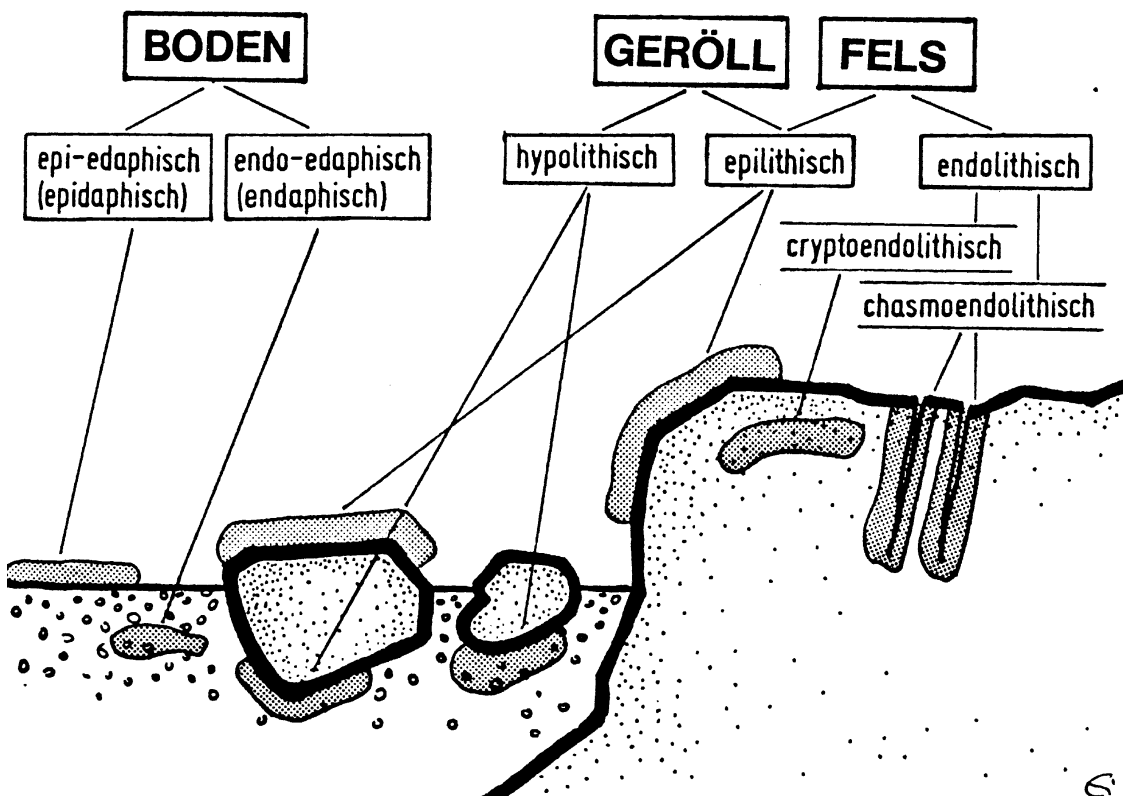


Abbildung F/7

Unterschiedliche Wuchsorte und Strategiegruppen von Flechtenarten im Bereich von Felsen und Blöcken (aus EICHLER 1986)

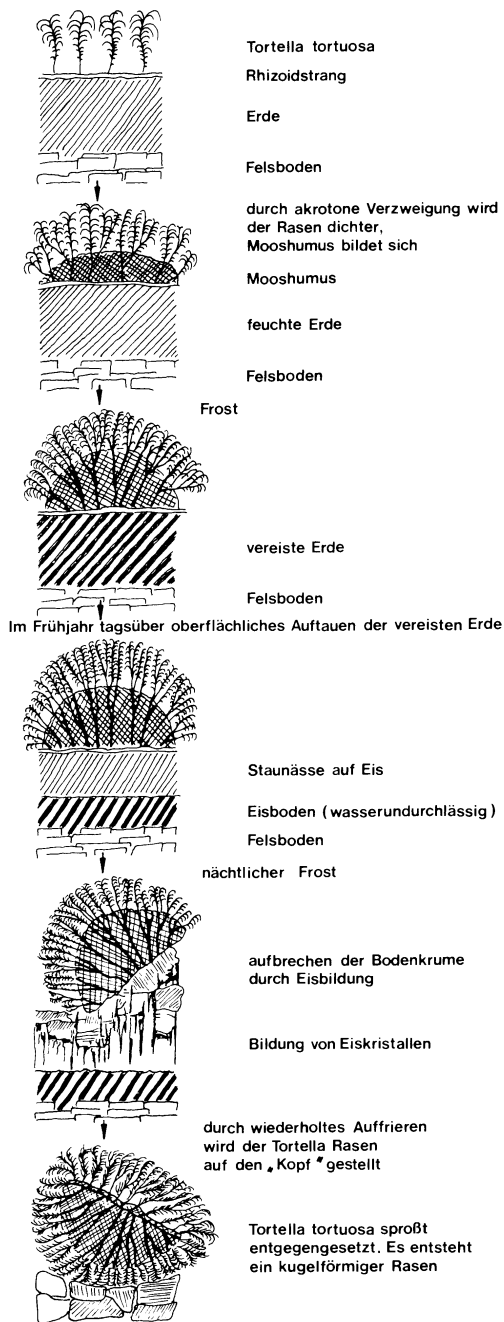


Abbildung F/8

**Entstehung eines Tortella-Kugelrasens auf einer mainfränkischen Wellenkalkhalde** (aus ZIEGLER 1981)

den Pilzartenschutz eine unverhältnismäßig große Bedeutung. Eine Reihe von Pilzen sind für felsige Kalkunterlagen charakteristisch, z.B. die Erdsterne *Geaster coronatus* und *G. fimbriatus*. KRONBERGER (1961) stellte auf den Dolomitkuppen und blockreichen Buchenwäldern bei Haßlach nahe Potenstein/BT eine "hervorragende", für alte ungestörte Standorte typische Pilzwelt fest, in der zahlreiche

Arten (insgesamt mindestens 96 höhere Pilzarten in einem einzigen Knockwäldchen) in geringen Individuenzahlen vorkommen.

Nimmt man Gefäßpflanzen, Moose, Flechten und Algen zusammen, so sind mindestens folgende Standortsbereiche auf Grund ihrer unterschiedlichen chemischen (und physikalisch-morphologischen) Wuchsvoraussetzungen deutlich auseinanderzuhalten:

- Kalk-/Dolomitmäulen (1.4.3)
- Silikatmäulen (1.4.4)
- Nagelfluhmäulen (1.4.5)
- Sandsteinmäulen (1.4.6)
- Block- und Schutthalden aus Karbonatgestein (1.4.8)
- Blockhalden aus Basaltgestein
- Blockhalden aus saurem Silikatgestein (1.4.7)
- Härtinge und Inselgesteine (nicht wandbildend; in sich sehr differenziert, siehe 1.4.9))

### F.1.4.2 Syntaxonomischer Überblick

Das komplexe Vegetationsmosaik von Felskomplexen umfaßt folgende syntaxonomischen Haupteinheiten im Sinne von OBERDORFER (1977 ff):

- Ein breites Spektrum epilithischer Kryptogamen- und Flechtengesellschaften (-vereine, -synusien)
- Felsspaltengesellschaften der ASPLENIETEA RUPESTRIS: POTENTILLETALIA CAULESCENTIS auf karbonatischen und ANDROSACETALIA VANDELII auf silikatischen Unterlagen.
- Geröllhaldengesellschaften der THLASPIETEA ROTUNDFOLII; auf Kalk: THLASPIETALIA ROTUNDFOLII (überwiegend höhere Lagen) und STIPETALIA CALAMAGROSTIS (tiefere Lagen); auf Silikat: ANDROSACETALIA ALPINA (höhere Lagen) und GALEOPSIETALIA (tiefere Lagen)
- Felsgrus-, Felsband- und Felsheidegesellschaften der SEDO-SCLERANTHETALIA; auf Silikat: SEDO-SCLERANTHION und SEDO-VERONICION DILLENII; auf Karbonat: ALYSSO-SEDION ALBI, FESTUCION PALLENTIS und Volltrockenrasen (XEROBROMION); in den Alpen: Blaugrashalden der SESLERIETALIA VARIAE und Krummsegghalden der JUNCETEA TRIFIDI
- Wärmeliebende Saumgesellschaften der TRIFOLIO-GERANIETEA, insbesondere der wärmeliebenden Blutstorchschnabelsäume (GERANION SANGUINEI)
- Wärmeliebende Eichen- bzw. Steppenheidewälder (QUERCETALIA PUBESCENTIS u.a.), Schneeheide-Kiefernwälder (ERICO-PINETALIA),
- Blockschuttwälder am Wandfuß (TILIO-ACERION; vgl. auch 1.4.2), ja sogar Eiben-Steilhangwälder (Jura, Alpen) und saure Bergfichtenwaldfragmente (PICEETALIA) auf kristallinen Felsplateaus.

Nur die verbreitetsten und felstypischsten dieser Einheiten werden im folgenden herausgegriffen.



### F.1.4.3 Kalk- und Dolomittfelsen

**Bestimmende Vegetationseinheiten:** Kalkfelsfluren und Kalkfugengesellschaften: (POTENTILLETALIA CAULESCENTIS mit den Verbänden POTENTILLION CAULESCENTIS und CYSTOPTERIDION), kontinentale Steppenrasen, Feder- und Pfriemengrassteppen: (FESTUCETALIA VALESIAEAE mit dem Verband FESTUCION VALESIAEAE), Kalktrockenrasen: (BROMETALIA ERECTI mit dem Verband XEROBROMION und der Assoziationsgruppe *Sesleria*-reicher Trockenrasen), alpine Kalkrasen: SESLERIETALIA VARIAE mit dem Verband SESLERION VARIAE; mehrere charakteristische Klassen und Verbände der Moos- und Flechtenvegetation; siehe außerdem: LPK-Bände II.1, II.3, GAUCKLER (1938), SCHUSTER (1980), SUCK (1983), THORN (1958).

**Catenaen, Abfolgen, Mosaikkomplexe:** Vollständige Abfolgen und Zonierungen sind ein wesentliches Merkmal der "Intaktheit" eines Felsgebietes und deshalb von Bedeutung im Handlungskonzept (Kap. F.4.2.2) vor allem in Bezug auf Betretbarkeitsregelungen und Kletterzonierungen. In Felszonen durchdringen sich offene Fels- und Spaltenbesiedlungen mit Rasenfragmenten, xerophilen Gebüschern und naturnahen Blockwäldern. Häufig bestehen charakteristische Abfolgen vom Felsfuß zur Oberkante; so eine Abfolge kann z.B. in der Altmühlalb vom Wandfuß zum Hochplateau auf der Sonnseite folgendermaßen aufgebaut sein: FESTUCO RUPICOLAE-BROMETUM (unbewaldet) oder CARICI-FAGETUM (bewaldet) > VINCETOXICUM-Gesellschaft > ASPLENIETUM / DRABO-CARDAMINOPSIETUM > DIANTHO-FESTUCETUM/ *Melica ciliata*-Gesellschaft/ *Sesleria varia*-Gesellschaft > *Prunus mahaleb*-Gesellschaft/ PRUNO-LIGUSTRETUM > ALYSSO-SEDETUM/DIANTHO-FESTUCETUM > PULSATILLO-CARICETUM/ BROMO-SESLERIETUM > GERANIO-DICTAMNETUM/ GERANIO-PEUCEDANETUM CERVARIAE/ GERANIO-TRIFOLIETUM ALPESTRIS > *Prunus mahaleb*-Gesellschaft > LITHOSPERMETO-QUERCETUM > CARICI-FAGETUM/ LATHYRO-FAGETUM. Die entsprechende Serie absonniger Lagen im Altmühlgebiet wäre: ACERI-FRAXINETUM/LATHYRO-FAGETUM TILIETOSUM > GYMNOCARPIETUM ROBERTIANAE/SISYMBRIO-ASPERUGINETUM/ASPLENIO-CYSTOPTERIDETUM > ASPLENIETUM TRICHOMANO-RUTA MURARIAE/DRABO-CARDAMINOPSIETUM > *Sesleria varia*-Gesellschaft > CARICI FAGETUM SESLERIETOSUM. Vergleichbare Abfolgen ließen sich auch für die Wellenkalkregion, die Wiesentalb usw. formulieren, vgl. auch Tab. F/1, S. 361.

**Flora, Goelemente, Arealtypenspektrum:** Der Pflanzenwuchs der Kalkfelsen und felsigen Hänge ist zwar sehr schütter, dabei aber relativ artenreich, zeitweise sehr bunt und auffällig (Beispiel: Blühaspekte von Felsenhungerblümchen *Draba aizoides*, Felsentäschels *Cardaminopsis petraea*, der rosaroten Pfingstnelke *Dianthus gratianopolitanus*, des blauen Felsenlittichs *Lactuca perennis*) und reich an biogeographisch bemerkenswerten Sippen ("Exklaven fremder Florengebiete"). De- und präalpine, (sub)kontinentale und submediterrane Arten erreichen in den Kalk- und Dolomittfelskomplexen

der Frankenalb die höchsten Anteile im Naturraum. Im Jura gehören 58 % des Gefäßpflanzenarteninventars dem südlichen und kontinentalen Florenelement an.

**Beispiele für das submediterrane Florenelement:** *Hornungia petraea*, *Dianthus gratianopolitanus*, *Dictamnus albus*, *Lactuca perennis*, *Fumana procumbens*, *Melica ciliata*, *Teucrium montanum*. Für das (sub)kontinentale Element: *Allium montanum*, *Aster amellus*, *Aster linosyris*, *Clematis recta*, *Cotoneaster integerrima*, *Lembotropis nigricans*, *Erysimum crepidifolium*, *E. odoratum*, *Festuca pallens*, *Galium glaucum*, *Minuartia setacea*, *Veronica spicata*, *Stipa joannis*, *St. bavarica*, *St. pulchella*. Einstrahlungen der Alpenflora in die Fränkische Alb (gleichnamiger Aufsatz von GAUCKLER 1970, aus dem das folgende Zitat stammt) sind überwiegend an Spalten der Kalkfelswände, Dolomittfelsen, schmale Felsbänder und Abstürze von Juratälern gebunden. Beispiele: *Asplenium viride*, *Buphthalmum salicifolium*, *Carduus defloratus*, *Chrysanthemum adustum*, *Draba aizoides*, *Erica herbacea*, *Hieracium bupleuroides*, *H. scorzonerifolium*, *Leontodon incanus*, *Sesleria varia*, *Thlaspi montanum*, *Rhamnus saxatile*. Die "dealpine Felsheide der Frankenalb ist eine altertümliche Assoziation, die im glazialen Zeitalter von den Alpen herab in das klimatisch begünstigte Vorland stieg und zwischen Donau und Main die Felsgebiete der Weißjurastufe der Fränkischen und Schwäbischen Alb besetzte. Die großen Schotterfluren längs Lech und Isar waren geeignete Wanderstraßen [siehe Teil D]. Die meisten der übersiedelten Arten mußten später im Postglazial die Alb wieder räumen, sei es primär infolge des wärmer werdenden Klimas, sei es sekundär infolge der Konkurrenz der aus SE und SW einrückenden Bäume, Sträucher, Kräuter, Gräser. Nur auf den Kalk- und Dolomittfelsen vermochte sich eine Auswahl dealpiner Eiszeitpflanzen bis in die Gegenwart zu erhalten. Sie bevorzugten heutzutage dort die klimatisch kühleren absonnigen, vorwiegend nordseitigen Lagen".

Bekanntes Beispiel sind das Felsenhungerblümchen (*Draba aizoides*) vor allem des Altmühl-, Wiesent- und Pegnitzgebietes, das die Vorfrühlingsfelsen dottergelb schmückt, die Alpengänsekresse (*Arabis alpina*; nur nordwestliche Frankenalb), die Felsendistel (*Carduus defloratus*), die Aurikel (*Primula auricula*; allerdings nur im Donaudurchbruch), das Alpenmaßliebchen (*Bellidiastrum michelii*; ebenda) und das Schwarz-wurzelhabichtskraut (*Hieracium scorzonerifolium*; außerhalb nur untere Altmühl).

Ungleich länger ist die Liste seltener, (regional) oft auf wenige Fundorte oder Massive beschränkte Phanerogamen in den Bayerischen Alpen. Da es hierbei nur ausnahmsweise um typische "Geotope" geht und nutzungskompensierende Maßnahmen oft entbehrlich scheinen, seien nur wenige Beispiele genannt: Dolomiten-Streifenfarn *Asplenium seelosii* (nur an einem Dolomittfelsen bei Reichenhall; gleichzeitig aber ein Beispiel, daß auch an scheinbar unzugänglichen Alpenstandorten empfindliche Florenverluste eintreten können, Sadebaum (*Juniperus sabina*;

Tabelle F/1

Verteilung von Pflanzengesellschaften auf die Teilstandorte von Jura-Felskomplexen (FAUST et al. 1988)

Standort	Gesellschaft	Vorkommen
Felsplateaus mit geringer Bodenauflage	PULSATILLO-CARICETUM HUMILIS	SW - NW, besonnte Kalk- und Dolomitfelsen
mit stärkerer Bodenauflage	BROMO-SESLERIETUM	SW - NW, exponierte Plateaus & breite Bänder
	GERANIO-DICTAMIETUM	trockene, warme Waldsäume
	GERANIO-PEUCEDANETUM CERV.	weniger extrem als vorige
	GERANIO-TRIFOLIETUM ALPESTRIS	wie vorige; oberflächl. versauerte Standorte
	LITHOSPERMO-QUERCETUM	S, Felskopf- und Plateauränder
	CYTISO-PINETUM	SSW-S, Kalk, Dolomit
Felsköpfe Felskanten	DIANTHO-FESTUCETUM PALLENTIS	trocken, sonnige Kalkfelsen
	ALYSSO-SEDETUM ALBI	besonnte Weißjura-Felsköpfe
	CERASTIETUM PUMILI	besonnte Kalk- und Dolomitfelsen
	JOVIBARBAETUM SOBOLIFERAE	besonnte Dolomitfelsköpfe
Ungegliederte Steilwand	vorwiegend Flechten und Moose	
	ASPLENIO CYSTOPTERIDETUM FRAGILIS	feucht, schattig, Kalk, Felslöcher u. -spalten
Löcher u. Spalten	wie feuchte, schattige Felsen	
	ASPLENIETUM TRICHOMANO-RUTAE MURARIAE	Kalk, auch an sekundären Mauerstandorten
	CARDAMINOPSISIETUM PETRAEAE	freistehende Kalk- und Dolomitfelsen
Bänder u. Leisten	DIANTHO-FESTUCETUM PALLENTIS	trocken, sonnige Kalkfelsen
Felsfuß	GALEOPSISIETUM ANGUSTIFOLIAE	warm, sonnig, feinerdereiche Halden
	GYMNOCARPIETUM ROBERTIANI	halbschattig, frische Kalkschutthalden
	VINCETOXICUM HIRUNDINARIA	warm, feinerdereiche Halden
	TEUCRIO BOTRYOS-MELICETUM CIL.	trockenwarm, Kalk, Feinschutthalden
	SISYMBRIO-ASPERUGINETUM	trocken, unter Überhängen (Tropfwasser)
	EPILOBIO-GERANIETUM ROBERTIANI	feucht, schattig, Felsspalten und -löcher
Hangfläche	ACERI-FAGETUM	N, feucht, Blockschutt
	LATHYRO-FAGETUM	kühl-schattig, < 30° Neigung, Hangschutt
	CARICI-FAGETUM	S, warm-trocken, mäßig steil, Hangschutt
	MESOBROMION-Gesellschaften	S, sanft geneigt, gemäht, beweidet
	PRUNO-LIGUSTRETUM	warm, Kalk, auf Ranken u. Halbtrockenrasen
	TRIFOLIO-AGRIMONIETUM	verbrachte Halbtrockenrasen



sehr dispers und disjunkt verbreitet; Bevorzugung bestimmter Kalkfelsarten wie z.B. Doggerkieselkalk), Felsenmauerpfeffer *Sedum dasyphyllum*, Bursers Steinbrech *Saxifraga burserana*. Bei genauem Hinsehen scheint die Seltenheit bzw. das Verbreitungsbild einer nicht geringen Anzahl "seltener" Felsarten der Bayerischen Alpen nicht nur auf verwickelte florenhistorische Prozesse (z.B. Eiszeitrefugien auf Nunataks), sondern auch auf feine Reaktionen auf Gesteinsarten (Bankungseigenschaften, Geochemie, Dynamik bzw. Konstanz) zurückzugehen (z.B. bei *Saxifraga oppositifolia*, den "Kenarten" der Aptychenschichten im Allgäu - Stichwort "Hofatsflora").

Auch calcicole Flechten und alpine Erdflechten sind oft viel seltener als die dafür geeigneten Substrate (Kalkstein, Kieselkalk, Kalkschiefer). Zu den extrem seltenen Kalkalpenflechten gehören z.B. *Dactylina madreporiformis*, die von KREMPEL-HUBER (1861) vom Funtensee-Tauern angegeben wurde (derzeit unbestätigt), oder die Schneetlchen-Flechte *Solorina crocea*, deren mglichsterweise einziges bekanntes Vorkommen durch den Bau eines Skiliftes erloschen ist.

Pflanzengeographische Differenzierung einzelner Felsgebiete und -regionen: Eine Flle nur sehr disjunkt, mit kleinen Teilarealen oder kleinfachig verbreiteter Arten verteilen sich oft unter weitgehendem Ausschluß auf die Fels-Teilregionen. Jede Felsregion hat ihren floristischen Sondercharakter. Auf die floristisch am exklusivsten ausstattete Sdostal sind z.B. beschränkt oder konzentriert: *Stipa joannis*, *Minuartia fasciculata*, *M. hybrida*, *Silene otites*, *Linosyris vulgaris*, *Pulsatilla grandis*, *Erysimum crepidifolium*, *Fumana procumbens*, *Trifolium montanum*, *Asperula glauca*, *Lactuca perennis* und das Laubmoos *Pleurochaete squarrosa*, auf die etwas artenrmerer Wiesent- und/oder Pegnitzal alpine und arktisch-boreale Arten wie *Cardaminopsis petraea*, *Draba aizoides* und *Arabis alpina*, *Semprevivum (Jovibarba) soboliferum*, *Arabis auriculata*, hier fehlen z.B. *Thesium bavarum*, *Festuca sulcata*, *Arabis auriculata*, *Potentilla rubens*, *Geranium sanguineum* und *Odontites lutea* weitgehend. Nur auf den unterfränkischen Schaumkalkbastionen wachsen z.B. *Sisymbrium austriacum*, *Hornungia petraea*, *Iris germanica*, *Helianthemum apenninum*, *Linum tenuifolium*.

Beispiele für noch kleinere Teilareale in Bayern: Osterreichischer Lein (*Linum austriacum*), Badener Schwingel (*Poa badensis*, nur 2 Stellen), Strauchkronwicke (*Coronilla emerus*; kleine Teilbereiche der Wiesental), Alpenjohannisbeere (*Ribes alpinum*: an schattig-schluchtigen Felshängen der südl. Frankenalb, wie z.B. bei Beilngries, Kirchanhausen, im Riedenburger Schambachtal, an der Schwarzen Laaber und Naab), der Endemit *Stipa bavarica* (nur ein einziger Felsen an der Donauleite), mehrere z.T. subendemische und neu entdeckte Mehlbeerenkleinarten und Habichtskruter, jeweils nur an wenigen Stellen (Wiesental, Kalmut am Main; BERG mdl., N. MEYER).

In den Bayerischen Alpen sind Kleinareale bemerkenswerter Pflanzenarten noch vielftiger, oft auch kleinteiliger, so daß sie hier kaum erwähnt werden können. Eiszeitberdauerungsrefugien spielen eine dabei eine große Rolle. Außer den floristisch berühmteren Felsregionen der Hochalpen (insbesondere Berchtesgadener und Allgäuer Hochalpen) können auch kleinere Bergstcke der Voralpen eigene eigene floristische Akzente setzen.

#### F.1.4.3.1 Felsfuß- und Haldenvegetation im Kalk und Dolomit

Die Pflanzenbesiedlung der Wand- und Felsfe, der untersten Felspartien und (sofern vorhanden) der vorgelagerten Schutt- und Blockhalden ist oft deutlich von den mittleren und oberen Felspartien unterschieden. Vorgelagerte Waldbestockung und Exposition differenzieren die Felsvegetation hier noch stärker als in höheren Wandpartien.

Moose: Die bryo(sozio)logische Diversität ist mit am höchsten in den feucht-schattigen Wandfuzonen, unter berhngen, in Grotten. Hier finden sich im Jura z.B. die Moosgesellschaften SELIGERIETUM TRISTICHAE und SELIGERIETUM PUSILLAE (bergfrische Wandbasen, schattige Überhänge und kleine Höhlungen), PEDINOPHYLLETUM INTERRUPTI (Kluftstandorte, Tapeten auf lichtarmen Felsfen und Grotten unter berhngen), EUCLADIETUM VERTICILLATI (sickerfeuchte Ritzen), an frischen nordhngigen Felsen das DISTICHETUM CAPILLACEI. Charakterart feuchtschattiger Simse ist z.B. *Plagiopus oederi*, feucht-schattige Spalten und Nischen kennzeichnet *Neesiella rupestris*, ein seltenes Eiszeitrelikt, an berrieselten Kalkfelsen und Kalktuffen findet sich z.B. das seltene *Barbula tophacea*. Ins Bach- oder Flußwasser eintauchende Kalkfelsen und die häufig befeuchtete wassernahe Felszone werden (z.B. in der Weltenburger Enge) u.a. besiedelt von *Fontinalis antipyretica* (im Wasser), *Cinclidotus fontinaloides*, *Platyhypnidium riparioides*, *Leskea polycarpa*, *Solenostoma triste* sowie vom *Fegatelletum conicae*. Anhand der Phanerogamen läßt sich die botanische Bedeutung der Kalkfelsfuzonen bei weitem nicht ausreichend umreißen. Eine noch größere Zahl seltener und (potentiell) gefährdeter Moose und Flechten sind auf diesen Sonderlebensraum angewiesen. Beispiel: das arktische *Cololejeunea rossettiana* auf *Thamnobryum alopecurum* im Basisteil einer ständig feuchten Kalkfelsenwand in Nordlage des Veldensteiner Forstes/BT (KAISER 1981).

Gefäßpflanzen: Die Gesellschaft des Zerbrechlichen Blasenfarnes (ASPLENIO-CYSTOPTERIDETUM FRAGILIS OBERD.49, im Jura meist mit *Cystopteris fragilis*, *Asplenium viride*, *Chrysosplenium alternifolium*, den Moosen *Neckera crispa* und *Thamnobryum alopecurum* konzentriert sich auf luftfeuchte, nordexponierte, moosreiche Löcher und Felsspalten. Obere Wandbereiche werden ebenso gemieden wie regen- und sickerwassergeschtzte Felsberhnge. Die Mauerrautenflur (ASPLENIETUM TRICHOMANO-RUTAE-MURARIAE KUHN 37) ist weniger expositionsabhngig, aber sehr stark an von

Laubwäldern beschattete Felsen gebunden (HEMP 1996), in schattiger Nordlage erreicht sie auch obere Felspartien. Auch sonnigere, trockene bis frische Spalten sind ihr zugänglich. Eine nitrophile Ausbildung mit Rupprechtsstorchschnabel und Schöllkraut siedelt an senkrechten Felsen und Felsfüßen im Waldschatten.

Weitere Felsspaltengesellschaften sind weniger deutlich an die Basiszone gebunden; sie werden im folgenden Teilkapitel angeführt. Die sehr lückige Traubengamander-Wimperperlgrasflur (TEUCRIO BOTRYOS-MELICETUM CILIATAE Volk 37, GALEOPSIS ETUM ANGUSTIFOLIAE BÜK.42) kennzeichnet als primäre Dauergesellschaft warm-trockene feinerdereiche Felsfeinschuttstandorte sowie Felsgesimse im Muschelkalk (z.B. Saaletal, Erthaler Berge), weniger im Weißjura. Die Gesellschaft verbindet aber auch primäre mit sekundär-anthropogenen Fels- und Schuttstandorten. Ihre charakteristischen Arten siedeln gerne auf ältere Steinbruchhalden, z.B. des Eichstätt-Solnhofener und Karlstädter Reviers, auf ältere, "Rosseln" oder Lesesteinwälle, z.B. im Bamberger Jura, im Tauber- und Werngebiet, auf feinerdearme, ausgewaschene Scherbenackerbrachen an Oberhängen, ja sogar auf alte ruinöse Kalkmauern (z.B. Trimberg/KG) über. Die Blaugras-Gamanderflur (SESLERIO-TEUCRIETUM) überzieht mainfränkische Wellenkalk-Geröllhalden.

Die montane Ruprechtsfarnflur (GYMNOCARPIETUM ROBERTIANI TX 37) kennzeichnet halbschattige, frische, durchsickerte Grobschutthalden mit humusreicher Feinerde. Schwalbenwurzfluren (*Vincetoxicum hirundinaria*-Gesellschaft SCHWICK 44) der warmen, beruhigten feinerdereichen Schutthalden gehen auch in die Silikatxerothermkomplexe Ost- und Nordostbayerns über (vgl. TÜRK 1996). Auf gefestigten offenen Steilhängen unterhalb der Wände im (früheren) Schafweidebereich wächst stellenweise der Felsschwingel-Trespenrasen (FESTUCO RUPICOLAE-BROMETUM) (z.B. Altmühltal, Walberla).

Einige Pflanzenarten sind auf die "Balmen" spezialisiert, d.h. auf trockene, nur durch Tropfwasser versorgte, relativ nährstoffreiche Felsfüße unter Überhängen und Felsdächern vor allem in dolomitierten Schwammriffgebieten an (Trocken-)Talrändern, wo (früher) Schafe und Ziegen raste(te)n, aber auch in den Bayerischen Alpen (hier Gemsenbalmen). Schwerpunktgebiet im Lkr. Kulmbach, z.B. um Schirradorf (RAAB 1990), Wiesent- und Püttlachtal/BT, FO, weiterhin im Kleinziegenfelder Tal/LIF, unteren Altmühltal, Laabertal und Walberla. Zur Balmenflora gehören Scharfkraut (*Asperugo procumbens*, bei Schirradorf/KUL hochstet), Hundszunge (*Cynoglossum germanicum*), Igelsame (*Lappula echinata*; z.B. Laabertal), der Blasse Erdrauch (*Fumaria vaillantii*), die Katzenminze (*Nepeta cataria*), die Kleine Brennessel (*Urtica urens*) und die seltene Österreichische Rauke (*Sisymbrium austriacum*). 2 Balmengesellschaften werden unterschieden, das kollin-montane SISYMBRIO-ASPERUGINETUM (Jura) und das alpine LAPPULO-ASPERUGINETUM.

Auch in den Bayerischen Alpen bilden Wandfüße oft eine recht eigenständige und bemerkenswerte, dabei ähnlich wie im Jura gefährdete Florenzone. Von den vielen seltenen und auffälligen Arten, die sich regelmäßig, wenn auch nicht ausschließlich in Wandfußzonen finden, seien willkürlich und ohne Fundortsbenennung herausgegriffen: *Lathyrus penduliflorus*, *L. luteus*, *L. frigidus*, *Achnatherum calamagrostis*, *Senecio doronicum*, *Doronicum grandiflorum*, *D. glaciale*, *Cerinth minor*.

#### F.1.4.3.2 Vegetation der ungegliederten Kalk/Dolomitsteilwände, der Felslöcher, -spalten, -risse

Felsenalgen: Schwerpunkt oft mäßig auf feuchten bis überrieselten Felsen, nur während der Schneeschmelze, finden sich hochspezifische Blaualgenarten und -gesellschaften sowie coccale Grünalgen: z.B. *Scytonema myochrous* (schwärzlich-grüne Überzüge außer an überrieselten Kalkfelsen, auch an Tuffen der Quellmoore), *Sc. alatum* (sehr schöne gelbe Matten), *Calothrix-Tolypothrix*-Arten, *Rivularia dura* (z.B. in der von CHANG 1994 untersuchten Almbachklamm/BGL). Sogar bei den sonst gewässergebundenen Kieselalgen (Diatomeen) zeigt sich zumindest nach längeren, mehr als 3-wöchigen Regenperioden oder bei der Schneeschmelze eine erstaunliche Artenvielfalt (BOCK 1970, REICHARDT 1985). Nur dann dringt Sickerwasser aus feinen Poren und Ritzen und schafft meist nur für wenige Tage feuchte Zonen auch auf senkrechten Wänden, die für die Kieselalgenentwicklung geeignet sind. "Manchmal glaubt man fast, Material aus der Altmühl oder einem sonstigen sauberen bis eutrophen Gewässer vor sich zu haben...." (REICHARDT 1985). An zeitweise feuchte Felsen besonders angepaßt sind nach REICHARDT (1985) u.a. die Kieselalgen *Aulacoseira epidendron*, *Achnanthes coarctata*, *Neidium minutissimum*, *Stauroneis agrestis*, *Navicula brekkaensis*, *contenta*, *gibbula*, *Lundii*, *heufferiana*, *mutica*, *nivalis*, *Pinnularia borealis*, *P. intermedia*, darunter auch sehr seltene Arten wie z.B. *Cymbella similis* und *Navicula aerophila* (z.B. an Felsen des Wellheimer Trockentales; REICHARDT 1980).

Flechten (vgl. HERTEL 1974): Kalkwände enthalten mehrere sehr bemerkenswerte Flechtenarten, z.B. *Caloplaca proteus* und *C. heppiana* (z.B. Überhänge b. Muggendorf; WIRTH 1975). Steilabstürze und freie Wände des Juras und Wellenkalks sind von Flechtengesellschaften des Verbandes TONINION COERULEO-NIGRICANTIS besetzt (vgl. KAISER 1950), u.a. die epilithische, d.h. ausschließlich an der Gesteinsoberfläche vegetierende *Verrucaria-calciseda-nigrescens*-Steinkrustengesellschaft (z.B. an den Schaumkalk-, Terebratel- und Oolithstufen des Maintales unterhalb Würzburg), die endolithophytische, d.h. kalklösend ins Gestein eindringende *Lecanora subcircinata*-Assoziation, typisch für die Zenitflächen der Schaumkalkmauern Mainfrankens und den Grobschutt des Wellenkalkes. Unter den spezifischen Flechtenbesiedlungen sei hier die Bunte Erdflechtengesellschaft (FULGENSIETUM FUL-

GENTIS) hervorgehoben: sehr ähnlich der Alvar-Vegetation auf Gotland und Öland; besiedelt mehr die halboffenen, horizontal geschichteten, spaltenfreien und undurchlässigen Mergelkalkabsätze und Plateauränder (z.B. Saupürzel bei Karlstadt, Volkenbergsplateau, Ruine Homburg, Ammersfeld bei Gössenheim/alle MSP), aber auch die mittelfränkischen Gipshügel. Mehrere sehr bemerkenswerte Flechtenarten (WIRTH 1975) finden sich in diesem Standortsbereich, z.B. *Toninia kolax* auf sickerfeuchten Wellenkalksimsen am Hühberg bei Burglauer/KG, *Sarcopyrenia gibba* auf Kulm-flächen im Main- und Taubertal, *Dermatocarpon monstrosus* an kl. Kalkfelsen im Main- und Taubertal.

**Moose:** Die Kalkfelsmoosgesellschaften des Weißjuras (insbesondere die Klasse der HOMALOTHECIEA SERICEI) sind sehr artenreich. Charakteristisch sind z.T. seltene Arten wie *Dicranum muehlenbeckii*, *Encalypta vulgaris*, *Barbula trifaria*, *B. vinealis*, *Tortula intermedia*, *Gymnostomum calcareum*, *Grimmia pulvinata*, *Schistidium apocarpum*, *Orthotrichum anomalum*, an senkrechten Felsen *Neckera besseri*, *N. complanata*, im Tiefschatten *Orthotrichum rupestre*, *Metzgeria pubescens*, *Porella platyphylla*, *Distichum capillaceum*, *Fissidens cristatus*, *Seligeria pusilla*, *Tortella tortuosa*, *Tortula muralis*, *Amblystegiella jungermannioides*, *Cirriphyllum tenuinerve*, *C. crassinervium*. Auf die trockensten und heißesten Fels-partien beschränken sich z.B. *Syntrichia montana*, *Orthotrichum cupulatum*, *O. anomalum* var. *saxatile*.

Größere, komplexe Felsgebiete mit unterschiedlichen Expositionen entwickeln wiederkehrende Zonierungen der verschiedenen Moosgesellschaften. Vom beschatteten Felsfuß bis zum voll besonnten Felskopf ist häufig folgende Abfolge charakteristisch (nach NEUMAYR 1971): auf der Sonnseite ANOMODONTETUM VITICULOSI - *Homalothecium sericeum*-Gesellschaft - HOMALOTHECIO-LEUCODONTETUM SCIUROIDIS - PSEUDOLESKEELLETUM CATELULATAE - ORTHOTRICHOSYNTRICHETUM MONTANAE und TORTELLA TORTUOSA-DITRICHUM FLEXICAULE-Gesellschaft, auf der Schattseite (von unten nach oben) *Thamnum alopecurum* - *Neckera crispa* - *Cirriphyllum vaucheri* - *Neckera companata* - *Neckero* - *Anomodetum viticulosae*.

Durchaus eigene bryofloristische und -soziologische Züge tragen die unterfränkischen Wellenkalkfelsen. Immerhin 196 Moosarten wurden auf Wellenkalkfelsen bei Würzburg gefunden (ZIEGLER 1981), allein auf dem Münnerstädter Hühberg/KG 103 Arten auf 6 ha! Darunter sind auch seltene Arten wie *Syntrichia mucronifolia* und *S. alpina*. Das mediterrane Florenelement ist hier relativ stark vertreten (etwa 15 %). Der "rußige" Belag von *Seligeria calcarea*, dem Charaktermoos des fränkischen Wellenkalkes besiedelt hier fast jeden Felsstandort, *Seligeria doniana* dagegen vor allem Überhangflächen direkt über Gewässern (z.B. Stettbach, Elsbach). Aus feinsten Poren und Rissen, die im Wellenkalk häufiger und feinerdreicher sind als in Jura-Bank- oder Massenkalken, sprossen *Schisti-*

*dium apocarpum*, *Grimmia pulvinata* und *Orthotrichum anomalum*.

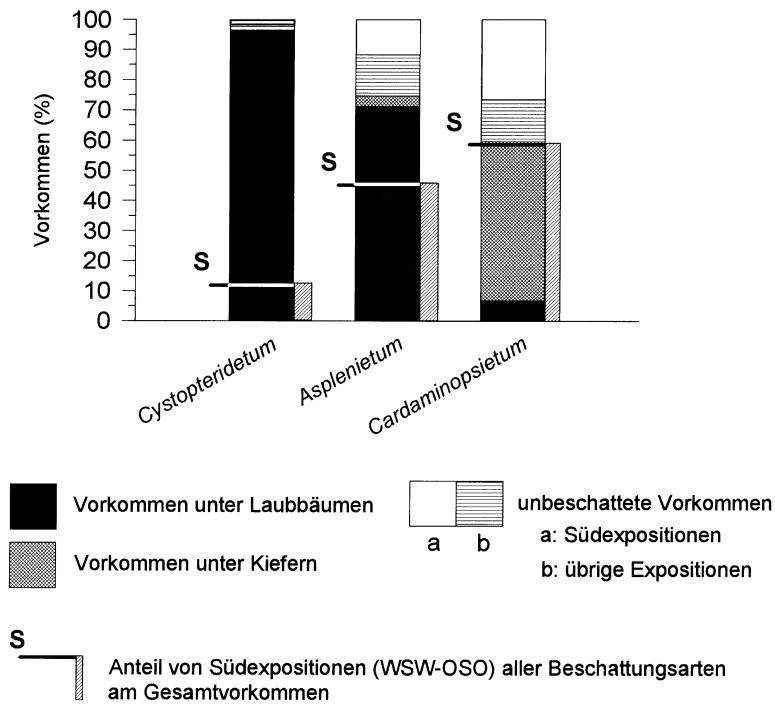
**Gefäßpflanzen:** Meist deutlich oberhalb der Wandfußzone gedeiht in Spalten und Rissen die nordalpspezifische, den Alpen fehlende Felskressenflur (CARDAMINOPSIETUM PETRAEAE THORN 58, DRABO-CARDAMINOPSIETUM). Sie beansprucht wegen biogeographisch bemerkenswerter Arten, wegen ihrer engen Verbreitung und als Zeugnis einer außerordentlichen biotischen Kontinuität der Felsen seit der Eiszeit einen hohen Naturschutzwert. Schwerpunkt sind meist senkrechte, freistehende Steilwände in sonniger bis absonniger, kaum aber von Laubbäumen beschatteter Lage. Ihr felsökologisches Optimum ist signifikant verschieden vom laubholzbeschatteten, fußnahen, weniger senkrechten CYSTOPTIDERIDETUM und dem trockenresistenteren, vor allem beschattet-südexponierten ASPLENIETUM (Abb. F/9) (HEMP 1996). Südexpositionen sind beim CARDAMINOPSIETUM zu knapp 60 % und beim CYSTOPTIDERIDETUM nur zu 12 % an den Pegnitzalbvorkommen beteiligt (HEMP 1996). Ein Großteil der Bestände stockt auf kleineren Felsen oder unteren Wandpartien im lichtdurchlässigen Kieferschirm des BUPHTHALMO-PINETUM (in der Pegnitzalb zu etwa 54 %; HEMP 1996).

Insbesondere die verwitterungsbeständigeren Riffkalke und -dolomite sind Refugien einiger äußerst seltener, weit vorgeschoben vorkommender, meist reliktschen Arten wie Aurikel (*Primula auricula*), Schwarzwurzel-Habichtskraut (*Hieracium scorzonrifolium*) - beide Donaualb, Felskronwicke (*Coronilla emerust* - nur Wiesentalb) u.a.

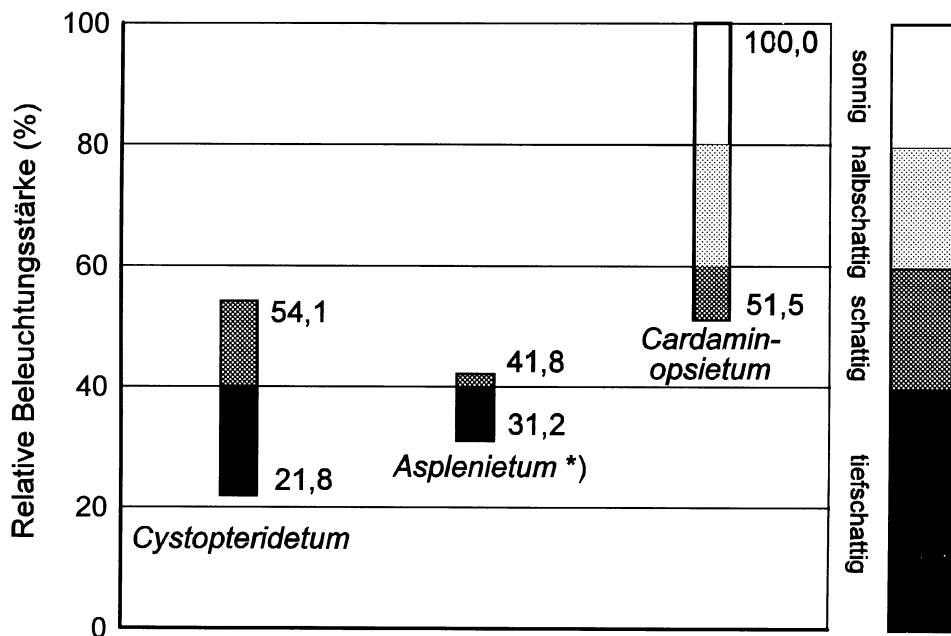
#### F.1.4.3.3 Vegetation der Wandoberkanten und Felsköpfe (thermophile Kalkfelsgrusfluren des ALYSSO-SEDION ALBI 61)

Hier siedelt z.B. die von winterannuellen Therophyten bestimmte Zwerghornkrautgesellschaft (CERASTIETUM PUMILI Oberd. et Müller) auf vollsonnigen Kalk-, Gips- und Melaphyrfelsköpfen und -klippen mit stark austrocknenden initialen Bodenbildungen im Kontakt zum XEROBROMETUM, TRINIOCARICETUM oder ALLIO-STIPETUM CAPILLATAE (s.u.) vor allem im **W e l l e n k a l k**, da und dort auch in der Fränkischen Schweiz und auch auf Gipshügeln; mehrere seltene Arten wie *Arabis auriculata*, *Minuartia fastigiata*, *M. hybrida*, *Hornungia petraea*, *Cerastium brachypetalum*, *Pleurochaete squarrosa* kommen vor. Viel häufiger ist die therophytenärmere Kelchsteinkraut-Mauerpfeffergesellschaft (ALYSSO ALYSSOIDIS-SEDETUM ALBI Oberd. et Müller 61) vor allem auf unbeschatteten, auch kleineren **W e i ß j u r a**-Felsköpfen mit sehr geringer Bodenauflage. In vollsonniger Lage sind hier spalterartig wachsende, hoch trittempfindliche *Sedum*-Arten bestimmend, der Felsenlauch (*Allium montanum*) erreicht sein Optimum. Auf den Schattseiten treten Blaugras *Sesleria varia* und in der südlichen Frankenalb die seltene Borstenmiere *Minuartia setacea* hinzu. Die in Nordbayern endemi-

**Beschattungsart der untersuchten Gesellschaften**



**Spannweite der relativen Beleuchtungsstärke an den Standorten des *Cystopteridetum*, *Asplenietum* und *Cardaminopsietum***



\*) Nur laubschattige Standorte

Abbildung F/9

Beschattungsart und rel. Beleuchtungsstärke der 3 Kalkfelsgesellschaften CYSTOPTERIDETUM, ASPLENIETUM und CARDAMINOPSIETUM (aus HEMP 1996).

sche Badenrispengras-Berglauchflur (POO BADENSIS-ALLIETUM MONTANI Gauckler 57) findet sich nur auf wenigen Weißjura-Abkantungungen (z.B. Staffelfberg), einigen Muschelkalk-Felsverebnungen am Mittelmain und einer Gipsrippe bei Windsheim; kennzeichnend: Felsenlauch, das seltene Badener Rispengras und an anderer Stelle der Sandlößenzahn (*Taraxacum laevigatum*). Die Fingersteinbrech-Plattrispengesellschaft (SAXIFRAGO TRIDACTYLITIS-POETUM COMPRESSAE) tendiert zum "ruderalen" Flügel; neben künstlichen Pionierstandorten bevorzugt sie tritt- oder weidegestörte Kalkfelsen. Das nordbayernendemische SEMPERVIVETUM SOBOLIFERI = JOVIBARBETUM Korneck 75 (Jura-Hauswurzgesellschaft) ist beschränkt auf dolomitsandige Knockböschungen, Dolomittfelsköpfe und -klippen in der Nordalb (hier zusammen mit der Strohblume *Helichrysum arenarium*), vor allem Pegnitzalb und Hersbrucker Schweiz; seit langem eingebürgert auch auf den Diabasabstürzen um Bad Berneck.

In geringer Meereshöhe - möglicherweise begünstigt durch sehr windoffene Lagen - haben an mehreren Lokalitäten der Fränkischen Alb im Bereich felsreicher, flachgründiger Habitats, teils in Felspalten, teils in Magerrasen, arktisch-alpine Flechtenarten wie *Physconia muscigena*, *Physcia constipata* oder *Caloplaca sinapisperma* reliktsche Vorkommen.

#### F.1.4.3.4 Vegetation der Kalkfelsbänder, -leisten, -plateaus und -terrassen mit flachgründiger Überdeckung

Sie bilden die fast ausschließlichen Refugien und Artenbrücken für **primäre und natürliche Trockenrasen oder Steppenheiden** des subkontinentalen Bleichschwingelverbandes (FESTUCION PALLESCENTIS). Die Pfingstnelkenflur (DIANTHO GRATIANOPOLITANI-FESTUCETUM PALLESCENTIS oder "*Festuca glauca*-*Dianthus gratianopolitanus*-Assoziation" GAUCKLER 1938) schmückt im jurassischen Massenkalk den vordersten Verebnungsrand über dem Steilabfall, auch breitere Rasenbänder zwischen Felsstufen, sowie den Wandfußbereich. Die blaugraue Färbung ihrer xeromorphen Charakterarten zeigt die starke Trockenheit ihrer extrem flachgründigen Standorte an. Es überwiegen südliche und (süd)östliche Arten. Ihre schönste, artenreichste Ausprägung erreicht sie im Donauzug der Frankenalb. Ein ausgeprägter floristischer Gradient zwischen Vogtland - Frankenwald (Diabas), wo der Bleichschwingel in der *var. pannonica* vorkommt, Nord- und Südalb unterstreicht, **daß das Potential der Gesellschaft nicht in wenigen Felschutzgebieten eines einzigen Albauschnittes gesichert werden kann**. Nur wenige Arten kommen in allen Teilräumen vor (z.B. *Festuca pallens*, *Dianthus gratianopolitanus*, *Allium montanum*, *Sedum album*). Einige Arten konzentrieren sich auf die nördliche Frankenalb und sind dort z.T. auch auf bestimmte Felsgebiete beschränkt, z.B. *Poa badensis*, *Hieracium bupleuroides*, *Alyssum saxatile*, viele weiteren auf die südliche Frankenalb (z.B. *Fumana*

*vulgaris*, *Minuartia setacea*, *M. fasciculata*, *Silene otites*, *Biscutella laevigata*, das Felsmoos *Pleurochaete squarrosa*). Noch kontinentaler getönt sind die FESTUCETALIA VALESICA-Steppenrasen. Auch diese weit nach Westen vorgeschobenen Vorposten sind in Mainfranken nicht allein durch die makroklimatische Kontinentalität, sondern den mesoklimatischen Sondercharakter des Maintales (und einiger Gipshügel; siehe [Kap F.1.4.3](#)) erklärlich. Die Blaugras-Pfingstnelken-Gesellschaft ("*Sesleria calcarea*-*Dianthus gratianopolitanus*-Subassoziation") GAUCKLERS, in der das Blaugras den Bleichschwingel ersetzt, findet sich vor allem in den etwas höheren Lagen der Alb und an den Felsen der oberen Talabschnitte. Auch lückig strukturierte XEROBROMION-Gesellschaften, d.h. submediterrane Trespen-Trockenrasen und Gämaderfluren sind in Bayern fast immer eng mit außeralpinen Felsstandorten und Felsleiten assoziiert, im mittleren Main- und Saalegebiet z.B. das TRINIO-CARICETUM HUMILIS (Faserschirm-Erdseggenrasen) u.a. mit Haarpfriemengras (*Stipa capillata*), das TEUCRIO-SESLERIETUM, die *Linum tenuifolium*-*Sesleria*-Gesellschaft, in der Frankenalb die Erdseggenhalde bzw. der Graulößenzahn-Erdseggen-Trockenrasen (*Carex humilis*-*Anemone pulsatilla*-Assoziation GAUCKLER 1938, PULSATILLO-CARICETUM HUMILIS), welche vornehmlich besonnte Rücken und Flanken von Dolomit- und Kalkfelsen hinter den von der Pfingstnelkenflur besetzten äußersten Rändern einnimmt. Nähere Beschreibung siehe LPK-Band II.1. In der offenen Plateaurandfazies der Erdseggensteppe verzweigen viele Blütenpflanzen. Die verzweigten Pflanzen besitzen ein auffallend langes Wurzelwerk, z.B. fand KANNENGIESSER (zit. nach KAISER 1950) bei *Helianthemum canum* Hauptwurzellängen von 37-43 cm, bei *Koeleria gracilis* 35 cm und bei *Teucrium montanum* 63 cm. Die "*Sesleria calcarea*-*Anemone pulsatilla*-Subassoziation" GAUCKLERS (1938) konzentriert sich mehr auf die noch nicht völlig zur Ruhe gekommenen schuttreichen Felskontaktstandorte, wie sie vor allem für die Wellenkalkregion Mainfrankens und des Grabfeldes charakteristisch sind. Die Kugelblumen-Blaugrashalde (BROMO-SESLERIETUM OBERD. 57) überzieht exponierte, z.T. nordexponierte Felsplateaus mit weniger extremem Wasserhaushalt als die Erdseggenhalde z.B. in der Altmühlalb. *Teucrium montanum*, *T. chamaedrys*, *Globularia punctata* zeigen die Verwandtschaft zu den Erdseggenrasen. Als Besonderheit kommt hier in der südlichen Frankenalb das Zwergsonnenröschen *Fumana procumbens* vor, als Besonderheit der Weismainalb auf Dolomittfelsbändern z.B. die Turmgänsekresse *Arabis turrita*.

#### Vegetation der Kalkfelsplateaus mit zunehmender Überdeckung

Im Anschluß an die genannten Felsrasen schließen auf Felsköpfen, breiten Absätzen, Plateaurändern, Felsspornen und Knocks verschiedene xerotherme Säume, Gebüsche und Steppenheidewälder an, der meist felsnahe xerotherme Diptam-Saum (GERANIO-DICTAMNETUM WENDELB. 54), der etwas weniger extreme Hirschwurz-Saum (GERANIO-PEUCE-

DANETUM CERVARIAE Th. MÜLL. 61, das niedrigwüchsige COTONEASTRO-AMELANCHIERETUM (WITTY 1988), die Steinweichsel- (*Prunus mahaleb*)-Gesellschaft, "Primärhecken" (PRUNO-LIGUSTRETUM), Purpursteinsamen-Eichenwälder (LITHOSPERMO-QUERCETUM BR.-BL. 32), Geißklee- und Schneeheide-Kiefernwaldfragmente (CYTISO- und ERICO-PINETUM). All diese gereiften Steppenheidegesellschaften sind ebenso reich an seltenen Arten wie die eigentlichen Felsrasen, i.d.R. buntblühend und attraktiv. Von Erholungseinwirkungen sind sie oft noch stärker betroffen als die Steilwandvegetation.

Auf diese ganz wenigen natürlichen Waldgrenzstandorte der bewaldeten außeralpinen "Naturlandschaft" konzentrieren sich auch Inselvorkommen sehr seltener, ja subendemischer Gehölzarten, z.B. *Sorbus danubialis* (Donaualb), *Prunus mahaleb*, *Sorbus badensis* am Kallmuth, Mäusberg/MSP, Hölltal W Mühlbach (MEIEROTT 1986), *Acer monspessulanum* (Saaletal), Flaumeichenbastarde (Saaletal), weitere Sorbus-Kleinarten der Nordalb (MEYER in Vorber.).

#### F.1.4.4 Silikat-/Kristallinfelsen und -felshänge

**Flechten:** Höhere Verwitterungsresistenz und Oberflächenstabilität ermöglicht viel reicheres Flechtenleben als im Kalk; außer Krustenflechten auch einige Blattflechten. Große Artenvielfalt in den ostbayerischen Grundgebirgen entsprechend der vielfältigen Strahlungs-, Temperatur- und Feuchtebedingungen (vgl. z.B. die angegebenen Zeigerwerte für Licht und Temperatur bei WIRTH 1991). Nord- und Südexposition tragen oft eine sehr verschiedenartige Flechtenflora. Arten regengeschützter aber luftfeuchter Felsüberhänge und Blockunterseiten sind z.B. *Chrysothrix chlorina*, *Lecanactis dilleniana*, *Psilolechia lucida*, *Lepraria chlorina*, die gelbgrünen Lager von *Lecidea lucida*, in regengeschützten lichtarmen Überhängen an Vertikalflächen die braune Lagerflechte *Opegrapha horistica*, an bodennahen Blöcken, z.B. am Haberstein, *Cetraria pinastris* und *Pseudevernia furfuracea*. Da für diese Arten in der Regel nur größere Felsen oder großblockige Felsmeere geeignete Standorte bieten, sind ihre potentiellen Siedlungsmöglichkeiten bereits erheblich eingeschränkt, zumal dann, wenn weitere ökologische Zwänge die potentiellen Standorte weiter einengen, z.B. bezüglich des Substrates. So ist die ombrophobe (regengeschützt siedelnde) *Lecanactis dilleniana*, die auf SiO<sub>2</sub>-arme Silikatgesteine angewiesen ist, eine besonders schutzwürdige Rarität. Die amphibische Flechtenvegetation kühler Gebirgsbäche kennzeichnet eine Vielzahl von *Verrucaria*-Arten, von *Staurothele fissa*, *Aspicilia lacustris*, *Bacidia inundata* und *Dermatocarpon luridum*.

Flechten überrieselter Silikatgesteine (in Bayern vor allem im Bayerischen Wald): z.B. die seltenen Arten *Cyphelium karelicum* und *Gyalidea fritzei* in den feuchten Arberseewänden (POELT 1972), *Placynthium flabelliformis* unterhalb des Höllbachsprengs (POELT 1966), das CYSTOCOLEO-RACODIETUM und das

OPEGRAPHETUM HORISTICO-GYROCARPAE am Arber. Eigenständige Flechtenvegetation tragen sporadisch sickerfeuchte Felsflächen, also Flächen, die einige Zeit nach Regenfällen - mit meist nährstoffreichem Wasser - überrieselt werden und danach trockenfallen. Die Standorte sind in der Regel lichtreich, ja oft besonnt und warm. Da bei höheren Temperaturen der Standort oft noch nicht ausgetrocknet ist, führt dies zu relativ starker Erwärmung der Flechten, während diese sich in stoffwechselaktivem Zustand befinden. Diese Streßbedingungen tolerieren hauptsächlich eine Reihe von Blaualgenflechten der Gattungen *Collema*, *Anema*, *Porocyphus*, *Peltula* und *Psorotichia*. Die Silikat-Blattflechtengesellschaft des PARMELIETUM CONSPERSAE Klem. 31, in der Oberpfalz weit über 20 Arten enthaltend, kennzeichnet anstehende Kristallinfelsen oder große Blöcke unter einem lichtdurchlässigen Laubdach und im Bereich von Tropfwasser (KLEMENT 1950).

Schon allein im bayerischen Silikatgesteinsbereich prägen sich jahrestemperatur- und höhenzonale Flechtengemeinschaften und Arealgrenzen sehr schön aus. Von besonderem Naturschutzinteresse sind die oft isoliert vorkommenden Extrem-(Kälte- und Wärme)zeiger, insbesondere die arktisch-alpinen Relikte und Kältezeiger auf den Böhmer- und Bayerwaldgipfeln, weniger auf Fichtelgebirgskuppen, z.B. *Alectoria ochroleuca*, *Thamnolia vermicularis*, *Catolechia wahlenbergii*, *Cetraria nivalis*, *Cetraria cucullata* (Arber), *Lecanora latro*, *Caloplaca magnifolia*, *Tephromela armeniaca*, *Lecidea caesioides* (Lusen), *Rhizocarpon leptolepis* (Plöckenstein), *Amygdalaria panaeola* (Arber) (KREMPELHUBER 1861; POELT 1966 und 1972; WIRTH 1969). Wegen der nur punktuell offenen Biotope sind alle diese Arten sehr zerstreut bis selten und durchweg schützenswert. Auch die höheren Abschnitte des Pfahls boten stets lichtoffene Habitate und zeichnen sich durch Vorkommen von Gebirgsflechten in relativ niedriger Höhenlage aus. Das klimatische Gegenextrem belegen submediterrane/mediterrane Elemente z.B. am Donaurandbruch und im Donauatal, z.B. *Peltula euploca* (Passau; POELT 1966).

Vogelsitzplätze tragen spezifische "ornithokoprophytische" Flechtengemeinschaften, meist auf über geländeüberragenden Blöcken oder Felsen. "Vogelblockgemeinschaften" finden sich vor allem in den Gebirgen, aber durchaus auch in niederen Lagen, wie z.B. in der Oberpfalz, wo in ungewöhnlich niedriger Höhenlage Vorkommen der "Vogelblock-Art" *Ramalina capitata* existieren (KLEMENT 1950). Die Felshaftergesellschaft des RAMALINETUM STREPSILIS Motyka 23 ist auf Vogelsitzplätze windoffener, voll belichteter Kulmflächen, hochragender Granitfelsen und Blöcke spezialisiert. Deren Charakterarten *Ramalina strepsilis*, *Alectoria chalybeiformis* und *Acarospora pelioscypha* sind ornithokoprophil und ertragen hohe N-Konzentrationen; sie konzentrieren sich in kleinen Felsvertiefungen des Kulms, wo die Nährlösung konzentriert angeboten wird, während die übrigen Arten in einem Gradienten abnehmender Nitrophilie die kleinen Erhebungen und Felsdachränder besiedeln.



Moose und Moosgesellschaften an Silikatfelsen:

Keineswegs artenärmer als Karbonatfelsen. Am reichsten besiedelt sind ost- und nordexponierte Auslagen. Spaltenfreie Felsoberflächen (z.B. mit als Mikrorelief auswitternden Feldspatkristallen auf bestimmten Granitoberflächen, wie z.B. Rudolfstein/WUN) im allgemeinen leichter durch Moose besiedelbar als Karbonatfelsen. Allein am Epprechtstein/WUN fand HERTEL (1988) auf wenigen Hektar 107 Moosarten. Dabei sind allerdings die Primärstandorte des anstehenden Silikatfelsens artenärmer als die offenen und staubimprägnierten Standorte alter Steinbrüche und der zusammengestürzten Burg mit ihrem Kalkeinfluß. An Silikatwänden beschränken sich Moose oft weitgehend auf Spalten und Sickerwasserstreifen. Höchste Moosdeckungsgrade erreichen bodennahe Felsblöcke. Rohhumusansammlungen auf Kulmflächen lassen Waldmoose einwandern. Kristallinfelsgebiete sind Mosaikkomplexe vielfältiger Sonderstandorte: rohhumusgefüllte Blockzwischenräume (z.B. *Orthodontium lineara*), nordseitige Felsnischen und -grotten u.a. mit Leuchtmoss (*Schistostega pennata*) und *Calypogeia neesiana* var. *meylanii*, südseitige Felsnischen (z.B. mit *Isopterygium elegans* Haberstein), Spalten der Südwände (z.B. am Haberstein *Barbilophozia hatcheri*, *Cynodontium polycarpum*, *Grimmia hartmannii*, *Racomitrium heterostichum* und das sehr seltene *Grimmia incurva*), Blöcke am Wandfuß (z.B. am Epprechtstein mit *Ptilidium pulcherrimum* und *Dicranum tauricum*, einer säureresistenten Art, die sich nach HERTEL (1988) im Fichtelgebirge wahrscheinlich durch saure Immissionen ausbreitet).

Seltene Silikatfelsmoose sind z.B. *Andraea rothii* (z.B. Epprechtstein), *Racomitrium aquaticum*, *R. fasciculare*, *Neckera complanata* (nur auf durch alte Burgen aufgebasten Standorten), das alpine *Polytrichum alpinum* (z.B. Rudolfstein; im tourismus- bzw. klettergefährdeten basisnahen Bereich). Viele silikatspezifische Moosgesellschaften wären aus den bayerischen Grundgebirgen zu vermischen, z.B. das HEDWIGIETUM MEDIOEUROPAEUM; das SCAPANIETUM UNDULATAE (eine häufige Gesellschaft überrieselter Silikatfelsen, z.B. im Böhmer- und Bayerischen Wald, das CHILOSCYPHO-SCAPANIETUM UNDULATAE (an überfluteten Blöcken im Bachbett: z.B. Kleiner Arbersee (SCHEUERER 1991), das RHACOMITRIETUM ACICULARIS im Spritzwasserbereich auf Felsblöcken. Eine Reihe seltener bis äußerst seltener Moosgesellschaften heben diverse Fels-, Rohhumusboden- und Rindenstandorte besonders heraus, z.B. das GRIMMIETUM HARTMANNII HETREOCLADIETOSUM, das subalpine ANDREAETUM PETROPHILAE, das MNIO HORNI-BARTRAMIE-TUM HALLERANAE, das ORTHODICRANO-HYPNETUM FILIFORMI, das GYMNOSTOMETUM RUPESTRIS.

Felsreiche schattseitige Gebirgshänge, felsdurchsetzte Bachufer- und Quellfluren und Schluchten sind stets durch überproportionalen Bryophyten-Reichtum ausgezeichnet, der durch Einschaltung neutraler bis basischer Silikatgesteine (z.B. Amphibolit, Porphyrite) noch gesteigert wird. Zu nennen sind z.B. seltene bis äußerst seltene, zumindest po-

tentiell gefährdete Arten wie *Thamnobryum alopecurum*, *Calypogeia fissa*, *Metaneckera menziesii*, *Amblystegium jungermannioides*, *Rhacomitrium aquaticum*, *R. fasciculare*, *Lophozia sude-tica*, *Scapania nemorea*, *Plagiothecium latebricola*, *Taxiphillum depressum*, *Marsupella sprucei*, *Jungermannia obovata*, *Anastrepta orcadensis*, *Tetrodontium brownianum*, *Hygrohypnum dilatatum*, *Marsupella sprucei*, *Hygrohypnum dilatatum*, *Orthothecium intricatum*. Felsreiche Abstürze und Schluchtwälder können auf weniger als 100 ha über 200 Moosarten aufweisen, was der sonst für ganze Mittelgebirgs-Meißischblätter üblichen Gesamtartenzahl entsprechen kann (MARSTALLER 1989).

**Erfordernisse des Bryophyten-schutzes sind daher maßgebend für die Schutz- und Bewirtschaftungsstrategien kristalliner Felsgebiete.**

Die im Frankenwald-Grenzbereich von MARSTALLER (1988) vom Heinrichstein festgestellten Moose und Moosgesellschaften auf Diabasfelsen lassen sich wohl überwiegend auf nahegelegene bayerische Standorte übertragen. Das ORTHOTRICHOGRIMMIETUM PULVINATAE und das PSEUDOLESKELETUM CATENULATAE besiedeln hier besonnte Felspartien; die mineralkräftigen Mullböden in Diabas-Spalten und Gesimsen lassen die basiphytischen Erdmoosgesellschaften des WEISSIETUM CONTROVERSAE mit den seltenen *Mannia fragrans*, *Encalypta ciliata*, *Plagiopus oederi* und *Reboulia hemisphaerica* gedeihen. Mehrere weitere seltene Bryophyten-gemeinschaften und Arten belegen die auch in bryologischer Hinsicht eigene Stellung des Diabas.

Phanerogamen(gesellschaften) an Silikatfelsen:

Silikatfelsspaltenvegetation, Fugenvegetation (ASPLENIETEA RUPESTRIA, ANDROSACETALIA VANDELII mit den Verbänden ANDROSACIUM VANDELII und ASPLENION SERPENTINI). In Bayern fragmentarisch z.B. in der Rhön, auf Allgäuer Kieselkalken und an Diabasfelsen die Felsspalten-gesellschaften des Nordischen Streifenfarnes (ASPLENIETUM SEPTENTRIONALIS) und die Wimperfarnflur (WOODSIO-ASPLENIETUM SEPTENTRIONALIS).

Felsgrus- und Felsbandgesellschaften (SEDO-SCLERANTHETALIA mit den Verbänden SEDO-VERONICION DILLENII (Silikatfelsgrusgesellschaften kleinstückig abwitternder warmer Felsleitern), ALYSSO-SEDION ALBI und FESTUCION PALLESCENTIS, alpine Dreiblattsimsen- und Krummseggenrasen (CARICETALIA CURVULAE) mit dem Verband CARICION CURVULAE). Die Pfingstnelken-Felsbandflur (DIANTHO-FESTUCETUM PALLESCENTIS) geht am Donau- und Regental sowie im Diabas (*Dianthus gratianopolitanus-Festuca guestfalica*-Gesellschaft mit dem sehr seltenen Bleichen Habichtskraut *Hieracium pallidum*, Höllental/HO) auch auf Silikatstandorte über. Das FESTUCETUM SCABRIFOLIAE ZIELONK. 73, welches heute zum DIANTHO-FESTUCETUM gerechnet wird (SCHEUERER 1989), kennzeichnet die flächenmäßig verschwindenden, für den Arten- und Evolutionsschutz aber umso bedeutsameren Silikat-Xerothermstand-

orte des Donaurandbruches und unteren Regentales, z.B. bei Regenstauf, Bergham, Wörth, welche ausnahmslos mit Felsgeotopen gleichgesetzt werden können. Regional sehr seltene Arten besiedeln diese extrem flachgründigen, felskopfdurchsetzten, stark austrocknenden und niederschlagsarmen silikatischen Rohböden. Hier scheint der hohe Xerophiliegrad den Einfluß der Azidität soweit zurückzudrängen, daß sogenannte "Kalkpflanzen" (FESTUCO-BROMETEA) Eingang finden. Vor allem vom Regental beschreibt ZIELONKOWSKI (1973) das FESTUCO-VERONICETUM DILLENII OBERD. 57 und zwar auf Granitgrus an trockenen Regental-Südhängen zwischen Felspartien, und an Hangschultern. Angewitterte Felspartien z.B. im Oberpfälzer Wald, Falkensteiner Vorwald und Falkenberger Granit, werden u.a. von der *Dianthus deltoides-Jasione montana*-Gesellschaft (ZIELONKOWSKI 1973) besiedelt. Eine Singularität ist die "*Scabiosa ochroleuca*-Gesellschaft" des vorspringenden Granitfelsens des Galgenberges bei Cham (ZIELONKOWSKI 1973): Auf den vogtländischen Diabas-Kuppen findet sich neben Borstgrasrasen und *Vaccinium*-Heiden immer wieder ein diabas-spezifischer "bodensaurer Halbtrockenrasen", das GENTIANO-KOELERIETUM AGROSTIETOSUM (siehe Band II.3).

Die JUNCUS-TRIFIDUS- bzw. AGROSTIS RUPESTRIS-JUNCUS TRIFIDUS-Gesellschaft des Böhmerwaldes, eine reliktsche außeralpine JUNCETEA TRIFIDI-Gesellschaft, stockt in Oberhangabstürzen und Lawnenbahnen (GAGGERMEIER et al. 1992, GAGGERMEIER 1995), am schönsten in der Seewand des Schwarzen Sees knapp jenseits der tschechischen Grenze, aber auch z.B. auf Gipfelfelsen am Arber, Zwercheck und Osser. Der seltene Rollfarn (*Cryptogramma crispa*) besiedelt in meist stark gefährdeten Restbeständen einige Böhmerwaldgipfel (z.B. Kaitersberg, Arber). Die Moortarant-Pfeifengrasgesellschaft der feuchten Felsabsätze der steilen Böhmerwald-Karwände kennt man sonst nur aus dem Riesengebirge; die Ungarnenzian-Alpenfarn-Flur besiedelt hier unbewaldete Blockstandorte und Lawnenbahnen, wo bis zum Spätfrühling Schneefelder liegen.

Eine große Zahl unterschiedlicher naturnaher, vor allem xerothermer Waldgesellschaften/ -fragmente auf Felshängen ist in diesem zusammenfassenden Band kaum auszuloten, so etwa der wärmeliebende lichte Sauerboden-Eichenkrüppelwald (LUZULO-QUERCETUM) auf Felsleiten und -köpfen des Donau- und Regentales, der "Buchen-Kiefern-Felswald" nach AUGUSTIN (1991) mit Buche, Kiefer, Fichte und Birke, kleinflächig z.B. im Oberpfälzer Wald (z.B. Zwirnzell bei Machesberg/CHA), Besenheide- oder *Vaccinium*-Trockenkiefernwälder auf Felsfreistellungen des Falkensteiner und Deggendorfer Vorwaldes. Nur am Rande sei erwähnt, daß der aus dem Elbsandstein bekannte "Riff-Kiefernwald" sicherlich auch auf ostbayerischen Kristallinfelsen ein Pendant hat, welches allerdings bisher kaum beschrieben ist. Auf den für Spaziergänger und Holznutzung weitgehend unzugänglichen Plateaus von Wollack-Granittürmen (z.B. Steinwald, Falkenstei-

ner Granitgebiet, Saldenburger Bergland) finden sich kleinflächige, je nach Klima- und Höhenregion kiefern-birken- oder fichtendominierte Urwaldfragmente ("Riff-Urwaldfragmente"), deren Artenzusammensetzung durchaus von den umgebenden Wäldern verschieden ist. LINHARD & STÜCKL (1972) heben als Besonderheit der Jochensteiner Felsleiten (PA) die *Quercus petraea-Anthericum Ramosum*-Ausbildung des GALIO-CARPINETUM hervor. Die *Pulmonaria-Asarum*-Ausbildung besticht im blockigen Bereich z.B. durch Pimpernuß (*Staphylea pinnata*) und Alpenveilchen (*Cyclamen purpurascens*) in dichten Beständen zwischen Schuttblöcken. Auf den Diabas-Felsstandorten Nordostbayerns stocken äußerst bemerkenswerte reliktsche Trocken- und Buschwaldtypen (GENISTO-QUERCETUM, "Vogelbeer-Eichen-Wald", Geißklee-Zwergmispel-Gebüsch).

Für die wärmeliebenden Saumgesellschaften an Felsleiten und Felsplateaus seien hier stellvertretend erwähnt das TEUCRIO-POLYGONATETUM, der Pechelken-Graslilien-Saum u.a.

Auch im Silikatbereich konzentrieren sich die meisten seltenen und bemerkenswerten, z.T. sogar subendemischen Arten auf den sonnigen Fels(leiten) der tieferen Lagen. Beispielsweise wurde ein Großteil aller Habichtskräuter des Böhmischo-Bayerischen Waldes ausschließlich oder überwiegend an den felsigen Donauleiten zwischen Regensburg und Deggendorf (z.B. Scheuchenberg) festgestellt. Nach SCHUHWERK & LIPPERT (1991) sind dies z.B.: *Hieracium laurinum*, *H. maculatum*, *H. peletierianum*, *H. hybridum ssp. calophyton*, *H. spurium* (verschollen), *H. anchusoides ssp. istrogeton* (verschollen), *H. pilosellina*, *H. fuernrohrrii*, *H. laschii*, *H. hybridiforme*, *H. brachiatum*, *H. cymosum*, *H. zizianum*, *H. bauhini*, *H. sulphureum* (verschollen), *H. caespitosum*, *H. sciadophorum*, *H. adriaticoforme*, *H. leptophyton*, *H. fallacianum*, *H. tauschii*. Einige dieser Sippen sind außerordentlich selten, subendemisch oder kommen nur hier in Bayern vor. Als besonders reichhaltiges Beispiel seien die Felsleiten des Bogenberges/SR angeführt, an denen auch viele "Kalkpflanzen" das Kristallingestein besiedeln (*Festuca pallens*, *Allium montanum*, *Sempervivum tectorum*, *Lembotropis nigricans*, *Chamaecytisus ratisbonensis*, *Peucedanum oreoselinum*, *P. cervaria*, *Pulsatilla vulgaris ssp. oenipontana*, *Carex humilis*, *Melica ciliata*, *Iris sambucina*, *Clematis recta*, *Lathyrus niger*, *Rumex scutatus*; nach GAGGERMEIER 1992). Weitere, regional hochbedeutsame Xerotherm-Kennarten der Silikatfelsleiten des Donaurandbruches, etwa am Kruckenberg, am Sauberg b. Bach, am Burgberg Donaustauf und Tegernheimer Mittelberg sind nach GAGGERMEIER (1988) u.a. *Seseli libanotis*, *Hierochloe australis*, *Chamaecytisus supinus*, *Anthericum liliago*, *Thesium bavarum*.

Höhergelegene Kristallinfelsen des Alten Gebirges sind nicht nur Inselstandorte für seltene Krüppelholzgesellschaften (z.B. Wollreitgras-Latschenbusch CALAMAGROSTIO-PINETUM MUGI Pawl. 27 corr. Hartm. 57 am Arber, Lusen, Plöckenstein, Ra-

chel und Zwercheck), sondern unersetzliche Überdauerungsbiotope für seltene boreal-arktische Reliktpflanzen, z.B. Krausfarn (*Cryptogramma crista*; z.B. Kaitersberg, Osser), Alpenblasenfarn (*Cystopteris fragilis ssp. alpina*), Krähenbeere (*Empetrum hermaphroditum*), Latsche (*Pinus mugo*), das Schaumkraut *Cardamine resedifolia*, das Mastkraut *Sagina saginoides* (verschollen), seltene Flachbärlapparten (*Diphysium alpinum*, *D. issleri* (letztere z.B. Epprechtstein/WUN) und *D. zeilleri*. Sogar in seit langem angeblich lückenlos durchforschten Felsgebieten sind immer wieder überraschende, ja sensationelle Neufunde zu machen, so etwa der Nachweis der Rosenwurz (*Rhodiola rosea*) für Bayern in den Arberseewänden, wo sie neben anderen boreal-arktisch-alpinen Glazialrelikten wie *Swertia perennis*, *Allium schoenoprasum ssp. alpinum*, *Agrostis rupestris* in großenteils überrieselten, z.T. beschatteten Wandspalten siedelt. Üblicherweise felsfremde Arten wie *Galium boreale*, *Pinguicula vulgaris*, *Molinia coerulea* sowie das Habichtskraut *Hieracium schmidtii* bilden hier seltene Felsband- und -spaltengesellschaften, die biogeographische Brückenpfeiler zwischen mitteleuropäischen Gebirgen herstellen.

Die eigenartige Durchmischung nordisch-alpiner Arten mit Thermophyten oder "Subthermophyten", anders ausgedrückt das Doppelrefugium sowohl für Pflanzenelemente der Eiszeit und der postglazialen Wärmeperioden erklärt JENIK (1959) mit der "Theorie der anemo-orographischen Systeme": Hangaufwärts laufende Luvtäler kanalisieren die Westwinde, die sich dann in den dahinter folgenden Ostabbrüchen großer Karhohlformen turbulent verlangsamen, dabei auch Diasporen absetzen und dort Zentren der biotischen Diversität fördern (die auch auf der außerordentlichen edaphisch-morphologischen Vielfalt beruhen). Tatsächlich finden sich diese singulären Artengemeinschaften an vorwiegend ostexponierten Karwänden in Abwindposition ostwest-verlaufender Täler. Die hohe Schneeakkumulation solcher Ostkare verkürzt nicht nur die Aperierteit, sondern erzeugt auch Kriechschnee-, Gleitschnee- und Lawinenbewegungen, die solche Extremstandorte seit der Eiszeit wenigstens teilweise für heliophile und konkurrenzschwache Arten offengehalten haben.

#### F.1.4.5 Nagelfluh- und Molassefelsen

Nagelfluh- und Molassefelsen sowie Nagelfluh-Trümmerfelder und -Sturzblöcke des Alpenvorlandes, vor allem in rezenten und fossilen Flußtälern, besitzen aufgrund besonderer Geländeklimate (häufig schluchtartig, beschattet, sickerwasserüberrieselt oder sickerfeucht), Gesteinsstruktur und pflanzengeographischer Situation eine hochcharakteristische Flora (vgl. auch D.1.4). Sonlige Nagelfluhsteilkanten an den großen Moränen-Durchbruchstätern, z.B. am Lechsteilhang S Landsberg, an der Isar zwischen München und Icking, an der Mangfall nördlich der Autobahn, an der Traun bei Stein/TS sind ein Gegenstück zu den xerothermen, stark austrocknenden Talrandfelsen des Juras. Fragmente von Erdseggen-

Trockenrasen, Pfingstnelken-Bleichschwinglefluren (z.B. Stein a.d.Traun), primären Schneeheidekiefernwäldern, Felsenbirnen-Felsmispelgebüsche und Anklänge an dealpine Felsrasen des Blaugrasverbandes kommen hier vor. Die außeralpine Felsspalten- und Rasenbandvegetation ist nirgendwo in Bayern so von (circum)alpinen Arten geprägt. Deckenschotterfelsen sind Zentren, Reliktstandorte bzw. ehemalige Ausbreitungsbänder für viele Alpenpflanzen ins Vorland (siehe BRESINSKY 1965). Darunter sind bzw. waren (teilweise nur vor dem Einstau des Illasbergdurchbruches am Lech) u.a. *Saxifraga paniculata*, *Potentilla caulescens*, *Primula auricula* (letztere z.B. Illasberg, Pähler Schlucht, Isar bei Grünwald, Felsen an der Ehwiessmühle S Memmingen), *Rhododendron hirsutum* (z.B. Mangfalltal-Felsen, Wertachdurchbruch), *Lamium flavidum*, *Kernera saxatilis*, *Aster bellidiastrum*, *Festuca amethystina*, *Carduus defloratus*, *Salix appendiculata*, die hier mit subkontinentalen, submediterranen und nordischen Elementen (z.B. *Daphne genkya*, *Arctostaphylos uva-ursi*, *Lembotropis nigricans*, *Carex humilis*) zusammentreffen.

Die kalkalpine Stengelfingerkraut-Felsfugenflur (POTENTILLETUM CAULESCENTIS Aich. 33) tritt bzw. trat als große Besonderheit an Molassefelsen in Flußdurchbrüchen des Alpenvorlandes in Erscheinung (z.B. Illasberg/OAL; DOPPELBAUR 1966). An den Molassefelsen des Ostallgäuer Wertachdurchbruches versammeln sich *Saxifraga mutata*, *S. aizoides*, *Primula auricula*, *Bellidiastrum michelii*, *Rhododendron hirsutum*, *Dryas octopetala*, *Asplenium viride*. Auf und zwischen den übermoosten Nagelfluh-Sturzblöcken gedeihen ebenfalls alpine bzw. circumalpine Arten wie *Moehringia muscosa* (z.B. Mangfalltal) und *Veronica urticaefolia*. Einen extremen und sehr bemerkenswerten Sonderstandort bilden in den Fluß gestürzte Nagelfluhblöcke. Die abgeschrägte Nordflanke des Georgensteins in der Isar bei Buchenhain wird von einem Blaugrasrasen mit *Sesleria varia*, *Globularia cordifolia*, *Campanula cochleariifolia*, *Carex humilis*, *Kernera saxatilis* überzogen (BRESINSKY 1965).

Nagelfluhabstürze sind Refugien (regional) gefährdeter und nur noch inselartig vorhandener, der regulären Holznutzung entronnener Waldgesellschaften, z.B. des Eiben-Steilhangwaldes (z.B. S Markttrettenbach/MN, Priental bei Wildenwart/RO, Irschenberg/MB, RO) oder des Hirschzungen-Ahornwaldes. Nahezu alle Hirschzungenvorkommen (*Phyllitis scolopendrium*) des Alpenvorlandes sind mit Nagelfluhwänden verknüpft.

ZAHLHEIMER (1989) charakterisiert die hervorstechende floristische und vegetationskundliche Bedeutung von glazialen Nagelfluhausbissen am Beispiel des Inngletschervorlandes (RO, EBE, M) folgendermaßen: "Freigelegter Nagelfluh - auch jener der Hochterrassenschotter und der in den Innleiten erschlossene weich-brüchige Nagelfluh des Rib-Würm-Interglazials - hat eine besondere Bedeutung für die Flora, die auf seinem Kalkreichtum und seiner Felsnatur beruht: Er bildet das einzige natürliche Substrat für felsbesiedelnde Moossynusien

und in Felsspalten wurzelnde Kleinfarngesellschaften nördlich der Mangfall-Simssee-Linie. Der Braune Strichfarn zeichnet die Nagelfluhausbisse deutlich nach. Nagelfluh stellt oft in weitem Umkreis die einzigen nicht völlig durch landwirtschaftliche Intensivnutzung nivellierten Kalkstandorte. Weißseggen-Buchenwälder, wärmeliebende Säume und Halbtrockenrasen treten auf weiten Strecken nur noch hier auf. In der Mangfallschlucht sind die Nagelfluhabstürze unersetzbare Reliktstandorte einer lichtliebenden Xerothermvegetation früherer Zeiten. Arten wie Berglauch (*Allium senescens*), Bergleinblatt (*Thesium bavarum*) und Erdsegge (*Carex humilis*) besitzen im Gebiet hier letzte Vorkommen. Nagelfluh ist sowohl in sonniger als auch luftfeucht-schattiger Lage ideales Substrat für eine Vielzahl prä- und dealpin verbreiteter Arten und Pflanzengesellschaften - in der Mangfallschlucht z.B. für Blauseggen-Felsrasen und den Schneeheide-Kiefernwald. N der Mangfall-Simssee-Linie ermöglicht der Nagelfluh Vorpostensiedlungen von Alpenrandgewächsen wie Grannenlabkraut (*Galium aristatum*), Mehlbeere (*Sorbus aria* s.str.), Alpenheckenkirsche (*Lonicera alpigena*) und Nesselehrenpreis (*Veronica urticaefolia*)".

Moose und Flechten: Innerhalb regionaler Moos- und Flechtenfluren entfallen viele Arten fast allein auf (schattig-feuchte) Nagelfluhfelsen. Für die Nagelfluhwände um Altötting und Mühldorf nennt KOPPE (1952) z.B. *Preissia commutata*, *Pellia fabroniana*, *Lophozia mülleri*, *Pedinophyllum interruptum*, *Fissidens cristatus*, *F. pusillus*, *Ditrichum flexicaule*, *Encalypta contorta*, *Gymnostomum rupestre*, *Tortella tortuosa*, *Neckera crispa*, *Thamni-um alopecurum*, *Homomallium incurvatum*, *Metzgeria pubescens*, *M. conjugata*, *Moerckia flowiana*, *Lophozia badensis*, *L. hornschuchiana*, *Scapania aspera*, *Cololejeunea calcarea*, *Seligeria pusilla*, *S. tristicha*, *Gymnostomum calcareum*, *Plagiopus oederi*, *Anomodon longifolius*, *Ambystegiella confervoides*, *Brachythecium laetum*, *Cirriphyllum crassinervium*, *C. vaucheri*, *Orthotrichum rufescens* und *Hypnum sauteri*, darunter also viele montane, de- und subalpine Arten sowie kalkholde Arten (was im vorherrschend entkalkten Hochterrassengebiet der Alzplatte von besonderer bryofloristischer Bedeutung ist!).

Auch auf den Nagelfluhabbrüchen im südlichen Münchner Raum (z.B. Gleißental, Kiental, Maisinger Tal) sind neben den meisten der genannten viele weitere Seltenheiten gemeldet, z.B. *Jungermannia atrovirens*, *J. riparia*, *Isopaches bicrenatus*, *Leiocolea badensis*, *Scapania aequiloba*, *Porella baueri*, *Dichodontium pellucidum*, *Distichium inclinatum*, *Didymodon spadiceus*, *Meesia trichodes*, *Cololejeunea calcarea*, die Flechten *Leptogium lacerum* und *Peltigera aphthosa* auf Nagelfluh im Kiental/STA bzw. in der Maisinger Schlucht/STA (Angaben und Nomenklatur nach PAUL & POELT 1950). Die winzige Seligeriacee *Trochobryum carniolicum* hebt POELT (1950) für die Molassefelsen des Lechdurchbruches hervor. Auch amphibisch lebende Flechten-Raritäten sind aus Molassefelsdurchbrü-

chen nachgewiesen, z.B. *Staurothele fischeri* und die Assoziation des *Staurotheletum mexlanii* (DOPPELBAUR 1966).

#### F.1.4.6 Sandsteinfelsen und -schluchten

Die unter F.1.3 genannten spezifischen mikroklimatischen und Feuchte-Eigenschaften des Sandsteines bedingen eine außergewöhnliche Artenvielfalt und Massenentwicklung der Moose. Für alle Felstypen des Sandsteines in Nordbayern (selten auch im voralpinen Molassegebiet) sind auffällig kompakte Moosüberzüge und ein hoher Moosdeckungsgrad charakteristisch. Sandsteinfelsen und -schluchten weisen zumindest regional eine durchaus eigenständige Moosflora auf, darunter auch (regionale) Seltenheiten wie *Schistostega pennata*, *Haplomitrium hookeri*, *Octodiceras julianum*, *Oxystegus cylindricus*, *Plagiotheciella latebricola*, sowie z.B. auf Arieten-/Burgsandsteinfelsen N Eitersberg/AN bzw. Eitersberger Schlucht/AN *Campylopus pyriformis*, *Lepidozia reptans* und *Rhizomnium magnifolium*. Auf nassen Sandsteinfelsen meist in Bachschluchten finden sich die Moosgesellschaften des CONOCEPHALETUM CONICAE (v.a. schattige Felsflanken an Bächen im Rhätsandstein), das THAMNIETUM ALOPECURI (dauernd besprühte Felsen), das RHYNCHOSTEGIELLETUM CURVIVATAE (sehr schattig, überhängend, feucht bis naß in Bachnähe). An lediglich feuchten Sandsteinfelsen Ober- und Mittelfrankens finden sich das FISSIDENTETUM PUSILLI (schattig-feucht, bachnah, überzieht ganze Felsplatten), das SELIGERIETUM RECURVATAE (luftfeuchte Lagen), das DICRANODONTIETUM DENUDATAE (senkrechte Wände), das DIPLOPHYLLIETUM ALBICANTIS, das COENOGONIO-RACODIETUM RUPESTRIS (eine Flechtengesellschaft) und eine *Oxystegus cylindricus*-Gesellschaft. Für trockene Sandsteinfelsen bezeichnend ist das TETRAPHIDO-SPHENOLOBETUM MINUTI (steil, westexponiert), eine *Mnium hornum*-Gesellschaft (Girlanden an den Wänden), das PARALEUCOBRYETUM LONGIFOLII (schwach geneigte Stirnflächen), das POLYPODIO-HYPNETUM CUPRESSIFORMIS (etwas erdige Taschen und Stirnflächen in N- bis W-Auslage), das HEDWIGIETUM ALBICANTIS (sonnig, südseitig, noch mehr auf Silikat). Das SELIGERIO RECURVATAE - FISSIDENTETUM PUSILLI belegt NEUMAYR (1971) auch von feuchtschattigen Eisensandsteinfelsen (auch Buntsandstein). V. d. DUNK & v. BRACKEL (1997) inventarisieren die Moosflora der Schwarzbachschlucht SE Nürnberg, einer von bis zu 20 m hohen Burgsandsteinfelsen gesäumten "Klamm". Dabei fanden sich 34 Lebermoose und 101 Laubmoose, ein Großteil davon an den Sandsteinfelsen, darunter äußerst bemerkenswerte Vertreter wie *Harpanthus scutatus*, *Geocalyx graveolens*, *Jungermannia hyalina*, *Rhabdoweisia fugax*, *Bryoerythrophyllum recurvirostre*, *Amphidium mougeotii*.

Felsschluchten, Blockbereiche und blocküberrollte Rutschzonen der Keuperregion (insbesondere an der Rhätsandsteinstufe) sind nicht nur für Flechten, Moose und Pilze, sondern auch für höhere Pflanzen von besonderer Bedeutung. Das feucht-kühle Son-

derklima, die konkurrenzarmen Fels- und Spaltenstandorte und die erschwerte (Holz-)Nutzung ließen hier viele regional bedeutsame Vorkommen udauern. Montane Fels- und Schluchtwaldarten sowie präalpine Florenelemente treten hier oft nur inselartig in Erscheinung, in der Sandsteinschlucht des Teufelsloches bei Bayreuth z.B. Tannenbarlappe (*Huperzia selago*), Blasenfarn (*Cystopteris fragilis*), Alpenhexenkraut (*Circaea alpina*), Schwarze Heckenkirsche (*Lonicera nigra*) und Hasenlattich (*Prenanthes purpurea*) (VOLLRATH et al., zit. nach KRONBERGER 1954). In den Rhätsandsteinschluchten findet sich eine deren Umland weit übersteigende Vielfalt an Pilzarten. Art-Aufzählungen müssen hier unterbleiben. Beispielsweise nennt KRONBERGER (1954) für das Teufelsloch bei Bayreuth ohne Anspruch auf Vollständigkeit 87 auf falligere Blätter- und Rohrenpilze, darunter auch bemerkenswerte Arten wie den Blutroten Röhrling (*Boletus chrysenteron*) und den Vierteiligen Erdstern (*Geaster coronatus*). Für Sandsteinfelsen nennt VON DER DUNK (1970/72) die Algengesellschaften DES NAVICULETUM KRASKEI ENDOLITHICUM (trockene Sandsteinwände) und verschiedene Diatomeengesellschaften (feucht).

Die Flechtenflora der Schwarzbachschlucht enthält *Chrysothrix chlorina*, *Cladonia coniocraea*, *Cystocoleus ebenus*, *Diploschistes muscorum*, *Leparia incana*, *Microcalicium arenarium*, *Omphalina ericetorum*, *Psilolechia lucida*, *Racodium rupestre*, *Stereocaulon dactylophyllum*, an Schluchtbaumen die seltene Bartflechte *Usnea filipendula* (v.d. DUNK & v. BRACKEL 1997).

An Felsstandorten in milden Klimlagen haben sich Populationen licht- und warmebedurftiger Flechtenarten gehalten. Im Maintal an den Spessartabhangen kommt die submediterrane wärmeliebende Flechte *Lecanora demissa* vor. Entlang des Maintales greifen die Areale subatlantischer Felsbewohner auf bayerisches Gebiet aus, wobei auch synanthrope Habitate (Weinbergmauern, Burganlagen) eine Rolle spielen: Hier finden sich *Ochrolechia parella*, *Diploicia canescens*, *Lecidea sarcogynoides*. Vereinzelt kennt man auch im Spessart und Odenwald amphibische Flechtenvorkommen, insbesondere von *Dermatocarpon luridum*.

Auch innerhalb der Bayerischen Alpen tragen Sandsteine eine teilweise eigenständige Kryptogamenflora, für die hier nur wenige Beispiele angegeben werden können: *Jungermannia pumila*, *Trematodon ambiguus*, *Blindia*-Arten, z.T. *Brotherella lorentziana* (LOTTO, PAUL u.a.).

#### F.1.4.7 Vegetation und Flora von Silikatblockhalden, -meeren, Blockwiesen und Einzelblöcken

Diese schwer nutz- und begehbaren, ökologisch erstaunlich konstanten und kleinklimatisch herausgehobenen Standorte (siehe F.1.3) sind Lebensraumsinseln und Refugien für nutzungsempfindliche Pflanzenarten und -gesellschaften, darunter boreal und alpin verbreitete "Kälte- und Eiszeitpflanzen" und

Waldgesellschaften, die "extrazonal", d.h. außer- und unterhalb ihres geschlossenen Areales vorkommen. Auf Riesenblocken wachsen viele Arten und Gesellschaften der Felswände (F.1.4.1 - F.1.4.5). Blockansammlungen sind jedoch ein höchst eigenständiger Wuchsort mit spezifischen Gesellschaften und Arten.

Silikat-Blockhalden, Felsburgen und -meere auf Gipfeln und Höhen der Grundgebirge: Sukzession kommt über Flechten- und Moospionierstadium oft nicht hinaus, sehr geringe Bewaldungsneigung, da Feinerde tiefreichend ausgewaschen und extrem waldfeindliches Sonderklima; Krustenflechten und auf kleinstem Raum wechselnde Flechtengemeinschaften verschiedener ökologischer Schwerpunkte dominieren das Pflanzenleben. Granitblockmeere gehören zu den artenreichsten Kryptogamenstandorten der Mittelgebirge.

Beständige Waldfreiheit und Extremklima ermöglichen in größeren Blockmeeren hochspezialisierte, kolonisationsschwache und langlebige, seltene und seltenste, montane oder subarktisch-alpine, oft stark verinselte Flechtenvorkommen, wie z.B. *Rhizocarpon badioatrum*, *Rh. alpicola*, *Rh. carpaticum* (bisher nur im Arbergebiet nachgewiesen), *Rh. cinereovirens* (sehr selten), *Rh. drepanodes* (Böhmerwald sehr selten), *Rh. eupetraeum* (nur Kösseine), *Broria fuscescens*, *Cetraria hepatizon*, *Pseudophebe pubescens* (z.B. Rudolfstein; HERTEL 1988). Einige Reliktvorkommen arktisch-borealer Arten im Fichtelgebirge und Böhmerwald haben die Alpen nur noch in wenigen Einzelpopulationen erreicht, z.B. *Parmelia incurva* (hat in besonders niedriger Meereshöhe in der Basalthalde des Rauhen Kulms möglicherweise sogar die letzte Eiszeit überdauert) und *Parmelia centrifuga* (Bayer.Wald). RUEZ (zit. in KRONBERGER 1954) registrierte im Felslabyrinth des Nuhardts (z.T. auch an den Kruppelfichten) *Cladonia fimbriata*, *Cl. digitata*, *Cl. furcata*, *Parmelia tenella*, *Malotium myochroum*, *Rhizocarpon geographicum*, *Chroolepus jolithus*. HERTEL (1988) fand allein am Epprechtstein/WUN auf wenigen Hektar 63 Flechtenarten, darunter so seltene wie *Parmelia conspersa*, *P. glabrata*, *P. omphalodes*, *Umbilicaria deusta*, *Stereocaulon dactylophyllum*. Auch einige Moosarten gehören zum alpin-arktisch-borealen Florenelement der Blockgipfel (z.B. *Andraea rothii* am Epprechtstein/WUN). Wie sehr einzelne Blockhalden die Kryptogamenflora ganzer Gebirgszüge anreichern können, führt beispielhaft die Quarzporphyrrhalde am Kahleberg im Erzgebirge vor Augen (BUTNER 1961). Vor ihrer immisionsbedingten Verarmung in den letzten Jahrzehnten wuchsen hier etwa 60, zum erheblichen Teil nordisch-arktisch-alpine Flechtenarten, darunter *Parmelia incurva*, *P. encausta*, *P. stygia*, *Rhizocarpon oreites*, *Rh. geographicum*, *Rh. polycarpum*, *Rh. obscuratum*, *Lecidea pantherina*, *Biatora kochiana*, *Umbilicaria polyphylla*, *U. hyperborea*, *U. cylindrica*, *Cladonia alpicola*, *Cl. bellidiflora*, *Cl. quamosa*, *Cl. gracilis*, *Cl. chlorophaea*, *Cl. rangiferina*.

Gipfelblockmeere und auch größere Halden unterhalb von Felsfreistellungen sind oft nur spärlich mit

einzelnen aus den Spalten herauswachsenden Gehölzen bewachsen. Im Randbereich und auf kleineren, weniger mächtigen Blockfeldern unterhalb der Kammlagen ist der Vogelbeer-Fichten-Blockwald (*Sorbus aucuparia*-Gesellschaft nach REIF & LEONHARDT 1991, Wollreitgras-Fichtenblockwald CALAMAGROSTI-VILLOSAE-PICEETUM sensu SCHLÜTER 66) charakteristisch. Alle hier vegetierenden anspruchslosen Lichtbaumarten, außer Fichte und Vogelbeere auch die boreale Karpatenbirke *Betula pubescens ssp. carpatica*, im Böhmerwald auch Bergkiefer (*Pinus mugo*; die Gipfelbestände des Fichtelgebirges sind künstlich eingebracht!) und am Haberstein und Steinwald die Föhre, sind stark schneebruchgefährdet und oft nur niedrig-krüppelig. Die Fichte wächst am Rand von Gipfelblockmeeren oft mehr in die Breite als in die Höhe. Sie bildet z.B. auf der Platte im Fichtelgebirge sogar Absenkerwurzeln in den Rohhumusaufgaben der Blöcke (Fichten-Polykormone). Der nur fleckenweise, auf größere ebene oder muldenförmige Blockverflachungen und Blockspalten konzentrierte Unterwuchs der Blockwälder besteht aus Rohhumus-Moosen wie *Polytrichum formosum*, *Dicranum scoparium*, Heidel- und Preiselbeere sowie gelegentlich Tannenbärlapp (*Huperzia selago*) und Dornfarn (*Dryopteris dilatata*).

Ein Sonderfall im Fichtelgebirge ist der Schneeberg (1053 m), dessen Gipfel-Blockmeer dank des lokal-klimatischen Gipfelfeffektes und der speziellen Substratverhältnisse mit den Wald-Kampfbzonen an "echten" zonalen Waldgrenzen (etwa im Riesengebirge oder am Brocken) zu vergleichen ist. Die schütterere Fichten- und Vogelbeerbestockung ist tief bestockt, durch mehrmaligen Wipfelverlust und Ersatzgipfelbildung außerordentlich knorrig-verbogen, bis zu 300 Jahre alt (KRONBERGER 1954). Hier sind auch größere Restbestände des im Fichtelgebirge wohl nur auf Hochmoor- und Blockhaldenrandbereiche konzentrierten autochthonen Bergfichtenwaldes zu besichtigen (auffallend weitständige und tief bestockte Bergfichten, geschlossene Gras- und Zwergstrauchschicht). Manche kamm- und gipelnahen Blockfelder können auch voll bestockt sein, z.B. im Weißenstädter Porphyrgnit am Hengstberg/WUN mit Zwiebelzahnwurz-Buchenwäldern.

Weniger exponierte Blockstandorte in tieferer Lage der Grundgebirge: Mit Ausnahme der höheren Kamm- und Steillagen des Böhmer- und Bayerischen Waldes sind "naturnahe" (der nahestehende) Waldreste in den übrigen Kristallinbergländern zum größten Teil oder strichweise sogar ausschließlich mit Blockfluren oder zumindest stark verblockten Standorten identisch. Außerordentlich farn(arten-) und moosreiche Waldbilder stellen sich hier ein. Für eine Reihe gefährdeter oder potentiell gefährdeter Waldgesellschaften wie die Brennesselvariante des GALIUM-CARPINETUM im Oberpfälzer Wald. bzw. ACERI-CARPINETUM Klika 41, Edellaubholz-Blockwälder (FRAXINO-ACERETUM; z.B. Blockströme und -halden am Rötzer Schloßberg/CHA, Galgenberg/Perlhütte/CHA, Frauenstein bei Weiding/SAD, Nadlerhäng b. Voitenberghütte/CHA, Pley-

steiner Sulzberg/NEW), Waldschwingel-Buchenwälder (FESTUCO ALTISSIMAE-FAGETUM; z.B. bei Waldmünchen/CHA) und Dornfarn-Buchenwälder (*Dryopteris dilatata*-Fagus-Gesellschaft; z.B. bei Lindau/SAD) sind Blockstandorte eine wichtige Standortsbedingung. Regional seltene und gefährdete Baumarten wie Tanne (z.B. im Oberpfälzer Wald) und Bergulme (z.B. Pleysteiner Sulzberg) konnten sich auf Blockstandorten oft länger halten.

Sogar im kristallinen Hügelland setzen kleine Blockhalden und Felsköpfe wichtige Vegetationsakzente. So etwa stocken die meisten für den westlichen Oberpfälzer Wald charakteristischen meso- bis eutraphenten Haselbuschwälder (bzw. -wäldchen) auf kleinen Felskuppen oder Blockansammlungen, die vom Pflug inselartig ausgespart werden müssen. Solche Block-Inselgehölze sind Rückzugsgebiete für Arten, die bessere Böden bevorzugen und dem Feldbau weichen mußten. Auf solchen Standorten finden sich z.B. im Raum Nabburg/SAD *Ranunculus ficaria*, *Adoxa moschatellina*, *Lathraea squamaria*, *Impatiens noli-tangere*, *Pulmonaria obscura*, *Lamium montanum*, *Anemone nemorosa*, *Dryopteris filix-mas*, *Urtica dioica*, *Asarum europaeum*, *Ranunculus nemorosus*, *Actaea spicata*, *Paris quadrifolia*, *Melica nutans* auf engstem Raume, Kräuterteppiche also, die derart artenreich in den Wirtschaftsförsten derselben Gebiete außerhalb von Blocksonderstandorten kaum auftreten (vgl. AUGUSTIN 1991).

Auf mächtigen Blockstandorten der Grundgebirge, in denen die Gehölze weitgehend im Blockmaterial wurzeln, kommen extrazonale Sonderausbildungen an sich hochlagenspezifischer Gesellschaften vor, z.B. Birken-Blockfichtenwald (CALAMAGROSTIO VILLOSAE-PICEETUM BETULETOSUM AUGUSTIN 1991, z.B. Steinerne Wand bei Rötz/CHA). Kennarten natürlicher Fichtenwälder wie die Moose *Barbilophozia barbata*, *Ptilium crista-castrensis* und *Rhytididiadelphus loreus* steigen hier "weit herunter".

Auch hier trotz stärkerer Bestockung und geringem Anteil phanerogamenfreier Haldenflächen ein hoher Kryptogamenreichtum. Das ASPILICETUM CINERAE Frey 23 besiedelt Kulmflächen (Dachflächen) und mäßig geneigte glatten Flächen besonnter, bevorzugt S- und SW-exponierter Silikatblöcke, -felsen und -lesesteine von der Niederung bis in die subalpine Stufe, z.B. Blockhalden und -felsköpfe im mittleren Waldnaabgebiet und am Waldrand S Schönficht/NEW - hier mit nicht weniger als 13 Arten (KLEMENT 1950). Schattig-luftfeucht-windgeschützte Steilwände, insbesondere Überhangflächen, vor allem tief eingeschnittener Mittelgebirgsgentäler und Silikatschluchten besiedelt die Silikat-Schorfkrustenflechtengesellschaft BIATORETUM LUCIDAE Schade 16 (auffällig leuchtend gelbe Flecken der "Schwefelflechte"). KLEMENT (1950) belegt sie an Granitblöcken im Eichbusch bei Pfaffenreuth/NEW und an den flußnahen Blöcken der Naabtalenge S Falkenberg/NEW. Der reduzierte Lichtgenuß lockert das konsortiale Gleichgewicht zwischen Pilz und Alge. Die Thalli sind schorfig



gekrümelt und lassen flüssiges Wasser abrollen, so das Wasseraufnahme nur in Dampfform erfolgt. Die "Schwefelflechtengesellschaft" ist eine Dauergesellschaft "ohne Entwicklung", da sich an glatten Steilwänden und Überhangflächen weder Gefäßpflanzen noch Moose halten können. Ganz gegensätzlich hierzu sind die Ansprüche des UMBILICARIETUM HIRSUTAE Klem. 31, einer Silikat-Nabelflechtengesellschaft: steile, wind- und sonnenexponierte, trockene Stirnflächen von Felsen und Blöcken, aber z.B. in der Waldnaabenge noch im Bereich der Talnebel gelegen. Entlang von Rieserinnen kann sich die dottergelbe Flechte *Candelariella vitellina* ausbreiten, deren Thallusbruchstücke mit dem Regenwasser von der Kulmfläche heruntergespült werden.

Schon kleinste Felshöcker und (z.T. anthropogene) Blockansammlungen inmitten des Kulturlandes können eine eigene floristische Note besitzen, so etwa gelang MILBRADT (1983) ein Neufund von *Rosa gallica* für den Oberpfälzer Wald an einer nur 10 qm großen Gneisblockansammlung am Ackerland NW Fuchsendorf b. Pfreimd/SAD.

**Blockströme und Blöcke an Silikatgebirgsflüssen und -bächen:** Standort von hoher ökologischer Eigenart; Domäne z.T. seltener amphibischer Flechtengesellschaften und auffallend reicher Moosbesiedlungen. Hier findet sich z.B. das rußbraun gefärbte, feuchtigkeitsbedürftige, ombro- und azidophile UMBILICARIETUM DEUSTAE Frey 33 in der montanen Stufe vor allem an Kulmflächen niedriger wassernaher Blöcke, z.B. in der Waldnaabschlucht (KLEMENT 1950). Aus hydrophilen Felshaftern mit amphibischer Lebensweise besteht das STAURITHELETUM FISSAE Klem.47 auf kristallinen Ufer- und Flußbettfelsen, das nur in Niedrigwasserzeiten, im Durchschnitt während 4 Monaten des Jahres, auftaucht und im trockenen Zustand kaum zu erkennen ist. Es besiedelt stromabgewandte Neigungsflächen großer Silikatblöcke, die vom Wasser nicht mehr bewegt werden können. Die Begrenzungslinien der Gesellschaft stellen nach SANTESSON (zit. in KLEMENT 1950) genaue Naturpegel dar, welche wegen des sehr langsamen Flechtenwachstums den langjährigen mittleren Wasserstand markieren. An der oberen Grenze entfalten sich vor allem *Dermatocarpon aquaticum* und *D. meiophyllizum*, die untere Grenzlinie wird von submersen Krustenflechten gebildet. Diese ökologisch besonders aufschlußreiche Flechtengesellschaft benötigt sauerstoffreiches, geschlebe- und schwebstoffarmes Wasser und glatte Steinoberflächen, auf denen Wasser- und Ufermoose wie *Scapania*-Arten, *Fontinalis antipyretica*, *Hypohypnum ochraceum* und *Racomitrium aciculare* nur schwer Fuß fassen. Absterbende Polster von *Dermatocarpon aquaticum* liefern ein Keimbett für Lebermoosarten, z.B. *Pellia epiphylla*. Sie entfaltet sich daher am schönsten, wo der Mittelgebirgsbach oder -fluß vorher seine Grobstofffracht in Becken und Nischen absetzen kann.

**Basaltblockhalden:** Dieser mehr basische Blockflurtyp ist vegetationskundlich und vor allem bryologisch von hoher Eigenart (vgl. z.B. HALFMANN

1991 und KÜRSCHNER 1987). In Abhängigkeit zu Beschattung, Exposition und Höhenlage entwickeln sich auf diesem Sonderstandort der Rhön, des Gleichberges im Grabfelder Grenzgebiet, Oberfrankens und der Oberpfalz eine große Palette an epolithischen Moosgesellschaften. Auch hier dienen Blockhalden als Refugien für Eiszeitrelikte und als "Evolutionspotential für Endemismen" (WALENTOWSKI 1993).

**Flechtengesellschaften:** Auf offenen Blockhalden der Langen Rhön/NES kennzeichnet das LECIDEETUM LITHOPHILAE die horizontalen Blockoberseiten, das LECANORETUM SORDIDAE die vertikalen Blockseiten und das leuchtend gelbe LECIDEETUM LUCIDAE die regenabgewandten Blockunterseiten. Hervorhebenswert sind außerdem: Spezielle Flechtenvereine an wasserübersprühten Basaltblöcken, z.B. *Physcia endococcina*, *Ph. wainioi*, *Verrucaria praetermissa* (z.B. Basaltblöcke im Eisgraben bei Hausen), *Microglæna corrosa* (Gneisblöcke am Kaitersberg, Basaltblockmeere Rhön), *Lecanactis dilleniana* u. *Thelocarpon laureri* (Rauher Kulm); bevorzugt Basalte und Phonolithe nord- und westexp. Blockmeere; *Stereocaulon saxatile* (kühlschattige Basaltblockmeere, z.B. Kreuzberg).

**Moosgemeinschaften** gedeihen üppig vor allem in den luftfeuchteren Blockmeer-Randbereichen (ANDRAEETUM PETROPHILAE, RHACOMITRIETUM LANUGINOSI am luftfeuchteren Hangfuß, GRIMMIETUM HARTMANNII und ISOTHECIETUM MYURI in stark beschatteten Randbereichen, GRIMMIETUM OVATAE dagegen auf den zentralen offenen Blockhalden (WALENTOWSKI 1993)). Innerhalb von schattigen Basalthalden findet man kaum zwei Blöcke, die sich im gleichen Moosbesiedlungsstadium befinden, weil bereits auf den Kulmflächen (Blockdach) gebildete Moos-Humusdecken durch Wind-, Regen-, Schnee- und Frosteinwirkung immer wieder aberodieren oder abrutschen. Die Bryosukzession auf beschatteten Basaltblöcken der Rhön (Abb. F/10, S. 375) erklärt die relativ hohe Artenvielfalt durch das Nebeneinander verschiedener Moos-Sukzessionsstadien.

MARSTALLER (1994) fand am Gleichberg vor allem lichtliebende Gesellschaften der GRIMMIETALIA COMMUTATAE, den mittelstark belichteten Verband PLEUROZION SCHREBERI und NECKERION COMPLANATAE und GRIMMIO-HYPNION. Fast ausschließlich südhängige Basalthalden besiedelt auch hier das GRIMMIETUM OVATAE, bestandesklimatisch kühle, nordexponierte, doch wenig beschattete Halden dagegen das ANDRAEETUM PETROPHILAE, halbschattige Südhanglagen das seltene ANTITRICHETUM CURTIPENDULAE. Im Waldrandbereich auf laubüberstreuten Blockhalden kann sich das POLYTRICHETUM JUNIPERINI entwickeln. Eine große Zahl seltener Moose findet sich, darunter *Lejeunea cavifolia*, *Dicranum viride*, *Grimmia affinis*, *Antitrichia curtipendula*, *Anomodon rugelii*, *Brachythecium geheebii*, auch viele boreal-montanen Moose wie *Andraea rupestris*, *Racomitrium lanuginosum*, *Ptilium crista-castrensis* und *Ptilidium pulcherrimum* (MARSTALLER 1994).

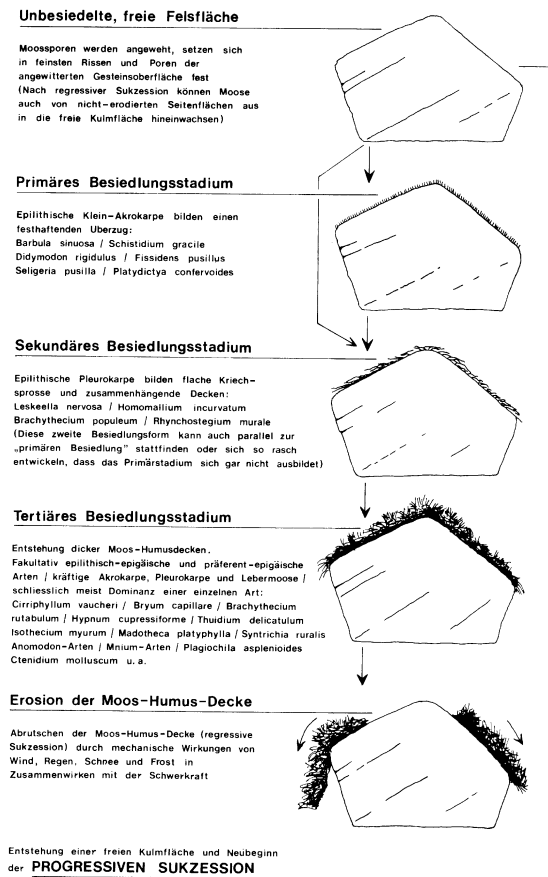


Abbildung F/10

Bryosukzession auf Kulmflächen beschatteter Basaltblöcke am Himmel-dunkberg/NES (aus ZIEGLER 1981)

Von den Gefäßpflanzengemeinschaften dringt nur das *Asplenium septentrionalis* (z.B. Rauher Kulm/NEW, Bauersberg) auf die offenen Halden hinaus, in den Randbereichen stocken Eichen-Linden-Blickwälder, Hasel- und Salweiden-Holundergebüsch.

Der Karpatenbirken-Vogelbeer-Blockwald kennzeichnet auch in der Rhön die relativ hochgelegenen und exponierten Randzonen zum Buchenwald.

Von arealkundlich bemerkenswerten und/oder seltenen Phanerogamen der Basalt-Blockstandorte seien erwähnt: *Woodsia ilvensis* (z.B. Rabenstein/Rhön), *Ranunculus platanifolius* (Rhön), *Campanula latifolia* (Rhön), *Prunus padus* ssp. *petraea* (z.B. Basaltblockmeer am Kreuzberg/Rhön).

Blockwiesen und -heiden: Landschaftlich sehr reizvolle Mosaik aus Granitwollsäcken und Grünland bzw. Zwergstrauchheiden, deren maschinelle Bewirtschaftung sehr schwierig ist und die oft manuelles Ausmähen nötig machen. Häufig letzte Refugien für extensivere, rotschwingeldominierte Fettwiesen, magere Bergglatthaferwiesen, Bürstlingsrasen und *Calluna*- und *Vaccinium*-Heiden. In Bayern nach den gewaltigen Entstehungs- und Aufforstungswellen einer der gefährdetsten Landschaftsstrukturtypen und nur noch da und dort im Bayerischen Wald, Böhmerwald, Oberpfälzer Wald und Fichtelgebirge. Neben ihrem landschaftsprägenden Reiz sind die

Granitplatten und -felsen auch aus botanischer Sicht von höchstem Interesse. Oft lassen sich hier an einem sanft aus dem Untergrund hervorwölbenden Block alle Stadien der Bodenbildung nebeneinander beobachten. Dort wo der Granit randlich bereits grusig zerfallen ist, fassen schon erste Vorposten der sauren Grusrasen Fuß, etwa Knäuel (*Scleranthus perennis*), Zypressenwolfsmilch, Mausohr-Habichtskraut, Rotes Straußgras, Sandköpfchen (*Jasione montana*), aber auch Pioniermoose wie *Thuidium abietinum*, *Polytrichum piliferum*, *Racomitrium vanescens* und *Hedwigia ciliata* sowie Strauchflechten wie *Cladonia rangiferina* und *C. furcata*. Die Blöcke selbst sind Standorte sehr lichtliebender, und mit dem Verschwinden solcher Blockwiesen sehr selten gewordener Großflechten, z.B. *Lasallia pustullata*, *Umbilicaria deusta*, *U. cylindrica*, *U. hirsuta*, *U. polyphylla* und *Sterocaulon dactylophyllum* (PILS 1994).

#### F.1.4.8 Kalkblockhalden, -schutthalden und Bergsturzgebiete

Schichtstufenland: Dieser hochspezifische, artenschutzbedeutsame, durch vielfältige interessante Anpassungsstrategien gekennzeichnete Biototyp kommt nicht nur in den Alpen, sondern auch im Jura (vor allem Alptrauf der nördl. Alb, wo Schichtkalke des Malm alpha und beta dem Ornatenton auflagern,

Schwerpunkt im Raum Hersbruck), selten auch im Wellenkalk vor. Die Funktion als Überdauerungsort für Reliktarten aus der Eiszeit und der postglazialen Wärmezeit ist hier besonders ausgeprägt.

HEMP (1995) nennt folgende Assoziationen auf offenen bis halboffenen Kalkschuttstandorten:

- THLASPIETALIA ROTUNDIFOLII, GYMNOCARPIETUM ROTUNDIFOLII (Ruprechtsfarnflur), GALEOPISETUM ANGUSTIFOLII (Hohlzahn-Schuttflur),
- ARTEMISIETEA VULGARIS, EPILOBIO-GERANIETUM ROBERTIANI (Ruprechtskraut-Saum),
- SEDO-SCLERANTHETEA, TEUCRIO BOTRYOS-MELICETUM CILIATAE (Traubengamander-Wimperperlgrasflur),
- TRIFOLIO-GERANIETEA SANGUINEI, *Seseli libanotis*-Gesellschaft (Heilwurz-Saum),
- FESTUCO-BROMETEA, BROMO-SESLERIETUM (Kugelblumen-Blaugrashalde).

Die Ruprechtsfarnflur besiedelt vor allem schattig-absonnigen Grobschutt mit mittleren Durchmesser von 20 cm im unteren Haldenbereich. Beruhigte Haldenbereiche mit beginnender Humusansammlung zwischen den Steinen erobern blaugrasreiche Magerrasen (BROMO-SESLERIETUM). In kaltluftgeprägten Standorten dieser Gesellschaften kommen am Lindenberg (LAU) sogar *Aconitum variegatum* und *Saxifraga decipiens* vor (HEMP 1997). Vergleichbare halbschattige, mittlere Haldenbereiche besiedelt auch die von HEMP unterschiedene *Homalothecium*-Subassoziation des EPILOBIO-GERANIETUM (Ruprechtskrautsaum). Die oft im Jura charakteristische Tendenz zum nährstoffreicheren ALLIARION wird z.B. am Lindenberg unterstrichen durch einen Hundspetersilien-Kälberkropfsaum (*Aethusa cynapium* ssp. *cynapioides*-Ausb. des CHAEROPHYLLETUM TEMULI). Die Hohe Hundspetersilie ist in der Frankenalb selten und weitgehend auf Schuttfluren beschränkt (GERSTBERGER 1988).

In der ganzen Frankenalb und im Wellenkalk auf sonnigem, noch beweglichen Weißjuraschutt verbreitet ist die Hohlzahnflur (GALEOPISETUM ANGUSTIFOLIAE). Mittl. Kalkscherbendurchmesser in der Hersbrucker Alb nach HEMP (1997): 5 - 13 cm. Der Schuttstauer Schwalbwurz (*Vincetoxicum hirundinaria*) bereitet vor allem im Kontaktbereich zum Wald den Boden für stärker deckende Sukzessionsphasen (Brombeere, Waldplatterbse u.a.). Im besonnten Bereich kann eine Natternkopf-reiche Wimperperlgrasflur (*Echium*-Variante des TEUCRIO-MELICETUM RHYTIDIETOSUM) und der Heilwurzsaum (*Seseli libanotis*-Gesellschaft) die völlige Beruhigung anzeigen. Die Heilwurz hat nach HEMP (1997) innerhalb der Pegnitzalb nur auf den Blockschutthalde als Warmzeitrelikt überdauert.

In feinschuttreichen, warmen Oberhangssituationen noch keineswegs konsolidierter (Steinschlagschäden an Gehölzen!) Jurablockhalden stocken gele-

gentlich Ahorn-Linden-Schuttwälder (ACERI-TILIETUM). Abschnittsweise verweisen Nährstoffzeiger wie Knoblauchrauke (*Alliaria petiolata*), Klettenkerbel (*Torilis japonica*), Zaunkälberkropf (*Chaerophyllum temulum*) und die seltene große Hundspetersilie (*Aethusa cynapium* ssp. *cynapioides*) auf das hohe natürliche Stoffangebot (Primärstandorte für Arten der Ruderalfluren!). Floristisch besonders artenreich und attraktiv ist der, früher als Stockauschlagwald genutzte Graslilien-Ahorn-Lindenwald, wie ihn HEMP (1997) vom Lindenberg bei Hersbruck beschreibt. Purpurknabenkraut, Kammwachtelweizen, Blaugras, Elsbeere kommen darin vor. Der Linden-Ulmen-Ahornwald (FRAXINO-ACERETUM z.B. in einer *Ctenidium molluscum*-Subassoziation) bestockt dagegen die schattigen, luftfeuchten Blockschutthalde.

Große Blockansammlungen in Felssturzegebieten der Frankenalb zeigen ebenso wie in den Alpen gesetzmäßige, den Licht- und Feuchtegradienten folgende Abfolgen der Moose und Moosgesellschaften. In den Blockzwischenräumen des Penkertaales/R folgen z.B. nach NEUMAYR (1971) von oben nach unten aufeinander: *Eurhynchium striatum*, *Dicranum scoparium*, *Hypnum cupressiforme*, *Hylocomium splendens*, *Polytrichum formosum* (humose Blockplateaus) - *Cirriphyllum vaucheri*, *Ctenidium molluscum* und *Antitrichia curtipendula* (Plateauränder, Böschungflächen) - *Neckera crispa* - *Thamnum alopecurum* (dunkle Schächte) - *Eurhynchium swartzii* und endlich *Fissidens pusillus* (tief unten in den Spalten).

Ebenso wie Felswände sind Kalkschutt- und Blockhalden Standorte bemerkenswerter Reliktarten mit sehr eingeschränkter Verbreitungsfähigkeit und deswegen auch recht ungleichmäßiger bis punktueller Verbreitung. Beispielsweise kommt das Eiszeitrelikt Bergtäschel (*Thlaspi montanum*) zwar an der Wied bei Pommelsbrunn/LAU, nicht aber am direkt gegenüberliegenden Lindenberg mit seinen mindestens ebenso geeignet scheinenden Blockhalden vor (HEMP 1996).

Auch im unterfränkischen Muschelkalk gehören offene Bergsturzegebiete und Halden zu den botanisch interessantesten Standorten. Im Felssturzegebiet am Kalbenstein/MSP besiedelt

- artenreiche "Doldenflur" (KAISER 1950) u.a. mit *Bupleurum falcatum*, *Peucedanum cervaria*, *Libanotis montana*, *Galeopsis ladanum*, *Asperula glauca*, *Aster amellus* und *Clematis recta* die beweglichen Schuttbereiche direkt unter der Abbruchwand,
- eine Blaugrashalde u.a. mit *Anthericum liliago* und *Linum tenuifolium* mit vielen Steppenheidearten die beruhigten Blockhalden,
- ein Maßholder-Schlehengebüsch mit *Acer monspessulanum*, *Cornus sanguinea*, *Pyrus pyraeaster* u.a. die älteren Schutt- und Blockhalden.

MILBRADT (1996) berichtet über *Physalis*-(Judenkirschen-)reiche Sekundärhalden im Bereich alter Steinbrüche im Albraufbereich des Lkr. Neumarkt, z.B. um Premertshofen und Berching (Vortrag Symp. Blockschutthalde Univ. Bayreuth 6./7. 9. 1996).

Bayerische Alpen: Die kalkalpinen Blocksturzgebiete sind dort, wo sie sich als Geotope abheben, also in den tieferen Berg- und Tallagen, fast immer bewaldet. Nicht die Tiefsttemperatur in Luft und Boden, sondern der dauernd gering bleibende Wärmegenuß der Wurzeln (im Sommer oft kaum über 2 °C), deren Wasser- und Stoffaufnahme dadurch behindert wird, schließt hier Buche und Tanne oft ganz aus, läßt Fichte verzweigen (Krüppelwuchs) und ermöglicht Ausliegervorkommen subalpiner bis alpiner Gehölze wie Latsche, Zwergmispel (*Sorbus chamaemespilus*), Almrausch (*Rhododendron hirsutum*) auch in Lagen unterhalb 1200 m (ELLENBERG 1978).

Einige typisch azonale Waldgesellschaften haben hier ihren Schwerpunkt: Der Block-Fichtenwald (ASPENIO-PICEETUM Kuoch 54), Inbegriff eines "romantischen", malerischen Waldbildes, bestockt inselartig besonders kalte Blockfelder bis weit in die Buchenstufe herunter, manchmal fragmentarisch auf große Einzelblöcke beschränkt (SMETTAN 1981). Mit durchschnittlich 95 Arten (z.B. im Benediktenwandvorland) ist er eine der artenreichsten mitteleuropäischen Waldgesellschaften (EWALD & FISCHER 1993), darunter 40 % Kryptogamen. Bekannte Vorkommen (= "Märchenwälder"): Oberseegebiet, Bärenwand, Unterlahner, Graue Wand im Wimbachtal, Farrenleitenwand, Hintersee-Ramsau/BGL, Schwarzwassertal am Ifen, Melköde/OA, Mühlhörndl/RO, Urschlautal bei Ruhpolding/TS, Nordfuß des Breitensteins/MB,RO, Fußzone der Ruchenköpfe/MB, Leonhardstein, nördl. Benediktenwandgebiet/TÖL. Auf ineinander verkeilten, etwa 1m bis hausgroßen Kalkblöcken meist aus Platten-, Wettersteinkalk-, Dachsteinkalk- oder Schrattekalk stehen die autochthonen Bergfichten wie auf Sockeln. Ihre abenteuerlich gewundenen Wurzeln umspannen krakenartig das Gestein und senken sich in die Zwischenräume. Die beherrschende Fichte erreicht oft nur 5 m Höhe, wird aber auch 20 m hoch. Die Stirnflächen der Blöcke sind mit bis zu 30 cm dicken Humuspolstern bedeckt, in denen neben Fichte, gelegentlich Tanne und Buche auch Heidelbeere, Bärlappe, Alpenrebe wurzeln. Auf den schattigen Seitenflächen der Blöcke sitzen u.a. Strich- und Blasenfarn (*Cystopteris montana*, *Asplenium viride*) und luftfeuchtezeigende Kryptogamen wie die grellgrüne Hundsflechte *Peltigera leucophlebia*, die kennzeichnenden Moose *Rhytidadelphus loreus*, *Hylocomium umbratum*, *Cirriphyllum tenuinerve*, *Campylium halleri*, *Plagiochila asplenioides*, *Mnium stellare*. Charakteristischerweise durchdringen sich Rohhumus-Milieu anzeigende, z.T. boreal-subarktische Fichtenwaldarten wie z.B. Kleines Zweiblatt (*Listera cordata*), Korallenwurz (*Coralliorhiza trifida*), Sprossender Bärlapp (*Lycopodium annotinum*), Tannen-Bärlapp (*Huperzia selago*) und Alpenlattich (*Homogyne alpina*) mit weit herabsteigenden Felsarten. SMETTAN (1981) beschreibt zusätzlich einen Block-Bergmischwald (ASPENIO-FAGO-ABIETETUM) in schattseitigen Blockhalden der höheren Kalkalpen mit starkem Tannenanteil und Schwarzer Heckenkirsche (*Lonicera nigra*). Von naturnahen Ta-Fi-

Wäldern bestockte Blockmeere am Eibsee-Südufer und Plansee (VON DER DUNK 1973) mögen die herausragende bryosoziologische Diversität der Kalkblockfelder veranschaulichen: Auf einem Dolomitblock folgen von oben nach unten in klar unterscheidbaren Kleinzonen aufeinander: MYLIETUM TAYLORI und *Hylocomium*-Verband (Dach des Blockes) - ANASTREPTO-BAZZANIETUM TRICRENATAE PHIL. 65 (das in den Kalkalpen seltenere Silikatmoos *Anastrepta orcadensis* gedeiht wegen der dicken Humusaufgaben auch in Kalk-Blockstürzen; im Schatten gr. Blöcke, oft in Kaltluftlöchern) - *Schistidium apocarpum* und *Cololejeunea calcarea* (Kante) - *Orthothecium rufescentis* (senkrechte Seitenfläche) - *Mnietum hymenophylloides* (Höhlung unter Block, in Kaltluftlöchern hinter herabhängenden Moosgirlanden, mit *Orthothecium intricatum* und *Leiocolea mülleri*).

Den Blockhalden-Bergahorn-Schluchtwald (PHYLITIDO-ACERETUM Moor 52) der Kalkalpen (z.B. Ruine Falkenstein bei Flintsbach/RO, Fuß des Geiselsteins im Ammergebirge/OAL) und des Juras (z.B. Düsselbergwand) kennzeichnet das Zusammentreffen von Bergulme und Bergahorn, Haselnuß und (Nährstoffreichum!) Schwarzholunder, sowie hygromorphen Hochstauden wie Mondviole, Fünfblättrige Zahnwurz, Hain-Sternmiere, Brennessel. Die Blöcke sind hier oft lückenlos bemoost, z.B. mit *Anomodon rugelii*, *Ctenidium molluscum*, *Thamniium alopecurum*, *Metzgeria pubescens*; vgl. z.B. PFADENHAUER (1969) und SMETTAN (1981). Kalkalpine Schutthalden, die unterhalb von Felswänden immer noch mit frischem Schutt versorgt werden, sind Vorzugsstandorte des Hirschzung-Ahornwaldes ULMO-ACERETUM PHYLITIDOSUM (z.B. Rauschberg-Nordseite/TS, Eibelskopf/TÖL).

Auch der nur in wenigen Hochgebirgsstöcken hochsubalpin verbreitete Almrausch-Lärchenwald (RHODODENDRO HIRSUTI-LARICETUM Mayer 74) bzw. Block-Fichten-Lärchenwald (H.MAYER 1961) findet sich in einigen tiefergelegenen blockverstürzten Karfluren, z.B. Seeon-Kar am Traithen/RO, (vgl. auch SMETTAN 1981), an der Aiplspitze/MB, an der Farrenleitenwand im Jennergebiet/BGL. Sogar Latschengebüsche (RHODODENDRO-MUGETUM, ERICO-MUGETUM) finden sich extrazonal in der Talstufe u.a. als Gesellschaftsfragmente auf Riesensblöcken der Bergsturzgebiete, z.B. Melköde-Schwarzwassertal. Außer Lärche und Latsche dringt sogar die Zirbe in alte Felssturzgebiete ein, z.B. an den Ruchenköpfen/MB, im Schachengebiet/GAP und Königsseegebiet. Relativ geschlossene Karpatenbirkenbuschwälder kommen in den Bayerischen Alpen fast nur im Kälte-Sonderklima von Blockfeldern und Bergsturzmassen vor, z.B. im oberen Hölental/GAP.

Die Kalkhaldenvegetation der Bayerischen Alpen braucht hier nur angedeutet zu werden, findet sie sich doch weitgehend außerhalb des klassischen Schutzbereiches von Geotopen (siehe u.a. Arbeiten von ZÖTTL, LIPPERT, THIELE, EGGENBERGER). Sie beinhaltet eine Fülle hochspezifischer, biogeographisch bemerkenswerter, oft auf wenige

Bergstöcke beschränkter Vertreter (vgl. auch "Schuttfächer" in Teil D). Unterschiedliche Fazies (Mergelkalk-, Dolomit-, Massenkalkhalden) wirken sich häufig auch floristisch und pflanzensoziologisch aus. Biogeographische Vorposten (Disjunktionen) sind auch hier in reicher Zahl zu vermelden, z.B. *Aquilegia einseleana*, *Asplenium fissum* (findet sich nur in montanen Halden eines einzigen Chiemgauer Alpenquertales), *Ranunculus glacialis* und *Minuartia rupestris* (kammnahe Schutthalden der Allgäuschiefer), *Doronicum glaciale* und *clusii*, *Galium truniacum* (Thumseegebiet; LIPPERT & MERXMÜLLER, 1986). Mehrere schuttspezifische Gesellschaften differenzieren sowohl Zonen unterschiedlicher Dynamik als auch unterschiedlicher Substrate.

#### F.1.4.9 Vegetation und Flora von Härtlingen, Schichtstufen und Inselgesteinen

Durch besondere Steilheit, Gesteinschemie und Felsigkeit herausgehobene Härtlinge, Schichtstufen und Geländekanten besitzen meistens auch pflanzengeographischen und -soziologischen Eigencharakter. Schon einzelne oder verstreut liegende Kristallinblöcke in der Flur können artenschutzwichtige Refugien darstellen, so z.B. ein 10 qm-großer Gneisblockhaufen am Ackerrand bei Fuchsendorf/SAD für die im Naturraum seltene Essigrose *Rosa gallica* (MILBRADT 1983). Im Schichtstufenland prägt die Wechselfolge tonig-mergeliger, sandiger, saurer und basischer Schichten jeweils charakteristische Vegetations- und Nutzungsabfolgen. Beispiele: Saure Heidelbeer-Kiefern-(Buchen-)Wälder kennzeichnen die Eisensandsteinstufe, bodensaure Eichenwälder die Schilf- und Blasensandsteinstufe oberhalb der wüchsigen, edellaubholz- und elsbeerreichen Hangwälder der tonig-mergeligen Keuperfazies, "Kleebwälder" die feuchtbiotopreichen Quellgalerien der Ornatentonstufe am Alb- und Zeugenbergrauf oder die Röt-Tone an der Muschelkalkbasis in der Rhön. Der 20-30° steile Südosthang des Wirtsberges bei Eschenbach/NEW mit einer Muschelkalkdecke über z.T. blockverstreutem Buntsandstein ist durch einen *Erica*-Kiefernwald im Oberhang gekennzeichnet (LUTZ 1950).

Ausgewählte Beispiele mögen aufzeigen, wie leicht Biotopqualitäten im Naturschutz übersehen oder unterschätzt werden können, wenn eine geoökologische und geologische Grundierung fehlt. Die Vielfalt der naturschutzbedeutsamen, geochemisch oder geomorphologisch bedingten Vegetations- und Floreninseln kann nicht einmal andeutungsweise umrissen werden. Häufig handelt es sich um kleinflächige Exklaven oder "Auslieger", die in anderen geologischen Regionen auch "Normalstandorte" besiedeln und dort wenig bemerkenswert sind.

**Serpentinhärtlinge:** Nur in Nordostbayern. Klassische geochemische Insellebensräume. Im Rahmen des LPK hierzu eigene Bestandsaufnahmen (J.VOGEL, vgl. auch VOGEL & BRECKLE 1992). Auf Serpentinlinsen gedeihen nur Pflanzen mit besonderer Widerstandsfähigkeit oder besonderen Anpassungsstrategien gegenüber den besonderen bodenchemischen Bedingungen (siehe F.1.3), z.B. Anreicherungsfähigkeit für Mangelionen, Ausschluß eines Überschuß-Ions, Ertragen toxischer Ionen. Bäume bleiben ganz aus, kümmern oder wachsen auffallend krüppelig. HARTLIEB (1992) fand bei *Armeria serpentina* in den einzelnen Pflanzenteilen sehr unterschiedliche Schwermetallgehalte, die nur den Schluß zulassen, daß bestimmte Kationen aktiv durch spezielle Salzdrüsen an der Blattunterseite ausgeschieden werden. Die Pfingstnelke der Wajaleite hält Schwermetalle offensichtlich im Wurzelbereich zurück (dort stark erhöhte Konzentrationen). Wie der Bleichschwingel entledigt sie sich aber auch durch Anreicherung in den später abfallenden Blüten eines Teiles der aufgenommenen Schwermetallionen. Bei *Festuca pallens* diskutiert HARTLIEB (1992) sogar eine Prä-Adaption der Sämlinge auf den Schwermetallstandort durch vorhergehende Anreicherung in den Samen, so daß neben der genetischen Information zur Schwermetallresistenz den Sämlingen gleichsam eine chemische Information verabreicht worden sein könnte.

An ca. 30 Stellen am Rand der Münchberger Masse, am Südrand des Fichtelgebirges und im Oberpfälzer Wald tritt der Serpentin nach den erheblichen Abbauverlusten der letzten Jahrzehnte (vgl. Kap. F.1.7) noch als typischer Härtlingsgeotop in Erscheinung. An maximal 25 dieser Standorte ist heute noch "Serpentinvegetation" zumindest in Gestalt von Restvorkommen einer oder weniger serpentinspezifischer Pflanzenarten nachweisbar. 83 % der bundesdeutschen Populationen der Serpentinfarne *Asplenium adullerinum* und *A. cuneifolium* liegen heute in Bayern. Diese Farne bilden innerhalb der ASPLENIETEA TRICHOMANIS (Silikatfugenvegetation) eine eigene Serpentinfarngesellschaft (ASPLENIETUM SERPENTINI Gauckl. 54). Der dem *Asplenium adiantum-nigrum* sehr ähnliche diploide *A. cuneifolium* besetzt die eher sonnig-trockenen, felsigen, allenfalls licht mit Kiefern überschirmten Teilstandorte der Serpentinbiotope (siehe F.1.4.7). Der tetraploide hybridogene *A. adullerinum* ist wahrscheinlich auf Serpentin aus den beiden Eltern *A. trichomanes* ssp. *trichomanes* und *A. viride* entstanden, welche beide fast nur auf dem basenreichen und Ca-armen Serpentin sympatrisch (zusammen) wachsen können. Dieser Serpentinfarne bevorzugt eher schattig-luftfeuchte Nischen und meidet südexponierte unbeschattete Felsen. Er überlebt selbst unter Felsvorsprüngen in dunklen Fichtenforsten über einige Jahrzehnte (z.B. Haidleite bei Hof).

Viele weitere Arten sind regional serpentinspezifisch oder sogar endemisch, so z.B. *Armeria serpentina*, *Polygala chamaebuxus*, *Thesium alpinum* in Oberfranken. Die letzten bayerischen Vorkommen von *Gentianella baltica* liegen auf Serpentin, weil hier die landwirtschaftliche Intensivierung stärker eingeschränkt war als auf den anderen einstigen Standorten dieses konkurrenzschwachen Herbsterzians. Bisher nur auf Serpentin in Bayern gefunden wurde die Krustenflechte *Parmelia pastillifera* (Niedermurach/SAD; WIRTH 1975).



Großflächig xerotherme Serpentin-Felsvegetation wie an der Wojaleite bei Hof wurde von GAÜCKLER (1954) als flechtenreiches DIANTHO-FESTUCETUM PALLENTIS, *Armeria serpentinii*-Rasse beschrieben (vgl. auch HARTLIEB 1992). Kennzeichnende Komponenten dieser im Mai bis Anfang Juni sehr auffällig blühenden Gesellschaft sind die Pfingstnelke (*Dianthus gratianopolitanus*), die hier ebenso wie im Diabas des Selbitztales wesentlich höhere Deckungswerte erreicht als im Jura, *Festuca pallens*, *Armeria maritima* ssp. *serpentinii*, *Asplenium cuneifolium*, *Saxifraga rosacea* (ebenfalls auf Serpentin der Wojaleite viel häufiger als an den Jurafelsen), *Thesium alpinum*, *Polygala chamaebuxus*, *Asplenium adulterinum*, *A. septentrionale* und *A. trichomanes*. Neben wenigen Moosen (*Hedwigia albicans*, *Polytrichum piliferum*, *Cephaloziella starkei*, *Frullania dilatata*, *F. tamarisci*) besetzen vor allem Flechten in hoher Artenzahl die von den Gefäßpflanzen ausgesparten Extremstellen, so z.B. *Cladonia rangiformis*, *Cl. chlorophaea*, *Cl. mitis*, *Cornicularia tenuissima*, *Cetraria islandica*, *Parmelia conspersa*, *P. glomellifera*, *P. saxatilis*, *Ramalina pollinaria*, *Candellariella vitellina* u.a. (nach GAÜCKLER 1954).

Beispielsweise am Föhrenbühl bei Erbdorf (TIR) oder an der Oberkante der Wojaleite/HO sind auch Schneeheide-Kiefernwälder in der Nordostbayern-Rasse lokal serpentinspezifisch. Die *Asplenium cuneifolium*-*Pinus sylvestris*-Gesellschaft beschreibt (AUGUSTIN 1991) beispielsweise von den Serpentinhängen bei Voggendorf /SAD.

**Pfahl:** Der Pfahl zeigt in seltener Deutlichkeit, daß bio- und geökologische Schutzwürdigkeit erheblich auseinanderklaffen können und daß der schutz- und pflegewürdige Bereich weit über die vegetationskundlich derzeit hervorstechenden Abschnitte (s.u.) hinausgehen kann. Typisch (und durchaus ein schutzwürdiges ökologisches Merkmal) für diesen außerordentlich pflanzenwachstumsfeindlichen, trocken-sauren Extremstandort ist die Artenarmut an Gefäßpflanzen (durchschnittlich 10 bis 20 Arten pro Aufnahme). Magerkeits- und Säurezeiger wie Drahtschmiele, Rotstrauchgras, Heidelbeere und Besenheide sind hochstet (ÖFA 1992). Die trockenwarmen Südwest-Seiten tragen oft Kiefernforste (bedingt durch die jahrhundertelange Aushagerung der Böden durch Streunutzung und Beweidung). Die Verbuschung oder Aufforstung der früher ausgedehnten bodensauren Gras- und Zwergstrauchheiden und Pioniergesellschaften (z.B. Borstgrasrasen, CYTISO-CALLUNETUM, SEDO-SCLERANTHETEA-Gesellschaften) ist durchweg sehr weit fortgeschritten. Restitutionsmaßnahmen erfordern daher einschneidende, manchmal umstrittene Eingriffe. DISTLER et al. (1993) fanden in ihren insgesamt 120 untersuchten Pfahlabschnitten außerhalb bestehender NSGe überwiegend Kiefern- und Fichtenwälder, vereinzelt Restbestände naturnaher Fi-Ta-Wälder und Bu-Ta-Fi-Wälder, betriebene Steinbrüche, mit Pioniergehölzen zugewachsene Steinbrüche, Altgras- und Ruderalfluren und die oben genannten besonders schutzwürdigen Vegetationstypen in einem enttäuschend geringen Flächenanteil. Unter

den nur 33 aufgefundenen Moosarten sind fast keine "bemerkenswerten" (Ausnahme: *Philonotis arne-  
lii*).

Den Verlauf dieses einzigartigen Bandgeotopes kennzeichnen aber auch Bestände hochschutzwürdiger pfahl-typischer azonaler Trockenwälder (TITZE 1981, 1982, 1984, ÖFA 1992, DISTLER et al. 1993, SCHEUERER 1991). Beispiele: der weit vom osteuropäischen Areal abgesprengte naturnahe Mooskiefernwald (LEUCOBRYO-PINETUM) (auf den Gratbereichen z.B. am Hofpfahl), lichtstehende autochthone reliktsche spaltenwurzelnde Krüppelkiefernbestände, lichte Birken-Eichenwälder (QUERCO-BETULETUM), kiefernreiche LUZULO-QUERCETEN (vor allem auf der SW-Seite), Heidelbeer-Tannenwälder (VACCINIO-ABIETETUM BAZZANIETOSUM; NE-Seite). Einige der letzten Eibenreliktvorkommen des Bayerischen Waldes stocken am Pfahl. Weiterhin hervorhebenswert sind "pfahltypische" offene Silikatflechtengesellschaften. Unter den bisher 72 nachgewiesenen Flechtenarten sind 11 gefährdete und 16 seltene, darunter die hochmontan-subalpine Rentierflechte *Cladonia stellaris* auf Quarzgraten in einem wohl autochthonen Reliktkiefernwald (SCHEUERER 1993) bei Viechtach in luftfeuchter, bachschluchtnaher Lage. Der seltene Lämmersalat (*Arnosaris minima*) wurde von SCHEUERER (1993) im Ackerkontaktbereich einiger Pfahlrippen der Oberpfalz aufgefunden.

**Diabaskuppen** (im Vogtland "Pöhle" oder "Hübel" genannt), **Diabas-Steilstufen:** Die im Vergleich zum jeweiligen geologischen Umland eigenständige Flora und Vegetation des (basenreichen und kalkhaltigen) Diabas konzentriert sich naturgemäß im äußersten Nordosten Bayerns. Die diabastypischen Böden relativ hoher Basensättigung, aber relativ niedriger pH-Werte (4,1 bis 4,8) tragen Magerrasen mit Anteilen der FESTUCO-BROMETEA und SEDO-SCLERANTHETEA, z.B. das GENTIANO-KOELERIETUM AGROSTIETOSUM (BLACHNIK-GÖLLER 1987), aber auch Borstgrasrasen, Schafschwingelrasen und Zwergstrauchheiden. Die Diabasfelsfluren des Selbitz-, Saaletales und entlang der Fränkischen Linie sind gekennzeichnet u.a. durch für die betreffenden Naturräume singuläre, jeweils diabasspezifische Ausbildungen des ASPLENIETUM SEPTENTRIONALIS bzw. WOODSIO-ASPLENIETUM (u.a. mit sehr seltenen Reliktarten wie *Hieracium pallidum* ssp. *comalatum* und *Woodsia ilvensis*/letzterer heute leider verschollen), ja sogar weit vom sonstigen Verbreitungsgebiet abgesprengte Bleichschwingel-Pfingstnelkenrasen (*Dianthus gratianopolitanus*-*Festuca guestiphalica*-Gesellschaft), thermophile Eichengebüsche (z.B. GENISTO-QUERCETUM) und hochbedeutsame Saumgesellschaften. Oft ist es allein dem Diabas zu verdanken, daß in den Alten Gebirgen Arten wie *Thymus pulegioides*, *Allium vineale*, *Carex caryophyllea*, *Cirsium acaulon*, *Koeleria pyramidata*, *Helianthemum nummularium*, *Carlina vulgaris*, *Asplenium septentrionale*, *A. trichomanes*, *Alyssum alyssoides*, *Campanula persicifolia*, *Cotoneaster integerrima*, *Lembotrops nigricans*, *Acinos arvensis*, *Ajuga genevensis*, *Teucrium botrys*, *Petrorhagia prolifera*, *Dianthus*



*gratianopolitanus*, *Digitalis ambigua*, *Erysimum cheiranthoides*, *Orchis purpurea*, *Polygonatum officinale*, *Rosa pendulina* vorkommen (VOLLRATH in KRONBERGER 1954, WEBER 1988). Diabas-"Pöhle" im Wald heben sich durch Vorkommen von Neurophyten und Basenzeigern wie *Polygonatum verticillatum*, *Melica nutans*, *Prenanthes purpurea*, *Ribes alpinum*, *Daphne mezereum*, *Actaea spicata* u.a. heraus (WEBER et al. 1988).

**Burgsandsteinrippen und Dolomitarkosen Mittelfrankens:** Hier heben sich - z.B. im ehemaligen TÜP Tennenlohe, SW Hammerbach b. Herzogenaurach/ERH - relativ oligotrophe, oft lichtere, z.T. seltene Föhren- und Eichenwaldgesellschaften (z.B. LUZULO-QUERCETUM Pass. 53 em. Neu. & Neuhausl. 67, VIOLO-QUERCETUM (Tx 37) Oberd. 57, *Cladonia*-reiche Flechten-Kiefernwälder, HOLCO-QUERCETUM Lemee 37) aus den einförmigen Forsten heraus. Dolomitische Arkose-Rippen im fränkischen Blasen-, Stuben- und Burgsandstein sind Inselstandorte von sonst "naturraumfremden" Kalkzeigern wie *Polygala chamaebuxus*, *Lathyrus vernus*, *Polygonatum officinale*, *Trifolium alpestre*, *Trifolium montanum* (ehemals bzw. nur noch in Resten E Buchenbühl/N, Ziegelstein/N, Steinbrüche am Schmausenbuck, zw. Mögeldorf und Zerzabelshof/N, Rednitzhembacher Soos/RH, b. Greuth/N, Neuses/RH und Schwarzach (Stadt Schwabach), Ellenbogentälchen und Kappelberg b. Katzwang/N, um Dietersdorf (Stadt Schwabach), Linder Gruben b. Anwandern /FÜ und Falknerhügel/RH).

**Dolomitsand-Trockenrasen der Frankenalb:** Vgl. hierzu auch Band II.12, II.11, II.1 und II.4. Im Pflanzenkleid der Frankenalb setzen die Riffdolomitsand-Trockenrasen der nördlichen Frankenalb (z.B. in LAU-Nord, BT-Süd, FO-Ost), teilweise auch der Oberpfälzer Alb (AS-West, NM-Nordost) durch ihre reiche Flora und vielfältige Vegetation besondere Höhepunkte (siehe z.B. HOHENESTER 1960, HEMP 1990) - ebenso wie die steilen Flanken mancher Karsttrockentäler. Lichte, thermophile Heidekiefernwälder (je nach Autor und Albabschnitt einmal als Steppen-anemonen-Kiefernwald ANEMONO-PINETUM, Geißklee-Kiefernwald CYTISO-PINETUM, Rindsaugen-Kiefernwald BUPHTHALMO-PINETUM oder Zwergbuchs-Kiefernwald bezeichnet) werden hier umrandet oder ergänzt durch floristisch und faunistisch herausragende Fels-, Saum- und Heidegesellschaften wie die Fels-schaumkressenflur (CARDAMINOPSIS-FLUR PETRAEA; siehe Kap. F.1.4.3), die Kelchsteinkrautflur (ALYSSO-FLUR SEDETUM), den Waldanemonensaum (GERANIO-ANEMONETUM SYLVESTRIS) und den Dolomitsand-Trockenrasen (HELICHRYSO-FESTUCETUMSULCATAE DOLOMITICUM im Sinne von HOHENESTER 1960; siehe Band II.4). Als ärmsten und trockensten Subtyp hebt HEMP den Katzenpfötchen-Zwergbuchs-Kiefernwald hervor.

Dieser bayern- und mitteleuropaweit einzigartige Vegetationskomplex, der allerdings den Rahmen einzelner Geotope oft übersteigt, enthält bemerkenswerte Arten wie die Scheidenkronwicke (*Coronilla vaginalis*; in Nordbayern z.B. Wiesent-/Kainachtalbereich an wenigen Stellen fast nur diesem Biotop),

die Sprossende Hauswurz (*Jovibarba sobolifera*), den Rasensteinbrech (*Saxifraga rosacea*), die Sandstrohlblume (*Helichrysum arenarium*), die Blaue Sommerwurz (*Orobancha coerulescens*), das Alpenleinblatt (*Thesium alpinum*), den Grauen Löwenzahn (*Leotodon incanus*) und die Frühlingsmieze (*Minuartia verna*). Im Amberger Jura sind manche Dolomitbuckel durch einen von LUTZ (1950) als *Melampyrum nemorosum*-Kalkbuchenwald bezeichneten Steppenheidewald ausgezeichnet, z.B. bei Oberbernstein, zwischen Harschhof und Ettsdorf (mit einem Blütenesschicht aus u.a. *Ranunculus breynianus*, *Melampyrum nemorosum*, *Cephalanthera damasonium*, *Campanula persicifolia*, *Lembotropis nigricans*, *Aquilegia vulgaris*). Sogar Subendemiten wie die Fränkische Mehlbeere *Sorbus franconica* besitzen auf "extrem flachgründigen Felsnasen, -rücken und -kuppen" wie auch im Kontakt zu freien Felsen einen ihrer Vorkommensschwerpunkte in der Wiesentalb (SUCK & MEYER, 1990, S.192).

Ebensolches gilt für *sorbus pseudothuringiaca* und einige von MEYER (in Vorber.) beschriebene endemische Mehlbeeren-Kleinarten mit sehr kleinen Arealen innerhalb des Naturparks Fränkische Schweiz.

Felsigere Dolomitsand-Trockenrasen können auch mit naturnahen Beständen eines Weißseggen- und Blaugras-Buchenwaldes besetzt sein, z.B. Stierberg/LAU (KÜNNE 1969, HEMP 1997).

Dolomitsand-Trockenrasen auf den Knocks können wenigstens teilweise als Relikte von nacheiszeitlichen Kiefern-Primärwäldern interpretiert werden, die durch jahrtausendelange Nutzung (Waldweide, Streu usw.) nie von der erst vor ca. 5000 Jahren eingewanderten Buche überwachsen wurden (HEMP 1997). Sie besitzen damit teilweise ein hohes Alter und autochthone Kiefernrasen. Auch die auffällige Bindung der Felskresse *Cardaminopsis petraea* an kleine Felsen in lichten Kiefernwäldern ist ein Indiz dafür, daß viele solche Knockwälder nacheiszeitlich wohl nie mit Buchenwäldern (die heute meist nach Wildreduktion oder hinter Zaun entstehen würden und deren Beschattung nachweislich die Felskresse verdrängt) besetzt waren. Andernfalls hätte diese Charakterpflanze der Pegnitzalb erst seit den mittelalterlichen Rodungen das heutige dicht besetzte Areal von wenigen Felsrefugien aus erobern können, was aber in Anbetracht der Ausbreitungsträgheit solcher Glazialrelikte schwer vorstellbar ist. Plausibler ist, daß sie periglazial auf großer Fläche vorkam, durch die Kiefernneinwanderung der nacheiszeitlichen Birken-Kiefernzeit nur wenig reduziert wurde und auf den Felsen in den durch Nutzung konservierten Primärkiefernwäldern auch weiterexistiert hat. Für die Schutzwürdigkeit und Pflegebedürftigkeit solcher Bestände ist dieser Sachverhalt von Bedeutung (HEMP 1997; siehe Kap. F.4).

**Fränkische Gipshügel:** Die u.a. von GAUCKLER (1957) detailliert beschriebene Vegetation der Gipshügel des Steigerwaldumlandes wird innerhalb des LPK im Band II.1 (z.B. S. 257 ff.) ausführlich dargestellt. Hier genügen also wenige, z.T. ergän-

zende Notizen (Nomenklatur folgt GAUCKLER). Luftalpengesellschaften (vor allem die orangerote *Trentepohlia area*, *Chroococcus turgidus*, *Pleurococcus vulgaris*) überziehen die beschatteten, dauerluftfeuchten Karstspalten- und Höhleneingänge, seltene, durch Tritt allerdings höchst bedrohte Erd- und Steinflechtengemeinschaften (*Aspilia calcaria*, *Physcia dubia-Caloplaca murorum*-, *Fulgensia fulgens-Lecanora lentigera*-Assoziation) die Oberkanten und Stirnflächen der aufragenden Gipsbänke. Die *Poa badensis-Allium senescens*-Assoziation (nur noch auf einem Gipshügel) ist vielleicht die Pflanzengesellschaft Bayerns mit der geringsten Fläche, die nach der Vernichtung vieler Gipshügel nur mehr in Quadratmetern zu bemessen ist. Die Fiederzwenken-Schwarzwurzel-Steppe (BRACHYPODIUM PINNATUM-SCORZONERA HISPANICA-Assoziation), die Pfiemengrassteppe (STIPA CAPILLATA-FESTUCA SULCATA-Assoziation) und die Federgras-Tragant- (STIPA JOANNIS-ASTRAGALUS DANICUS-)Steppe verkörpern eindrucksvoll den Charakter westwärts vorgeschobener Exklaven osteuropäischer Wiesensteppen. Floristische Juwelen wie *Scorzonera purpurea*, *S. hispanica*, *Carex supina*, *Adonis vernalis* sowie eine Fülle sehr seltener Insektenarten (die von GAUCKLER festgestellten sind allerdings inzwischen teilweise verschwunden) stempeln den Inselgeotop Gipshügel zu einem biogeographisch wertvollen Trockenbiotop der Sonderklasse.

Felsrippen tertiärer Konglomerate: Voralpine Tertiär-Nagelfluh hat auch dann floristisch-vegetationskundliche Bedeutung, wenn sie nicht wandartig freiliegt, sondern flachgründige Härtinge und gletscherüberschliffene Rundhöcker (siehe auch Teil C) bildet. Beispielsweise ist der aus Nagelfluh zusammengesetzte Biberhügel bei Brannenburg ein bemerkenswerter tiefliegender Wuchsort kalkalpiner Pflanzen (ZÄHLHEIMER 1989). Die harten Rippen aus oligozänen Konglomeraten und Sandsteinen bilden an verschiedenen Stellen des Ober- und Ostallgäues interessante Trockenrasen (CARLINO-CARICETUM SEMPERVIRENTIS), so etwa bei Goimenen, am Eschlberg und bei Petersthal. Schneeheide-Kiefernwälder besetzen zumindest fragmentarisch solche Standorte (z.B. tertiäre Erosionsstufe am Ostufer des Würmsee bei Allmannshausen/STA, TÖL, Senke/OAL, ehemalige Molasse-Felskuppen im Illsbergdurchbruch).

Die sehr spezifische Flechtenflora schwermetallreicher Silikatgesteine ist in Bayern auf kleine und daher sehr stark gefährdete Inseln, z.B. bei Bodenmais, am Kaitersberg, bei Passau und im Frankenschiefer beschränkt. Beispiele: *Lecanora epanora*, *Acarospora sinopica*, *Protoparmelia nephaea* (POELT 1966; WIRTH 1969 u. 1972).

Kalkinseln im Silikatgebirge: Hierzu nur wenige Beispiele, die zum Aufsuchen weiterer Beispiele anregen sollen. So etwa enthalten die völlig isolierten Malmschollen Helmberg und Münsterberg am Donaurandbruch bei Straubing eine fast komplette Kalkflora aus Halbtrockenrasen, Felsfluren und Kalkbuchenwäldern u.a. mit *Allium montanum*, *Alyssum montanum*, *Iris sambucina*, *Petrorrhagia*

*saxifraga*, *Tanacetum corymbosum*, *Dictamnus albus*, *Lilium martagon* (vgl. VOLLRATH 1974). Die im Frankenschiefer bzw. Diabas völlig isoliert auftretenden devonischen Flaserkalke NE Stadtsteinach (u.a. Forstmeistersprung/KUL) bedingen für den Naturraum seltene Vorkommen der Blasenfarngesellschaft (ASPLENIO-CYSTOPTERIDETUM), einer Blaugras- und Felsenmispel-reichen Felsheide (MERKEL 1982), von *Cotoneaster integerrima*, *Sesleria coerulea*, *Arabis hirsuta* und *Cynanchum vincetoxicum*. Werden Kalksilikatzüge des Fichtelgebirges noch naturnah bewirtschaftet, so steuern sie fast immer landkreisbedeutsame seltene Artenvorkommen und Vegetationstypen bei, so etwa die Ascherwiese W Wunsiedel *Orchis morio*, das von Kalkfelsen b. Oberweißenbach W Selb gespeiste Kalkflachmoor (WUN) *Parnassia palustris* und *Carex davalliana*. Denselben Effekt haben Marmorvorkommen, die z.B. bei Sinatengrün/WUN die Steinbeere (*Rubus saxatilis*), den Deutschen Enzian (*Gentianella germanica*), den Knollenhahnenfuß (*Ranunculus bulbosus*) und die Moschuserdbeere (*Fragaria moschata*) ermöglichen.

Kieselgesteinsinseln in basischer Umgebung: Ebenfalls klassische Inselgesteins-Ökotope sind die Traß-, Granit- und Suevit-Auswurfmassen im Riesbereich (vgl. Teil I). Auf diesen innerhalb des Weißjuras völlig "exotischen" Silikatgesteinsinseln finden sich regional ungewöhnliche Gefäßkryptogamen wie *Asplenium septentrionale* und Moose wie *Brachythecium albicans* (Granit des Mauchtales, Traßbruch bei Bollstadt/DON), *Polytrichum juniperinum* und *P. piliferum* (z.B. Granit des Tiefen Tales bei Hürnheim/DON, Granitsteinbruch bei Unterwilflingen/Härtsfeld), *Ditrichum pusillum* (alter Traßbruch bei Bollstadt/DON), *Grimmia incurva* (Traßbruch) *G. laevigata* (Granit im Mauchtal), *Plagiomnium affine* (z.B. Umseeberg bei Marktöffingen/DON: Granit).

Kieselgesteinsflechten dringen auf Kallmünzerblöcken und Quarzitsandsteinen der Kreide auch in den Weißjura ein (z.B. im Raum Pottenstein, Amberger Jura).

Inmitten der vorherrschend kalkholden Pflanzengesellschaften stechen die "Silikatvegetationsinseln" der Bayerischen Alpen auffällig heraus, z.B. auf Raibler Sandstein, Reiselsberger Sandstein, auf Kieselkalken des Lias und Dogger, auf Hornsteinkalken des Malm oder auf quarzitischen Kreidesandsteinen (dem wohl "sauersten" Gestein der Bayerischen Alpen überhaupt). Lediglich auf den von Allgäuschichten und Flysch dominierten Grasbergen des Allgäues erreicht "Kieselvegetation" Großflächigkeit und verliert ihren Inselcharakter. Nichtsdestoweniger sind auch hier die nur an wenigen Stellen an Radiolarit- und Aptychen-Kalkhornsteinschichten sowie helvetischen Sandsteinen (z.B. Pointalpe, Ochsenalpe und Salober im Bärgündele, Grünten, Höfats, Schneck) vorkommenden "Silikat"-Felsgesellschaften des SEDO-SCLERANTHON (SILENO-SEDUM ANNUI) eine große Besonderheit, in denen viele Arten der Kristallin- und Silikatgebirge ihre einzigen Standorte innerhalb der bayerischen Kalkalpen haben, z.B. *Silene rupestris*, *Sedum annuum*

(nur Grünten), *Sempervivum arachnoideum*, *S. montanum* ssp. *alpinum*, *Sempervivum barbulatum*, *S. alpinum*, *Woodsia pulchella*, *Asplenium septentrionale* (z.B. Pointalpe und Grünten), *Hieracium intybaceum*, *Anemone sulphurea* (vgl. SCHERZER 1930, DÖRR: Flora des Allgäues, Ber. Bay. Bot. Ges. 37, 39-53). Weiter östlich finden sich bemerkenswerte Arten wie *Veronica fruticulosa*, *Sedum dasyphyllum*, *Veronica chamaedrys* ssp. *micans*, *Juniperus sabina* ausschließlich oder regional vorwiegend auf Lias-oder Doggerkieselkalkeinschaltungen, *Juncus triglumis*, *Veronica alpina*, *Diphysium alpinum*, *Salix herbacea*, *Hieracium cottetii*, *Juncus jacquinii*, *Soldanella pusilla*, *Avena versicolor*, *Oxyria digyna*, *Kiaeria starkei*, *Oligotrichum hercynicum*, *Oncophorus virens* ebenfalls auf Kieselkalke oder Raiblersandsteinen (z.B. LIPPERT 1966, LOTTO & LOTTO 1981, EGGENSBERGER 1991), die seltene Silikatflechte *Huilia albocaerulescens* auf einem Silikatblock am Steinköchel im Murnauer Moos (HERTEL 1981), die Landkartenflechte *Rhizocarpon petraeum* vorwiegend auf Flysch-Sandsteinen und *Rh. pulverulentum*, *Rh. saanense*, *Rh. pseudospeireum* auf Jura-Kieselkalke (FEUERER 1978). Erratische Kristallininseln (z.B. abgerutschte granitische Küstenschollen aus dem Flysch-Kreidemeer, die am Bolgen/OA "beim Steinhaufer" eine 400 m lange Blockhalde bilden) heben sich u.a. durch die sonst in den Kalkalpen fehlenden oder seltenen unscheinbaren Silikatmoose *Grimmia donniana*, *G. incurva*, *G. sessitana* hervor (LÜBENAU-NESTLE 1996). LOTTO (mdl.) fand auf Kieselkalk bei Graswang u.a. das Kristallinmoos *Hedwigia albicausa*.

#### F.1.4.10 Naturschutzvorrangige Reliktarten, Beispiele für "Zielarten"

Es wird nur eine kleine Auswahl an konzeptwichtigen Arten mit ihren Ansprüchen und Gefährdungen herausgestellt. Diese korrelieren in ihren Ansprüchen jedoch mit jeweils vielen weiteren, so daß eine gewisse Repräsentanz an Fels-Standorttypen zustandekommt. Die in der jeweiligen Kopfzeile beigegebenen Standort-Attribute beschreiben die bayer. Amplitude der Art nicht vollständig, kennzeichnen aber einen standörtlichen Schwerpunkt.

#### Laubmoos *Mnium hymenophylloides* (alpine Kältelöcher und Bergsturzfuren)

Landkreise mit besonderer Verantwortung: OA, OAL, GAP, TÖL, RO, BGL.

Verbreitung: Arktisch-alpin; in Bayern nur in den Alpen sehr zerstreut.

Standort: Bevorzugt in Kaltluftlöchern; außer in tiefen Dolinenschlünden und Höhleneingängen vor allem in Eislöchern unter großen Blöcken in Bergstürzen und Blockmeeren, z.B. Eibsee, Laubensteingebiet; oft durch von den Blöcken vorhangartig herabhängende Moosvorhänge weitgehend gegen Licht einfall abgeschirmt.

Biologie: 2-zeilige, bläulich-grüne, durchschimmernde Pflänzchen stellen sich quer zum Lichteinfall, um Lichtausnutzung zu optimieren.

Gefährdung, Naturschutz: Insgesamt nicht dramatisch gefährdet; lokale Bedrohung aber durch Höhlentourismus, Herstellung von Höhleneingängen, Dolinenverfüllung.

#### Felsenhungerblümchen *Draba aizoides* L. (Jura-Sonnfelsen)

Landkreise mit besonderer Verantwortung: LAU, FO, BT, BA, EI, KEH, ND (sonst ungefährdet).

Verbreitung: Alpin, in den Bayer. Alpen aber recht zerstreut und vorwiegend in lückigen Rasen, weniger in Felswänden; Reliktvorkommen nördl. und südl., nicht mittlere Frankenalb (u. Schwäb. Alb). Häufung in Gebieten mit großen Felsmassiven mit Schwerpunkten um Betzenstein, Schwarzer Brand, Pegnitztal, um Waischenfeld und Gößweinstein; Fehlen im mittl. Albabschnitt möglicherweise mit dort vorherrschend nordseitigen, also *Draba*-ungünstigen Knockwänden zu erklären. Wurde schon beim Vordringen des präborealen Kiefernwaldes auf die höchsten Talrandfelsen zurückgedrängt. Vermochte sich anders als *Cardaminopsis* nicht auf den kleineren Felsriffen zu halten!

Standort: Frankenalb vorwiegend an freistehenden, hohen, waldüberragenden Riff- und Schwammkalkfelsen in 430 - 610 m ü. NN (vgl. dagegen *Cardaminopsis petraea*!). I.d.R. sonnseitig, schattenmeidend; rel. Beleuchtungsstärke 55 - 100 %; Beschattung, auch durch Kiefern, wird kaum vertragen. Nur 3 % der Bestände unter Kiefern, 10 % unter Laubbäumen, 87 % völlig frei (Vollichtpflanze).

Biologie: Blütenbeginn Anfang März. Guter Samenansatz. Auch vegetative Vermehrung. Dennoch auch über kleine Entfernungen keine Ausbreitungstendenz, Areal eher schrumpfend.

Gefährdung/Naturschutz: In der Frankenalb erhebliche Verluste (-32 % der Fundorte), z.T. durch Verschattung (z.B. "Draba-Felsen" bei Regensburg) und Kletterbetrieb. Vor allem in der Pegnitz-, Donau- und Altmühlalb kritische Bestandessituation; oft sehr isolierte Vorkommen (oft nur auf herausgehobenen, nicht auf allen Felsen eines Gebietes!) durch Klettern ernsthaft gefährdet. Mehr als nur "potentiell gefährdet" (wie in RL Bayern). HEMP (1996) schlägt die Freistellung zuwachsender *Draba*-Felsen vor.

#### Felsenschaukresse *Cardaminopsis petraea* L. (HIIT.) (halbschattige Dolomit-Kleinfelsen)

Landkreise mit besonderer Verantwortung: LAU, BT, FO, EI, KEH.

Verbreitung: Nordisch-präalpin. Gesamtdeutsches Hauptvorkommen in der Pegnitzalb (Schwerpunkt um Velden-Neuhaus/LAU); daneben spärlichere Vorkommen in der Wiesentalb, z.B. bei Bronn-Pottenstein und selten im Südzug.

Standort: Kennart der größeren und auch kleineren Riffdolomitfelsen

Biologie: Ganzjährige Blüh- und Fruchtbildigkeit (Hauptblütezeit aber Ende April bis Mitte Mai), anemochore geflügelte Samen und eine über die heutigen Standorte hinausgehende Standortamplitude. Dadurch eine gewisse Ausbreitungsfähigkeit (ei-

nige Neubesiedlungen frischer Erdanrisse innerhalb weniger Jahre); trotzdem keine Sprünge über mehr als wenige 10 m unter heutigen Bedingungen (HEMP 1996).

**Gefährdung/Naturschutz:** Indirekt durch Waldumbaumaßnahmen und Zäunung der Buche in den früher noch verbreiteteren Heidekiefernwäldern gefährdet: etwa 1/3 der früheren Populationen ausgeblieben (HEMP 1996). Sogar die durch solche Waldumbauprozesse entstehenden Orchideen-Buchenwälder sind zu dunkel. 76 % der von HEMP analysierten Pegnitzalb-Vorkommen sind Felsen unter Kiefern (optimal bei 55 -80 % Beleuchtungsstärke). Biogeographische Koinzidenz und Existenzabhängigkeit vom direkt vorgelagerten Dolomitzkiefernwald spricht entweder für ein hohes Postglazialalter dieses oft als sekundär bezeichneten Heidewaldes, in jedem Fall aber für ein sehr weit zurückreichendes Fehlen von Buchenwäldern in den Felskontaktzonen. Gefährdung durch Klettern nachgewiesen (BRACKEL & ZINTL 1983). Nach der wahrscheinlichen Ausdunkelung der meisten Populationen bleiben nur noch wenige Großfelsen als letzte Überdauerungsstandorte, diese aber mit (potentiell) hoher Kletterbelastung. Infolgedessen nicht nur "potentiell gefährdet" (RL Bayern), sondern stark gefährdet.

#### **Rasensteinbrech *Saxifraga decipiens* Ehrh. (halbschattige Dolomitzfelsen und Blockfluren)**

**Landkreise mit besonderer Verantwortung:** LAU, KEH, EI, NM, R, HO.

**Verbreitung:** Dolomitzkuppenalb bei Neuhaus-Velden; in der mittl. Frankenalb sehr stark ausdünnend (aber 1 Standort Laabertal); zusätzlich auf Serpentin bei Hof.

**Standort:** Bevorzugt halbschattige bis luftfeuchte Riffdolomitzfelsen, auch in schluchtartigen Seitentälern, selten schluchtartigen alten Steinbrüchen; aber auch blaugrasreiche Felsrasen; treue Begleitart der Dolomitzkiefernwälder; z.T. beruhigte, vorwiegend nordseitige Kalkschutthalde (südl. Hersbrucker Alb); meidet starke Sonneneinstrahlung (Ausnahme Serpentinssippe Wojaleite), aber auch starke Laubholzabschattung. Gute Bedingungen in absonnigen, unbeschatteten Lagen; sonnseitig fast nur im Halbschatten unter Kiefern. Nur 10 % der Pegnitzalbvorkommen in südl. Expositionen.

**Biologie:** Beschränkt generativ und vegetativ ausbreitungsfähig; einige Sekundärstandorte an Straßenmauern, Steinbruchblockhalden usw.; Fernverbreitung unwahrscheinlich; bildet auf Optimalstandorten qm-große Teppiche mit mehreren hundert Rosetten.

**Gefährdung, Naturschutz:** Reagiert auf Laubholzverbuschung im Felsvorfeld sehr empfindlich; in der Pegnitzalb Fundortverlust - 44 %; in vielen Blockhaldenstandorten ist Entbuschung notwendig (positive Reaktion am Lindenberg/LAU); Rasensteinbrechvorkommen sind bei der Forstplanung als Korrektiv miteinzubeziehen. Kletterbelastbarkeit sehr gering (häufig auch Besiedlung der Blockstandorte am Wandfuß).

#### **Alpengänsekresse *Arabis alpina* L. (schattige Dolomit-Großfelsen)**

**Landkreise mit besonderer Verantwortung:** LAU, BT, FO, WM (Alpenvorland), OAL (dito), OA (dito), TÖL (dito).

**Verbreitung:** Arktisch-alpin. In Bayern außer Bayer. Alpen und einige Alpenflüsse und Flußdurchbrüche (stark bedroht) nur in der nördl. Frankenalb, dort aber selten und sehr beschränkt: Püttlachtalsystem, Pegnitzdurchbruch zw. Velden und Rupprechtstegen, einzelne Felsmassive der Hersbrucker Alb.

**Standort (außeralpin):** Hohe laubbaumbeschattete Dolomitzfelsen in N- und S-Lage, in Schattlage auch frei; meist nahe Felsfuß.

**Biologie:** Meist sehr geringe Individuenzahlen und Populationsdichten; am vitalsten an unbeschatteten Nordfelsen sowie feuchtem Kalkschutt unter Felsüberhängen.

**Gefährdung/Naturschutz:** Außeralpin stark gefährdet; eine der seltensten Jurapflanzen; in der Pegnitzalb - 40 %; weitgehend auf gr. (potentiell) stark bekletterte Felsmassive beschränkt; wichtige Zielart bei der Begutachtung der Kletter-Belastbarkeit; *Arabis*-Felsen sind überwiegend gefährdet und sollten weitgehend gesperrt werden.

#### **Grüner Streifenfarn *Asplenium viride* Huds. (Schatt- und Schluchtfelsen)**

**Landkreise mit besonderer Verantwortung:** Vorland in LI, OA, OAL, MN, LL, M, TÖL, MB, RO, TS, BGL, alle Juralandkreise.

**Verbreitung:** Circumpolar, in Deutschland dealpin; außeralpine Schwerpunkte: Hartensteiner Wald, Seeweihergebiet/LAU, Ankatal/LAU, Klumpertal b. Bronn/BT.

**Standort:** Exponent der strikt schattenbedürftigen Felspflanzen (rel. Beleuchtungsstärke im Nordjura 25-54 %); vorwiegend nordseitige, laubbaumbeschattete Fußzonen von Riff-Felsen, Schlucht- und Dolinenfelsen; braucht hohe Luftfeuchtigkeit; in der Pegnitzalb 96 % aller Vorkommen im Laubholzschatten.

**Gefährdung/Naturschutz:** Außeralpin regional deutlich zurückgehend (zunehmende Klettereinwirkungen auf kleinere Schattfelsen?).

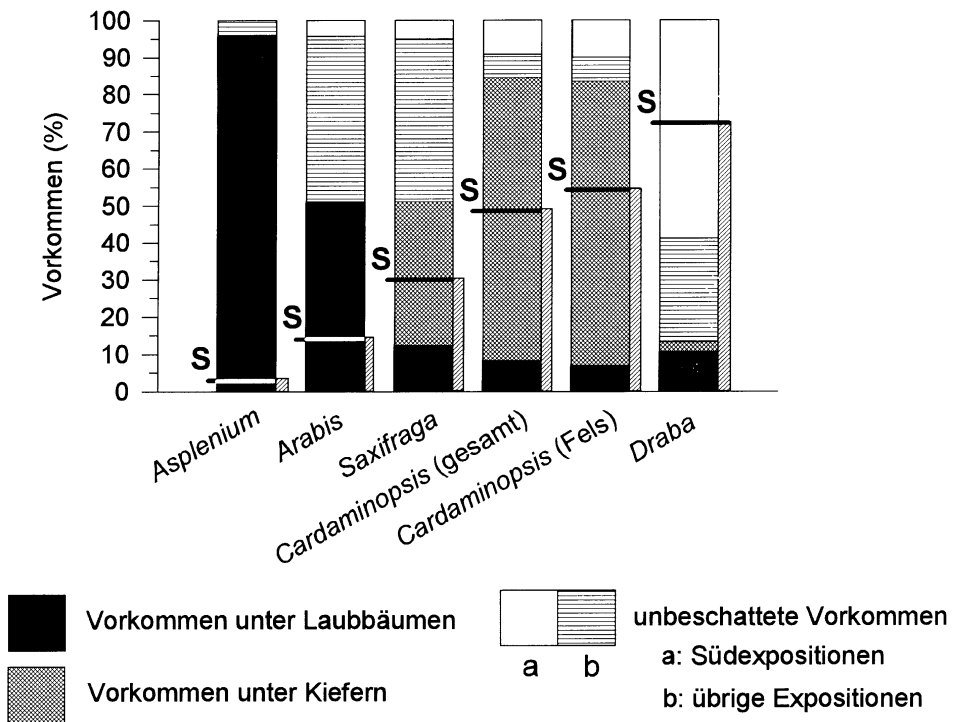
#### **Serpentin-Streifenfarne *Asplenium cuneifolium* Viv. und *Asplenium adulterinum* Milde**

(weitgehend nach VOGEL & BRECKLE 1992)

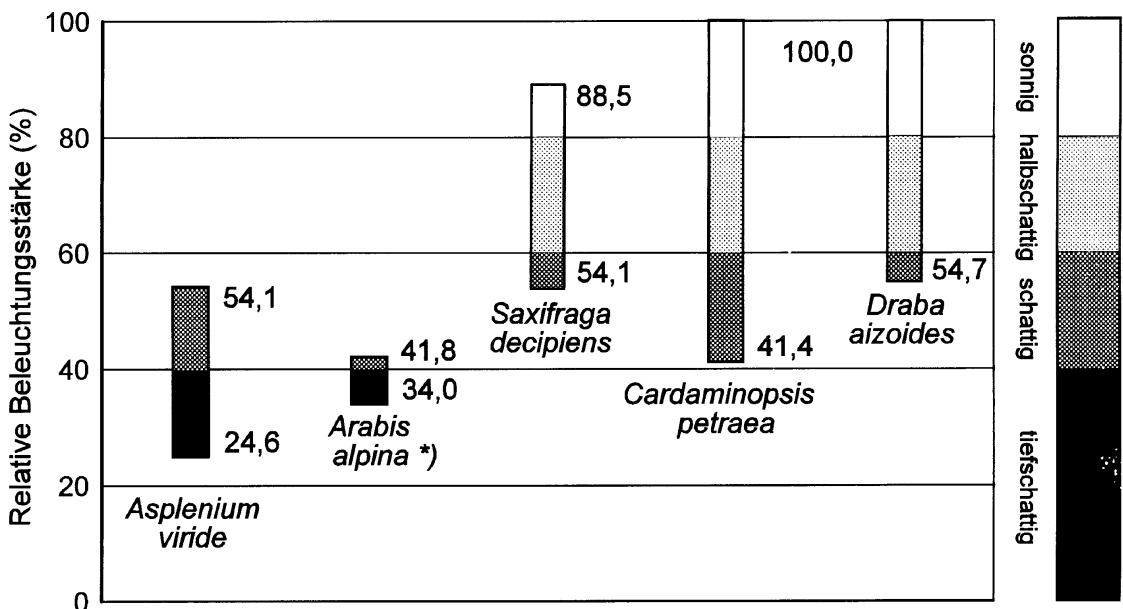
**Landkreise mit besonderer Verantwortung:** HO, TIR, KUL, SAD, (BT).

**Verbreitung:** *A. cuneifolium* ist eurasiatisch-submediterranean-subatlantisch (Italien, Frankreich, Deutschland, Tschechien, Slowakei, Polen, Rumänien, Ungarn, Jugoslawien, Griechenland, Türkei), stets fast nur im Bereich von Serpentinvorkommen. In Bayern nur auf Serpentinstandorten am Rand der Münchberger Masse. *A. adulterinum* sehr zerstreut im Alpengebiet, in den herzynischen Mittelgebirgen, isoliert in Norwegen, Schweden, Finnland, Griechenland. Bayerische Fundorte siehe [Kap. F.1.6](#).

### Beschattungsart der untersuchten Arten



### Spannweite der relativen Beleuchtungsstärke an den Standorten von *Asplenium viride*, *Arabis alpina*, *Saxifraga decipiens*, *Cardaminopsis petraea* und *Draba aizoides*



\*) Nur laubschattige Standorte

Abbildung F/11

Beschattungsart und rel. Beleuchtungsstärke der 4 Schlüsselarten *Asplenium viride*, *Arabis alpina*, *Saxifraga decipiens*, *Cardaminopsis petraea* und *Draba aizoides* (aus HEMP 1996)

Standort: *A. adulterinum* bevorzugt schattig-luftfeuchte Felsstandorte, überlebt selbst unter Felsvorsprüngen in dunklen Fi-Forsten jahrelang. *A. cuneifolium* meist an offenen sonnigen Felsfluren und Geröll oder in nur leicht beschatteten Fels-Kiefernwäldern. *A. cuneifolium* besiedelt z.T. auch alte Halden.

**Biologie:** *A. cuneifolium*: diploid, sehr ähnlich *Adiantum-nigrum*, Wedel können im Sommer vertrocknen und werden aus dem Rhizom steril nachgebildet; pH-Wert im Rhizom bis 7,4! Höhere Kolonisationsfähigkeit als *A. adulterinum* (Böschung eines erst 5 Jahre alten Forstweges an der Haidleite/HO und in einem Lehm-Serpentingemisch eines Steinlagerplatzes bei Zöblitz/Sachsen). Kann neben Felspalten auch in lückigen Rasen gedeihen.

*A. adulterinum*: allotetraploid; aus Kreuzung von diploidem *A. trichomanes* und diploidem *A. viride* mit anschließender Chromosomenverdopplung hervorgegangen. Art wahrscheinlich auf Serpentinstandorten entstanden. Danach müßten die Elternsippeln hier die Fähigkeit erworben haben, mit hohen Schwermetallkonzentrationen im Boden zu leben. Sie vererben diese Eigenschaft nun, da beide Genome vollständig in der allotetraploiden Art enthalten sind, doppelt an diesen Nachkommen. Wird weiterhin ein "gene dosage-Effekt" angenommen, so wäre klar, warum *A. adulterinum* auf Serpentin Konkurrenzkräftiger als seine Vorfahren ist. Diese "doppelte" Resistenz könnte auch kaum durch Evolution verloren gehen. Anpassung an toxische Schwermetallkonzentrationen braucht spezielle metabolische Prozesse und Stoffwechsel-Energie. Mit dieser Resistenz und den dafür aufzubringenden Kosten ist *A. adulterinum* zwar auf Serpentin wuchskräftiger als seine Eltern, an anderen Standorten aber den Eltern unterlegen und deshalb auf Serpentin "gefangen" (VOGEL & BRECKLE 1992). Kann nur in Felspalten wachsen.

**Gefährdung/Naturschutz:** Fast alle ehemals bekannten bayer. Fundorte stark verändert, insgesamt stark bedrohter Lebensraum. 13 (ehemals insgesamt 43) Populationen sind erloschen, an 14 Wuchsorten nur noch einer der beiden Farne in stark geschwächten, meist überalterten Kleinstpopulationen. 63 % der Fundorte sind zerstört oder akut vom Aussterben bedroht. Individuenstarke "gesunde" Bestände derzeit nur noch Wojaleite, Haidleite/beide HO, Peterleinstein/KUL, Vorderröhrenhof/BT, Föhrenbühl/TIR, Niedermurach u. Obereppenried/SAD. Hauptbedrohung: Überwachsen und Nitrophytenaufwuchs, Aufhören der früheren Extensivbeweidung, Lichtklimaveränderung durch Aufforstung bzw. "Umforstung" der Felsen. Gefährdungsgrad 1 in Oberfranken (MERKEL & WALTER 1988). Wichtig ist Schaffung neuer offener Felsnischen an allen rezenten, potentiellen bzw. historischen Fundorten (notfalls Abräumung in Handarbeit). Dabei aber Fachbetreuung notwendig, um nicht gefährdete Farne und andere Serpentinpflanzen mit zu entfernen. Wünschenswert wäre regelmäßige Weidenutzung ohne Verlägerung (Weide-Eutrophierung).

### **Scheidenkronwicke *Coronilla vaginalis* Lam. (Dolomit-Knocks)**

**Landkreise mit besonderer Verantwortung:** BT, BA, M, FS (hier aber kein Geotop), MB (Vorland), TÖL (Vorland), WM (Vorland), LL (Vorland), A (Vorland), (sowie in den Alpen: BGL, TS, RO, MB, TÖL, GAP, OAL, OA).

**Verbreitung:** Alpen - Balkan, nordwärts der Alpen (bis Thüringen) nur sehr disjunkt als seltenes Eiszeitrelikt. In Nord- und Mittelbayern ausschließlich im Hoffelder Dolomitgebiet (Königsfeld - Treunitz - Paradiestal - oberes Kainachtal); selten im Alpenvorland als Kennart der reliktartenreichen Nagelfluhkanten an Isar und Lech, selten in Schotterheiden. In den Bayer. Alpen in allen Landkreisen, aber nirgends häufig, sondern bevorzugt in xerotherm getönten Föhntälern (z.B. ERICO-PINION-Dolomithänge der Loisach und Saalach, Falkenstein/Faulenbachtal/OAL), in der hochmontan-subalpinen Stufe eher sehr dispers (am Breitenstein/MB sogar in der Latschenregion).

**Standort:** Nach SCHNEIDER (1994) in der Frankenalb Indikatorart für natürliche Dolomit-Kiefernstandorte. Nur schütter kiefernbestockte Dolomit-Knocks und Talrand-Felshänge, z.T. mit Dolomitsanden. Bestandteil des CORONILLO-PINETUM (sehr ähnlich dem BUPHTHALMO-PINETUM).

**Biologie:** 3-4-jährig; ist auf generative Vermehrung angewiesen; Windverbreitung der rel. schweren Gliederschoten wohl nur über kurze Strecken, früher wohl auch zoophage Weideverbreitung; also heute geringes Ausbreitungspotential, zumal kolonisationsfähige Lichtkiefernwälder und Felsrasen durch Umnutzung immer seltener werden.

**Gefährdung/Naturschutz:** Merkbare Fundortreduktion in der nördl. Frankenalb durch Fichtenaufforstung (SCHNEIDER 1994) und wohl auch durch Ausschattung ehemaliger Kiefern-Weidewälder. Nimmt bei dichtem Kiefernwuchs (Unterpflanzung, Aufforstung) in zunehmenden Fiederzwenkenrasen rasch ab (SCHNEIDER 1994). Extensivweideverträglich (nicht nur in den Alpen, sondern auch im Alpenvorland und in der Frankenalb früher z.T. in Weidegebieten). "Pflege-Rodungen" im (Nah-)Bereich dieser Zielart mit größter Vorsicht, da es sich in vielen Fällen um "althehrwürdige" Relikte (anthropogen überprägter und tradierter) Primärkiefernwälder handeln kann (wie BUPHTHALMO-PINETUM in der Hersbrucker Alb).

### **F.1.5 Tierwelt**

Felskomplexe und Blockstandorte zwingen mit ihren extremen Sonderbedingungen (siehe F.1.3 und F.1.4) die Fauna zu speziellen Lebensweisen und Anpassungen. Im Gegensatz zu manch anderem Geototyp sind Felskomplexe auch faunistisch signifikant charakterisiert. Arten kleiner natürlicher Insel- und Reliktpopulationen (siehe Artenschutzkartierung des LfU) sind häufig an Felskomplexe und ihre Kontaktbiotope gebunden. Trotz der extremen Anpassungen, der Auslese auf extrem stenöke Arten, sind Felskomplexe gar nicht so artenarm. In



wenigen ausgewählten Kalk-Felskomplexen des Altmühljuras wurden 74 Landschneckenarten, darunter 30 Rote-Liste-Arten festgestellt (AI 1988), allein in der Weltenburger Enge mindestens 56 Fels-Molluskenarten. Steilwände können/konnten nur von flugfähigen, kriechenden, dabei aber gut haftenden (z.B. Landschnecken, Reptilien), gut kletternden (z.B. Spinnen, Marderartige) oder gut springenden (z.B. Springspinnen, Felsenspringer) Tieren erreicht werden. Hinzu kommen windvertragene einzystierte Ur-, Räder- und Bärtierchen sowie Wanderspinnen. Stark windausgesetzte waldüberragende Felsen macht diese zur "Artenreue" für passiv verdriftete Organismen (z.B. Kleinspinnen).

**Faunenbestimmende Faktoren:** Außer den zoogeographisch-faunengeschichtlichen Bedingungen vor allem die

- langfristige Konstanz und - zumindest in kletterfreien Zonen - Ungestörtheit der (Teil-)Lebensräume der Fels- und Blockkomplexe;
- Einstreuung sehr gut gegen Austrocknung, Ausfrieren, auch größere Feinde geschützter Mikrostandorte wie Felsspalten, Höhlungen, Blockzwischenräume und Ritzen, die Tages-, Winter- und Nistquartiere bereitstellen. Viele Kleintiere kommen hier in hohen Individuendichten vor. Die unmittelbare Benachbarung mit rasch aufheizbaren und abtrocknenden Felsflächen begünstigt viele wärmeliebende Wirbellose wie z.B. Stechimmen und wechselwarme Wirbeltiere wie z.B. Eidechsen, Schlingnatter.
- speziellen thermischen Bedingungen (siehe Kap. F.1.3): Felsen, Felshänge und Härtlinge sind auch bei relativ flachstehender Sonne und wegen ihrer oft frei exponierten oder waldüberragenden Stellung wärmebegünstigt. "Windröhren", "Eislöcher", "extrazonale Permafrostböden" in Blockhalden (siehe F.1.3). Dunkle Gesteine wie z.B. Amphibolit, Diabas und Basalt erwärmen rascher (thermophiler Faunencharakter). In den Mittelgebirgen können beispielsweise Laufkäfer und andere wärmeliebende Arten (u.a. Reptilien) aufgrund des hohen Wärmeangebotes auf Felsstandorten in für sie ungewöhnliche Höhenlagen aufsteigen (REBHAN 1993, mündl.). Mauer- und Smaragdeidechse dringen entlang der Ilztal-Felsleitens ein gutes Stück von den Jochensteiner Hängen in den südlichen Bayerischen Wald vor.

**Hochspezialisierte Reliktfaunen:** Mittelgebirgsfelsen beherbergen eine hochbedeutsame artenreiche Reliktfauna für Vertreter der nach der Eiszeit vom Wald verdrängten Kältesteppen und nacheiszeitlicher Wärmeperioden. Nirgendwo sonst ist der Anteil ausgesprochener Reliktarten und natürlich verselter Populationen höher. Die außergewöhnlich hohe Präsenz alpiner, pontischer oder mediterraner Tierarten wird zudem erklärt durch die Lage vieler Felsen in wichtigen nacheiszeitlichen Artenwanderstraßen wie dem Isar-, Donau-, Altmühl- und Naabtal. Beispielhaft seien die Stechimmen, bei denen pontisch-mediterrane und boreo-alpine Arten einen besonders hohen Anteil haben. Dadurch erklärt sich der (vor dem Zuwachsen) unerhört hohe Stechim-

menreichtum einzelner Felsgebiete, z.B. des Dieterzhofener Berges bei Riedenburg/KEH, wo STOECKHERT (1933) nicht weniger als 39 RL-Arten feststellte. Die ausgeprägte Isolation vieler Felsen bzw. Felsgebiete voneinander minderte zusätzlich den Konkurrenzdruck auf die Refugialarten der Felskomplexe und wirkte als Evolutionsantrieb bei der Herausbildung neuer genetisch fixierter Ökotypen.

Mehr als die bekannten Sonderfaunen der Hochmoore, Höhlen und Quellen enthalten "Felsfaunen" (im weiteren Sinne, unter Einschluß felsiger Leitens, bestockter Blockgebiete usw.) auch spektakuläre, optisch und akustisch auffällige, teilweise sehr publikumswirksame Aushängeschilder des Artenschutzes. Darunter seien erwähnt: Frankenapollo, Segelfalter, Regensburger Heufalter, Rotflügelige Ödlandschrecke, Italienische Schönschrecke, Rote Singzikade, Libellenhaft, Berghexe, Steinschmäzzer, Mauerläufer, Felsenschwalbe, Smaragdeidechse, Mauereidechse, Äskulapnatter, Schlingnatter, Uhu, Wanderfalke, Steinadler, Wildkatze und Luchs, gewissermaßen das "Who is who" des Artenschutzes. Auffallend viele Zielarten z.T. aufwendiger Einzelartenhilfskonzepte und Hilfsmaßnahmen sind also darunter. Schon dies zeigt die hohe Relevanz von Felsstandorten in Landschaftspflege und Biotopmanagement.

Darüber darf die nicht weniger bemerkenswerte Gruppe unscheinbarer, aber evolutionsbiologisch und biogeographisch hochbedeutsamer Spezialisten z.B. in den Blockfeldern nicht übersehen werden.

### **Artengruppen nach dem Grad ihrer Felsbindung:**

#### Typ 1: Petrophile Arten, Petrobionten:

Gesamter Lebenszyklus wird in Rohgesteinsbiotopen abgewickelt; geringer Aktionsradius; stenözische lithophile Arten; z.B. xerothermophile Felschnecken wie *Pyramidula rupetris*, *Chondrina avenacea*, *Ch. clienta*, *Chilostoma cingulatum*, auf mittelfeuchte Felsen spezialisierte Landschnecken wie *Vertigo alpestris*, *Oxychilus depressus*, Milbenarten im Kalkgeröll, Asseln im Mikrohabitat der Blockunterseiten; in gewissem Grade ist auch die außeralpin äußerst seltene Alpenbraunelle (*Prunella collaris*) hierherzustellen (Komplexe aus Blockhalden, Felswänden und steinigen Hochlagenrasen am Arber, Lusen, ehemals Falkenstein). Nahrungsökologisch ist die Fähigkeit zum Ablecken, Abschaben (z.B. Algenüberzüge; bei Mollusken), Oberflächenjagen und Fallenstellen (z.B. Netze in Felsnischen) wichtig.

#### Typ 2: Komplexbewohner fels- und blockreicher Strukturen, Felsen als essentieller Teillebensraum :

Typische Vertreter: Hausrotschwanz, Schlingnatter, Äskulapnatter, Smaragdeidechse, Mauereidechse, regional Zauneidechse, Knotenameise *Aphaenogaster subterraneus*, der südalpine, aber an Wellenkalkfelsen vorkommende Flechtenspinner *Endrosa aurita*, dessen Räupchen die Felsflechten abweiden; die Alpenbraunelle auf dem Blockfeldgipfel des Lu-

sen; zumindest regional obligatorische Felsbrüter sind z.B. Uhu, Wanderfalke, Dohle. Fels- und Schuttbiotop als wichtiger Teillebensraum innerhalb eines größeren Jahreslebens- oder Populationsraumes, z.B.:

- unersetzlicher Brutraum für felsbrütende Vögel und Hautflügler sowie für Tagfalterraupen, deren Nahrungspflanzen nur in Verbindung mit einem extrem heißen Kleinstandort geeignet sind; siehe WEIDEMANN 1995; Dolomittelhänge als Paarungsplatz für Segelfalter (*Iphiclidia podalirius*), Schwalbenschwanz (*Papilio machaon*), Eisvogel (*Limenitis populi*) und Brutplatz für Frankenapollo (*Parnassius apollo*)
- mindestens 35 Landschneckenarten der Frankenalb (davon 9 Rote-Liste-Arten) gehen als Waldarten auch auf Fels- und Wandfüße und untere Wandbereiche über (AI 1988);
- Fledermausarten mit Sommerquartier in Felsritzen.

Typ 3: Fakultativ felsbewohnende Tierarten: nutzen "normalerweise" andere Biotop, brüten aber fakultativ auch in Felsbereichen bzw. Lockergesteinswänden, z.B. Hohltaube, Mauersegler, Kohlmeise, Zaunkönig (Muschelkalk), Eisvogel (Muschelkalk), Turmfalke; Waldkauz, wahrscheinlich auch Mehlschwalbe, Waldohreule, Rotmilan, Kreuzotter, Bergedechse, Ringelnatter.

Typ 4: Besucher oder Irrgäste aus anderen Biotopen, die den Lebensraum Fels nur vorübergehend oder zeitweise nutzen (Trittstein, sporadisches Refugium).

Natürlich sinkt die Faunenspezifität der Fels- und Schuttstandorte, wenn man immer höher im System der Tiere geht. Immerhin finden noch einige Vögel hier ihren Schwerpunktlebensraum: Steinschmätzer, regional auch Brachpieper, Heidelerche, Zippammer.

Die intensive Habitatgliederung innerhalb von Felsabbrüchen spiegelt sich natürlich auch in der Faunenzonierung wider. Als ausgewähltes Beispiel illustriert Abb. F/12, S.388 die typische Landschneckenverteilung sonnseitiger Weißjurafelsen der Altmühlalb. Es zeigt sich, daß sich die Gesamt-Molluskenfauna eines Wandkomplexes aus jeweils charakteristischen Landschneckengesellschaften der Teilelemente "wärmeliebender hochwüchsiger Staudensaum", "lückige Felsbandvegetation", "halboffener Buschwald", "Wandfläche mit Kryptogamenüberzug", "Felsspalten mit Kryptogamenüberzug an feucht-schattigem Wandfuß" und "Blockschuttwald" zusammensetzt.

Nachfolgend werden die faunistischen Mikroregionen (F.1.5.1 - F.1.5.5) bzw. Felskomplextypen (F.1.5.7 - F.1.5.8) mit Beispielen belegt. Zur vertikalen und horizontalen Gliederung von Felswänden siehe Kap. F.1.3.

### F.1.5.1 Fauna der Felsköpfe, Felskanten und -leisten (z.T. nach LANG in FAUST et al. 1988, WEIDEMANN mdl.)

Die primären Trockenrasen und Felsfluren bieten Lebensraum für eine äußerst artenreiche und teilweise stark gefährdete Fauna. Hier häufen sich mediterrane Reliktarten nacheiszeitlicher Wärmeperioden, alpine und pontische Arten, darunter boden- und streubewohnende Kleinschnecken, xerothermophile Tagfalter-, Stechimmen-, Heuschrecken- oder Spinnenarten (siehe auch LPK-Band II.1 "Kalkmagerrasen"). Temporäres Refugium und Fortpflanzungszentrum für ansonsten freie Felsflächen abweidende Schnecken. Ganzjahreslebensraum für z.B. Gestreifte Puppenschnecke (*Pupilla sterri*) und Zylinderwindelschnecke (*Truncatella cylindrica*). Übertreffend wichtiger Lebensraum für xerothermophile bodenbrütende Stechimmen: Zusammen mit den lehmigen Wandfüßen entfallen auf lehmige Felsköpfe deutschlandweit nicht weniger als 487 (55 % aller) Arten, zusätzlich 126 parasitäre Arten. Felsköpfe werden von Wanderfalke und Uhu als Ruhe- und Aussichtspunkt, aber auch als ungestörter Rupfplatz, zumindest zeitweise, gerne genutzt.

Das frühe Ausapern und Austreiben der Vegetation bzw. die meist geringe Schneebedeckungszeit macht sie zu ergänzenden Nahrungsreservoir im Winter, z.B. für das Haselhuhn auf Felsknocks des Bayerischen Waldes (*Vaccinium*, Birken). Der seltene Felsalpen-Flechtenbär (*Setina roscida*), der Ockergelbe Flechtenbär (*Eilema palliatella*) und die Eule *Nola subclamydula* kennzeichnen stein- und erdflechtenreiche felsige Plateau-Abstürze des mainfränkischen Wellenkalkes (Charakterarten des Faserschirm-Erdseggenrasens), Standorte, an denen auch die blaue und rote Ödlandschrecke (*Oedipoda coerulea*, *Oe. germanica*) und Schönschrecke (*Calliptamus italicus*) existieren. Weitere Schmetterlinge, die nicht mit "normalen" Magerrasen, sondern nur besonders heißen felsdurchsetzten Xerothermhängen ihr Genüge finden, sind z.B. der Trockenrasen-Flechtenbär (*Setina irrorella*) in der Altmühl- und Oberpfälzer Alb, der Frankenapollo in der Altmühl- und Weismainalb als "Charakterart" des ALYSSO-SEDETUM ALBI.

### F.1.5.2 Fauna der ungegliederten Steilwände

Hier konzentriert sich eine vor allem algen- und flechtenabweidende, hochspezialisierte Kleintierfauna, wie die Pyramiden-Windelschnecke (*Pyramidula rupestris*), die Felsenschnecke *Helicigona lapicida* (Wellenkalk) oder die Felsenspringer (ARCHAEOGNATHEN). Sie profitieren nicht nur vom überaus großen Nahrungspotential, sondern auch vom hohen Wärmeangebot. Einige Felschnecken schaben sogar Gesteinsoberflächen ab und nutzen endolithische Flechten. Wände sind Jagdrevier für Springspinnen und Springspinnen-fressende Wegwespen, Nistplatz für freibrütende Faltenwespen und Mauerbienen, darunter z.B. die sehr seltenen alpinen *Osmia emarginata* und *O. villosa*. Nicht

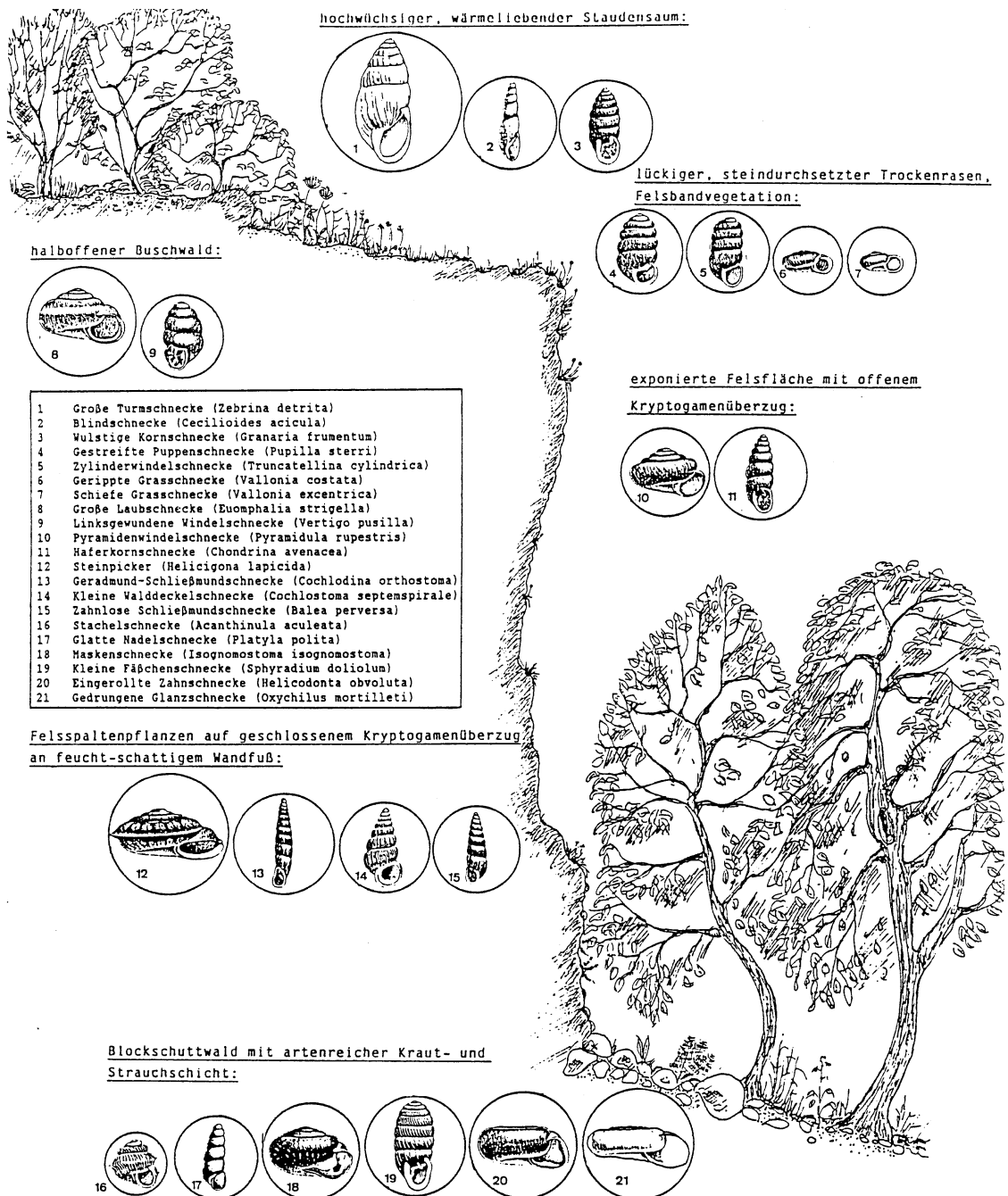


Abbildung F/12

Typische Landschneckenzonierung einer Weißjurawand in der Altmühlalb (aus FAUST, RITTER et al. 1988)

weniger als 50 Stechimmenarten nennt DRACHENFELS (1982) als Bauer freistehender Nester aus Lehmörtel an Gesteinsoberflächen, in Höhlungen und an Pflanzenteilen. Auch als Sonnplätze für Weberknechtarten (PHALANGIIDAE), sowie für Schnecken erlangen Felsstandorte eine besondere Bedeutung (FALKNER 1992; vgl.auch Tab. F/2 S. 389). "Felschnecken" sind in ihrem Vorkommen eng an

Gesteinsflechten, ihre hauptsächliche Nahrungsgrundlage geknüpft (PFLEIDERER & WINKLER 1991), tauchen jedoch auch auf flechtenfreien Kalkflächen auf, wohl um den Kalk mit ihrem kohlenstoffhaltigen Schleim aufzulösen und ihn - ebenso wie den über die Nahrung aufgenommenen Kalk - in die Molluskenschale einzubauen. Im mainfränkischen Wellenkalk nennt ADE (zit. in KAISER

Tabelle F/2

## Mollusken auf Felsstandorten (FALKNER 1992)

Deutscher Artname	Lateinischer Artname	LR	VS
<b>Ausgestorben oder verschollen (0)</b>			
Schlanke Tönnchenschnecke	<i>Orkula gularis</i>	Of(Wf)	A
<b>Vom Aussterben bedroht (1)</b>			
Farblose Glanzschnecke	<i>Oxychilus glarus</i>	Wt(Wf)	A
Südl. Zylinderwindelschnecke	<i>Truncatellina callicratis</i>	Sf	J, A
<b>Stark gefährdet (2)</b>			
Zahnlose Schließmundschnecke	<i>Balea perversa</i>	Mf(W)	J OG
Schlanke Schließmundschnecke	<i>Bulgarica vetusta</i>	Wf	J
Berg-Schließmundschnecke	<i>Cochlodina costata</i>	W(Wf)	J
Wulstige Kornschnecke	<i>Granaria frumentum</i>	S(Sf)	M J AV
Unechter Baumschneigel	<i>Lehmannia nyctelia</i>	H Wf	
Dreizählige Puppenschnecke	<i>Pupilla triplicata</i>	S(Sf)	J
Alpen-Windelschnecke	<i>Vertigo alpestris</i>	Wf	J OG A
Arktische Windelschnecke	<i>Vertigo modesta</i>	H(Mf)	J OG AV
Weitgenabelte Kristallschnecke	<i>Vitrea contracta</i>	Wt(Wf)	J AV A
<b>Gefährdet (3)</b>			
Gestreifte Mulmadel	<i>Acicula lineata</i>	W(Mf)	AV A
Gekritzte Mulmadel	<i>Acicula lineolata</i>	W(Mf)	AV A
Zweizählige Schließmundschnecke	<i>Clausilia bidentata</i>	W(Wf)	M
Kleine Glattschnecke	<i>Cochlicopa lubricella</i>	X(Sf)	M J AV
Alm-Glasschnecke	<i>Eucobresia nivalis</i>	W(Of)	A
Flache Glanzschnecke	<i>Oxychilus depressus</i>	Wf Wt(H)	J A
Gestreifte Puppenschnecke	<i>Pupilla sterrii</i>	S(Sf)	J
Kleine Tönnchenschnecke	<i>Sphyradium doliolum</i>	W(Wf)	J
Großer Kielschneigel	<i>Tandonia rustica</i>	Ws(Of)	J
Märzenschnecke	<i>Zebrina detrita</i>	S(Sf)	M J
<b>Rückläufig (4R)</b>			
Roggenkornschnecke	<i>Abida secale</i>	Wf(Of)	J A
Steinpickler	<i>Helicigona lapicida</i>	W(Wf)	M J AVA
<b>Potentiell gefährdet wegen Seltenheit (4S)</b>			
Illyrische Felsenschnecke	<i>Campylaea illyrica</i>	Mf(Wf)	
Achat-Felsenschnecke	<i>Chilostoma achates</i>	Of(Mf)	A
Große Felsenschnecke	<i>Chilostoma cingulatum</i>	Sf	A
Westliche Haferkornschnecke	<i>Chondrina avanacea</i>	Sf	J A
Östliche Haferkornschnecke	<i>Chondrina clienta</i>	Sf	J A
Ohrlippige Schließmundschnecke	<i>Erjavecica bergeri</i>	Of	A
Dalmatinische Schließmundschnecke	<i>Medora almissana</i>	Of	
Kalkfelsen-Schließmundschnecke	<i>Neostyriaca corynodes</i>	Wf	A
Rotbraune Zylinderwindelschnecke	<i>Truncatellina monodon</i>	Of(Sf)	A
<b>LEGENDE:</b>			
<b>LR Lebensraum (Ökologische Kennzeichnung)</b>			
W	Wald, ausschließlich an Waldstandorte gebunden		
Wf	Wald und mittelfeuchte Felsen, teils in Wäldern, teils an felsigen Standorten		
Ws	Waldsteppe, lichter xerothermer Wald		
Wt	Waldarten, die vorwiegend tief im Lückensystem des Bodens subterran (oder terricol) leben		
S	Steppe, trockene, sonnige Standorte ohne Gehölze		
Sf	Felssteppe, xerotherme Felsen		
Of	offene Felsbiotope verschiedener Art, nicht unbedingt xerotherm		
Mf	mesophile Felsarten		
X	xerothermophile Arten, die trocken-warme Standorte deutlich bevorzugen		
H	hygrophile Arten mit hohem Feuchtigkeitsanspruch, aber nicht an nasse Biotope gebunden		
<b>VS Verbreitungsschwerpunkt</b>			
J	Jura		
M	Maingebiet und fränkisches Keupergebiet		
OG	ostbayerisches Grenzgebirge		
AV	Alpenvorland		
A	Alpen		

1950) u.a. folgende "Wellenkalk-Felsschnecken": *Chilotrema lapicida*, *Cionella lubrica*, *Zebrina detrita*, *Pupilla muscorum*. Eigene, stark alpin getönte Mollusken-Zönosen siedeln auf den Nagelfluhfelsen des Alpenvorlandes, wie sie HÄSSLEIN (1958) aus dem Lechtal schildert: *Truncatellina monodon* (in Felsmoosen), *Pyramidula rupestris* (moosfreie Felsflecken, flechtenabweidend), *Abida secale* (Grashorste), *Clausilia parvula*, *Helicigona presli* (eine flechtenabweidende Felsschnecke, die sich in Spalten, Überhänge und muschelartige Nagelfluhausbrüche zurückzieht), *Truncatellina cylindrica* (auf sonnseitigen Felsabsätzen), *Vallonia pulchella*, *Vallonia excentrica*, *Caecilioides acicula* (in *Sesleria*-Horsten; frißt Schimmelpilze).

### F.1.5.3 Fauna der Löcher, Höhlungen, Fels-spalten (z.T. nach AI 1988, GÖRNER 1985)

Detritophage (Pflanzenreste verarbeitende Kleintiere wie Insektenlarven, Fadenwürmer, Enchyträen und Asseln) treten in humosen Spaltenfüllungen in hoher Dichte auf.

Arthropoden: Kleine Löcher dienen als Beutedepots und Niststätten z.B. für Wegwespen, die auf eingetragene Beutetiere ihre Eier legen sowie als Winterquartiere, Sommerquartiere (bei Extremwitterung) und Eiablageorte der Felsenschnecken (z.B. Haferkornschncken-Arten, CHONDRINA). Mindestens 68 (7,7 % aller) Stechimmenarten in Deutschland nisten in Höhlungen und Spalten in Felsen und Mauern (DRACHENFELS 1982). Diese "endolithische" Nistweise kennzeichnet insbesondere solitäre Faltenwespen (EUMENIDAE) und Bauchsammlerbienen (MEGACHILIDAE). Es leben hier außerdem spinnenjagende Wegwespen (POMPIDIDAE), die keine Nester bauen, sondern ihre Beutetiere als Larvennahrung in Höhlungen und Spalten deponieren. *Proso-pis*-Arten fertigen Nistzellen in Gesteinsspalten aus einem Speicheldrüsensekret, andere aus Lehm und Blattstücken (AI 1988).

Etwa 1/3 der rund 800 deutschen Spinnenarten benötigen ziemlich offene Biotope eher geringer Feuchtigkeit, nicht zuletzt auch Felsbiotope. Die überraschende Spinnenartenvielfalt spalten-, absatz- und löcherreicher Felsen und die Vielfalt der Lebens- bzw. Fangstrategien offenbart sich an einer oft großen Anzahl und Formenvielfalt von Netzen. Auf den ersten Blick dominieren oft große Trichternetze, daneben findet man aber auch zahlreiche Rad-, Baldachin- und Haubennetze. Entlang 20-30 cm breiter Klüfte befinden sich oft viele Trichternetze übereinander. 1-2 cm breite Spalten dienen als Spinnenschlupfwinkel. Vertikale Radnetze werden zwischen Gestein und Pflanzenteilen oder allein zwischen Felsstrukturen befestigt. Einige Baldachinspinnen (LINYPHIDAE) bewohnen enge Felsspalten. Nicht netzbauende Wolfsspinnen (LYCOSIDAE) konzentrieren sich nach AI (1988) offensichtlich auf den oberen und unteren Felsrand im Übergang zu Trockenrasen. 85 % der mitteleuropäischen Spinnen und wohl auch der größte Teil der Felsspinnen überwintern in isolierenden Streuschichten, andere unter

Baumrinde, in hohlen Pflanzenstengeln usw. Diese werden sie überwiegend im Felskontaktbereich, z.B. der Wandfußzone finden, was wiederum die Notwendigkeit der Belastungsfreiheit ganzer Felsbiotopkomplexe unterstreicht. Bei großen Netz-/Trichterspinnen kann sich in ungestörten Spaltenzügen ein Netz (bzw. Trichter) an das andere reihen. Auch Haubennetze der Kugelspinnen findet man dort.

Eine Reihe von Wildbienenarten, im Wellenkalk z.B. die Mauerbienen *Osmia galarum*, *O. submicans*, *O. inermis*, *O. versicolor*, *O. emarginata* bauen in Felsritzen "endolithisch" aus zerkauten Blättern mit Speichelsekret vermischt ihre massiven Nester. Die Mörtelbiene (*Chalicidoma muraria*) baut Mörtelnester an Felsflächen. Die seltenen Mauerbienen *Osmia emarginata* und *O. villosa* bilden Schlafgemeinschaften und nisten auch in Dolomitlöchern der nördlichen Frankenalb.

"Felsenvögel": Höhlungen und Nischen sind obligatorische oder fakultative Nistplätze von Wanderfalke (mehr hoch ragende, frei anfliegbare hohe Felsen), Uhu (auch waldgeschützte Felssischen), Dohle, Steinkauz, Turmfalke, Hohltaube, Mauersegler, Gebirgsstelze, Zaunkönig, manchmal auch Eisvogel u.a., in den Voralpen für Felsenschwalbe und Mauerläufer. Geschützte Lagen bieten Sommer- und Balzquartiere, ja sogar Wochenstuben für Fledermäuse (z.B. Großes Mausohr *Myotis myotis*, Bechsteinfledermaus *Myotis bechsteini*, Fransenfledermaus *Myotis nattereri*). Von den Felsen mitnutzenden Reptilien ist lediglich die Mauereidechse (*Lacerta muralis*) auf vertikale Felsstrukturen (und Blockhalden) angewiesen (z.B. Inntal/RO, Donau- und Ilztalabstürze).

### F.1.5.4 Fauna der Felsleiten, durch Wandstufen gegliederte Hänge

Steilhänge, in denen immer wieder Felsstufen und Schichtköpfe heraustreten, begünstigen viele Tierarten, die als Teilsiedler oder "Pendler" bodenfreie bis höher bewachsene Habitate in ihrem Jahreslebensraum vereinigen. Solche Lebensräume sind bedeutsam für Säuger (z.B. Wildkatze, u.U. Luchs), mehrere Klein- und Großvögel (z.B. Uhu) und viele besonders wärmeliebende, oft wärmezeit-reliktische Arthropoden. Wegen der auffälligen Konzentration biogeographisch bemerkenswerter, seltener bis gefährdetster Arten gehört dieser Standort zu den für den speziellen Artenschutz bedeutsamsten Stellen überhaupt.

Schlingnatter, Äskulapnatter, Smaragd- und Mauereidechse zentrieren ihre bayerischen Lebensräume eindeutig auf derartige Komplexlebensräume.

Neben den bekannten Schmetterlingskleinoden Rostbinde (*Hipparchia semele*), Segelfalter (*Iphiclidia podalirius*) und Frankenapollo (*Parnassius apollo*) seien einige weniger geläufige, dabei aber nicht weniger bemerkenswerte Beispiele hervorgehoben: das Bibernell-Widderchen (*Zygaena minos*) und Sonnenröschen-Grünwidderchen (*Adscita geryon*) finden sich in felskopfreichen Kalkmagerasen, letzteres bevorzugt an Sonnenröschen im



Felskontakt (WEIDEMANN mdl.). Das Braunfleck-Widderchen *Dysauxes ancilla* bewohnt teilverbuschte Felstrockenrasen mit größeren Schutt- und Felspartien sowohl im Silikat- wie Karbonatbereich, z.B. Mattinger Hänge/R, die in Entomologenkreisen nimbustumwobene Spanische Fahne (*Callimorpha quadripunctaria*) nach BERGMANN (1953) vor allem Felsentäler und Landschaften mit Felsbildungen. Die Raupen des Grauleibigen Gelbsaumflechtenbären (*Eilema lurideola*) traf RIESCH (zit. nach WEIDEMANN 1996) an flechtenüberzogenen Silikatfelsen im Oberpfälzer Wald. Der Lehmgelbe Flechtenbär (*Eilema lutarella*) besetzt verbuschende felsdurchsetzte Magerrasen der nördlichen Frankenalb (WEIDEMANN 1996). Auch einige Kleinschmetterlinge charakterisieren Felsfluren, z.B. Spannerarten der Gattung GNOPHOS, *Holodrina respersa* (z.B. Silikatfelshänge westl. Oberpfälzer Wald (BRÄU)).

An einem einzigen Felsenhang der Weismainalb kommen (bzw. kamen) neben Frankenapallo die seltenen Flechtenbären *Eilema lutarella*, *lurideola*, *complanata*, *deplana*, *quadra*, *Setina irrorella* sowie das Braunfleckwidderchen *Dysauxes ancilla* und die Eule *platinea* vor (WEIDEMANN 1996). Im Karbonatbereich sind weiterhin die Eulen *Calamia tridens*, *Mamestra aliena*, *Apamea oblonga*, *Luperina nickerlii*, *Staurophora celsia* hervorzuheben. U.a. in den nordostbayerischen Diabas- und Serpentinfelsabstürzen finden sich eine Reihe sehr seltener, "lithophiler" Nachtfalter und Kleinschmetterlinge, von denen PRÖSE (1993) z.B. folgende nennt: der Blankflügelbär *Nudaria mundana* (schattige, flechten- und lebermoosreiche Felsschluchten, z.B. Selbitztal), Waldrasen-Ziereule (*Polymixis gemma*), Johanniskrauteule *Actinotia hyperici* (warme Felsgeröllsteppen), Felswald-Flechte- neulchen *Cryphia erepricula* (Kennart waldiger Felsschluchttäler), Dost-Grauspanner *Scopula incanata* (Felshänge mit Lippenblütlern), Nelkenblattspanner *Euphyia biangulata* (schattige bewaldete Felsleitens), Leimkraut-Kapselspanner *Perizoma hydrata* (Diabas-Felshänge mit *Silene nutans*), Glockenblumen-Blütenspanner *Eupithecia umpurata* (sonnige Diabas-Felshänge), Felsenspanner *Gnophos ambiguata* und *G. pullata* (steile felsige Talhänge), Fetthennen-Rundstirnmotte *Glyphipterix equitella* (sonnige Felsbänder und Schutthalde).

Auch die bemerkenswerten Scheckenfalter *Melitaea didyma*, *M. britomaris* (bevorzugte Saugblüten: *Sedum album*) und *M. phoebe* charakterisieren Dolomittfelshänge.

Daneben kennzeichnen auch bemerkenswerte Heuschrecken (regional) diesen Standorttyp, z.B. die Blauflügelige Ödlandschrecke (*Oedipoda coerulescens*), Rotflügelige Ödlandschrecke *O. germanica*, (welche ihre Eier waagrecht unter Felsscherben schiebt), daneben auch bemerkenswerte Spinnen (z.B. die mainfränkische zinnberrote Spinne *Eresus niger*), Wanzen (z.B. die auffällige Schmuckwanze *Eurydema fieberi* und die Rote Raubwanze *Rhinocoris iracundus*), Zikaden (z.B. die Bergzikade *Zicadetta montana*) und natürlich eine Vielzahl

von Stechimmen, z.B. die solitäre Mörtelbiene *Chalicodoma parietina*. Auf den warmen Kalkhängen ist jeweils der Anteil submediterraner Arten besonders groß.

Felsstandorte bestimmen auch indirekt die baumbe- wohnende Fauna. Beispielsweise kommen viele, ge- rade gefährdete und seltene Bockkäferarten nur auf gut besonnten, weitständigen Stämmen und Ästen vor, die sie bei uns oft nur auf felsigen Xerotherm- hängen antreffen. Beispielsweise beschränkt sich die wärmeliebende Cerambycidenfauna des Bayeri- schen Waldes weitgehend auf die randlichen Steilabbrüche zum Donau- und Regental. Nach LACKERBECK (1991) sind dies z.B. der sehr sel- tene Siebenpunktete Schmalbock (*Strangalia sep- tempunctata*) und der Schmaldeckenbock (*Calli- mellum angulatum*), aber auch *Cortodera humera- lis*, *Grammoptera ruficornis*, *G. variegata*, *Leptura sexguttata*, *Strangalia bifasciata*, *Stenopterus rufus*, *Phymatodes rufipes*, *Oberea pupillata*, *Phytoecia nigricornis*. Auch an den entsprechenden Karbo- nathängen finden sich z.T. wieder andere bemer- kenswerte Bockkäfer, z.B. *Phytoecia coerulescens* an den Mattinger Hängen/R. Selbstverständlich fin- den sich auch verschiedene epigäische Raritäten unter der Felshang-Käferfauna, z.B. der boreal- montane Rüsselkäfer *Otiorrhynchus rugifrons*.

#### F.1.5.5 Fauna der Blockhalden und des Felsfußes, z.T. mit Schuttfächer

Ihre Fauna ist eher noch spezifischer als ihre Flora. Sogar ausschließlich blockhaldengebundene Tierar- ten sind bekannt (z.B. die Spinne *Bathyphantes eu- menis* und der Kurzflügelkäfer *Leptusa simoni*), de- ren Evolution und Ausbreitungsgeschichte natürlich interessante Zusammenhänge mit der Landschafts- geschichte erwarten läßt. Kaltluft erzeugende Block- halden können verschiedentlich geradezu als Archi- ve mit Faunenelementen vergangener Klimaperi- oden (Glazial- und Periglazialrelikte) angesehen werden. Arten unterschiedlicher Arealzugehörigkeit verteilen sich auf die unterschiedlichen Mikrokli- mazonen des Haldenfußes, des Haldenkörpers und der Haldenoberfläche; die thermische Differenziert- heit des Standortes bedingt eine gewisse Diversität der Biozönosen (MOLENDI 1996). Am kaltluftge- prägten, oft rohhumuserfüllten Haldenfuß finden sich Glazialrelikte wie der Laufkäfer *Nebria casta- nea*. Auch hochlagentypische Kleinsäuger wie Al- penspitzmaus *Sorex alpinus* und Schneemaus *Microtus nivalis* können hier isolierte Vorkommen besitzen. Im Haldenkörper mit seinen gleichmäßi- gen Temperatur- und Feuchtebedingungen existie- ren carvernikole (hohlraumbewohnende) und litho- bionte (spaltenbewohnende) Arthropoden und Mol- lusken, z.B. die Schnecken *Oxychilus depressus* (dringt bis 0,5 m in die Trümmerspalten ein) und *Ena montana*, die Spinnen *Leptyphantes notabilis* und *Clubiona alpicola* sowie die Kurzflügelkäfer *Leptusa simoni* und *L. flavicornis*. Eine Reihe von xerothermophilen Tierarten besiedeln vor allem die wärmebegünstigte Oberfläche der Schutt- und Blockhalden, z.B. der Laufkäfer *Leistus spinibarbis*.



Im Bereich der winterlichen Warmluftaustritte können frostempfindliche, sonst als synanthrop bekannte Käfer und Spinnen (z.B. *Nesticus cellulanus*, PTINIDAE) überleben. Der Kurzflügler *Leptusa simoni* zeigt an diesen Stellen sogar seine Höchstaktivität im Winter. Im Lockerschutt und in Blockansammlungen, die im Waldkontakt zusätzlich durch Laublagen wärme-isoliert sein können, liegen wichtige Fortpflanzungs- und Überwinterungsquartiere felsbewohnender Arten, z.B. Spinnen und Landschnecken, Überwinterungs-, Sonn- und Aufwärmplätze sowie Ganzjahreslebensräume für Zauneidechse, Schlingnatter, lokal auch Mauereidechse, Feuersalamander (die v.a. bei regnerischem Wetter in Blockschuttwäldern des Weißjuras und der silikatischen Donauleiten herumkriechen). Blockschutthalde sind bevorzugte Flug- und Raupennährstandorte für viele Tagfalter, Überwinterungsplätze für Hummeln, Nist- und Paarungshabitat für andere boden- und freibrütende Stechimmen, ganzjähriger Lebensraum einiger vagiler Laubheuschrecken; typischer Lebensraum der Waldgrille (*Nemobius sylvestris*).

Weißjurahalden sind Heimstätte überraschend artenreicher und teilweise recht spezifischer Heuschreckengemeinschaften. In Kalkschutthalden des Hersbrucker Albtraufs wurden 27 Heuschreckenarten nachgewiesen, darunter 2 RL1-, 1 RL2-, 5 RL3-Arten, sowie spezifische Heuschreckengemeinschaften (HEMP & HEMP 1997). In den Mosaikkomplexen aus offenen Hohlzahnfluren, Schwalbenwurzfluren und Bergheilwurzsäumen leben u.a. die seltene Westliche Beißschrecke (*Platycleis albopunctata*), die noch bedrohtere Rote Ödlandschrecke *Oedipoda germanica* (z.B. Gredinger Hang/NM, Hersbrucker Albtrauf, Lindenberg/LAU; typisch für die vegetationsärmsten und wärmsten Schutthalden), die gefährdete Laubholzäbelschrecke (*Barbitistes serricauda*; Kontakt zum Laubholz) sowie einige euryökere Arten wie Rote Keulenschrecke (*Gomphocerus rufus*), Heidegrashüpfer (*Stenobothrus lineatus*) und Kleine Goldschrecke (*Chrysochraon brachyptera*). Die Dornschröcke (*Tetrix bipunctata kraussi*), deren Hauptnahrung Moosteppiche z.B. von *Rythidium rugosum* darstellen, findet sich z.B. in den etwas konsolidierten Hohlzahnfluren.

**Gewöhnliche Gebirgsschröcke *Podisma pedestris***  
L. wird als Beispiel einer Leit- und Zielart für wärmebegünstigte Weißjura-Blockhalden etwas näher behandelt (HEMP & HEMP 1997). Dieses Eiszeitrelikt hat außeralpin offensichtlich nur an wenigen, noch nicht verbuschten Kalkschutthalden überdauert (HEMP & HEMP 1997). Landkreise mit besonderer Verantwortung: LAU, R, AS.

Verbreitung: überdauerte als Eiszeitrelikt außeralpin nur an wenigen Stellen (Nürnberger Keupergebiet, Erlangener Raum, Fichtelgebirge, Frankenwald erschollen), mehrere Frankenalbvorkommen erloschen; heute noch an einer Stelle im Naabtal und an 2 Stellen im Hersbrucker Albtrauf. Nordbayer. (ehem.) Reliktorkommen deuten auf lange Dauer

weitgehend offener Schuttstandorte während der Nacheiszeit (Pflegetategie!).

Standort/Habitat: außeralpin große Blockschutthalde des Malm alpha + beta (unt. Mergelkalk, Werkkalk) in 450-500 m Höhe; in den Kalkalpen schütter bewachsene Kiesbänke, kurzrasige sonnige Almweiden. Diese Art zeigt als Komplexbewohner exemplarisch die Habitatzusammengehörigkeit unterschiedlicher Sukzessionsgrade auf den Blockhalden: Bevorzugter Larvenaufenthalt sind die schütter ausgebildeten Heilwurzsäume, bei niedrigen Temperaturen werden auch die angrenzenden offenen Halden aufgesucht. Für die Eiablage werden jedoch vegetationsarme Südstandorte präferiert, wo die höchsten Wärmesummen erzielt werden (früherer Schlüpfzeitpunkt als bei anderen Heuschrecken).

Biologie: typ. Gebirgsart, daher reduzierte Flügel (damit sehr eingeschränkte Ausbreitungsmöglichkeiten) u. kurzer Entwicklungszyklus; Eier können tiefe Temperaturen ertragen, Nymphen brauchen viel Wärme zur raschen Entwicklung; innerhalb der Gattung viele Endemiten; konkurrenzkräftig nur an Extremstandorten mit außerordentl. Temperaturschwankungen, denen nur wenige andere Heuschrecken gewachsen sind. Eiablage im Jura zwischen fast vegetationsfreie Kalkscherben (hohe Wärmesummen zugunsten Eientwicklung, kühlen andererseits im Frühjahr bei schlechter Witterung vor dem Schlupf der Nymphen stark aus).

Gefährdung/Naturschutz: Gehört zu den am stärksten vom Aussterben bedrohten Tierarten Deutschlands (RL 1 Bayern); außeralpin stark durch Zuwachsen ehemals offener (u. durch Beweidung offengehaltener) Felsfußstandorte bedroht. Geringe Vagilität erzeugt Isolation der durch Sukzession geschrumpften Restpopulationen und macht Entbuschung dringend. Dann aber rasche Neubesiedlung freigestellter Schutthalden im direkten Anschluß. Habitatausdehnungsmaßnahmen senken die Nymphensterblichkeit (Mikroklima-Optimierung, da bessere Aufheizung und längere Wärmehaltung; Reduzierung des Feinddrucks). Aufwendige Entbuschungsmaßnahmen u.a. Lindenberg, Mühlkoppe, Wied, Zankelstein, Houbirg können Populationsreste zwar momentan stabilisieren, Folgepflege ist allerdings mit privaten Kräften ungesichert; deshalb außeralpin ungewisses Schicksal.

Kalkschutthalden sind auch Vorkommenszentrum seltener und aussterbender Tagfalter wie Alpenapollo (z.B. Grüntenfuß, Spielberg/RO), Frankenapollo (z.B. Kleinziegenfelder Tal, Eichstätter Jura, Hersbrucker Albtrauf), Segelfalter (Kniemantelstandorte), Regensburger Heufalter (*Colias myrmidone*; Naabtal), Glückswidderchen (*Zygaena fausta*; Südalb), teilweise auch der seltenen Bläulinge *Agrodiaetus damon*, *Glaucopsyche alexis*, *Lysandra bellargus*, *Maculinea arion*, der Satyriden *Brintesia circa*, *Chazara briseis*, *Hyponephele lycaon* (Hersbrucker Alb), der Spanischen Flagge (*Callimorpha quadripunctaria*), einiger weiterer Nachtfalter, z.B. das Blankflügel-Flechtenbärchens *Nudaria mundana* (die Falter ruhen tagsüber gern an beschatteten feuchten Felsen), mehrerer hochspezialisierter

Hautflügler (z.B. der Regensburger Sandbiene *Andraena ratisbonensis*; nur Südostalb), Spinnen, z.B. der Springspinne *Phileus crysos* und Käfer (z.B. der Schwalbenwurz-Blattkäfer *Chrysochus asclepiadeus*). Einige Jura-Halden dienen den Jung-Uhus nach Verlassen des Nestes bei weiterer Fütterung durch die Altvögel als Aufenthaltsort. Die Laub- und Humustaschen zwischen größeren Blöcken sind Lebensraum für einige mulmfressende Spezialisten, z.B. Larvenquartier für Rosenkäferarten (CETONINAE). In Kalkblockhalden der Frankenalb finden sich z.B. die Kleinschnecken *Vertigo alpestris* (alpines Glazialrelikt) und *Cochlodina orthostoma* (Ahorn-Buchenwälder der Jura-Blockmeere).

Viele dieser Vertreter finden sich auch im unterfränkischen Wellenkalk, wo es "vom Frühjahr bis zum Herbst wimmelt von Spinnen, Kankern (Weberknechten) und Milben in der Geröllehe" (STADLER, zit. in KAISER 1950). Unter den vielen, für den gesamten Hangkomplex charakteristischen Arten seien die Kalkschutt-Milben *Eugamasus magnus*, *Pergamasus crassipes*, *Rhagidia terricola* und *Erythraeus regalis* besonders herausgestellt. An Trockenhänge mit hohem offenen Boden- bzw. Felsanteil (Bodenskelettanteil mindestens 65-70 %) sind hier u.a. gebunden die RL-1-Heuschrecken *Oedipoda germanica*, *Calliptamus italicus*, sowie *Oedipoda caerulea* und *Myrmeleotettix maculatus* (WEIDNER zit. in KAISER 1950), der Libellenhaft *Ascalaphus longicornis*, die extrem xerothermophile seltene Wanze *Liorrhysus hyalinus*.

Ein hochspezifischer Kleinlebensraum sind die kleinen Hohlräume der Schutthalden. Bemerkenswerte Beispiele dieser mikrocavernikolen Fauna sind die pigmentarme Assel *Mesoniscus alpicola* (z.B. Königsseegebiet).

### Silikat-Blockhalden

Auch sie besitzen eine eigene Kleinfaua. Granitblockfelder des Böhmerwaldes wie am Steinfleckberg, Dreissessel oder Lusen, des Fichtelgebirges oder auch Basaltblockhalden besitzen eine eigenständige glazialreliktische, d.h. arktisch-alpine Spinnenfauna (Baldachin-, Wolfs- und Sackspinnen), die dort in der Gesamtzooomasse gegenüber anderen räuberischen Arthropoden (Chilopoden - Hundertfüßler, Opilioniden - Weberknechte - Formiciden - Ameisen) zu überwiegen scheint. Allein die Reliktarten aus lange zurückliegenden Klimaperioden widerlegen die von mancher Seite geäußerte These, Blockfelder seien eine Folge menschlicher Waldzerstörung (HAUG 1995). Beispiel: Auf der Basaltblockhalde des Bauersberges bei Bischofshaus/NES spielt die seltene, am Tage auf erwärmten Blöcken jagende Wolfsspinne *Acantholycosa norvegica sudetica* eine dominierende Rolle. Auch unter den nachtaktiven Jägern fanden sich seltene montan-alpine Spinnen wie *Drassodes hispanicus* und *Gnaphosa montana* (LEIPOLD & FISCHER 1986). Unter den tagaktiv jagenden Springspinnen (SALTICIDAE) sind weiterhin die Arten *Salticus scenivus*, *Sitticus apicatus* und *Heliophanus muscorum* bemerkenswert, als "Pionierarten" u.a. *Erigone atra*, *E. dentipalpis*, *Oedothorax apicatus* und *Meioneta*

*rurestris* sowie einige Waldarten wie *Tegenaria sivestris* und *Amaurobius claustrarius*. Ungewöhnlich ist das weitgehende Fehlen von Lauf- und Kurzflügelkäfern.

**Block-Unterseiten:** Im Bereich der Donauhänge unterhalb Passau nennt GRÜNWALD (1990) hier eine Reihe von bemerkenswerten südosteuropäischen und ostalpinen Arten. Niststandorte und ideale Winterquartiere für mehrere xero-thermophile Spinnenarten. Mit Rote-Liste-Arten wie *Vitrea subrimata* und *Discus rotundatus* tragen montane Silikatblockhalden zur insgesamt armen Schneckenfauna der Kristallinmittelgebirge bei.

**Blockwiesen:** Granitblöcke und insbesondere solche Wiesen häufig umgebende Lesesteinwälle liefern optimale Sitzwarten für Heidelerche, Steinschmätzer, Wiesenpieper, Braunkehlchen, Würgerarten und Greifvögel. Glattnatter und Kreuzotter finden begehrte Sonnplätze. Auch das Birkhuhn zeigt(e) eine auffällige Vorliebe für derart kleinstrukturiertes Gelände (SCHMALZER 1992, PILS 1994).

### F.1.5.6 Fauna von Inselgesteinen, Härtingen und Dolomit-Kiefernwäldern

Für die einschlägig große Faunenvielfalt kann hier schon mangels ausreichend lokalisierbarer Bestandsaufnahmen - nicht einmal ein grober Überblick gegeben werden. Erinnert sei nur an die grundsätzliche faunistische Bedeutung von Härtingen und Felshöckern (vgl. auch Teil A), deren stets weniger intensiv genutzte, flachgründige und trocken-warme Sonderstandorte Habitatinseln für viele Arthropodengruppen (z.B. Hautflügler, Heuschrecken und Schmetterlinge), Sitzplätze für Vögel, Habitate für Reptilien (z.B. Zauneidechse) bereitstellen.

Einer der wenigen faunistisch in seinem bayerischen Gesamtbestand untersuchten Geotope ist der Pfahl. DISTLER et al. (1993) registrierten hier u.a. Schlingnatter, Zaun- und Bergeidechse, Kreuzotter. Unter den mindestens 34 Ameisenarten, darunter 21 als gefährdet geltende, befinden sich mehrere Charakterarten sonniger warmer Hanglagen (z.B. *Leptothorax nigriceps*, *L. tuberum*, *L. unifasciatus*, *Formica rufibarbis*). In 26 aufgenommenen Pfahlabschnitten wurden 25 Heuschreckenarten gefunden, darunter 10 der RL Bayern (z.B. *Oedipoda caerulea*, *Decticus verrucivorus*, *Chorthippus apricarius*, *Gryllus campestris*). 113 Webspinnenarten aus 20 Familien enthielten mindestens 17 in Bayern gefährdete Arten. DISTLER et al. (1993) betonen die Bedeutung als Refugium für thermophile und stenöke Spinnen. Der Weißensteiner Pfahl (REG) enthält die stark gefährdete Schließmundschnecke *Balea perversa*.

Die Dolomitknocks der Frankenalb mit ihren schutzwürdigen, durch Unterwuchsarmut barrierearmen, lichten Rindsaugen-Kiefernwäldern beherbergen u.a. eine spezifische Heuschreckengemeinschaft mit Keulenschrecke (*Gomphocerus rufus*), Kurzflügel-Beißschrecke (*Metrioptera brachyptera*), Strauchschrecke (*Pholidoptera griseoptera*),

Waldgrille (*Nemobius sylvestris*) und Plumpschrecke (*Isophya pyrenaica*) (HEMP & HEMP 1996, HEMP 1997). Charaktertier der Dolomiten ist die Rote Schnarrschrecke (*Psophus stridulus*). Herausragend ist der Tagfalter-Reichtum (u.a. im dolomitsandigen HELICHRYSO-FESTUCETUM, der Waldanemonen-MESOBROMION-Gesellschaft und dem Rindsaugen-Kiefernwald, mindestens 51 Arten), u.a. mit Schlehenzipfelfalter (*Satyrium acaciae*), Silbergrünem Bläuling (*Lysandra coridon*), Schornsteinfeger (*Aphantopus hyperanthus*) und Großem Ochsenauge (*Maniola jurtina*). Der jaspisgrüne Prachteleufalter (*Calotaenia celsia*) und der dunkelblaue Bergblattkäfer (*Chrysochloa rugulosa*) deuten an, daß eine Reihe kontinentaler Faunenelemente auf diesen Sonderstandort vordringen.

Almkalkhügel Südbayerns sind bzw. waren Lebensraum einiger regional seltener Arten wie des Bibernell-Widderchens (*Zygaena minos*).

Molassehärtlinge des südwestbayerischen Alpenvorlandes sind zwar faunistisch wenig untersucht, beweisen aber durch wenige Stichprobenergebnisse wie Hufeisenklee-Widderchen (*Zygaena transalpina*; BRÄU in WEIDEMANN 1996) und Schnarrschrecke (*Psophus stridulus*), ihre regionale Bedeutung.

### F.1.6 Verbreitung, Verantwortung der Landkreise

Einzelvorkommen können nur beispielhaft genannt werden und sind den Regionalfachleuten ohnehin vertraut (siehe auch die regionalgeologische und heimatkundliche Literatur, die ABSP-Landkreisebände sowie die Naturraumcharakterisierung in Kap. A.1.6). Stattdessen werden Schwerpunkgebiete und regionalspezifische Sonderausprägungen herausgestellt, die die örtlichen Handlungsprioritäten bestimmen können. In den Alpen, in denen Felsen ja keine Besonderheit darstellen, werden nur aus dem üblichen Rahmen fallende, standortökologisch und geologisch bemerkenswerte Felsformen, Ausbisse und Härtlinge kurz gewürdigt (vgl. GLA 1994). Weitere Beispiele in A.1.6; dort auch ein Überblick des jeweils naturraumspezifischen Typenspektrums an Fels-, Blockfluren, Härtlingen usw. Im Landkreisspiegel werden die meisten der an anderer Stelle (vorgeschalteter Text, Kap. 1.6 in Teil A, andere Kapitel von Teil F) genannten Vorkommen weggelassen.

#### F.1.6.1 Kalk- und Dolomitenfelsen

Nördl. Kalkalpen: Betroffene Landkreise: BGL, TS, RO, MB, TÖL, GAP, OAL, OA, LI. Felsen sind hier bestimmend und häufig, spielen deshalb in diesem LPK-Band nur eine Nebenrolle (vgl. auch Teil A). Die Watzmann-Ostwand ist weder durch Nutzung bedroht noch "pflegebedürftig". Einzelne Felswände der Voralpen aus ihrem naturnahen Gelände- und Biotopzusammenhang mit Halden, Rasen, Wäldern "herauszuschützen", widerspräche den alpinen Naturschutzzielen. Eindrucksvolle Felsen und Wände

bilden v.a. Hartkalke und Dolomite, vor allem Wettersteinkalk, Dachsteinkalk, Schratzenkalk, Hauptdolomit, Ramsaudolomit, in weniger ausgedehnter, aber ebenfalls jeweils sehr charakteristischer Form auch Oberrätalkalk, Plattenkalk, Jurakalke, Muschelkalk, Hallstätter Kalke, Raibler Kalke und Rauhwacken, tertiäre Nagelfluhwände (OA) u.a. Seltene, ökologisch spezifische Fels- und Wandbildungen: Fylschwände (z.B. Schlappolt/OA), Radiolaritwände (z.B. Rotwand, Oberallgäu), cenomane Konglomeratwände (z.B. Klammspitzzug/Ammergebirge), Nummulitenkalke und Sandsteine der Helvetischen Inselberge.

Altes Gebirge: Betroffene Landkreise: KUL, KC, HO, WUN, PA, SR. Viele Karbonatfelsbildungen sind hier höchst schutz- und pflegewürdige Biotope! Sehr selten und als spezielle Standort- und Biotopinseln daher von erheblicher Bedeutung sind z.B. die wenigen natürlichen "Urkalk"- und Marmorfelsen (z.B. Devonkalke im Bereich der Fränk. Linie).

Fränkischer Muschelkalk: Landkreise: MSP, WÜ, (AN, KG, NES, BT, KC). Alle nat. Fels- und Wandbildungen sind hier höchst schutzwürdige Biotope! Keine einzelnen Felsauftragungen, aber örtlich sehr bestimmende Abstürze und Bastionen im Main- und Saaletal, seltener Taubertal und im obermainischen Muschelkalkgebiet (z.B. Zeyerner Wand/KC).

Weißjura-Alb (siehe auch ergänzend Kap. A.1.6.1.2.2; SPÖCKER 1952): Landkreise: ND, DON, WUG, EI, KEH, RH, R, SAD, NM, AS, LAU, BT, FO, ERH, BA, LIF. Viele Fels- und Wandbildungen sind hier sehr wertvolle Biotope! Im außeralpinen Bayern das Fels- und Kletterdorado schlechthin. Dabei gibt es zwischen einzelnen Altteilen große Unterschiede hinsichtlich Felsform (Nadeln, Türme, Bastionen, Massive usw.), Felsposition (Talrand, Hochfläche usw.) und Felsdichte. Konzentrationszonen sind der zentrale Riffzug der nördlichen Frankenalb und die relativ tief eingeschnittenen Talsysteme. Im Donauzug (= südliche Frankenalb etwa südlich der Autobahn Regensburg - Nürnberg) stehen größere Karbonatfelsen der Massenkalkfazies vorwiegend an Talrändern, kaum auf der weithin lehmüberdeckten Hochfläche; es werden die größten außeralpinen Wandhöhen erreicht (unteres Altmühltal); Felsdichte (bezogen auf die Gesamtfläche oder Weißjura-Anteile von Landkreisen) allerdings viel geringer als in der Nordalb; trotzdem beinhaltet der Naturpark Altmühltal insgesamt immerhin in der Vertikalprojektion 85 ha natürliche Felsen (und 50 ha technogene Felsen in Steinbrüchen; MÜHLE 1986).

Im Nordzug (incl. Hersbrucker- und Fränkische Schweiz, etwa nördlich der BAB Regensburg - Nürnberg) finden sich Karbonatfelsen nicht nur entlang der hier viel stärker verzweigten Talsysteme, sondern zumindest im zentralen Riffzug auch auf der in Knocks und "Kleintafelberge" gegliederten Hochfläche (z.B. Spitzelstein bei Kleinziegenfeld/LIF, Purzelstein bei Drosendorf/BT). Neben nadel- und turmartigen Riffelsen gibt es hier auch Wandabstürze von beträchtlicher Länge/Horizontalerstreckung (z.B. Rödelfels bei Urspring/FO, Stafelberg). Die Felsformen sind oft abenteuerlicher

und bizarrer als in der Südalb. Kuriose, abenteuerlich geformte, menschengestaltähnliche und entsprechend sagenumwobene Felsen sind Legion. Beispiele: Felsturm des Rotensteins bei Burggrub/BA, Kreuz- und Seigelstein/Leinleitertal, Felswildnis der Höhlenruine Riesenburg, Dollesenloch und Färberbrunnen-Felstor b. Funkenreuth/AS, Polsterweiherhöhle bei Höfen/LAU, "Himmelsteuberer" bei Neuhaus/BT, der "Alte Fritz" in Krögelstein/BT, Felsenzirkus von Tüchersfeld, Großer und Kleiner Lochstein im Veldensteiner Forst, Rennerfels. Weniger bekannt aber nicht weniger eindrucksvoll sind dolomitisierte Riffkuppeln, d.h. gewölbeförmig anstehende Felsbänke (z.B. Weidelwang/BT).

Der Nordzug erreicht die höchsten außeralpinen Felsdichten Bayerns und Deutschlands (vielleicht mit Ausnahme einiger Teile der Sächsischen Schweiz). Nach eigenen Groberhebungen beträgt die Zahl voneinander getrennter Felskomplexe auf

- TK 25 Blatt 6435 Pommelsbrunn (AS, LAU): mehr als 270,
- TK 25 Blatt 6335 Auerbach (AS, BT, LAU): mehr als 340,
- TK 25 Blatt 6234 Pottenstein (BT, FO): weit mehr als 400,

wobei Bastionen rings um Knocks und "Kleintafelberge" sowie Felsketten an Tahrändern nur je einmal gezählt und kleine Wald- und Hutungsfelsen nicht mitgezählt sind.

Lokal kann die Felsendichte noch wesentlich darüber hinausgehen. Die großflächig "felsigsten" Räume des außeralpinen Bayern liegen

- zwischen Höfen und Velden/BT, mit Kleinbastionen, die in viele kleinere Einzelfelsen aufgelöst sind;
- zwischen Velden und Hartenstein/BT, LAU, mit der Felskette der Pegnitztalenge (Lange Agnes, Hirtenfels, Johannesfels, Hufstätte usw.), den großen Felsriffen der Hartensteiner Oberberge, dem "Teufelstritt", den "Katzenlöchern" usf.;
- um Hirschbach/AS, LAU, mit den bekannten Felswanderwegen und Kletterschwerpunkten Mittag, Norisfelsen, Mittelbergwand usw.;
- vor allem aber - in den Truppenübungsplatz Grafenwöhr hineinreichend - zwischen Sackdilling und Krottensee/AS, NEW, mit den prägnanten Felslabyrinthen der Hirschlecke und des Herrschlages, den ringsum felsig abstürzenden "Kleintafelbergen" Brentenfels, Mahnsberg usw. und den gewaltigen Felsklötzen des Schlackenberges;
- im Engenthaler Schlag und Hohen Ast/LAU (Schwammkalktürme und -wände, hier auch Bergsturzmassen und Blockanhäufungen).

Insgesamt enthält die "Fränkische Schweiz" i.w.S. einschließlich der Hersbrucker- und Pegnitzalb mehr als 2000 kletterattraktive Kalk- und Dolomitfelsen (EICKE mdl.). Viele Täler der Nordalb sind von Hunderten von Felsen gesäumt (Wiesent, Püttlach, Weiherbach, Trubach, Kleinziegenfelder Tal usw.). Die z.T. berühmten Talrandfelsbastionen

(z.B. Streitberg, Pottenstein, Rabeneck, Rabenstein, Hiltoltstein, Wolfsberg, Wiesentfels, Aufseß, Gößwein, "Felsendorf Tüchersfeld") und beidseitig von durchgehend Abri-artig überhängenden Wänden gesäumten Felsencanyons (am eindrucksvollsten in der Püttlachenge zwischen Pottenstein und Tüchersfeld) brauchen hier nicht mehr näher geschildert zu werden. Weniger bekannt ist der Felsreichtum kleinerer Seiten- und Trockentäler, denen im Trockenverbundsystem durch ihre Verbindungen zur trockenen Knocklandschaft der Hochflächen besondere Bedeutung zukommt. Beispiele: Klumpertal mit seinen wilden Felsen - Sommerleite/BT, Tiefer Grund N Tüchersfeld, Gründlen- und Pitztal bei Leienfels/BT, Kirchenweggrund S Gößwein/FO, Lochautal bei Wohndorf/ FO, BT, Trockental zwischen Möchs und Obertrubach bei Hiltpoltstein/FO, Deichsbach zwischen Tiefemhöchstädt und Frankendorf/BA, Trockental NO Königsfeld/BA, Tälchen zwischen Krögelstein und Kainach.

Auch in Albabschnitten, in denen der Durchreisende auf den ersten Blick kaum Felsen erblickt, sind (meist waldumgabene) Felsbiotope ein Kerngerüst des naturnahen, teilweise xerothermen Flächenverbundsystems und in überraschender Zahl vorhanden. Beispielsweise enthält das Blatt 6434 Hersbruck zwar nur wenige wandartige Großfelsen, aber immerhin mehr als 100 größere Felskomplexe. Auch der rasch vorüberziehende Autobahnbenutzer sieht der Kuppenalb um Pegnitz - Michelfeld - Steinamwasser (BT, AS, NEW) ihren Felsreichtum (mehr als 90 wichtige Felskomplexe) kaum an, schon gar nicht ahnt er etwas vom bizarren Felsformenschatz des Veldensteiner Forstes (Lochsteine, Ortfelsen usw.).

**Hauptverantwortung außeralpine Kalk-/Dolomitfelskomplexe:** LAU, FO, KEH, EI, AS

**Schwerpunktverantwortung außeralpine Kalk/Dolomitfelskomplexe:** LIF, NM, BA, BT

**Mitverantwortung außeralpine Kalk-/Dolomitfelskomplexe:** KUL, LIF, R, ERH, WUG, DON, ND, MSP, WÜ, NES, NEW, SAD, KUL, HO, WUN, PA

#### F.1.6.2 Kristallinfelsen, Silikatfelsen

Die ost- und nordostbayerischen Mittelgebirge Frankenwald, Vogtland, Münchberger Masse, Fichtelgebirge, Oberpfälzer-, Bayerischer- und Böhmerwald enthalten morphologisch und ökologisch vielfältige Silikatfelsen in großer Zahl, vor allem aus verschiedenen Gneisen und Graniten, lokal auch aus Dioriten, Quarzkeratophyr, Diabasen, Ultrabasiten wie Serpentin und Pikrit, Phyllit/Glimmerschiefer, Gangquarz, Amphibolit, Porphyry usw. Soweit diese insulären Gesteine nur kleinere Felsen oder Geländerrücken bilden, werden sie den "Inselgesteinen, Härtlingen" zugeordnet (s.u.).

Granitmauern, -türme und -burgen mit Matratzen- und Wollsackverwitterungsformen überragen fast alle Berge des Fichtelgebirges, z.B. am Waldstein (mit die höchsten, von der sogenannten "Schüssel"

bekrönten Felsbastionen des Naturraumes), Eprechtstein (an dem, ähnlich wie in Flossenbürg/NEW, natürliche Granittürme und Burgruinen eine vollendete Einheit bilden), Rudolfstein (vielfältige Granitverwitterungsformen, große kletterattraktive Felstürme, regelrechte Kamine), Weißenstein südlich Marktredwitz, Haberstein, Kösseine, Backöfele-Felsen am Schneeberg, Katzentrögel im Steinwald, gliedern aber auch so manchen ansonsten eintönig fichtenüberzogenen Berghang (z.B. Ochsenkopf, Steinwald-Südflanke), an waldschadens- und sturmbedingten Lichtungen neuerdings auch da und dort stärker heraustretend. Weitere Schwerpunkte der wollsackartigen Granitfreistellungen sind das Flossenbürger Granitmassiv, der südl. Oberpfälzer Wald, der Falkensteiner Vorwald (hier stellenweise die höchste Kristallinfeldichte Bayerns), der Regensburger Vorwald in Regennähe, der Grenzkamm des Böhmerwaldes.

Gneisfelsen und -wände vor allem im Böhmerwald (z.B. Arberseewände, Kl. Falkenstein, Arber), Glimmerschiefergipfelfelsen z.B. Zwercheck/FRG und Osserkamm/CHA. Xerotherme wandartige Silikatabbrüche insbesondere am Donautalrand (z.B. Bogenberg/SR, Donaustauf/R), im unteren Regen- und Schwarzachtal, an der Pfreimd und an der Fränk.Linie.

Oft besondere Verwitterungsformen reizen zu vielfältigen Sagen und märchenhaften Namen. So etwa spielen auf dem "Teufelstisch" am Waldstein/HO, einer gewaltigen Granitplatte auf einem Steinsockel am Eingang des sogenannten "Roten Schlosses", Waldgeister und Kobolde mit eisernen Kartenblättern zuweilen ein wildes Spiel und zwar mit solcher Wucht, daß der Abdruck der Kartenblätter bis heute auf der Tischplatte eingepreßt ist (KRONBERGER 1954). Opferkessel, Schalensteine (im Fichtelgebirge "Druidenschüssel") entwickelten sich in Gneisen und Graniten, z.B. auf dem Großen Haberstein, dem Burgstein, dem Nußhardt sowie im Blockmeer auf dem Gipfel der Großen Kösseine, bei Karches/BT (Opferwanne); das Fichtelgebirge ist neben der östlichen Oberpfalz das Zentrum merkwürdiger Schüsselsteine. (Näheres siehe u.a. SCHMEISSNER, R. 1975: Das Rätsel der Opfersteine, Die Oberpfalz 63:175-183 sowie KRAUS, S. 1962 "Was uns die Heimat erzählt" Nr.7.) Schalenverwitterung: in Graniten und Gneisen, z.T. auch in mittelkörnigem Diabas (z.B. Steinbruch Jahreis bei Selbitz/HO, v. HORSTIG & STETTNER 1962, DÖBELEIN 1965: Steindenkmäler im Lkr. Rehau).

**Schwerpunktverantwortung Kristallinfelsen:** WUN, TIR, R, CHA, REG

**Mitverantwortung Kristallinfelsen:** BT, HO, NEW, SAD, FRG, PA, DEG, SR, KUL, KC

### F.1.6.3 Sandstein-, Nagelfluh-, Konglomeratfelsen

Sandsteinfelsen aus Burgsandstein, Rhätsandstein, untergeordnet Ob. Buntsandstein, Eisensandstein, Molassesandstein, Kreidesandstein, Karbonsandstein in folgenden Land- und Stadtkreisen: BT,

LAU, RH, ERH, WUG, HAS, (LIF, CO, MSP, AB, FO, BA, NM, AS, NEW, DON, AN, AB, MIL, OAL, OA, RO). Häufen sich im Mittelfränkischen "Becken" (Reichswald, Tennenloher Forst, Rhätschluchten um Nürnberg), in den Rhätschluchten des Spalter Hügellandes und der Rhätstufe W Bayreuth, an der Ostflanke der Haßberge zw. Baunach und Itz. Kleinere Vorkommen an vielen anderen Stellen der Keuper-, Eisensandsteinstufe und des Felssandsteines im Buntsandstein, z.B. nördl. Obermain. Hügelland (um Coburg und Sesslach, Ebnetter Berg, in den Erosionstälern des Westspessarts). Nicht unbedeutend sind die vielen pseudonatürlichen Sandsteinfelsen alter Steinbrüche mit Schwerpunkten im mainnahen Spessart und in den mainnahen Haßbergen, z.T. auch in den Voralpen (Bausteinschichten u.a.). Geradezu dominant sind sie in den Nagelfluhketten der Allgäuer Alpen. Im südwestl. Alpenvorland kennzeichnen sie viele Fluß- und Bacheinschnitte in die gefaltete Oligozänmolasse und die alt- bis mittelpleistozänen verfestigten Schotter und Moränen. Sogar im Quarzitkonglomerat des östl. Tertiärhügellandes (PA, PAN) tauchen Felsbildungen auf.

**Hauptverantwortung Sandsteinfelsen:** BT, RH

**Mitverantwortung Sandsteinfelsen:** ERH, LAU, N, RH, WUG, HAS, CO, LIF, MSP, MIL

**Hauptverantwortung außer-alpine Nagelfluhfelsen:** LI, OA, OAL, M, TÖL, M

**Mitverantwortung außer-alpine Nagelfluhfelsen:** MN, GAP, WM, MB, TS, AÖ, MÜ, BGL, STA, LL, EBE

### F.1.6.4 Blockströme, -felder, Bergstürze

Kristalline Blockströme in Hangnischen und Quellmulden des Fichtelgebirges, Steinwaldes, Oberpfälzer Waldes, vorderen Bayer. Waldes (und aus Quarzitnagelfluh im östl. Tertiärhügelland), Blockmeere ("Steinerne Meere") kennzeichnen vor allem die Fichtelgebirgsgipfel (fast alle höher aufragenden Hauptgipfel bestehen aus blöcke bildendem Granit), einige Granitgipfel des Böhmerwaldes (z.B. Lusen) und Oberpf. Waldes sowie die Basaltschilde und Basaltplateauabbrüche der Rhön und des östl. Fichtelgebirges.

**Schwerpunktverantwortung Kristallinblockfelder:** R, CHA, SR, FRG, REG, BT, WUN, SAD, NES, KG

**Mitverantwortung Kristallinblockfelder:** HO, TIR, NEW, DEG, PA, (PAN)

Blockströme und -felder aus Kallmünzer und anderen Kreiderelikten finden sich vor allem in LAU, BT, AS, (NM, EI, ND, FO, NEW); sie häufen sich an einigen Stellen der östl. Hersbrucker Alb, des Amberger Juras, auf der Velburger Alb und in der östl. Wiesentalb. Die inselartig verteilten Quarzit-, Konglomerat- und Sandsteinverfestigungen der Kreide- und Tertiärreste erweitern als saure Gesteinsinseln das sonst kalkgeprägte Lebensraumspektrum (auch der südl.) Frankenalb, z.B. in der westl. Altmühlalb, im Neuburger Jura, zwischen Pegnitz und

Veldensteiner Forst/BT, LAU, im Raum Neuhaus-Krottensee/LAU, zwischen Horlach und Neudorf/BT.

Weißjura-Blockfelder und -Bergstürze konzentrieren sich auf LAU, (BT, BA, FO, AS, NM). Hauptvorkommen in der Pegnitzalb, z.B. Lindenberg/LAU, Nestelgrund NE Krottensee/LAU, setzen aber auch in anderen Teilen der Oberpfälzer und Nordalb wichtige Biotopakzente, z.B. Hainberg b. Kastl/AS, E Friebertshofen/NM, b. der Ruine Liebeneck S Mettendorf/NM (mit Abrißspalten an der Traufkante). Weitere Beispiele aber auch in der Weltenburger Enge, im Wellheimer Trockental mit den Hauser Wänden und den Weinberg-Höhlen (Relikte eiszeitlicher Hominiden) im Malmkalk, in den Muschelkalkwänden am Main bei Würzburg und Karlstadt.

**Hauptverantwortung außeralpine Kalkblockhalden:** LAU

**Mitverantwortung außeralpine Kalkblockhalden:** BT, LIF, BA, FO, ERH, NM, KEH, EI, WUG, WÜ, MSP, AS

Schwerpunkt der Kalkblockhalden sind natürlich die Bayer. Alpen. In allen Alpenlandkreisen finden sich eindrucksvolle Beispiele. Herausragend sind die Bergstöcke mit der höchsten Reliefenergie und den mächtigsten Massenkalk- und Dolomitwänden (BGL, GAP, OA).

Auch in einigen nordbayer. Rhätschluchten finden sich Bergstürze (z.B. Teufelsloch/BT, Siplinger Loch/RH, Rathsberg/ERH, Grünsberg/LAU).

### F.1.6.5 Inselgesteine, Härtlinge

Mineralogisch, petrographisch und gebirgsbaulich vom Umfeld abweichende, meist sehr charakteristische und oft seltene Lebensräume verursachende und auch morphologisch wirksame "Inselgesteine" (seltene Gesteine) finden sich insbesondere in den tektonisch und regionalgeologisch komplex aufgebauten Naturräumen, insbesondere in den Bayer. Alpen, in Bruch- und Störungszonen des Alten Gebirges (z.B. Fränk. Linie, Umrahmung Münchberger Masse, Erbendorfer Störung, Donaurandbruch, Rheintalgraben am Untermain, Pfahlstörung). Hydrothermal als Ganggesteine ausgefüllte Bruchstrukturen (= Gangmineralisationen) durchbrechen und durchsetzen immer wieder die Matrix aus alten Gneisen und später (variskisch) aufgedrungenen Graniten. Außer den vielen, z.T. im Landkreisspiegel (siehe unten) genannten Sondergesteinen seien hervorgehoben:

Serpentinit (metamorphes, ultrabasisches, seltenes Tiefengestein, das im Gelände aufgrund seiner Verwitterungsresistenz herausragende Kuppen und Rippen ausprägt): über 45 geotopwürdige Vorkommen in Oberfranken (vor allem Prasinit-Phyllit-Randzone am SW und NW-Rand der Münchberger Masse = bayern- und deutschlandweit wichtigster Serpentinit-Schwerpunkt, Bernecker Gneiskeil bei Röhrenhof), über 30 geotopwürdige Vorkommen in der Oberpfalz (Erbendorfer Grünschieferzone, mittl. u. östl. Opf. Wald) und wenige Vorkommen in

Niederbayern (z.B. Rachelgebiet). Amphibolite stehen in Bayern größerflächig und morphologisch wirksam vor allem im Grenzgebiet zwischen Saxothuringikum und Moldanubikum in der nördlichen Oberpfalz an (charakteristisch-rundliche Lesesteinformen), als Randaugitit im Kontakt zum Serpentin (z.B. bei Förbau/HO).

Eine große Rolle innerhalb bayer. Inselgesteine spielen interessante Gangmineralisationen: Pfahlquarze: (geologisch/mineralogisch auffälligste Gangerscheinung in Bayern; matt, trübweiß bis graue, durch Eisenoxid und -hydroxid rötlich gefärbt): Quarzrippe mit schnurgeradem Verlauf zwischen Schwarzenfeld-Wölsendorf am Südrand des Oberpfälzer Waldes über Viechtach-Regen und Freyung bis nördlich von Passau (genaue Vorkommen siehe Landkreisspiegel). Mehrere abzweigende Quarzgänge = Nebenpfähle (z.B. der Kleinenzenrieder Pfahl bei Rötzt). Flußspatgänge z.B. im Nabburg-Wölsendorfer Flußspatrevier/SAD, bei Lam/CHA, Sulzbach östl. Donaustauf/R und westlich Hof/HO; Pegmatitgänge (mit ihrem außerordentlichen Reichtum seltener Mineralien) im Fichtelgebirge, Oberpfälzer Wald, Bayer. und Böhmerwald, u.a. am Waldstein, Epprechtstein, bei Selb, zwischen Tirschenreuth und Waidhaus (interessante Mineralführung; hoher Bekanntheitsgrad), Hühnerkobel b. Zwiesel. Quarzporphyrgänge (Rhyolith): Markt-leuthner Granit zwischen Göpfersgrün, Höchstädt und Markt-leuthen (Abb. F/13, S. 403), in der nördlichen Oberpfalz, bei Weiden/NEW sowie im Vorpessart. Kein anderes Gestein Oberfrankens hat Forscher und Liebhaber so sehr beeindruckt wie die aus rotem Granat und grünem Omphacit bestehenden Eklogite: in Deutschland nur in der Münchberger Gneismasse, vor allem an deren SW- und NE-Flanke mit Schwerpunkt am Weißenstein bei Stammbach (MÜLLER 1984).

**Schwerpunktverantwortung Inselgesteine:** HO, KUL, BT, WUN, TIR, SAD

**Mitverantwortung Inselgesteine:** AB, KC, REG, FRG, PA, SR, R, DEG, HAS, BA, NES, BGL, TS, RO, MB, TÖL, GAP, OAL, OA

### Landkreisspiegel

Vorbemerkung: Die Erfassungs- Schutz- und Pflegeanstrengungen sollten über die im Erstdurchgang GEOSCHOB kartierten Felselemente, die nur eine Auswahl darstellen, hinausgehen. Im folgenden werden jene Landkreise besonders markiert, in denen sämtliche natürliche Felselemente ihre Eignung zur Aufnahme in den Geotopkataster überprüft werden sollten. Viele im folgenden ungenannten Gebietsbeispiele finden sich in anderen Kapiteln (z.B. F.1.3, F.1.4).

**AB:** Alle Felsbereiche und Blockfluren des Landkreises sind Geotope, die besondere Vorkehrungen im Naturschutz verdienen können! Beinhaltet mit dem Grundgebirgsspassart und dessen Randbruch die regionalgeologisch komplexeste Region Unterfrankens. Markante, regionalgeol. besonders bedeutsame Härtlingsrippen: 20-30 m hoher Rücken zw. Hohl und Western (Quarzit), Hahnenkamm usw. Markan-



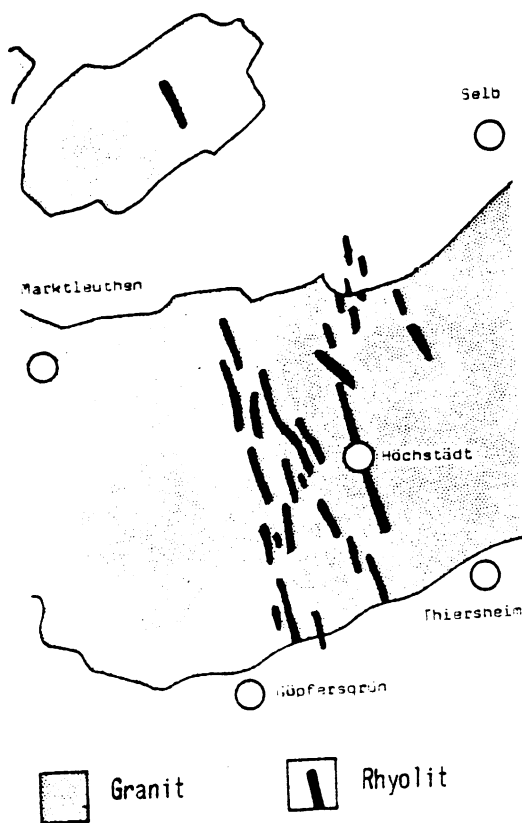


Abbildung F/13

**Rhyolitgangsschar im Fichtelgebirge (MÜLLER 1984)**

te Felssandsteinstufe im Buntsandsteinspessart ist wichtig für oligotrophe Buchen-Eichenwaldgesellschaften. Zwar nicht viele, aber ökologisch, petrographisch u. tektonisch bedeutsame nat. Felsbildungen: Beutelstein SW Oberbessenbach, Grauberg W Gailbach, Teufelskanzel am Godelsberg, Haibacher Schweiz und Hohes Kreuz, Quarzitfelsen am Hahnenkamm, Hessental- und Mittelgrundfelsen b. Waldaschaff, Strütfelsen NW Strüttwald, Rückersbacher Schlucht b. Kleinostheim (Phonolite in Bachaufschlüssen) u.a.

**AN:** Natürlich kein "Fels-Landkreis", aber bemerkenswerte Gesteinsausbisse, z.B. Rote Wand (Lehrbergtone).

**AÖ:** Alle Felsbereiche und Blockfluren des Landkreises verdienen als Geotope besondere Beachtung im Naturschutz! Bemerkenswert sind alt- und mittelpleistozäne Nagelfluhhärtlinge und -wände an den Rändern des Alztales und einiger Trockentäler der Alzplatte, z.B. Oberschroffen im Alztal (mit Geol. Orgeln), Kreuzfelsen in der Salzach in Burghausen (Reliktstandort von *Festuca pallens*).

**AS:** Alle Felsbereiche und Blockfluren des Landkreises sind Geotope, die besondere Vorkehrungen im Naturschutz verdienen können! Schwerpunktlandkreis für Knock- und Cockpitfelsen in Mittel Europa sowie für Kallmünzer- und Limonitsandstein-

blöcke; Kuppen-alb/Cockpitlandschaft zw. Königstein und Birgland sowie Gebiet zw. Königstein - Krottensee und Nitzlbuch gehört zu den kalk- und dolomitmischsten außeralpinen Landschaften Bayerns.

Eindrucksvolle Beispiele (siehe auch oben sowie A. 1.6): Rutschn-Mittagfelsen, Mittelbergwand, Höhenglückfels S Hirschbach (löchriger Lias-epsilon-Dolomit); Schwarzer Brand, Hartenfelsgebiet b. Neukirchen; weitere Felschwerpunkte: Vilstal zwischen Pettenhof und Dietldorf; Lauterachtalsystem zwischen Allersburg und Hohenburg; Kürmreuther Trockental, Taubenbacher Trockental im Taubenbacher Forst. Viele mythologisch bedeutsame Felsbildungen, z.B. "Versteinerte Herde" (sagenumwobene Felsansammlungen im Königssteiner Oberwald), Großer Stein b. Etsdorf (Spukerscheinungen), Riesenstein b. Schloß Neidstein (liegt auf 2 Unterlagesteinen), "Versteinerter Fuß" auf dem Kühberg b. Umelsdorf, Teufelsstein auf dem Kreuzberg bei Vilseck (näpfchenartige Vertiefungen);

Kallmünzer-Blockfelder/-ströme: insbesondere Kleeberg-Sanberg-Schalmbach W Königstein, Blockfeld mit Feldkapelle bei Punkt 432,9 zwischen Königstein und Neuhaus, Knochnige Wiese im Wel-lucker Wald, Kühbrunnen Pommershofer Wald; Weiherholz SE Namsreuth (Blockstrom in Bachmulde), b. Fichtenhof-Steinbach; im "Kranawitten" N Punkt 494 W Eschenfelden (Blockströme) bei der Schließaukapelle bei Krottensee; Quarzblöcke des Kreuzberges zwischen Hahnbach und Vilseck, Blöcke aus Amberger Erzkonglomerat N Hohemkennath.

Dolomit-Bergsturzmassen z.B. N-Hang Schmidberg b. Hirschbach; Weinberg-Steinberg-Krottentühl E Königstein; Felslabyrinth Sackdilling.

Für den Naturhaushalt des Lkr. sehr bedeutsam sind auch die letzten, noch nicht weggesprengten Knockfluren, d.h. kleine Felshöcker in der Flur, z.B. um Ebersberg.

**BA:** Alle Felsbereiche und Blockfluren des Landkreises verdienen als Geotope besondere Beachtung im Naturschutz! Viele Vorkommen siehe A.1.6 und andere Kap. dieses Teiles. Im östl. Lkr. felsreiche Talränder mit gebietstyp., nirgendwo sonst vorkommenden, nadelartigen Felsformen: Wiesental bei Treunitz, Leinleitertal bei Veilbronn, Oberkante Peulendorf-Pünzendorfer Tal (u.a. Eiben in Wandklüften) u.a.

Besonders bedeutende Inselgesteine: Basaltgänge im Weißjura (z.B. "Der Schwarze Steinbruch" b. Oberleinleiter; 2 dolinenartige Vertiefungen - alte Brüche), Altenberg b. Oberleinleiter: Basaltblöcke. Weißjura-Blockfelder und -Bergstürze im Albraufbereich, z.B. Waldabt. Krippe zw. Gügel und Stammberg (hier Eibenbestand). Im Keuperanteil bewaldete Sandsteinbildungen. Schwerpunkt Aufgaben: Waldbau besser auf Felsgeotope einstellen (siehe F.4), Kletterzonenregelungen forcieren, trockenverbundwichtige Felsbereiche noch entschiedener als bisher freistellen. Hochflächenknocks und -fel-

sen besser puffern und durch Trockenstrukturen verbinden.

**BGL:** Die gr. Wände, Felsmassive und hochalpinen Schutthalden übersteigen die Geotop-Dimension. Zwar drohen den höheren Lagen wohl keine Steinbrüche und auch kaum neue Seilbahnen mehr, doch erfordern Wirtschaftswegebau, Alpbewirtschaftung, Pistenerweiterungen und Sprengseilbahnen, Lawinenschutzverbau, Waldwirtschaft und Hochlagenaufforstung sehr wohl eine sorgfältige Abstimmung auf die einzigartigen Reliefschonbezirke und Geotope der alpinen Hochlagen, die hier nur auszugswise angedeutet werden können. Der größte Teil des Alpenanteiles ist Biosphärenreservat und Alpenpark. Auch dies verpflichtet zu einem vorbildlich schonenden Nutzungsumgang mit den vielen Geotopen.

Viele wertvolle geol.-morph. Strukturen der tieferen Lagen erfordern wegen ihrer Einbettung in eine starke Nutzungsdynamik besondere Naturschutzsorgfalt, dazu gehören vereinzelt liegende, in der Höhenstufe seltene und geol. bedeutsame Wände und Felsen, Bergsturzfuren und geol. Fenster zur ältesten Formation der Bayer. Alpen (Perm: Haselgebirge). Beispiele: Bockstein b. Hintergern S Bachgütl, Alte Steinkanzel 30 m E Brunnenbrücke Hintergern, Dolomitfelsen an der Ache "Esterbergpalven und Nasse Wand" am Schwöb-Gußweg, Rote Wand "Waindlerwand" b. Königssee, Felstürme Fleischkellergraben und Graue Wand-Gerstenauer Wand b. Unterau; Bergsturzlanschaften: am Hintersee-Marxenlehen, bei Hallthurm (bis zu hausgroße Blöcke), Wimbachtal (Sturz vom Febr.1959). Haselgebirge als Felsen im Höllgraben 200 m S Stockerlehen. Restscholle der Hallstätter Decke am Ahornbüchsenkopf (Modellbeispiel für tekton. Naturdenkmal mit morph. u. vegetationskd. Bedeutung).

Schwerpunktaufgaben: Waldbau besser auf Felsgeotope einstellen (siehe F.4), einzelne floristisch-faunistisch unersetzliche Talfelsen in Kletterzonenregelungen aufnehmen (z.B. Karlstein).

**BT:** Alle Felsbereiche und Blockfluren des Landkreises, die besondere verdienen besondere Vorkehrungen im Naturschutz! Gehört zu den außeralpin felsreichsten Landkreisen Bayerns mit einer großen Formen- und Substratvielfalt. Es begegnen sich die ökol. und geol. verschiedenartigen Regionen der Kristallin-, Diabas-, Sandstein-, Kalk- und Dolomitfelsen. Schwerpunktlandkreis für Sandsteinfelsen (obermain. Bruchschollenland).

Schwerpunkte Karbonatfelsen: Gebiet um Leienfels, Püttlachtal bei Kohlstein-Tüchersfeld und oberhalb Pottenstein, Weiherbachtal zwischen Schüttermühle und Pottenstein, Totental, Wälder zw. Riegelstein und Eckenreuth (u.a. Schweinsberg - Eibenfels). Viele abenteuerliche und sagenumwobene Formen. Schwerpunktgebiet für Felsentore (Lochsteine; Schwammriff-Felsen mit höhlenartigem Durchgang; Zeugnisse des Anpralles der Kreidemeerwogen an die Jura-Riffe; vergleichbar den rezenten Küstenbildungen der Normandie): Lochsteine und Ortstein im Veldensteiner Forst, Wasser-

steintor und Klauskirche bei Betzenstein, Kalypso- grotte bei Sanspareil, Teufelspredigtstuhl im Veldensteiner Forst; Schwerpunktlandkreis für knock- (dolomitkuppen-)gebundene lichte Heidekiefern- wälder (insbesondere SW Veldensteiner Forst und Südteil Veldensteiner Forst).

Diabasfelsgebiete: um Berneck: Mühl- und Schloß- leite, Thiesen- und Ludwigsfels usw., im Ölschnitz- tal ab Stein etc.

Sandstein: Der Raum SW und W Bayreuth enthält die eindrucksvollsten Sandsteinbildungen Bayerns in der relativ größten Dichte: Buchstein NE Mistel- bach (Sandstein-Felsfreistellungen in Kuppenlage wie im Kristallin), eindrucksvolle Rhätschluchten des Aftergrabens und Ausgrabens bei Neustädtlein sowie des Hermannsbaches S Eckersdorf, quelliges Sandstein-Blockfeld N Dörnhof; Westkante Roter Hügel N Oberwaiz; Kühlloch N Oberwaiz; NSG Teufelsloch bei Oberwaiz (die eindrucksvollen Rhätsandsteinbildungen dieser Schlucht schildert KRONBERGER 1954; neben labyrinthartigen Ver- stürzungen finden sich größere Wände, besondere Felsformen wie eine Naturbrücke, die "Teufelskan- zel" und auf Feuerletten abgeglittene Einzelblöcke, ein Wasserfall); in der Nähe die Felsbastionen, Wandstufen und Blockfelder des Waizergrabens, Fürstenangers, der Luderecke, des Kühloches usw.; Rhätsandsteinfelsen im Schloßpark Fantaisie bei Bayreuth; "Teufelsbrücke" bei Meyernberg W Bay- reuth, eine steinerne Naturbrücke; Hangrutschungen mit abgeglittenen Sandsteinblöcken, z.B. zwischen Oberobsang und Mosing/BT, Waldabt. Gagelkirche zwischen Altenplos und Theta, Wetterstein b. Leu- poldstein.

Kristallinfelsen: Ochsenkopf (Wollsäcke), Weißmain- fels Blockstromheide Kornbach, Fürstenstein b. Goldkronach, Helle Glocke und Mittelberg b. Ober- warmensteinach, Quarzkeratophyr zwischen Löh- marmühle und Heinersreuth u.v.a.

Blockbiotope, -felder: Limonit- und Kallmünzer- blöcke W und NW Bronn, NW Wannberg, Block- feld bei Siegmansbrunn bei Pottenstein, NE Sulz- felsen, SSE Rehberg, E Neuhaus W Elbersberg, W Kühlenfels, Hummer NW Kirchenbirkig, Mittel- berg-Heuberg N Tüchersfeld; NW Tannfeld, W und SW Hainbach, am Schollberg b. Busbach; Tiefental b. Willenreuth.

Serpentinvorkommen: Vorderröhrenhof (alter Steinbruch; noch *Asplenium cuneifolium*), einer der letzten "sicheren" Serpentinbiotope in Bayern.

Härtlinge, Schichtstufen, Zeugenberge, z.B. Wald- pyramide des Schobertsberges als vorgeschobene Doggerscholle im Keuper (Inselberg) (Quellgale- rie).

Schwerpunktaufgaben: Waldbau besser auf Fels- geotope einstellen (siehe F.4), Kletterzonenregelun- gen forcieren, trockenverbundwichtige Felsbereiche noch entschiedener als bisher freistellen. Hochflä- chenknocks und -felsen besser puffern und durch Trockenstrukturen verbinden.

**CHA:** Alle Felsbereiche und Blockfluren des Land- kreises, die besondere Vorkehrungen im Natur-

schutz verdienen können! Schwerpunkt-Lkr. für Granitfelsfreistellungen und Blockfelder sowie für Schlüsselsteine. Ausgeprägteste und schönste Granitfelslandschaft der tieferen Lagen in Bayern (zw. Falkenstein und Trasching). Neben REG Haupt-Lkr. zur Erhaltung und Pflege des Pfahles.

Beispiele für wichtige Felsfreistellungen und ihre Konzentrationsgebiete: Kaitersberg (z.T. lange Waldfluchten in mehreren Etagen), Gr. und Kl. Arber, Osser (bizarre Glimmerschieferfelsen), Stirzberg b. Kötzing, Pfaffensteingebiet S Reichenbach, viele Freistellungen N und W Süssenbach; Geißriegel/Kirschbaumerriegel/Herrnholz/Hausmichelriegel/Dachsriegel b. Lixenried, Zwirenzell, Hüttenhäng/Riegelbaum/Klammerfels/Hoher Stein b. Herzogau, Hohe Kugel/Hochwald/Wiedenbrunn/Unt. Hänge/Buchet/Lohhänge/Gemeindeberg E und NE Grafenkirchen, Burgstall bei Gleißenberg, Linienschlag bei Voithenberg, Brennetriegel NNE Furth.

Viele merkwürdige Schlüssel-, Schalen- und Opfersteine: NW Falkenstein, am Lauberberg, Schweinsberg bei Marienstein; auf dem Semmelberg bei Hundessen, bei Treitersberg, bei Süßenbach, Heilgenkammer bei Sattelpfeilstein, b. Untergrafenried.

Blockströme und -felder am Schloßberg bei Rötz, Steegenberg S Steegen, Schwarzwöhrberg-Steinerne Wand bei Rötz, Reiseckerhänge und Grabenlohe bei Althütte, Haseltrift bei Lenkenhütte, Hohenwarther Wald b. Arrach, Öderberg und Hochholz N Löwendorf, am Asterberg SE Ast, mehrere Wald-Blockströme W und SW Grasmannsdorf, Hänge des Hohen Bogens (am Bründel, Lange Höhe, Kagerstein, Pürzerriegel usw.), auffallend häufig im Osser-Zug, z.B. Zwercheck-Seewand, ca. 1200 m (hier spezifische Formen des kambrischen bis algonkischen, nach HAUG & MÜLLER (1995) wahrscheinlich weniger metamorphisierten Glimmerschiefers, der bei der Verwitterung weniger Feinmaterial liefert und deshalb insgesamt vegetationsfeindlicher ist!), Amphibolit-Blockfeld am NW-Hang des Hohen Bogen.

Inselgesteine: Serpentin b. Cham; Kalkvorkommen von Kalkofen zw. Arnschwang und Hoher Bogen (leider im Dorf selbst); pot. schwermetallhaltige Sonderstandorte in einigen alten Erzabbauen: Johanniszehle 2 km NW Lam (bereits 1463 Ag- und Cu-Abbau). Ökol. Sondercharakter der Gabbro-Amphibolit-Masse von Neukirchen-Hl. Blut äußert sich z.B. in der für Silikatgebirge ungewöhnlichen Artenvielfalt an Gehäuseschnecken (LINDNER zit. nach VOGGENREITER 1970 fand am Hohen Bogen 71 Arten), im Ausschluß von *Chamaecytisus supinus* und Vorkommen von *Rosa pendulina*, *Polygala chamaebuxus* und *Polygonatum verticillatum*.

Pfahl (Flächenbeschreibungen im einzelnen siehe DISTLER et al. 1993): NE und N Altrandsberg (u.a. Steinbruchfelsen, bewaldeter Wall), Waldrippe zw. Alterdorf und Wolfersdorf, SW und NE Wolfersdorf (Felsrippe mit Bi-Ei-Wald, alte Steinbrüche usw.), SE und NW, felsige Rippen bei Riesel (z.T. mit "Pfahl-Trockenwäldern"), zw. Bierwinkl und Loch,

Riedhof (Felsriegel mit Quarzblockfeldern), mehrere Pfahlbereiche b. Hanzing (Felsen, bewaldete Wälle), N Treffling und b. Wilting, Radlinger und Brunniger Pfahl mit Teufelsmauer, Thierlsteiner Schloßberg, Pfahluine Schwarzenberg zwischen Fronau und Strahlfeld usw.

Kristallin-Knocks (Heidehügel, "Bierl", Weide-Caluneten) waren früher für den Lkr. charakteristisch (z.B. Satzdorfer-, Tauben-, Fischer-, Kropf-, Kollenzdorfer-, Holder-, Zifflinger Bierl), sind aber durch Melioration, Aufforstung und Sukzession weitgehend verändert (geblieben ist dann nur ihre "Geotop-Qualität"). Die hier geballten Vorkommen von *Chamaecytisus supinus* sind entsprechend ausgedünnt. Das Kristallgranitgebiet um das Roding-Nittenauer Regental mit seinen "vielen offenen lichten südexponierten und trockenwarmen Fels-, Hügel- und Hangstandorten ist ein Ballungsgebiet von Fundorten des Schwarzwerdenden Geißklee" (VOGGENREITER 1970).

**CO:** Alle Felsbereiche und Blockfluren des Landkreises, die besondere Vorkehrungen im Naturschutz verdienen können! Einzelne bryologisch bemerkenswerte Sandsteinbildungen (z.T. mit Wabenstrukturen) und felsstufige Sandsteinhänge, z.B. Heilgersdorfer Forst, Hohenstein bei CO.

**DEG:** Alle Felsbereiche und Blockfluren des Landkreises, die besondere Vorkehrungen im Naturschutz verdienen können! Im Bayerwald vor allem in Kammlage ansehnliche Felsfreistellungen, kleine Wände und Felsburgen (Vogelsang, S-Hang Büchlstein b. Grattersdorf, Kanzel b. Schaufling, Ruselfelsen u.a.). Mehrere schöne Blockmeere, Blockströme und -felder (z.B. Vogelsang; Saulochklamm). Von besonderer landschaftspfleg. Bedeutung sind die Blockheiden und Blockwiesen in Oberhangnischen (z.B. Graflinger Tal, Raum Eidsberg, Brotjacklriegel-Oberhänge), hier allerletzte Relikte magerer artenreicher Rotschwengelwiesen und Borstgrasrasen mit seltenen Pflanzenbeständen (z.B. Holunderorchis).

Im Mittelpunkt des geol. Naturschutzes stehen die donaanahen Felswände und Leitens aus "Winzergesteinen", d.h. tektonisch beanspruchtem Kristallin des Donaurandbruches, z.B. Winzener Burgberg (Typlokalität für Diaphthorite des Randbruches); Natternberg (Abgleitscholle des Randbruchs), isolierte Juraschollen, z.B. Stbr. Flintsbach. Xerotherme Silikatrasen.

**EI:** Alle Felsbereiche und Blockfluren des Landkreises, die besondere Vorkehrungen im Naturschutz verdienen können! Talränder von Weißjuraabstürzen und "Schwammerlfelsen" geprägt. Wellheimer Tal (EI, ND): Dollnsteiner Wand, Ensner Turm, Weißer Grat, Fensterlwand, Oberlandwand und -turm, Lochwand usw.; Altmühlal mit Seitentälern: Dolomitabstürze gegenüber Rebdorf, Breitenfurt-Ober-eichstätt, Wasserzell, Stufenrand zwischen Marienstein und Eichstätt, Wintershof-Eichstätt, Dolomitfelsnasen bei Pfalzpaint, Arnsberg-Böhmingen Leitens, Kindinger Leitens, Oberhofen-Eggersberg, Trockental zwischen Dietfurt und

Mühlbach, Altmannteiner Schambachtal, Trockental zwischen Schafshill und Altmanntein, unterhalb Altmanntein usw.; Anlautertal: bei Enkering (Dolomittfels-terrassen). Hohes florist. und faunist. Potential der Felsgebiete: Frankenapello, Segelfalter, Berghexe, *Cardaminopsis petraea* (in der Südalb selten), *Lactuca perennis*, *Minuartia setacea*, *Stipa joannis* (z.B. Arnsberg). Selten auf der Alb auch Quarzit- und/oder Sandsteinblöcke, z.B. in der Schlucht bei Konstein, bei Nassenfels, an der Römerschanze unterhalb Biesenhard.

Schwerpunktaufgaben: Waldbau besser auf Felsgeotope einstellen (siehe F.4), Kletterzonenregelungen forcieren, trockenverbundwichtige Felsbereiche noch entschiedener als bisher freistellen. Hochflächenknocks und -felsen besser puffern und durch Trockenstrukturen verbinden.

**ERH:** Alle Felsbereiche und Blockfluren des Landkreises, die besondere Vorkehrungen im Naturschutz verdienen können! Schwerpunktkreis für morphologisch und vegetationskdl. eindrucksvolle Sandsteinhärtlinge und Burgsandsteinfelsen; herausragende Vorkommen außer den in anderen Kap. bereits genannten: im Tennenloher Forst Turmberg-Dornberg-Weißes Kreuz, Gründlacher Berg-Ofenlochberg-Geyersberg-Rosig; Gr. Felsen b. Punkt 327 am Turmberg und Pkt. 335 am Dornberg, SSW Weißes Kreuz, Stettenberger Rhätschlucht b. Kalchreuth, Rathsberger Felswildnis u.a.

**FO:** Alle Felsbereiche und Blockfluren des Landkreises, die besondere Vorkehrungen im Naturschutz verdienen können! Schwerpunktkr. für außeralpine Karbonatfelsbildungen, insbesondere bastionartige Schwammkalkfelsreihen an Talrändern, z.B. Wiesentalsystem bei Müllersberg, Störnhof, Ruine Neudeck, E Muggendorf, Stempfermühle-Sachsenmühle, Gößweinstein, Weiherbachtal zwischen Schüttersmühle und Pottenstein, Trubachtal zwischen Obertrubach und Wolfsberg, N Egluffstein, Schauertal bei Streitberg, Außeseßtal bei Wüstenstein-Toos (in viele kleine Dolomitstufen aufgelöste Steppenheidehänge), Ailsbachtal bei Rabenstein; Dolomittfelslabyrinth Druidenhain b. Wohlmannsgesees (großtektonisch wichtig, vorge-schichtliche Kultstätte?). Felsentor Quackenschloß zwischen Engelhardtsberg und Muggendorf.

Pflege der Felsbiotope darf sich im Lkr. nicht nur auf die bekannten Talrandfelsmassive beschränken, sondern muß sich auch den vielen Knocks und Felsbildungen der Hochflächen zuwenden (Waldrenaturierung, Pufferzonen im Ackerland, Ackervergrünlandung, Verbundstrukturen schaffen usw.). Wichtige Gebiete sind z.B.: Knockgebiete W Etdorf, SSW Hartenreuth, Degenberg S Wischenstein, Felshäufungsgebiet am Frohnberg SE Hartenreuth.

Eine große Besonderheit sind Rhät-Blockfelder an den Oberhängen des Jägersburggrabens NE Forchheim und des Hammersbachgrabens N Reuth sowie größere Malmblockfelder (Buchen und Rögelstein-Kante E Kauernhofen, Retterner Kanzel, Walberla-Nordostflanke und Westfuß); Kreidesandsteinblöcke auf Feldrainen SW Biberbach am Kohlberg.

Schwerpunktaufgaben: Waldbau besser auf Felsgeotope einstellen (siehe F.4), Kletterzonenregelungen forcieren, trockenverbundwichtige Felsbereiche noch entschiedener als bisher freistellen. Hochflächenknocks und -felsen besser puffern und durch Trockenstrukturen verbinden.

**FRG:** Alle Felsbereiche und Blockfluren des Landkreises, die besondere Vorkehrungen im Naturschutz verdienen können! Vorrangig in der Geotopfleger des Lkr. sind: "Renaturierung" und waldbauliche Heraushebung der größeren Fels- und Blockfelder, sorgfältige Schonung, Offenhaltung und Pflege der letzten Blockwiesen bzw. -weiden (Schwerpunkt-Lkr. für Offenland-Blockwiesen, z.B. Finsterau-Ost, b. Ranfels u. Ginghamting, Dreissessel-Südhang) mit wichtigen Resten der dafür typischen Magerwiesenmosaika.

Viele größere Felsfreistellungen im Böhmerwald, z.B. Wollsacktürme im Dreissesselgebiet, Rachel, Großalmeyerschloß, Stachelhauser Forst b. Haidmühle, Gsteinet-Felsen zw. Hobelsberg und Kohlstattbrunn, aber auch im Vorderen Wald (Saldenburger Bergland). Mehrere Felswände in Durchbrüchen (z.B. Saußbachleite). Die vielen, topographisch und geländeklimatisch sowie ökochemisch unterschiedlichen Silikatfelsen des Lkr. sind für den Artenschutz (z.B. Flechten und Moose) bayernweit und regional von großer Bedeutung. Am Hochstein, Steinernen Meer, an Blockfeldern im Zug Seewand-Zwercheck, Felsabbruch N Grainet, wo u.a. POELT (1972) die seltenen, z.B. glazialreliktischen Arten *Lecanora cenisia*, *L. chloroleprosa*, *L. latro*, *L. subradiosa*, *Lecidea commixta*, *L. praeruptorum*, *Lecidella bullata*, *Parmelia centrifuga*, *P. incurva* angibt (vgl. auch Flechtenteil in Kap. F 1.4). Mehrere seltene Flechten wie *Coniocybohis arenaria*, *Diploschistes bryophilus*, *D. ochrophanes*, *Haematomma porphyrium*, *Lecidea glaucophaea* (Wasserkontakt), *Lecidella goniophila*, *Pertusaria excludens*, *Porina lectissima* unter den Sonderbedingungen der etwas kalkhaltigen, feuchten Klamm-Felsen, z.B. Saußbach- und Buchberger Leite (POELT 1972).

Einige der wichtigsten Blockmeere ("Steinerne Meere") Bayerns: Lusen (kantige Granitblöcke bedecken den anstehenden Granitfelsen fast bis zur Gipfelspitze, d.h. es erfolgte kräftige Zerblockung, aber kaum ein Transport), Steinernes Meer am Plöckenstein, am Teufelstisch NW Bischofsmais u.a.

Bezeichnend auch die vielen, bryologisch und flechtenfloristisch oft bemerkenswerten älteren Lesesteinhaufen und Steinriegel im Lkr. (siehe auch Band II.11!). POELT (1972) nennt für solche anthropogenen Felsstandorte im Raum Grainet z.B. die bemerkenswerten Flechten *Bacidia chlorotricula*, *Lecanora handelii*, *L. soralifera*, *Lecidea variegatula*, *Rhizocarpon oederi*, *Stereocaulon pileatum*, *Verrucaria acrotella*.

Einige wichtige, wenn auch unspektakuläre Pfahlgeotope: Pfahlrippe NW Grafenau, S Kapfham - Ameisenberg, Freyunger Schloßberg, SW Hötzelberg usw. (siehe im einzelnen DISTLER et al. 1993).

**FÜ:** Alle Felsbereiche und Blockfluren des Landkreises, die besondere Vorkehrungen im Naturschutz verdienen können! Schwerpunktlandkreis für morphologisch und vegetationskd. eindrucksvolle Sandsteinhärtlinge und Burgsandsteinfelsen; herausragende Vorkommen: Druidenschüssel bei Cadolzburg (Burgsandstein) und die in anderen Kapiteln genannten Beispiele. Vegetationsökol. bedeutende Einschaltungen von Dolomitarkosen mit Kalkflora.

**GAP:** Die gr. Wände, Felsmassive und hochalpinen Schutthalden übersteigen die Geotop-Dimension. Zwar drohen den höheren Lagen wohl keine Steinbrüche und auch kaum neue Seilbahnen mehr, doch erfordern Wirtschaftswegebau, Alpbewirtschaftung, Pistenerweiterungen und Sprengseilbahnen, Lawinenschutzverbau, Waldwirtschaft und Hochlagenaufforstung sehr wohl eine sorgfältige Abstimmung auf die einzigartigen Reliefschonbezirke und Geotope der alpinen Hochlagen, die hier nur auszugswise angedeutet werden können. Zu den besonderen Geotopen der Hochlagen gehören die vulkanischen Tuffhorizonte im Muschelkalk in 1500 - 1700 m Höhe unter der Riffelspitze und Riffelwandspitze, die kleinflächigen Schubfetzen aus Reichenhaller und Kössener Schichten im Tiefen Tal an der Arnspitz, die Oberjura-Schubfetzen am Riedbodeneck und oberhalb der Sulzleklamm in 1520 m.

Tiefere Lagen enthalten eine große Fülle geol.-morph. Strukturen, die wegen ihrer Einbettung in eine starke Nutzungsdynamik besondere Naturschutzsorgfalt erfordern, dazu gehören vereinzelt liegende, in der Höhenstufe seltene und geol. bedeutsame Wände und Felsen, Bergsturzfuren und geol. Fenster.

Schwerpunkt-Lkr. für Bergstürze und ihre Biotopkomplexe für ganz Deutschland. Glazialer Bergsturz Eibsee-Grainau: nach JERZ (1993) 200-300 Mill. m<sup>3</sup>, 5 km Reichweite, 12 km<sup>2</sup> Fläche (der größte in Bayern); in sich geschlossene Kleinlandschaft von höchster Biotop- und Artenschutzwertigkeit (kleine Seen, Moore, Toteisformen, Blockfichtewälder, seltene Arten wie *Botrychium virginianum*, geballtes extrazonales Vorkommen vieler Hochlagenpflanzen usw.), "Toma"-Hügel (kegelförmige Formen); im Raintal ("Steingerümpel", Blaue Gumpe; letztmaliger Abgang von etwa 50000 m<sup>3</sup> am Oberen Anger am 6.5.1920); Felssturz am 1.6.1991 am Eingang der Partnachklamm staute Partnachsee auf; "Im Boschet" SW Ohlstadt (2-3 Mill.m<sup>3</sup>; nach JERZ 1993 Modellbeispiel mit scharfer Begrenzung, Rand- und Querwällen); Fereinsalm.

Geotopwürdige Inselgesteine und Härtlinge: Helvet. Quarzit/Sandstein-Köchel im Murnauer Moos; helvet. Rundhöcker am Wöhrbach SW Achrain, b. Grub am Hagner Moos. Raiblersandsteininseln b. Klais, im Schachengebiet, am Beinlandl, Bitumenauflüsse im Hauptdolomit (Hochplattengebiet), vulkan. Tuffe im alpinen Muschelkalk (Wetterstein), Cenomannagelfluhwände (Klammspitzzug), Zinkerzhalden Riedboden b. Mittenwald u.a.

Molasse-Nagelfluhruppen und Schichtrippenlandschaften von hoher landschafts- und biotopbildender Kraft u.a. S Staffelsee, SW Spatenhausen, E und W Uffing, Insel Wörth im Staffelsee.

**HAS:** Alle Felsbereiche und Blockfluren des Landkreises, die besondere Vorkehrungen im Naturschutz verdienen können! Enthält zwischen Itz und Baunach die repräsentativsten Sandsteinfelsbildungen Bayerns (nach BT): Landschaftspark Lichtenstein (einmalige Einbeziehung imposanter Sandsteinfelsen in eine Kultur- und Siedlungslandschaft), Einsiedlerfelsen bei Buch; Hohler Stein b. Reutersbrunn; Veitenstein mit Sandsteinhöhle, Lichtensteiner Wald oberhalb Rabenstein. Imposante Blockströme aus Rhätsandstein: z.B. Waldabt. Merzbacherpoint bei Buch (hier auch Wabensandsteine!); viele Sandstein-Sekundärfelsen mit hochspezifischer Flora und Fauna in den mainnahen Altsteinbrüchen der Haßberge. Basaltgänge als Inselgesteine.

**HO:** Die Felsbereiche, morphologisch deutlich ausgeprägten und geol. wichtigen Härtlinge und Blockfluren des Landkreises können als Geotope besondere Vorkehrungen im Naturschutz verdienen! Zentrallandkreis Bayerns für mehrere, auch vegetationsökol. herausgehobene Gesteinstypen. Mineralogisch-petrographisch reichhaltigster Lkr. Bayerns (neben WUN). Lkr. ist Urheimat der Varisker (Hof = Curia Variscorum), nach denen die Variskische Gebirgsbildung benannt ist. Felsgeotope haben für den Lkr.-Naturschutz außerordentliche Bedeutung, weil sie die einzigen Standorte für Magerrasen, Heiden, lichte Eichenwälder und wärmeliebende Arten darstellen. Größtes Diabasgebiet Bayerns, Schwerpunkt-Lkr. für Diabas- und Serpentinrasen, 2 durchaus eigenständige Magerrasentypen, sowie für Schieferhalden (Lokalitäten siehe u.a. Teil B.1.6). Größtlächigste Serpentinausbisse. In keinem anderen Lkr. ist Biotopentwicklung und -pflege so deutlich mit wertvollen Geotopen korreliert.

Diabashärtlinge bzw. -felsen am Langen Bühl, NE Schottenhammer, b. Wiesenhaus, N Joditz, S und SE Zedtwitz, Romansfelsen, SW und NE Haid, Saaleiten N Unterkotzau, Fattigmühle, Lamitzmühle, J. Paul-Felsen, Rauhe Leiten, Papiermühle, Birkelleite, Durchbruch Hirschstein-Brunnenthal, an der Schwedenwacht, Frankenwarte, NE Kirchgattendorf, Saalefelsen bei Blankenberg, Hoher Bühl W Marxgrün, Diabas-Knocks N Unterkotzau, NE Forst, Siebenhitz, Culm, Göstrabachtal, Steingrün SE Reitzenstein, Büchigwald N Gottmannsgrün, Felsen im Bergholz E Regnitzlosau; Breiter Bühl bei Erbsbühl (säulige Diabasabsonderung). Einen der schönsten natürlichen Diabas- (z.T. auch Diabasbrekzien- und Diabastuff)-Aufschlüsse mit Felstürmen, Block- und Schutthalden, wandartigen Abstürzen und sogar Säuerlingen (kohlenensäure-reiche Quellen im Flußbett, an braunroten Ockerausscheidungen zu erkennen) hat die Selbstitz im Höllental geschaffen. Felskomplexe auch beim Bahnhof Hölle; Südportal des kl. Höllentunnels im Höllental (einmalige Pillow-Struktur u.a.). Auch Diabas-Tuffbreccien des Frankenwaldes in großen Felskomple-

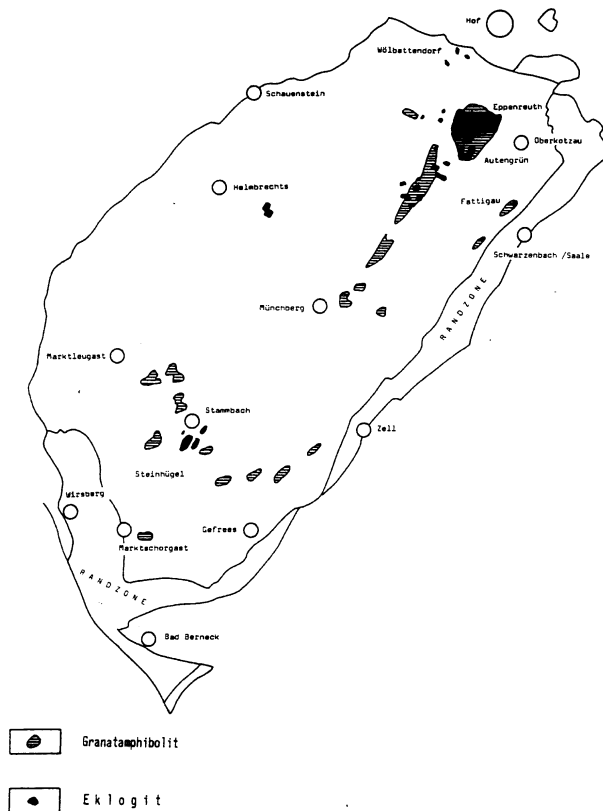


Abbildung F/14

Vorkommen von Eklogit und Granatamphibolit in der Münchberger Gneissmasse (MÜLLER 1984)

zen, z.B. zwischen Blankeneck westlich Kemlas und Weidenstein bei Thierbach (v. HORSTIG & STETTNER 1962).

Serpentinlinsen, -felsen und -härtlinge: Prasinit-Phyllit-(Grünschiefer-)Randzone der Münchberger Masse (enthält die meisten der 45 oberfränkischen Vorkommen, siehe Abb. F/15, S. 410:

- Haidberg bei Zell (Magerrasenreste, einige Kammfelsen, letztes ofr.Vorkommen *Gentiana baltica*);
- der mit 300 ha Fläche größte Serpentinikörper Deutschlands beiderseits des Wojatales bei Wurlitz: Wojaleite größtes *Asplenium cuneifolium*-Vorkommen Deutschlands; deutschlandweit vollständigste Serpentinflora, u.a. mit *Armeria serpentina*, *Saxifraga rosacea*, *Thesium alpinum*, mit Heidleite b. Wurlitz (Osthang; noch beide Serpentinfarne; größtes *A. adulterinum*-Vorkommen Deutschlands);
- Vorderhaideck (Serpentinfarne fast erloschen);
- Tiefenlohe (noch *A. cuneifolium*);
- Schwarzenbach;
- W Förbau (größte unbewaldete Serpentinlinse Deutschlands, Magerrasenreste, einzelne Felsen);
- Förbauer Haidberg (*Asplenium adulterinum* und *cuneifolium* noch vorhanden; weithin auffälliger Serpentinhärtling; Felskamm stark verwaldet);
- Götzmannsgrün (Blauer Fels; noch *A. adulterinum*);

- an der Lamitz am Tännig (noch 1 *Asplenium adulterinum*);
- E Schwingen (Bahnanschnitt);
- an der Bahn b. Unfriedsdorf (Steinhühl: noch *Asplenium adulterinum*);

Als Biotop stark entwertet, wenn auch stets noch bedenkenswerter Geotop sind z.B. die Serpentinlinsen bei Sparneck, Eplas, Ochsenbrunn (kl. Felsen, Rücken aus Hornblende-Klinozit-Schiefern), Bärenbrunn, Schauenstein, Leupoldgrün, Stadelberg b. Helmrechts (bewaldeter Härtling), N und W Helmrechts und Stammbach, Wartumberg bei Hof.

Einzelne bemerkenswerte Block- und Schutthalde (Höllental aus Diabas, Fließerde-Diabaswanderblöcke am NW-Hang des Espichs S Berg, Granitblockhalden im Waldsteingebiet).

Weitere bedeutende Inselgesteinsvorkommen (Auswahl):

Kalklinsen im östl. Frankenwald (z.B. Felspartien aus Tentakulitenkalk am westl. Ausgang von Weidesgrün bei Naila, Langenauhöhle).

Gabbro-, Metagabbrohärtlinge u. Brüche Steinhügel b. Höflas, Lerchenhügel b. Winklas nahe Stammbach, Saalberg bei Mechlenreuth b. Münchberg, N. Gänzlammühle b. Martinsreuth.

Vesuvianfels nahe Schwingen bei Schwarzenbach/Saale (einziges Vorkommen in Deutschland, nur wenige m<sup>2</sup> groß).



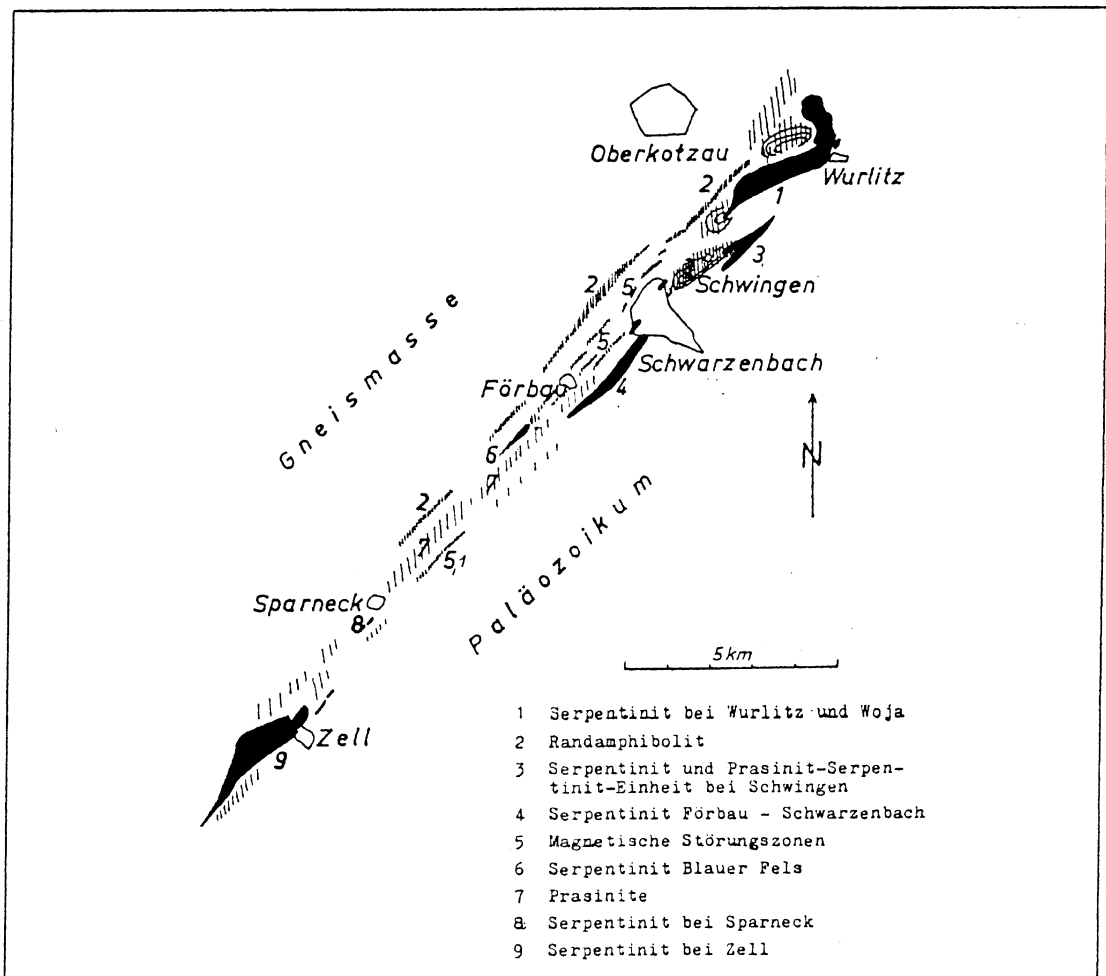


Abbildung F/15

Lage der Serpentinitkörper in der Prasinit-Phyllit-Zone am SE-Rand der Münchberger Masse (aus EMMERT 1968)

Eklogit (bestehend aus rotem Granat und grünem Omphacit, ein hochmetamorphes Gestein) taucht deutschlandweit einzig und allein in der Münchberger Gneismasse als größere Härtlingskuppen, Felsköpfe und -stufen, z.T. auch in alten Hohlwegen zwischen Eppenreuth und Münchberg, südlich Stammbach sowie südlich Helmbrechts auf (Abb. F/14, S. 404). Die Eklogite repräsentieren in Bayern das älteste und in den tiefsten Regionen der Erdkruste gebildete Gestein. Auf diesem klassischen Inselgesteinsgeotop sind allerdings offene Felspartien (wie noch 500 m S des Weißenstein-Gipfels) infolge von Fichtenaufforstung und Rückzug früherer Hutung Mangelware.

Granatamphibolite (dem Eklogit ähnlich und benachbart; ähnliche Entstehungsbedingungen als hochmetamorphe Gesteine) N und NE (vgl. Abb. F/14, S. 404) Försteneuth, E Münchberg, zwischen Zettlitz und Walpenreuth bei Gefrees, zwischen Schlegel und Markersreuth sowie westlich Oberkotzau und Schwarzenbach (MÜLLER 1984).

Pikrit (schwarze, mit dem Diabas magmenverwandte Paläopikrite; eines der seltensten Gesteine Bayerns) am Wartumberg b. Jägersruh, Felspartien am Landsknechtsberg b. Ullitz, in den grotesken Felspartien des Schwarzensteines b. Trogen, an der Barthelsmühle b. Eisenbühl SE Trogen (Kuppe 588), Pikrit-Felskamm b. Schotenhammer SW Naila.

Keratophyr-Ausbisse und -felsen am Schrecksberg b. Tauperlitz, Geiersberg b. Kautendorf, Ganglitz b. Regnitzlosau.

Phycodenschiefer am Westhang des Leuchtholzes bei Töpen.

Poppengrüner Konglomerat im Eisenbachtal 1,5 km S Schwarzenbach/Wald u. Kunreuther Berg bei Presseck/KUL.

Randamphibolitrippen- und -bänder N Sparneck, N Förbau, N Schwingen (Prasinit-Phyllit-Zone).

Klass. Granitbastionen und Wollsäcke am Waldstein ("Teufelstisch" usw.). Schieferfelsen im Schorgasttal bei Wirsberg.

**KC:** Die Felsbereiche, morphologisch deutlich ausgeprägten und geol. wichtigen Härtlinge und Blockfluren des Landkreises können als Geotope besondere Vorkehrungen im Naturschutz verdienen! Vereinigt das geol. Potential des Frankenwaldes am besten auf sich. Durch Lage an Fränk. Linie und Stockheimer Becken viele naturschutzbedeutsame "Sondergesteine". Praktisch alle Felsen des Lkr. besitzen außergewöhnlich hohen Aufschlußwert und liegen im Brennpunkt unverhältnismäßig wertvoller Sonderbiotope.

Schwerpunkt-Lkr. für Schieferhalden in Bayern (siehe u.a. Teil B.1.6). Oberdevonische Lydit-Felsköpfe an der Radspitze und den Waldbergen NW Geuser bei Wallenfels, Devonische Flaserkalkfelsen mit Verkarstungserscheinungen beim Forstmeistersprung NNE Stadtsteinach. Quarzkeratophyrfelsen an der Radspitze bei Kronach, am Wartenfels und Mittelberg. Rhyolith- und Rotliegendevorkommen v. Stockheim. Schieferfelsen sind im Frankenwald grundsätzl. selten, daher stets besonders bedeutsam. Viele weitere Beispiele in Teil A.1.6 und anderen Kapiteln dieses Teiles. Muschelkalkabbrüche (z.B. Zeyerner Wand).

**KEH:** Alle Felsbereiche und Blockfluren des Landkreises, die besondere Vorkehrungen im Naturschutz verdienen können! Kalk- und Dolomitfelsen im unteren Altmühltalsystem und Donautal. Höchste außeralpine Wände Bayerns: NSG Schloß Prunn (bis zu 40 m hoch), Gundlfing-Riedenburg, Burg Randeck - Neuessing, Prunn-Nußhausen (u.a. Falkenfelsen), Altessing-Schulerloch (u.a. die bekannte Schellneckwand), Klamm und Kastlhäng (bis 60 m hoch; wegen vielfältiger Schwierigkeitsgrade von Kletterern stark frequentiert), zwischen Schulerloch und Grondsdorf, Weltenburger Enge (Wandhöhen bis 100 m; Römerwand, Löcherwand, Kastellwand, Lange Wand usw.), zwischen Saal und Alkofen bei Abbach usw. Lkr. umfaßt die florist. und faunistisch reichsten außeralpinen Felsen und Felshänge Bayerns, z.B. *Calliptamus italicus* (Lintlberg), *Stipa joannis*, *S. pulcherrima*, *Festuca pallens*, *Hieracium scorzoneriifolium*, *Primula auricula*, *Fumana procumbens*, *Chrysanthemum adustum* (Eiszeitrelikt; z.B. Kachelfels, Schulerloch), *Lactuca perennis*, *Draba aizoides montanum*, *Minuartia setacea*, *Cardaminopsis petraea*, *Achillea pannonica*, *Crepis alpestris*. Geotopwürdig sind außerdem Kalkschuttfluren, Malmdurchtragungen in Terrassensanden und -kiesen (z.B. Offenstetten).

**KG:** Alle Felsbereiche und Blockfluren des Landkreises, die besondere Vorkehrungen im Naturschutz verdienen können! Basaltgeotope siehe Teil H, z.B. Basaltblockmeere und -halden am Westabfall des Farnsberges, heute großenteils abgebaut, am Schwarzen Berg, am Lösersberg (Ostseite fast 50 m hohe Basaltwände), am Käßling-Südhang, am Kreuzberg-Südhang (mehrere Blockströme; am unteren Rand zahlreiche Quellen), Block-"Urwälder": Ruckberg, Forstort Salzlacke, Rabenstein,

Dammersfeldkuppe (Dammersfeldgebiet, TÜP Wildflecken). Bedeutende Wellenkalkwände und -schutthalden; geotopwürdig können außerdem Muschelkalkdurchtragungen im Basalt und einzelne Buntsandsteinblockfluren und -felsstufen sein. Basalttrümmerhalden bereits z.T. abgebaut (z.B. Farnsberg).

**KUL:** Alle Felsbereiche und Blockfluren des Landkreises, die besondere Vorkehrungen im Naturschutz verdienen können! Gehört zu den geol. und petrographisch-geochemisch besonders vielfältigen Landkreisen Bayerns (Fränk. Linie, Münchberger Masse mit Randstörungen usw.). Entsprechend hoher Stellenwert der geotoporientierten Biotopentwicklung im Lkr.-Naturschutz. Zahlreiche petrographisch und erdgeschichtlich sehr bemerkenswerte, wenn auch heute stark eingewachsene Felsgeotope sind im Naturschutz bisher unzureichend gewürdigt (vor allem Wald-Naturschutz). Praktisch alle nat. Felsen des Lkr. besitzen außergewöhnlich hohen Aufschlußwert und liegen im Brennpunkt (zumindest pot.) sehr wertvoller Sonderbiotope und Trockenstandorte.

Neben HO, TIR und SAD Schwerpunkt-Lkr. für Serpentinegeotope: Peterleinstein ist imposanteste, noch erhaltene Serpentin-Aufragung und zweitgrößter Serpentinegeotop Bayerns (Felspartie stark überwachsen; mit Bronzit, Phaestin und Chrysotilasbest vergesellschaftet; beide Serpentinfarne noch vorhanden), weitere Serpentinithärtlinge, -felsen und -linsen b. Großrehmühle (ehem. Talkschieferbruch, dunkelgrüner Maschenserpentin), Kleinrehmühle, Weidmeser Höhe, Dörnhof, Schallerhof, Hermes, Marienweiher, Steinbacher Höhe, Bugberg, Burgstall (1989 noch 2 *Asplenium aduterinum*), Horbacher Berg (kl. Felsen; Forst), W Grünlas (Forst).

Weitere klassische Inselgesteine mit erheblicher ökologischer Bedeutung:

Felsen aus Epidotamphibolit mit Marmorbänken im Schorgasttal unterhalb Einmündung Weißenbächlein, wabenartig strukturierter Flaserkalkfels b. Forsthaus Oberhammer/Steinachtal, Gänge aus Silur- und Unterdevonkalken (z.T. paläozoische Kalktuffe) insbesondere im Raum Schübelberg-Elbersreuth-Löhmar, bei Triebenreuth. Graptolithenschiefer im Teufelsstein bei Triebenreuth und Hundsrücken NW Vogtendorf. Poppengrüner Konglomerat (Kunreuther Berg bei Presseck), Oberdevonische Lydit-Felsköpfe Knock bei Presseck, Felstürme des Quarzkeratophyrschlotes in der Steinachklamm bei Waffenhammer, Keratophyrfelsen am Torkel im Frankenwald und zwischen Löharmühle und Heinersreuth, Gneisfelsen 500 m NW Grünlas N Markt-leugast, Rehbachfelsen N Hinterrethberg, Augeneisfelsen am Talhang Weiglas-Mehltaumühle sowie Grundmühle.

Diabasfelsgebiete: Wichtigster Lkr. nach HO; um Wirsberg: Kosereck, Adlerstein, Ilsestein usw., Diabasblöcke unterhalb Hübnersmühle; W-, N-, NE-Seite Kühberg (Diabasmandelstein mit Pillowstruktur), Diabas-Lapilli-Tuff-Felsen der Kanzel im

Steinachtal; reiche Diabas/Proterobasflora von regionaler Bedeutung (*Asplenium septentrionale*, *Melica ciliata nebrodensis*, *Petrohragia prolifera*, *Teucrium botrys* u.a.).

Rhätsandsteinfelsen mit Löcher-, Waben-, Zellenstruktur am Großen Stein b. Veitlahm, Ernst-Michel-Felsen am Rotstein; Metzdorfer Gründlein (bastionartige Rhätsandsteinfelsen); Eisensandstein-Sekundärfelsen in Hohlwegen, z.B. um Thurnau.

Basalthärtlingsrippe im Wellenkalk 850 m NW Straßenkreuzung Lösau (2-3 m breit), Schloß Wernstein.

**LAU:** Alle Felsbereiche und Blockfluren des Landkreises, die besondere Vorkehrungen im Naturschutz verdienen können! Zentrallandkreis für knockartige Riffdolomitfelsen und Dolomit- oder Heidekiefernwälder (BUPHTHALMO-PINETUM; vor allem Pegnitzalb); Felsbiotope stehen im Zentrum des Naturschutzpotentials dieses Lkr.; wie in AS Gebiete mit höchster außeralpiner Felsdichte Bayerns (z.B. N Velden, Hartensteiner Oberberge). Wie in BT und AS kommt der waldbaulichen Renaturierung der Riffdolomitfelsen im Wirtschaftswald besondere Bedeutung zu. Schwerpunktlandkreis für außeralpine Kalkblockhalden mit ihren spezif. Lebensgemeinschaften. Größte Blockschutthalden der Frankenalb im Raum Hersbruck. Schwerpunktlandkreis Kallmünzer-Blockfelder (quarzitische Kreidelikte). Mehrere ausgedehnte Felsenlabyrinth, z.B. Steinerne Stadt E Krottensee, Felsengarten SW Rupprechtstein ("Bretterdolomite"); Riffdolomite Malm epsilon). Talfelsketten als zentrale Biotopentwicklungslinien (v.a. aus waldbaulicher und weidewirtschaftl. Sicht), z.B. Kirchtal zwischen Alfald und Thalheim, Pegnitztal zwischen Alfalter und Eschenbach sowie zwischen Artelshofen und Vorra, Hohenstein bei Rupprechtstegen, Hohler Fels zwischen Förrenbach und Happurg, Hammerbachtal zwischen Lehendorf und Öd bei Etzelwang; Lüß-Schwarzenberg NW Treuf. Besonderheit: Wände mehrfach direkt am Wasser, z.B. Seeweierquelle NW Fischsteine um Hartenstein u. Hirschbach; Zankelstein b. Pommelsbrunn, Rothenfels, Löwenfels S Günthersthal usw. Zusammen mit AS und BT Schwerpunkt für knockgebundene Dolomitkiefern-wälder, insbesondere im Raum Neuhaus-Velden.

Kallmünzerblöcke am häufigsten NE-Teil des Blattes 6435 Pommelsbrunn; z.B. NE Bärnhof, NE Krottensee; SW-Hang Höhe 521 SW Ratzenhof (besonders bizarre Bildungen), beim Schelmbachstein und SE Krottensee, Steinberg-Lichtengrabenponor SE Rinnenbrunn (hier ein Kallmünzer mit 16 m Umfang), b. Siegmansbrunn, Schüsselsteine aus Kallmünzer Blöcken z.B. Kühberg bei Krottensee.

Dolomit-Blockströme und -halden u.a. Osthang Hofberg NE Pommelsbrunn; Westfuß Mittelbergwand, NE u. SW Fischbrunn, 1 km NE Fischbrunn unterhalb Siegelstein, Bergsturz am NE-Fuß der Mittelbergwand erst 1974 abgegangen; Zankelstein b. Pommelsbrunn; Schutthalden Oberhangbereich des Pegnitztales an vielen Stellen, z.B. Lindenberg, ENE Alfalter.

Kalktuff-Felsen an der Quelle unterhalb des Moritzberges/Lauf a.d. Pegnitz.

Knockgebiete/Dolomitkuppengebiete mit besonders schutzwürdigen Steppenheidewäldern (vgl. HEMP 1990): Hochländer zwischen Appelsberg und Hunas bei Hartmannshof, zwischen Öd und Lehendorf bei Etzelwang, E Neutras, zwischen Alfalter und Fischbrunn, zwischen Artelshofen, Großmeinfeld und Hartenstein, SE Moritz, Kühberg bei Peilstein, Käswasser-Schillenkammer, gesamter Raum zwischen Plech, Velden und Neuhaus u.a.

Schwerpunktaufgaben: Waldbau besser auf Felsgeotope einstellen (siehe F.4), Kletterzonenregelungen forcieren, trockenverbundwichtige Felsbereiche noch entschiedener als bisher freistellen. Hochflächenknocks und -felsen besser puffern und durch Trockenstrukturen verbinden.

**LI:** Alle Felsbereiche und Blockfluren des Landkreises, die besondere Vorkehrungen im Naturschutz verdienen können!

Molassewände in einigen Schluchten; besonders bemerkenswert einige Molasse-Bergsturzmassen, z.B. Enschenstein SW Untertrogen bei Weiler: Steilwand, darunter bis häusergroße Bergsturzböcke (Ob. Meeresmolasse).

**LIF:** Alle Felsbereiche und Blockfluren des Landkreises, die besondere Vorkehrungen im Naturschutz verdienen können! Weißjurafelsen und -bastionen häufen sich im oberen Kleinziegenfelder Talsystem, am Staffelberg und anderen Traufzonen (z.B. Felslabyrinth Kl. Kordigast und Kemitzenstein, Felskronen Gr. Kordigast, Kröttenstein, Gräuer Anger, Zillertalfelsen im Niestener Tal, Bären- und Krassachtalfelsen); Felsnadeln und -türme des Bärentales (z.B. "Juraturm"), Abris und Schwammkalküberhänge bedingen Häufungen von Balmenflora (u.a. *Asperugo*; siehe F.1.4). Kleine Felslabyrinth auf der Hochfläche mit naturnahen Wäldern, z.B. S Eichig. Imposante Rhätsandsteinbastionen (Ebnetter Berg).

Schwerpunktaufgaben: Waldbau besser auf Felsgeotope einstellen (siehe F.4), Kletterzonenregelungen forcieren, trockenverbundwichtige Felsbereiche noch entschiedener als bisher freistellen. Hochflächenknocks und -felsen besser puffern und durch Trockenstrukturen verbinden.

**LL:** Alle Felsbereiche und Blockfluren des Landkreises, die besondere Vorkehrungen im Naturschutz verdienen können! Dies betrifft v.a. die nicht nur biotisch, sondern eiszeitgeol. stets interessanten Nagelfluhfelsen (Vorkommen siehe Teil C).

**M:** Alle Felsbereiche und Blockfluren des Landkreises, die besondere Vorkehrungen im Naturschutz verdienen können! Mindeleiszeitl. Nagelfluhwände (z.T. mit Geol. Orgeln) und Nagelfluh-Blocksturzmassen im Isartal (siehe auch Teil B.1.6).

Schwerpunktaufgaben: Waldbau besser auf Felsgeotope einstellen (siehe F.4), Kletterzonenregelungen forcieren, trockenverbundwichtige Felsbereiche noch entschiedener als bisher freistellen.

**MB:** Die gr. Wände, Felsmassive und hochalpinen Schutthalden übersteigen die Geotop-Dimension

und sind nur im Rahmen übergreifender Konzepte zu schützen. Zwar drohen den höheren Lagen wohl keine Steinbrüche und auch kaum neue Seilbahnen mehr, doch erfordern Wirtschaftswegebau, Almbewirtschaftung, Pistenerweiterungen und Sprengseilbahnen, Lawinenschutzverbau, Waldwirtschaft und Hochlagenaufforstung sehr wohl eine sorgfältige Abstimmung auf die einzigartigen Reliefschonbezirke und Geotope der alpinen Hochlagen, die hier nur auszugsweise angedeutet werden können: Tieferer Lagen des Alpenanteiles enthalten jedoch eine große Fülle geol.-morph. Strukturen, die wegen ihrer Einbettung in eine starke Nutzungsdynamik besondere Naturschutzsorgfalt erfordern, dazu gehören vereinzelt liegende, in der Höhenstufe seltene und geol. bedeutsame Wände und Felsen, Bergsturzfluren und geol. Fenster.

Nagelfluh-Blockhänge Mangfall N Autobahn; alpine Kalk-Blockfelder u.a. am Südfuß des Leonhardsteins, O-Hang des Silberkopfes am Hirschberg, Röthensteiner Kar, Setzberg-NW-Hang, Ruchenköpfe, Taubenstein-Osthang; abgeglittene Kalktuffstöcke: Mangfalleite b. Thalham, Kalktuffwände zwischen Weigl- und Maxlmühle an der Mangfall.

**MIL:** Alle Felsbereiche und Blockfluren des Landkreises, die besondere Vorkehrungen im Naturschutz verdienen können! Buntsandsteinblockfelder, Felssandstein-Steilstufe ist Kennlinie für Restvorkommen naturnaher Bu-Ei-Wälder.

**MN:** Alle Felsbereiche und Blockfluren des Landkreises, die besondere Vorkehrungen im Naturschutz verdienen können! Dies betrifft v.a. die nicht nur biotisch, sondern eiszeitgeol. stets interessanten Nagelfluhfelsen, z.B. im oberen Günztal (Markttrettenbach - Rhonsberg; weitere Vorkommen siehe Teil C).

**MSP:** Alle Felsbereiche und Blockfluren des Landkreises, die besondere Vorkehrungen im Naturschutz verdienen können! Schwerpunktkr. für Buntsandsteinblock- und Felsbildungen in Bayern (tiefe Kerbtäler zum Main, Saalehänge; an diesen Stellen Präferenz für forstl. Nutzungsrückzug); auch im leicht verwitternden und abbröckelnden Muschelkalk einige eindrucksvolle Quaderkalkwandstufen, Terebratelbänke bzw. sogar manchmal etwas überhängende Schaumkalkbastionen, Blockfluren und Schutthalden, z.B. N Himmelstadt, Benediktushöhe bei Retzbach, Klettergarten Grainberg-Kalbenstein (Schaumkalktrümmer), Kalmuth bei Homburg, Gambacher Hänge usw.

**N:** Alle Fels- und Blockbereiche des Stadtkreises sind Geotope = Vorkehrungen im Naturschutz verdienen können! Burgsandsteinfelsen um Nürnberg (siehe Kap. F.1.7.3); floristisch abstechende Dolomitarkosebänke. Wände, Schluchten und Blockhalden des Schmausenbuchs, die Felsschluchten der "Alten Veste", der "Schüsselesstein" und das durch seine Auswitterungshöhlen und -säulen bestechende "Ofenloch" im Lorenzerwald, der "Druidenstein" bei Mäbenberg, der "Froschstein" (nach seiner Form auch "Ofenklöß" heißen) bei Brunn, die Bitterbachklamm bei Lauf, die Schwarzachschlucht bei Gsteinach und die gewaltige Wand des "Gitterfel-

sens" bei Gsteinach (z.T. in LAU, ERH, FÜ, RH gelegen).

**ND:** Alle Felsbereiche und Blockfluren des Landkreises, die besondere Vorkehrungen im Naturschutz verdienen können! Donautal: Finkenstein, Talrandfelsen des Wellheimer Tales; Kreidesandsteinblöcke an der Willibaldskapelle b. Altendorf, b. Mauern und Einsfeld.

**NEA:** Kaum Felsbildungen, aber geprägt von markanten Schichtstufenkanten des Sandsteinkeupers; Härtinge des Grundgipses als große Besonderheit (nähere Beschreibung siehe LPK-Band II.1); Gipshügel b. Marktnordheim und Oberndorf, Külsheim, Hirtenhügel usw.

**NES:** Alle Fels- und Blockbereiche des Landkreises sind Geotope = verdienen besondere Vorkehrungen im Naturschutz! Neben KG Schwerpunktlandkreis für (halb)offene Basaltblockhalden. Große Basaltblockhalden siehe Teil H, z.B. S-Hang des Bauersberges ("Steinschlag"), Südhang des Gangolfsberges, dort auch größere Basaltfelspartien in einzigartiger Ausformung mit Kleinhöhlen (Teufelskirche, Teufelskeller). Mehrere Wellenkalkfelsbastionen im Saale- und Streutalsystem; Kalkschuttfluren; Basaltgänge am Haßberge-Westtrauf (siehe Teil H).

**NEW:** Alle Fels- und Blockbereiche des Landkreises sind Geotope = verdienen besondere Vorkehrungen im Naturschutz! Kristallin-Felsfreistellungen und Wollsäcke: In bestimmten Bezirken d. Opf. Waldes zahlreich, z.T. eindrucksvoll geformt (um Flossenbürg, Talrandfelsen bei Altenhammer, Bastionen des Haselsteines, Gügel b. Störnstein, Lerautal usw.); Granitfelsbuckel mit wertvollen Heide- und Trockenwaldinseln (z.B. S Hildweinsreuth; bei Ritzlersreuth).

Blockströme- und halden: Schloßhänge am Pleysteiner Sulzberg, Reiseckerhänge und Grabenlohe bei Althütte, Haseltrift bei Lenkenhütte, Girmnitztal bei Diepoltsreuth - Fichtlmühle (Blockheide), Bachblockstrom "im Dost", "Teufelspuderfaß", Blockfelder und -ströme im Greut W Eppenreuth, Hohlerstein bei Pfaffenreuth, Waldnaabtalhänge und Flußblockhalden bei Windischeschenbach (wohl nirgendwo sonst in Bayern bildet der Granit ähnlich verwegene und malerische Auskolkungsformen aus; vgl. Arbeiten von H. VOLLRATH); Basaltblockhalden Armesberg (weitere Basaltlokalitäten s. Teil H).

Schüssel-, Schalen-, Opfersteine u.a. bei Neuenhammer, bei Eslarn, bei Leuchtenberg (u.a. "Teufelsbutterfaß", die verwegen geformten "Opfersteine" am Hohenstein, Lerautal).

Für den Naturschutz im Lkr. sehr bedeutsam sind ökol. wirksame Inselgesteine: Gabbro, Amphibolit (NE Neustadt), Serpentin (Wildenau, Floß; mit Serpentinheide, Kaimling), Korundfelsen in der Waldabt. Point zwischen Wildenau und Plößberg (vergleichbare Korundvorkommen erst wieder im Ural und in Übersee).

Landschaftspflegerisch dominante SE-NW-streichende scharfe Schichtstufen mit flachgründig-felsigen naturnahen Waldsonderstandorten im opf.

Bruchschollenland: z.B. Bodenleite b. Grafenwöhr. Sehr bemerkenswert sind Sandsteinausbisse und -blockfelder: Wirtsberg-SE-Hang NW Stegenthumbach im Mittelhang, Miegaberg b. Seitental u.a.

**NM:** Alle Felsbereiche und Blockfluren des Landkreises, die besondere Vorkehrungen im Naturschutz verdienen können! Weniger reich mit Weißjuraufelsen gesegnet als etwa LAU, BT usw. Aber im Velburg-Hohenfelder Jura eindrucksvolle v.a. nordseitige Abstürze der Dolomittkuppeln; imposante Dolomitblockfelder z.B. im TÜP am Nordfuß der Knocks b. Lutzmannstein, Steiniger Berg, Blattenhain, Höhlenberg, Schleicherberg, Kastnerhöhle, Hattenberg; Kallmünzerblöcke S Hörmannsdorf NM; sagenumwobene Felsbildungen, z.B. "Das steinerne Roß" mitten im Acker in der Großbissendorfer Flur b. Hohenfels; Felsen im Altmühltal floristisch besonders reichhaltig, *Clematis recta*. Eisensandsteinfelsen: an der Straße Sengenthal - Winnberg. Wohl überwiegend sekundäre Kalkblockhalden im Raum Berching.

**OA:** Die gr. Wände, Felsmassive und Schutthalden der Hochlagen übersteigen die Geotop-Dimension und erscheinen derzeit wenig durch Eingriffe und Nutzungstrends gefährdet. Trotzdem darf sich der Geotopschutz in den Hochlagen des OA keineswegs auf die großen Schutzgebiete verlassen. FISCHER (1933) mit Blick auf das Oberallgäu: "Wir müssen es hinnehmen, wenn heute ein Zementwerk oder Steinbruchbetrieb tiefe Wunden in die Flanken eines beliebigen Berges reißt. Wir würden es aber vom Standpunkt der Naturdenkmalpflege aus nicht ertragen und Maßnahmen dagegen ergreifen, wenn heute das Projekt auftauchen würde, etwa die kühn geschwungenen Bänder des Schrattekalks am Grünten für industrielle Zwecke herauszureißen...". FISCHER merkt zu Recht an, daß gerade im Oberallgäu einige Berge herausragende geologische Naturdenkmale darstellen. Er hebt Ifen, Besler, Grünten, Bolgen, Höfats sowie im Ostallgäu Aggenstein und Falkenstein hervor. Deckenüberschiebungen werden in den ganzen Bayer. Alpen nirgends so unmittelbar und eindeutig erlebbar wie an der Grenze Lechtaldecke - (Hauptdolomit) - Allgäu-Decke (Fleckenmergel) entlang des Hauptkammes, entlang der kalkalpinen Überschiebung über Flysch E Oberstdorf und an der Kanzelwand. Zwar drohen den höheren Lagen wohl keine Steinbrüche und auch kaum neue Seilbahnen mehr, doch erfordern Wirtschaftswegebau, Alpbewirtschaftung, Pistenerweiterungen und Sprengseilbahnen, Lawinenschutzverbau, Waldwirtschaft und Hochlagenaufforstung sehr wohl eine sorgfältige Abstimmung auf die einzigartigen Reliefschonbezirke und Geotope der alpinen Hochlagen, die hier nur auszugsweise angedeutet werden können:

Zonen "besonderer" Gesteine, Inselgesteine, tektonische Schubfetzen und Erratika:

OA ist Schwerpunktlandkreis für tektonisch "verirrte", bei gewaltigen Deckenüberschiebungen mitgeschleiften Schubfetzen z.B. der Unterostalpinen Decke (die heute an der Oberfläche nicht mehr existiert), Buntsandsteininseln am Iseler u.a.

Einzige größere Flyschwand der Bayerischen Alpen am Fellhorn, Gault-Sandsteinfluchten am Grünten, Quarzitsandsteinrippen im Unteren Gottesacker-Kühberg-Gebiet, Radiolariteinschlaltungen mit besonderer Silikatflora (siehe Kap. F.1.4), foraminiferenreiche Nummulitenkalke in der Starzlachklamm (im Grüntengebiet auch als Rippen und Steilstufen), wichtige geol. Fenster (z.B. Buntsandstein am Iseler, Diabase (Pillow-Laven, Ophiolit) an der Oberjochstraße b. Hinterstein, im Rotplatten- und Wildbachtobel, am Fuße der Rothspitze im Retterschwang, an der Geisalpe über Reichenbach, Birgsau, vulkanische Laven und Tuffe im Flysch am Feuerstätter Kopf, Kristallin-Schürfling am Westhang der Rothspitze, die sauren Blockfluren aus Feuerstätter Sandstein und Gneisgranit (u.a. "Im Steinhaufen" am Bolgen). Über den berühmten Bolgengranit, den der Pfarrer von Obermaiselstein 1782-1792 entdeckte, liegt heute eine reichhaltige Literatur vor). Inselvorkommen bunter Jurakalke am Steinköpfe b. Hindelang, am Zinken (Sorgschrofen). Großartige Bergsturzfuren sind Schwerpunkte der Biodiversität, z.B. Rubihorn bei Oberstdorf.

Schwerpunkt-Lkr. für Nagelfluhfelsen und -rippen in Bayern. Desgleichen für Nagelfluhblockfelder: großartig z.B. oberhalb Schlipfalden-Gschwend b. Balderschwang, Fluhalpe (Name!), Helmingenalpe, Nord- und Südkare am Heidenkopf-Girenkopf, Eignendalpe, Seelealpe, Gütlealpe am Hochgrat, Obere Lauchalpe, Mittl. Hädrichalpe, NE Tennemooskopf.

In den mittleren und tieferen Lagen erfordert jedoch eine große Fülle geol.-morph. Strukturen wegen ihrer Einbettung in eine starke Nutzungsdynamik eine besondere Naturschutzsorgfalt, so etwa die talnahen Bergsturzfuren (z.B. Hinterstein September 1964: 400 000 m<sup>3</sup> abgegangen, Nordfuß Molassekette), Nagelfluhfelsrippen und -ausbisse des Vorlandes (z.B. Ruine Wagegg bei Haldenwang, Rauher Stein oberhalb Eschachberg bei Wiggensbach, Felssporn am Blender = höchstgelegener und ältester Glazialschotter im westl. Alpenvorland, Südhang der Thaler Höhe bei Oberstaufen).

**OAL:** Zwar drohen den höheren Lagen wohl keine Steinbrüche und auch kaum neue Seilbahnen mehr, doch erfordern Wirtschaftswegebau, Alpbewirtschaftung, Pistenerweiterungen und Sprengseilbahnen, Lawinenschutzverbau, Waldwirtschaft und Hochlagenaufforstung sehr wohl eine sorgfältige Abstimmung auf die einzigartigen Reliefschonbezirke und Geotope der alpinen Hochlagen, die hier nur auszugsweise angedeutet werden können: "Inselgesteine" und rel. seltene geochem. Sonderzonen im alpinen Bereich (z.B. Raibler Sandsteinmatten am Beinland-Gamsangerl/Hochplatte, Bitumenausbisse im Hauptdolomit des Hochplattestockes, Cenoman-Konglomerate als Gipfel- und Wandbildner im Klammspitzzug und Branderschrofen, Radiolaritwände, Bunte Jurakalke vor dem Schloßtor Hohenschwangau, Pfrontener Hütte, Rhötolias-Koralenstöcke am Breitenberg.



Besonders bedeutsam sind Härtlingsrippen der Oligozänmolasse (z.B. Senkele), Molasse-Nagelfluhwände (z.B. Illertal S Brandholz b. Dietmannsried - Am Bock, Wertachtal Maria Rain bis Lochmühle, mächtige Felswände zwischen Görissried und Ried, bei Wildberg messerscharfe Grate (STROHWASER 1984), Nagelfluhruppen der Bausteinschichten b. Vordergründl nahe Lechbruck), wertvolle alt- und mittelpleistozäne Nagelfluhwände (einige Lokalitäten siehe Teil C).

**PA:** Alle Felsbereiche und Blockfluren des Landkreises, die besondere Vorkehrungen im Naturschutz verdienen können! Im Passauer Wald, Donau- und Inntal da und dort Felsfreistellungen: Hoher Stein bei Fürstenstein, Teufelsstein am Gaisberg bei Sonnen, Klippen am Lüßen S Hartmannshofen, Jochensteiner Hänge, Inndurchbruch (soweit nicht überstaut) u.a.

Blockmeere, -felder, große Blöcke: am Hohen Stein bei Fürstenstein, am Lüssen bei Hartmannshofen (mit Bachkontakt), bei Schardenberg und bei der ehemaligen Wallmühle oberhalb Neuburg im Untersten Inntal, Hoher Stein in Bachtal bei Höch nahe Neuburg, Steinschwammler im Steinkart zwischen Freiling und Gries u.a. Quarzitnagelfluhblöcke.

Klassische Inselgesteinsvorkommen: Marmorgang W Babing S Rathmannsdorf (mit Steinbruch; Kalkflora im Wald), Kalkberger Bruch bei Fürstenzell (isolierte Jurascholle an S-Grenze Moldanubikum), Urkalkfelsen bei Vilshofen und Obernzell (hier u.a. Inselbestände z.B. von *Teucrium botrys* und *Erigeron acris* (LINHARD & STÜCKL 1972).

**PAN:** Alle Felsbereiche und Blockfluren des Landkreises sind Geotope = verdienen besondere Vorkehrungen im Naturschutz! Schwerpunkt-Lkr. für tertiäre Quarzkonglomeratfelsen, kanten- und -blöcke in Bayern (meist hohe Biotopwertigkeit): z.B. 120 m NE Derschlhof bei Simbach an Bachtal, Blockstrom "Pelkeringer Klamm" b. Triftern (wichtiges Beispiel einer rezent fortschreitenden Blockbildung und -freilegung in Bachtal; 2 m hohe Abbruchkante), "Eckinger Klamm" bei Triftern, Quarzitplateaukanten und Blockströme auf der Lugens zw. Birnbach und Habach, Blockstrom im Hitzlinger Bach N Unterhitzling (hochbedeutsamer Biotopbereich; z.T. Wasserfälle), Krokodilfelsen NE Asenham, Blockensemble an Bach b. Unterhitzling; Blockstrom aus Quarzkonglomerat in Bachoberlauf SW Voglarn b. Triftern, Quarzitkonglomeratblöcke um den Schellenberg bei Simbach.

**R:** Alle Felsbereiche und Blockfluren des Landkreises, die besondere Vorkehrungen im Naturschutz verdienen können! Die 4 geol. Hauptelemente Kristallin, Weißjura, Kreide und Molasse verleihen dem Lkr. eine große Vielfalt ökol. sehr verschiedenartiger Fels-, Wand-, Härtlings- und Blockbildungen. Schwerpunkt-lkr. für Granitbuckel, für die in Deutschland seltenen silikatischen Xerothermstandorte und für primär gehölzarme Kristallinstandorte. Xerotherme Felsstandorte mit kleinflächig primär waldfreien Stellen vor allem im unteren Regental und im Donaurandbruch-Mylonit, dessen tiefergrün-

dige Brüchigkeit die Trockenheit verstärkt, z.B. oberhalb Sulzbach, Martergraben NW Sulzbach, Scheuchenberg (u.a. ANTHERICUM LILIAGO-JASIONE MONTANA-Gesellschaft, Saumgesellschaften des GERANIO-TRIFOLIETUM ALPESTRIS, *Hieracium tauschii-Sedum maximum*-Gesellschaft; vgl. SCHEUERER 1989).. Die an seltenen, z.T. endemischen Hieracien (z.B. *H. hybridum ssp. calophyton*) reichen Scheuchenberg-Ausbildungen des DIANTHO-FESTUCETUM hält SCHUHWERK (1985) sogar für weltweit einmalige Gesellschaften. Eine die seltenen xerothermen Waldgesellschaften und die halb-offenen silikatischen und karbonatischen Felshangstandorte fördernde Pflege der gesamten Donau- und Regentalhangzone ist die vordringlichste Aufgabe im Geotopschutz des Landkreises. Lkr. umfaßt zusammen mit KEH und EI die floristisch reichsten außeralpinen Kalkfelskomplexe Bayerns, u.a. mit *Fumana procumbens* (z.B. Alpiner Steig), *Helichrysum arenarium*.

Zahlreiche Granitfelsfreistellungen, z.B. Dachsbau und Birkenberg SE Stefling, b. Drackenstein (u.a. "Opferwanne" auf dem "Riesensprung"), Schalenstein Thiergarten bei Frauenzell, Maurerberg bei Frankenberg; Granitblockfelder mit Schwerpunkten E Gibacht b. Heilinghausen, Stephaninger Holz und Jugendberg-Gebiet, S und N Schneckenreuth, Raststein/Nässen//Förstlstein/Breitenstein/Kohlstatt/NE Scherbatzen im Forstmühler Forst, Blockströme Schnepfenlucken SE Lichtenwald, Falkenberg N Bruckbach, Hölle b. Wiesent (durchflossen).

Kalk- und Dolomitfelsen und -abstürze v.a. im Naab-, Donau- und Laabertal, z.B. zwischen Gundelshausen und Matting, Matting-Minoritenhof, Drabafelsen, M. Schultze-Steig, Keilstein, Oberndorfer Steilhänge, Teufelsfels zwischen KEH und R, Schwarzlaabertal bei Unteralling, Naabtal NE Eterzhäusern, oberhalb Ebenwies mit Federgrassteppen, gegenüber Penkl, Grein am Berg bei Heitzenhofen, bei Fischbach, Kallmünzer Schloßberg-Eichelberg, zwischen Traidendorf und Kallmünz. Klassische Ausbisse von Kreidegesteinen (z.B. Schutzfelschichten am Schutzfelsen) und Kreideliktblöcke.

**REG:** Alle Felsbereiche und Blockfluren des Landkreises, die besondere Vorkehrungen im Naturschutz verdienen können! Großartige Gneis- und Granitfelsgebiete mit Schwerpunkten am Kaitersberg (Riedelstein, Brentenstein, Hüttenstein, Mittagstein, Kreuzfelsen usw.), Hennenkobel, Hahnenriegel, Kl. Falkenstein, Schwarzbachriegel, Paukenriegel, viele Kämme im Rinchnacher Wald usw. Zyklopische Blockströme und Blockhalden: Blockstrom im Teufelsloch NE Waldhäuser (Bach z.T. unter Blöcken verborgen), S Sulzriegel/NP; Ochsenberg bei Bettmannsäge, Diestelbach bei Viechtach, Großes Schwarzbachtal in 1.100 m Höhe, Hirschberg und Reitenwald E Kötzing, Kühberg W Zwiesel, Kraut-holz und Ochsenberg b. Regentalsäge, Außenrieder Birkenberg, Scheuererriegel b. Spiegelhütte. Zyklopenblöcke im Regen. Die vielen, mineralogisch, geländeklimatisch und orographisch sehr variablen Fels- und Blockstand-



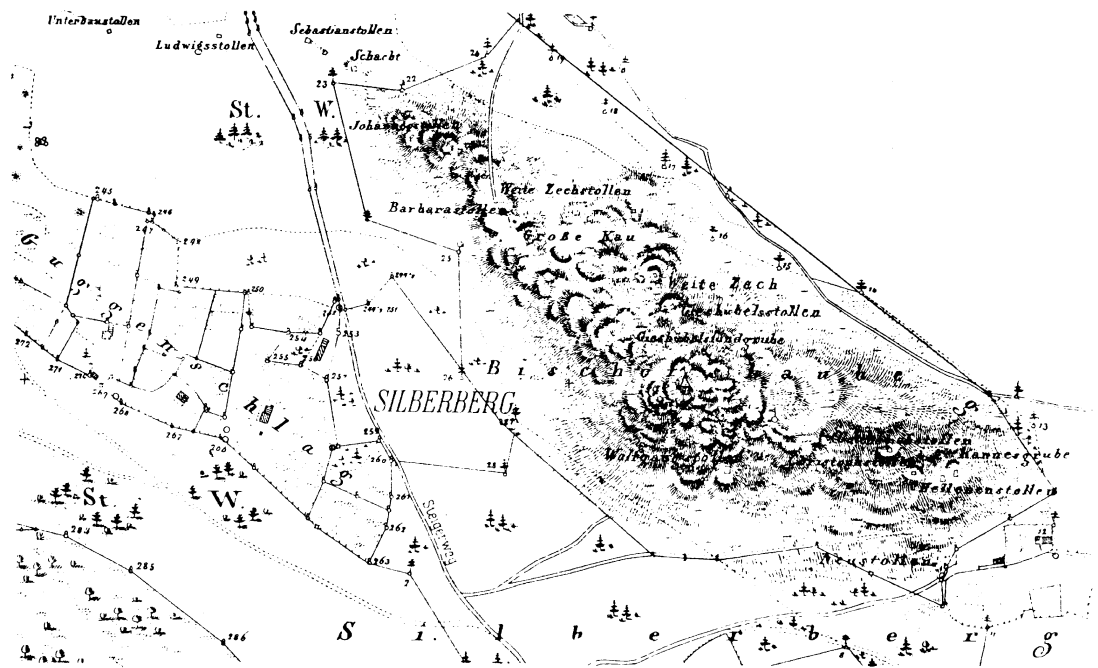


Abbildung F/16

Der Bodenmaier Silberberg, ein wohl schon natürlicherweise gering bewaldeter Erzstandort im Katasterblatt des 19. Jahrhunderts (aus PFAFFL 1996)

orte sind auch für den speziellen Artenschutz von überregionaler Bedeutung. Bereiche wie am Höllbachgespreng, Gr. u. Kl. Falkenstein beherbergen z.B. viele seltene Flechtenarten, z.B. nach POELT (1972) *Porina lectissima*, *Buellia leptocline*, *Candellariella coralliza*, *Lecanora cenisia*. Selten auch Quarzblockhalden, z.B. beim Hofpfahl. Einige der letzten offenen bis halboffenen Blockwiesen und -heiden liegen im Lkr., z.B. Blockgelände Steinauen b. Kirchdorföd.

Schwerpunktlandkreis für Schwermetallstandorte in Bayern: Bodenmaier Silberberg (mind. 600-jähr. Erzbergbau auf Kupfervitriol, Eisenvitriol und Brauneisen mit vielen uralten Abbauorten an den Bergflanken); charakt. Eiserner Hut mit oberflächlich erkennbaren gelblich-rötl. Gesteinsfarben, einst völlig waldfrei - siehe Abb. F/16; markanter Doppelgipfel der Bischofshaube, zahlreiche Pinggen, Halden, Höhlungen, Stollen, Querschläge, Schächte, Gesenke und Überhaue noch erkennbar; nach STRUNZ (zit. in PFAFFL 1996) angeblich bis zu 100-150 g Uran und 1500-2500 g Thorium pro Gesteinstonne.

Weitere (potentiell) schwermetallreiche Stellen (Bergwerksspuren; nicht unbedingt auch floristisch nachgewiesen): Hochleiten b. Lindberg, Rehberg b. Drachselsried, Mooshof b. Bodenmais, Schiltenstein b. Bodenmais, Rote Höhe b. Innenried, Kellerberg b. Theresienthal, Mühlberg b. Unterried, b. Drachselsried.

Für Pfahlerhaltung und -pflege wichtigster Lkr. in Bayern (Einzelvorkommen siehe DISTLER et al. 1993): Pfahlmylonit-Felswand b. Riedmühle S Viechtach; Pfahldurchbruch im Aitnachtal bei Kollnburg, Härtlingszüge bei Weißenstein (höchste Felsen des Pfahles), Antoniuspfahl, Moosbacher Pfahl, Großer Pfahl SE Viechtach, Hofpfahl NW Ayrhof bei Kollnburg, Quarzbruch bei Eging, Wall bei Kaikenried mit mehreren Kleingewässern in alten Abbauen, Patersdorfer Pfahl, Hanzinger Pfahl, Pfahl bei Voggenried u.a.

**RH:** Alle Felsbereiche und Blockfluren des Landkreises, die besondere Vorkehrungen im Naturschutz verdienen können! Schwerpunktlandkreis für morphologisch und vegetationskdl. eindrucksvolle Sandsteinhärtlinge und Burgsandsteinfelsen (herausragende Vorkommen in anderen Kap. bereits genannt); im kl. Weißjuraanteil einzelne Felswände, z.B. Gredinger Leiten (unteres Schwarzachtal). Inselgesteine: Inselvorkommen tertiärer Süßwasserkalke bei der Böschleinsmühle bei Georgensgmünd: steiler Talhang, oben übersät mit Kalktrümmern, Dolomitarikosebänke mit Sonderflora (Vorkommen siehe Kap. F.1.4).

**RO:** Alpenanteil: Die gr. Wände, Felsmassive und hochalpinen Schutthalden übersteigen die Geotop-Dimension. Zwar drohen den höheren Lagen wohl keine Steinbrüche und auch kaum neue Seilbahnen mehr, doch erfordern Wirtschaftswegebau, Alpbewirtschaftung, Pistenerweiterungen und Sprengseilbahnen, Lawinenschutzverbau, Waldwirtschaft und

Hochlagenaufforstung sehr wohl eine sorgfältige Abstimmung auf die einzigartigen Reliefschonbezirke und Geotope der alpinen Hochlagen, die hier nur auszugsweise angedeutet werden können.

Tiefere Lagen und Almbereiche enthalten jedoch eine große Fülle geol.-morph. Strukturen, die wegen ihrer Einbettung in eine starke Nutzungsdynamik besondere Naturschutzsorgfalt erfordern, dazu gehören vereinzelt liegende, in der Höhenstufe seltene und geol. bedeutsame Wände und Felsen, Bergsturzfluren und geol. Fenster, z.B. Schrofen ob Brannenburg (Abbruch 1851; Aufstau des Kirchbaches; später Murbruchphase; immer noch aktiv; vgl. JERZ 1993); Blockmassen am Weißbachgraben beim Duft (Relikte eines spätglazial plötzlich ausgebrochenen Karsees bei der Spatenaualm), Oberrhätalk-Blockmeer am Tatzelwurm, Bergstürze am Nordfuß des Breitensteins/MB, RO (Steinkammer) und am Fuß der Gedererwand.

Inselgesteine: Neokomlinsen am Heuberg und in der Grubalmpolje, helvet. Inselberge Alten- und Neubeuern, helvet. Seewenschichten b. Blindham S Feilnbach u.a.

Vorland, Alpenrand: nur wenige Fels- und Härtlingsgeotope, diese aber bedeutsam; z.B. abgeglittene Kalktuff-Felsen am Tuffberg b. Vagen; Biber-Rundhöcker (alte Nagelfluh), Molassefelsen und -wände Herrenchiemsee-Süd, Priental, Thalkirchner Ache.

**SAD:** Alle Felsbereiche und Blockfluren des Landkreises, die besondere Vorkehrungen im Naturschutz verdienen können! Schwerpunkt-Lkr. für Blockheiden, Blockwiesen, seltene Inselgesteinsbiotope und Kristallinknocks im Wald. Mineralogisch und petrographisch sehr vielfältig.

Viele oft knockartig aufragende und oft Bergkegel bekrönende Felsfreistellungen im Opf. Wald, z.B. Kunzenstein und Drei Felsen bei Wildstein, Wildenstein-Gipfel, Esel Fuß SE Wildstein, Weingartenfels bei Stadlern, Rote Leite bei Oberpfreimd; Biotitgneisfelsen E Gösselsdorf, Gneisfelsen am Nordufer des Kulmbaches und Ostufer des Döllnitzbaches b. Untersteinbach; Biotitgneiswand W Legendorf, Gneisfelsen am Blässelberg; Biotit-Felsspat-Gneis-Felsen 800 m NE Siegeldorf a. d. Str. nach Oberkonhof, Felsmühle Guteneck, Wolfslohe im Lerautal, Naabenge SW und N Wölsenberg, Goldkreuz, Haagerberg/Platte/Hoffelder Steig b. Altschneeberg, Buchenberg b. Heinrichskirchen, Rainstein, Stocken- und Rummelfels am Regenknief; viele sagenumwobene und bizarre Felsbildungen, z.B. Schalensteine zwischen Fischbach und Stockenfels am Regen, bei Kröblitz. Lokal auch im an sich relativ felsarmen westlichen Oberpfälzer Wald bedeutende Felsfreistellungen, Blockhalden, Einzelblöcke und sogar Blockströme: z.B. Gögel - Störnstein (Basisfelsen im Ort). Im kl. Juraanteil wenige Felsgebiete, z.B. Schelmentalholz SW Naabeck.

Blockfelder, -ströme: Reiseckerhänge und Grabenlohe bei Althütte, Haseltrift bei Lenkenhütte, unterhalb der Drei Felsen bei Wildstein, am Knock bei Prackendorf N Burkhardtsberg, am Kratzebach und

an der Gregnitz, Kleeberg, Breitenrieder Wald und Punkt 717 b. Steinlohe, Buchsberg SW Weiding, Kuchenpfalterbachtal am Regenknief; gr. Quarzblöcke d. Schutzfelsschichten am Waldrand E Dürnsricht. Felstrümmer am Burkhardtsberg b. Teunz (aufgeforstete ehem. Blockheide mit früher Tausenden von Wacholdern).

Auswahl wichtiger Inselgesteinsvorkommen: Schwerpunkte der Serpentin-Linsen im Raum Es-larn/Schönsee/Winklarn/Oberviechtach: Lohe N Schwand (noch *Asplenium adulterinum*), Bahn SW Schönsee (noch *A. cuneifolium*), Haarbühl (noch *cuneifolium*), Felshänge N Niedermurachtal (Bestvorkommen beider Serpentinfarne in der Opf.), Kapellenberg-St. Walburga (noch *A. cuneifolium*), alter Steinbr. Obereppenried (große Vorkommen beider Serpentinfarne), Kalvarienberg (noch beide Serpentinfarne), Galgenberg bei Winklarn (noch *Gentianella baltica*); isolierte Serpentineinschlaltungen bei Röt, Cham, Bärnau, Wildenau, Floß, Kaimling, kl. 0,5 m hohe Serpentintrippen 800 m NW Girmitz; Steilstufen des Hiltersdorfer Oberkreide-Sandsteines im Fensterbachtal zw. Högling und Freihöls; Amphibolithhärtlinge NE Nessating sowie im Bonholz am Weg Stelzlmühle-Wiesensüß; Diatexitripfen am Kibitzbühl 500 m NE Tauchersdorf (Ganggestein) und 1 km SE Haselhof; Schwerspätgänge u.a. an der Rabenleite am linken Naabufer 3 km S Naburg und klammartige Schwerspät-Pinge 1,8 km E Wölsendorf (Kochergang); nordwestlichster Pfahl-Abschnitt: z.B. NSG Fuhrner Pfahl, W Sonnenried.

**SR:** Alle Felsbereiche und Blockfluren des Landkreises, die besondere Vorkehrungen im Naturschutz verdienen können! Mehrere eindrucksvolle Kristallinfreistellungen, Blockfelder, einige Blockwiesen und wichtige Inselgesteinsvorkommen.

Granit-/Gneis-Freistellungen u.a. Teufelsfelsen an der Mehnach bei Mitterfels: aktuelle Bacherosion eines Blockbereiches, Gipfelfelsen des Bernhardsbagels bei St. Englmar, Teufelsmühle SE Oberstein.

Blockmeere: z.B. Käsplatte E Kollnburg (mit schönen Karpatenbirken-Ebereschen-Blockwäldern).

Inselgesteine: Jurakalkschollen bei Münster und Flintsbach, herausgehoben durch inselartige Vorkommen prächtiger Kalkbuchenwälder u.a. mit *Sanicula*, *Hepatica*, *Cephalanthera rubra* sowie Kalkmagerrasenresten.

**STA:** Alle Felsbereiche und Blockfluren des Landkreises, die besondere Vorkehrungen im Naturschutz verdienen können! Felsbildungen nur in Form mittel- und altpleistozäner Nagelfluhfelsen und -wände sowie einiger Molassewände und Eiszeitfindlingen (siehe Teil C.1.6.5); z.B. Kalkgraben bei Tutzing und bei Rieden, Nagelfluhwände S Widdersberg, sogar mit Höhlen ("Höhlen-Nagelfluh"); Nagelfluh-Trümmer an Hängen oberhalb Herrsching ("Die pittoresken Felsen oberhalb Herrsching sind stellenweise in wildschönen Formen zerrissen, gewaltige Trümmer des Conglomerates liegen auf dem Gehänge zerstreut umher" (AM-MON 1894); Blockversturz aus Deckenschotterna-

gelflüh im Mühlthal zwischen Epolding und Mühlthal. All diese Zonen sind Vorrangbereiche für sehr zurückhaltende Holznutzung und Rückentwicklung natürlicher Wälder. Alle Felsbildungen sind faunistisch, bryologisch und oft lichenologisch besonders interessant.

**TIR:** Alle Felsbereiche und Blockfluren des Landkreises, die besondere Vorkehrungen im Naturschutz verdienen können! Die Steinwaldsüdabdachung gehört zu den Kristallingebieten mit der höchsten Dichte an wollsackförmigen Felsfreistellungen in Bayern: Räuber-, Dachs-, Vogel-, Saubad-, Palmlohe-, Katzentrögel-Felsen usw. Weiterer Schwerpunkt: Kösseine mit Hirschberger Wald (Hirschsprung, Hohenstein, Hundslohe u.a.); W Tirschenreuth noch einzelne beachtliche Felsfreistellungen, z.B. oberes Netz, Heusterzbühl. Schüssel-, Schalen-, Opfersteine: bei Neuenhammer, bei Schönficht, Kröblitz bei Beidl (Block mit Opferschüsseln im Teich!).

Im Opf. Wald sind herausragende Felshäufungsgebiete:

- Waldnaabdurchbruch durch das Falkenberger Granitmassiv zwischen Neuhaus und Falkenberg (NEW, TIR),
- Gebiet zwischen Rosall und Ottengrün: zwar nur locker eingestreute, aber bemerkenswert geformte Granitfreistellungen, z.B. Felsen "am alten Schloß", Ringelstein.

Weitere Granitfelsbereiche: Hermannstein S Falkenberg, Alter Forstmeister und Tiefe Lohe N Lengenfeld, Heusterzbühl und Brand NW Hohenwald, Wolfenstein u.a. SW TIR, Konnsberg, Preis- und Ruheberg b. Konnersreuth.

Größte Silikatblockströme Bayerns im Steinwald: Fuchsrangen, Dachsrangen, Zipfeltunnel, Saubad, Rosengarten, Lorenz, Schramberg usw. (hervorstechende Renaturierungsaufgabe für die Forstwirtschaft); z.T. in enger Verzahnung mit Feucht- und Quellbiotopen in der "Buttersalbe" N Pfaben und aus dem Wald ins Freiland vorstoßend bei Napfberg.

Besondere landschaftspflegerische und waldbauliche Sorgfalt erfordern weiterhin die überregional bedeutenden Granitbuckellandschaften mit kleineren Blockbildungen (z.T. mit Magerrasen) SE Falkenberg, NW Schwarzenbach SSE TIR, N und S Iglersreuth, "Eicher" und Dachsrangen im Wald E Wiesau.

Inselgesteine: In der Erbdorfer Grünschieferzone finden sich Serpentinzüge und -linsen in einem durch Aufschiebungs-, Verschuppungs- und Bruchtektonik gegliederten Gebiet zwischen Grötschenreuth, Plärm, Thumsenreuth und Waffenhammer. Am bedeutsamsten der Föhrenbühl (noch *Asplenium cuneifolium* und *A. adulterinum*), der Kühstein E Erbdorf (noch *A. adulterinum*) sowie die Kuppe 600 bei Bingarten (Serpentinheide) sowie bei Bärnau. Kleine Härtlinge aus Rotliegend-Vulkaniten (Quarzkeratophyr, Porphy) als zwei 3-5 m hohe und 20 - 75 m lange Rücken W Unterwappenöst, sowie 5-6 m hohe Geländekanten, 3 m hohe Kante NW Lenau NW Bahnwärterhäuschen, 10 m hohe

und 90 m lange Kuppe N Lenau; gr. Porphyrkuppe b. Schadenreuth ist wichtigster Porphyrbiotop Bayerns (Magerrasen, Trockenwälder usw.). Basalthärtlinge siehe Teil H.

**TÖL:** Die gr. Wände, Felsmassive und hochalpinen Schutthalden übersteigen die Geotop-Dimension. Zwar drohen den höheren Lagen wohl keine Steinbrüche und auch kaum neue Seilbahnen mehr, doch erfordern Wirtschaftswegebau, Alpbewirtschaftung, Pistenerweiterungen und Sprengseilbahnen, Lawinenschutzverbau, Waldwirtschaft und Hochlagenaufforstung sehr wohl eine sorgfältige Abstimmung auf die einzigartigen Reliefschonbezirke und Geotope der alpinen Hochlagen, die hier nur auszugswise angedeutet werden können. Mittlere und tiefere Lagen des Alpenanteiles enthalten jedoch eine große Fülle geol.-morph. Strukturen, die wegen ihrer Einbettung in eine starke Nutzungsdynamik besondere Naturschutzsorgfalt erfordern, dazu gehören vereinzelt liegende, in der Höhenstufe seltene und geol. bedeutsame Wände und Felsen, Bergsturzfuren (z.B. bei Raut/Jachenau) und geol. Fenster (z.B. Buntsandstein). Im Vorland sind sämtliche Felsen und Blockbereiche von besonderer Naturschutzbedeutung.

Alpine und alpenrandliche Inselgesteine mit besonderer Biotopausbildung und erhöhtem Schutzanspruch (kl. Auswahl): isolierte Buntsandsteininsel Südflanke des Geigersteins (ältestes Gestein im Lkr.), helvet. Felswand und -rippe aus Nummulitenkalk E Enzenauer Steinbruch (über 5 km zu verfolgen), Cenomankuppen und Wände in der südwestl. Jachenau, Raibler Band am Nordhang des Benediktenwandmassives usw.

Schichttrippenlandschaften der Faltenmolasse: Meeresmolasserippen herausgewittert am N-Hang des Buchberges b. Stallau; Molasseschwelle im Isarbett b. Gasthaus Isarburg b. Schlegeldorf (1,8 m Sprunghöhe), Wald N Obereurach-Schechen usw.

Eiszeitl. Nagelflühwände und -blockfelder: Blockversturzzone an der östl. Isarleihe zwischen Hornstein und Deigstetten/TÖL, M, Isarwände N Tölz u.a.; viele Lokalitäten im Text Teil C und B.

**TS:** Die gr. Wände, Felsmassive und hochalpinen Schutthalden übersteigen die Geotop-Dimension. Zwar drohen den höheren Lagen wohl keine Steinbrüche und auch kaum neue Seilbahnen mehr, doch erfordern Wirtschaftswegebau, Alpbewirtschaftung, Pistenerweiterungen und Sprengseilbahnen, Lawinenschutzverbau, Waldwirtschaft und Hochlagenaufforstung sehr wohl eine sorgfältige Abstimmung auf die einzigartigen Reliefschonbezirke und Geotope der alpinen Hochlagen, die hier nur auszugswise angedeutet werden können: Tiefere Lagen des Alpenanteiles enthalten jedoch eine große Fülle geol.-morph. Strukturen, die wegen ihrer Einbettung in eine starke Nutzungsdynamik besondere Naturschutzsorgfalt erfordern, dazu gehören vereinzelt liegende, in der Höhenstufe seltene und geol. bedeutsame Wände und Felsen, Bergsturzfuren und geol. Fenster.

Blockfelder, Bergstürze: Lkr. verfügt über mehrere Bergsturzfluren von besonderem Naturschutzwert, z.B. S Marquartstein (rd. 100 Mill. m<sup>3</sup>; in sich geschlossene Landschaftseinheit von hoher Schutzwürdigkeit; Biotopvielfalt dem Grainauer Sturz vergleichbar), Märchenwald Urschlauer Wand; Flanken des Friedenraths; Rutschgelände unter der Vogelwand usw.

Viele wertvolle Inselgesteine, z.B. Nummulitenriffhärtling S Adelholzen, Cenomaninseln im Hochgernvorland, Kieselkalk am Schnappenberg.

Molasse- und Eiszeitnagelfluhwände: Traun, Täler der Alzplatte (Lokalitäten siehe u.a. Teil C und B).

**WM:** Alle Felsbereiche und Blockfluren des Landkreises, die besondere Vorkehrungen im Naturschutz verdienen können! Von zentraler Bedeutung in Landschaftsschutz und Biotopentwicklung sind die auf den gr. Molasserücken stellenweise bestimmenden Härtlingsrippen aus Konglomeraten und Sandsteinen (Schichtrippenlandschaften), z.B. b. Brandach (Quarzsandrippe), Schneidberg b. Ramsau, Schnalz, Geigersau, Ilchberger Wald, Eckberg b. Straubenbach, beim Schächchen und Forsthau Bschorrwald (durch dürftige Waldvegetation mit Birken, *Calluna* und andere Säurezeiger scharf von den umgebenden mesophilen Buchenwäldern abgesetzt), Mühleck (hier am Ostende der Murnauer Mulde "umlaufende" Schichtrippen gehören zu den wichtigsten großflächigen Geotopbereichen des Alpenvorlandes), N Obereurach, Pähler Schlucht.

Besonderheiten: abgeglittene Kalktuff-Felsen (Soyernmühle an der Ammer) und einige glaziale Nagelfluhwände (Lokalitäten siehe Teile A, B und C).

**WUG:** Alle Felsbereiche und Blockfluren des Landkreises, die besondere Vorkehrungen im Naturschutz verdienen können! Landschaftlich bestimmende Weißjura-Talrandfelsen des Altmühltals sind stets Kristallisationspunkte der Biotopentwicklung und florist. Höhepunkte (z.B. die in der Südalb seltene *Cardaminopsis petraea*); 12-Apostel, Hermannstein bei Übermatzhofen, Schambachtal zwischen Lohmühle und Petermühle usw.; z.T. auch größere Schuttfelder. Am Albrand und im Spalter Hügelland wichtige Burgsandsteinschluchten mit bryologisch bedeutsamen Felsen und Blockansammlungen, z.B. Teufelsbackofen in der Arbachschlucht.

**WUN:** Alle Felsbereiche und Blockfluren des Landkreises, die besondere Vorkehrungen im Naturschutz verdienen können! Geotopschutz und -pflege hat im Naturschutz dieses Landkreises eine herausragende Bedeutung. Forstwirtschaft ist hier in besonderer Weise zur Mitarbeit aufgerufen. Auf einigen Sondergesteinskuppen sind dringend Erstpflege- und Freistellungsmaßnahmen erforderlich, da nur so die heute noch vorhandene Bandbreite an basiphilen "Inselgesteinspflanzen" revitalisiert werden kann. Zentrallandkreis für Granitfelsbildungen und -blockmeere für Bayern und Mitteleuropa, z.B. Gr. Waldstein, Epprechtstein, Si-

gnalfels, Wolfsfels, Fels- und Blockgebiete NW und N Neudorf (Langes Holz, Zinnbachtalhänge, Peuntholz, Steinfels), Schneeberg, Kösseine.

Viele seltene, d.h. petrographisch ungewöhnliche, z.T. sehr alte (bis kambrische und präkambrische) Felsbildungen, z.B. Wenderner Stein bei Kleinwendern (imposante Phyllitfelspartie, also ein Gestein, das sonst kaum natürliche Felsen bildet), Bänderschieferfelsen im Röslatal zwischen Juliushammer und Röslau; Bahneinschnitt zwischen Arzberg und Schirnding, Quarzitefelsen Göpfersgrün, NW Sinaetgrün (Wald), Leimatbachtal NW Seußen, Finkenstein N Bernstein.

Schwerpunktlkr. für Blockmeere: eindrucksvolle Vorkommen z.B.: Felsenmeere des Schneeberges (vor allem Westseite; insgesamt etwa 40 ha groß), Haberstein am Schneeberg (mit überwachsenen Teilen gut 15 ha groß), Platte (rund 4 ha; u.a. mit der seltenen Flechte *Gyrophora vellea* ("Felsblatt") und dem Tannenbärlapp *Huperzia selago*), der Kösseine-Bereich mit Kösseine, Hirschensprung, Hohenstein, die Hohe Matze (eines der größten bayer. Blocklabyrinth) und Ringberg (mit "Girgel-Höhle"). Redwitzit-Findlinge bei Lorenzreuth und bei Tannenlohe (hier als "Butterfaß" bezeichnet; MÜLLER 1984). Das wohl großartigste Felslabyrinth im Silikatgesteinsbereich ist das Große und Kleine Labyrinth der Luisenburg (die "Perle des Fichtelgebirges"), das Ziel vieler Tausender schon seit JEAN PAULs Zeiten und Kulisse der Luisenburg-Festspiele. "Schluchten, Verstürze, Klüfte, Naturtore, Grotten und Halbhöhlen, wie sie anderwärts im Urgebirge auf so engem Raum kaum mehr anzutreffen sind" (KRONBERGER 1958/60). Das Trümmer-Labyrinth am Nußhardt (außer Granit auch aus Flaser- und Augengneis bestehend) zeigt die Verwitterungseinschlüpfungen im Granit ("Druidenschüsseln") besonders schön. "Napoleonshut". "Nußhardtstube" (25 m lange, nur 3 m breite Felsspalte). Basaltblockmeere siehe Teil H, z.B. b. Neumühle SW Marktkeuthen, Basaltsäulen Thiersteiner Schloßberg.

Viele auffällige Felsbildungen, z.B. Schalenverwitterung (Herrgottstein bei Hendlhammer, Kalenderstein bei Silberbach nahe Hohenberg), Schlüsselstein bei Längenau/Selb; Schlüsselstein von Sommerhau, Teufelsstein auf der Kappel bei Marktkeuthen.

Schwerpunktlkr. für ökologisch wichtige Inselgesteine: Durchschnittlich 200 m mächtiger Marmorstreifen (Wunsiedler Marmor), in der Arzberger Serie, in Form von zwei steil aufgerichteten, häufig verworfenen, unterbrochenen und versetzten Marmorbändern aus dem Gelände heraustretend (nördlicher und südlicher Zug), soweit heute nicht abgebaut (MÜLLER 1984; (Abb. F/17, S. 398); Burgstall Göpfersgrün (mit Verkarstung); Kalkzug W Selb (Weißenhöhe): ermöglicht naturräuml. sehr seltenes Kalkflachmoor am Fuß (u.a. *Parnassia*); Pegmatitfelsen am Epprechtstein; Silurschieferücken Kohlwald; Porphyrschlot b. Lenau, Basaltkuppen mit isolierter basiphiler Sonderflora (siehe Teil H), z.B. Preisberg, Steinberg, Wappenstein, Hirschentanz, Teichelberg, Ruhberg (hier bereits 1932 ein 1,5 ha gr. Pflanzenschonbezirk zum Schutz von u.a. *Lathy-*

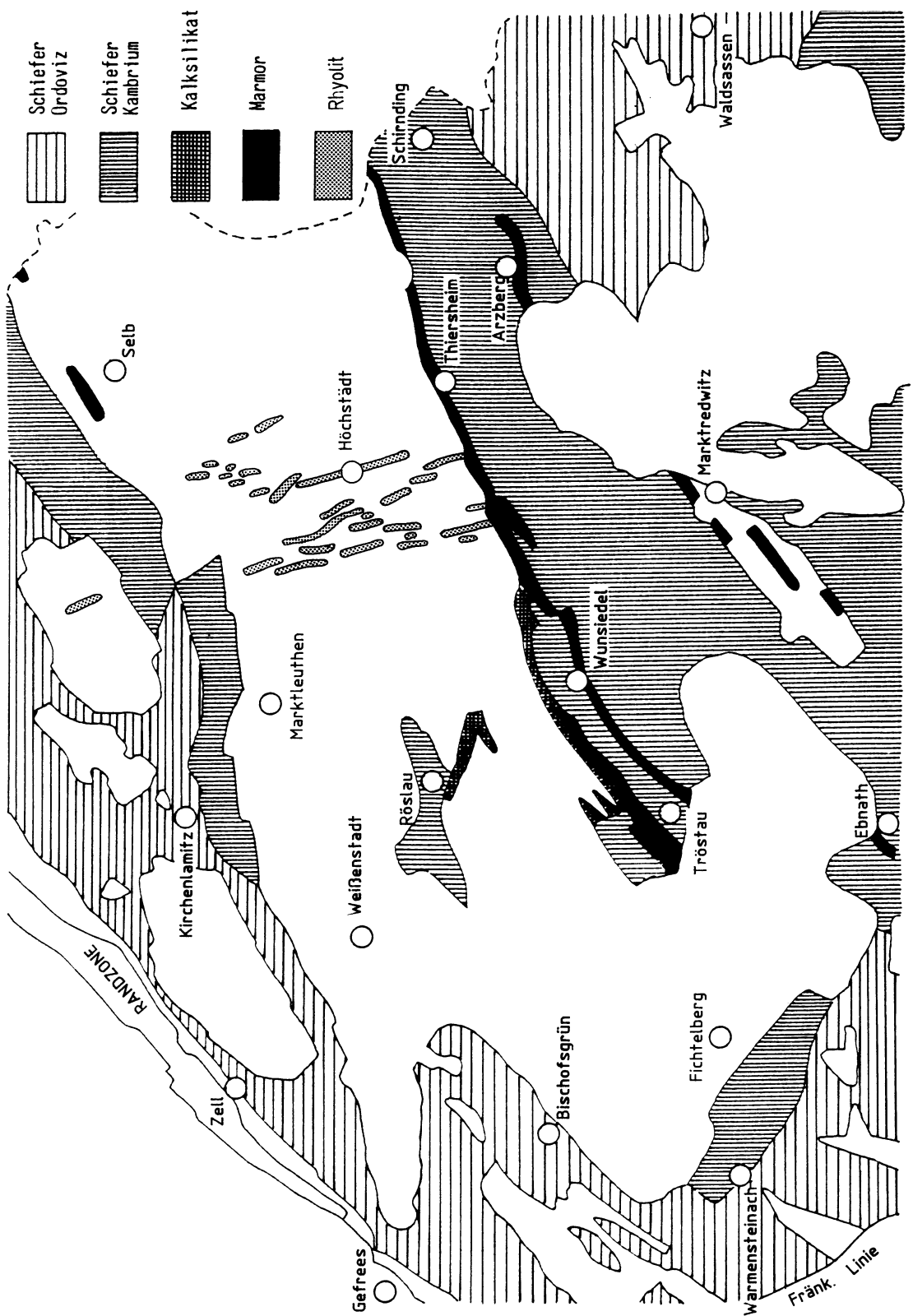


Abbildung F/17

Verteilung der Marmorgänge im Fichtelgebirge (MÜLLER 1984)

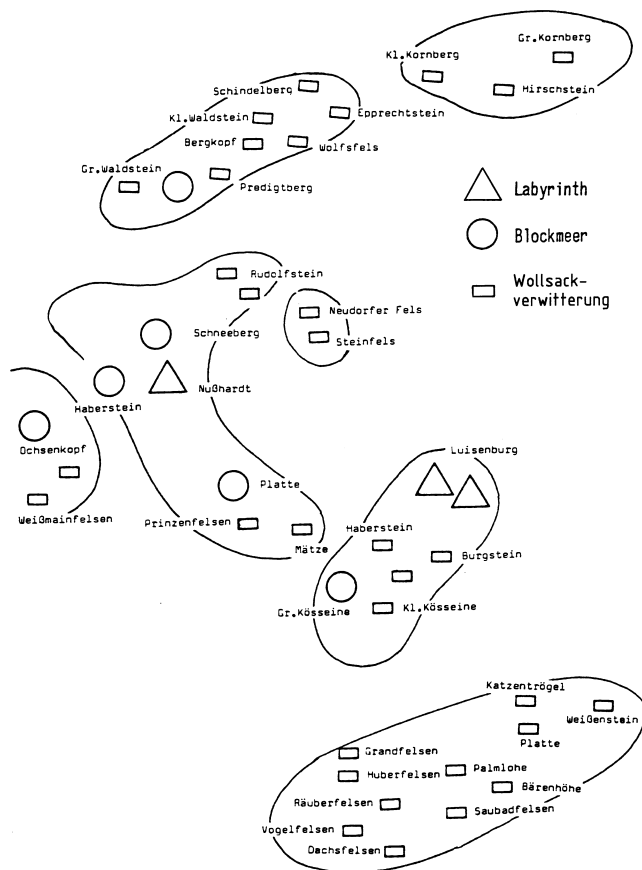


Abbildung F/18

Felsbildungen im Fichtelgebirge und Steinwald (MÜLLER 1984)

*rus silvester*, *Dentaria enneaphylla*, *D. bulbifera*, *Digitalis ambigua*, *Phyteuma nigra*, *Lilium martagon*, *Sanicula europaea*, *Mercurialis perennis*, *Aquilegia vulgaris*, *Anemone ranunculoides*, *Adoxa moschatellina*, *Lonicera nigra*, *Ribes alpinum*, *Fragaria moschata* eingezäunt).

### F.1.7 Bedeutung für Naturschutz und Landschaftspflege

Nur wenige Promille der außeralpinen Landesfläche einnehmend, gehören Felsen außerhalb der Hochgebirge zu den natürlicherweise seltensten Landschafts- und Biotop-elementen (vgl. auch GERMAN 1980). Reziprok dazu ist ihre Naturschutzbedeutung und ihre prägende Wirkung im Landschaftsbild. Nicht nur für Kletterer, sondern auch für Normaltouristen, Wanderer, vor allem aber Kinder sind die wenigen natürlichen Felsdurchragungen in ansonsten geschlossen vegetationsüberzogenen und überbauten Landschaften von magischer Anziehungskraft (z.B. Gneisfelsen im Donautal unterhalb Passau, Norisfelsen in der Pegnitzalb, Rauher Kulm, Schaumkalkabbrüche im Maintal). Wieviele Fotografen, die außeralpine Landschaften einfangen wollen, glauben, ohne einen Fels im Vorder- oder Hintergrund nicht auskommen zu können!

Denn hier präsentiert sich die landschaftsbestimmende Unterlage unverhüllt und unmittelbar. Se-

kundärfelsen in Abbaustellen (vgl. Band II.18) und technogenen Geländeanschnitten, die in manchen Naturräumen viel häufiger und großflächiger als Primärfelsen vorkommen, oder gar künstliche Bockhalden können diese Funktion nur bedingt ersetzen, denn sie zeigen weder die langfristig entstandene Verwitterungsform des Gesteins, weder seine reliefbildenden Eigenschaften, noch das vollständige, nur in Jahrtausenden akkumulierte Artenpotential.

Die nachfolgenden biotischen, abiotischen und heimatkundlich-landschaftsästhetischen Bedeutungsaspekte können gewissermaßen als interpretierende Zusammenfassung den Grundlagenteilen F.1.3 - F.1.5 zugeordnet werden.

#### F.1.7.1 Arterhaltung, Artbildung, Lebensgemeinschaften, Arealschutz (vgl. F.1.4, F.1.5)

Die im Verhältnis zur Flächengröße große Bedeutung von Felsstandorten für den Arten- und Biotopschutz gründet sich auf ihrer Ausweich-, Ausbreitungs- und Zufluchtsfunktion für Arten, die durch Klima- und Vegetationsveränderungen von den mittleren Standorten verdrängt wurden, auf ihrer Nutzungsfeindlichkeit und auf den hochspezifischen mikroklimatischen und edaphischen Wuchs- und Existenzbedingungen.



Schutzschirm- und Refugialfunktion, hohe Lebensraumkonstanz: Nicht nur die Felsen selbst, sondern auch deren nutzungseinschränkende Anschlagstandorte wie Schuttfelder, Blockfelder und blockreiche Hutungen lassen gefährdete Spezialisten und Biozönosen überleben. C. HEMP (1997) charakterisiert Jura-Blockschutthalden als "Refugien seltener Tierarten, die hier z.T. ihre letzten Vorkommen in unserer sonst weitgehend ausgeräumten und aufgedüngten Umwelt haben. Der Erhalt der Blockschutthalden durch regelmäßige Pflege ist somit auch aus zoologischer Sicht dringend zu fordern". Fels- und Härtlingsstandorte sind **natürliche Schutzschirme für die nutzungsempfindliche Lebenswelt**. Diese Refugien sind im Vergleich zu anderen, von Landnutzungsveränderungen unmittelbarer erfaßten Biotopen, "relativ sicher". Grundsätzlich geschützten Blöcke Heidebiotope und lichte Trockenwaldtypen lange Zeit vor einer intensiveren Nutzung. Charakteristisch für Felsbiotope ist deshalb, daß der **Anteil "potentiell gefährdeter" Arten (seltene Arten mit kleinen und stark verinselten, aber derzeit wenig umwandlungsbedroht erscheinenden Biotopen) innerhalb der diversen Roten Listen auffallend hoch ist**. Organismen, deren Ontogenie (Individualentwicklung) sich über Jahrtausende hinzieht (z.B. bei bestimmten Flechten bis zu 9000 Jahre), haben nur auf langfristig konstant bleibenden Felsen die Chance, ihren Lebenszyklus voll zu entwickeln (POELT 1993). Felskomplexe und Blockhalden beherbergen die wohl konstantesten Pflanzengesellschaften Bayerns. Nicht einmal "unberührte" Moore können da mithalten. So fanden KIENLE & PRIMBS (1989) auf einer Felsnase zwischen Schulerloch und Gronsdorf (KEH) eine gegenüber GAUCKLER (1938), also innerhalb 50 Jahren, unveränderte Artenzusammensetzung, das klassische Beispiel einer natürlichen Dauergesellschaft.

Dorado für Spezialisten und hochspezifische Lebensformen, Zentralbiotop für einige Organismengruppen: Z.B. für viele Gehäuseschnecken, Reptilien, Stechimmen, Felsalgen, Moose, Flechten und Flechteneulen sind Felsstandorte von zentraler Bedeutung. Wie bei den Gefäßpflanzen ist hier der Anteil "seltener", arealgeographisch bemerkenswerter Arten höher als bei anderen Biotopen der betreffenden Landschaften. Es finden sich extrem xero-, helio- und anemophile (trockenheits-, licht- und windtolerante) Arten zusammen, an anderer Stelle aber auch Arten schattig - luftfeuchter Standorte. Lebensstrategien und Anpassungen der Natur zur Überwindung von Engpässen entfalten sich in besonders eindrucksvoller Weise. Felsbiotope sind deshalb für die Biologiedidaktik besonders lehrreich (siehe [Kap. F.1.4](#) und [F.1.5](#)).

Für die Abgrenzung von Floren- und Faunenregionen spielen Felsstandorte eine außergewöhnlich große Rolle: Die eigenständige floristische und faunistische Note so manchen Naturraumes beruht wesentlich auf den Artengemeinschaften der Felsen, Blockfluren, Felsschluchten usw. Es begegnen sich Vertreter ganz entgegengesetzter Faunen- und Flo-

renregionen (subarktisch-alpin bis kontinental-mediterran) oft im gleichen Felsgebiet, vielleicht nur durch Expositionsgrenzen getrennt. Ohne dieses "Obdach" wären viele dieser Arten im Raum nicht vorhanden. Naturraum-Kennarten sind oft ausschließlich Felsbewohner, so etwa die arktisch-alpinen Reliktarten *Cardaminopsis petraea*, *Saxifraga decipiens* und *Draba aizoides* für die Frankenalb bzw. bestimmte Teile derselben (siehe im einzelnen [Kap. F.1.4](#)), das Felsenstraußgras (*Agrostis rupestris*) und die Dreispaltbinse (*Juncus trifidus*) für den Böhmerwald. Hoch beachtenswert ist die Tatsache, daß schon kleinere Einzelfelsen und -blöcke in einer Wiesen- oder Waldlandschaft genügen, um völlig abgesprengt seltene und isolierte Arten und Organismengemeinschaften zu beherbergen. So etwa findet sich auf Einzelblöcken in den Wiesen bei St. Oswald/FRG die *Parmelia loxodes*-Flechtengemeinschaft (WALENTOWSKI 1993).

Trittsteine in Artenwanderstraßen, Stützpunkte für Reliktarten, Arealvorposten: Relikte aus wärme- oder kältezeitlichen Tundren- und Steppenphasen, wohl aber auch aus heute verdrängten Hutungs- und Waldweideperioden fanden hier letzte Refugien. Kettenförmig entlang großer Täler angeordnete Felsbereiche sind offensichtlich die entscheidenden Trittsteine für die Ausbreitung mancher Arten und sind zur Herleitung heutiger Arealbilder unerlässlich. Beispielsweise folgen die "Donau-Urstrompflanzen" Donau-Mehlbeere (*Sorbus danubialis*), Korkulme (*Ulmus minor var. suberosa*) und Holunderschwertlilie (*Iris sambucina*) weitgehend den Felsleiten des Donau-, Altmühl- und Wellheimer Tales. Auf felsigen Sonderstandorten sitzen Arten aus "fremden" Floren- und Faunengebieten oft weit abgesprengt vom Hauptareal, z.B. alpine Arten an steilen Felsdurchragungen der subalpinen Molasse, des Juras und Böhmerwaldes, submediterrane und subkontinentale Floren- und Faunenelemente an Jura-, Gipskeuper- und Muschelkalkfelsen. Jede der bayerischen Fels- und Härtlingsregionen hat dabei spezifische "Ausliegerarten" vorzuweisen, beispielsweise *Poa badensis* an Weißjura-Traufkanten (LIF) und Gipshügeln, *Carex supina* auf Gipshügeln, *Hornungia petraea* und *Trinia glauca* auf Wellenkalk-Felsfluren, *Polytrichum alpinum*, *Campanula scheuchzeri* (heute verschollen), *Cardamine resedifolia*, *Diphysium alpinum*, *Agrostis rupestris*, *Juncus trifidus* und *Cryptogramma crista* in Silikatfelsfluren des Böhmerwaldes, *Hieracium pallidum* und *Aster alpinus* auf Diabasfelsen des oberfränkisch-thüringischen Saaletales, *Woodsia ilvensis* an Basaltfelsen der Langen Rhön, *Saxifraga decipiens*, *Rumex scutatus*, *Primula auricula*, *Aster bellidiflorus* und *Hieracium scorzonifolium* im Donau-Alt-mühl-Jura, *Saxifraga mutata*, *S. paniculata*, *S. aizoides*, *Rhododendron hirsutum* und *Carex ferruginea* an Molassefelshängen des Alpenvorlandes (vgl. [F.1.4](#)).

Stellvertretend für viele südalpine und südeuropäische Faunenelemente, die in den interglazialen und postglazialen Wärmezeiten zu uns gelangten und heute nur noch in Felskomplexen als hochbedeutsa-

me Relikte einer fast verschwundenen warmzeitlichen Fauna überleben, sei die Kleine Waldeckelschnecke (*Cochlostoma septemspirale*) erwähnt. Die Spinnen *Acantholycosa norvegica ssp. sudetica*, *Drassodes hispanus*, *Gnaphosa montana* und *Lepthyphantes notabilis* sowie die seltene Flechte *Umbilicaria nylanderiana* in Basaltblockfeldern der Rhön, die Gedrungene Glanzschnecke (*Oxychilus mortilleti*), Geradmund-Schließmundschnecke (*Cochlodina orthostoma*), Felsenpyramidenschnecke (*Pyramidula rupestris*), Roggenkornschnecke (*Abida secale*), Haferkornschnecke (*Chondrina avenacea*) an Jurafelsen sind Beispiele für alpine oder boreal-alpine Vorposten, die während und nach der Eiszeit einwanderten und heute in den beständig waldfreien, d.h. licht- und oft auch windexponierten Standorten seit der Eiszeit überleben konnten.

Von den arktisch-alpinen oder arktischen (d.h. die Alpen kaum mehr erreichenden) Eiszeitrelikten der Felsen und Blockmeere im Fichtelgebirge, Böhmerwald und in der Rhön oder an Felsgruppen in der Fränkischen Alb seien die Flechten *Parmelia incurva*, (im Fichtelgebirge, Böhmerwald und - in besonders niedriger Meereshöhe - am Rauhen Kulm; hat am letzteren Ort möglicherweise die Glazialzeit überdauert), *Parmelia centrifuga*, *Thamnolia vermicularis* und *Lecidoma demissum* (letztere z.B. am Kl. Arber) erwähnt. Sogar in niedrigen, allerdings windoffenen Lagen kommen in der Fränkischen Alb im Bereich felsreicher, flachgründiger Habitate, teils in Felsspalten, teils in Magerrasen arktisch-alpine Flechten-Relikte, wie *Physconia muscigena*, *Physcia constipata* oder *Caloplaca sinapisperma* vor. Durch Düngung, sonstige Meliorierungen und Trittbelastung sind diese Arten besonders gefährdet. Dasselbe gilt für die Gebirgsflechten auf einigen Pfahlfelsen, ja sogar auf quarzreichen Kreiderelikt-felsen inmitten von Kalk-gebieten auf der Fränkischen Alb bei Pottenstein.

Restposten seltener, reliktsicher und gefährdeter Pflanzengesellschaften: Natürlich prägt sich die Relikt- und Inselfunktion von Fels- und Härtlingsstandorten auch bei Pflanzengesellschaften aus (vgl. F.1.4). Mindestens 12 der als gefährdet eingestuften Trockenrasen-, Felsheide-, Blockhalden- und Felsgesellschaften Bayerns (vgl. WALENTOWSKI et al. 1991) besiedeln generell oder zumindest regional schwerpunktartig Felsgeotope im Sinne des LPK, so z.B. die Schildampfergesellschaft der Südlichen Frankenalb, die Blasenfarngesellschaft (ASPLENIO-CYSTOPTERIDETUM) der Frankenalb, die Serpentinfarngesellschaft (ASPLENIETUM SERPENTINI) der Münchberger Masse, des südlichen Fichtelgebirges und Oberpfälzer Waldes, die Strichfarngesellschaft (ASPLENIETUM SEPTENTRIONALIS) im Grundgebirge und auf Basaltkegeln, die Schwingel-Heideehrenpreisgesellschaft (FESTUCO-VERONICETUM DILLENI) grusig-warmer Silikat-Felsleiten im Regen- und Donaual, die Felsenlauch-Badenrispengrasgesellschaft (POO BADENSIS - ALLIETUM MONTANI) auf je einem einzigen Malmkalk- und Gipshügelstandort und die Pfingstnelkenflur (DIANTHO GRATIANOPO-

LITANI-FESTUCETUM PALLESCENTIS) im Jura und Diabas.

Mehrere stark gefährdete bis potentiell gefährdete Waldgesellschaften (WALENTOWSKI et al. 1990) kommen ausschließlich oder überwiegend in Fels- und Blockfluren vor, z.B. Streifenfarn-Fichtenwald (ASPLENIO-PICEETUM; Bayer. Alpen), Karpatenbirken-Ebereschen-Sauerhumus-Blockwald (Rhön, Böhmerwald, Bayerischer Wald, Fichtelgebirge), Wollreitgras-Latschengebüsch (CALAMAGROSTIO VILLOSAE-PINETUM MUGI; z.B. Böhmerwald), Hirschzungen-Ahorn-Blockwald (PHYLLITIDI-ACERETUM; z.B. Altmühl-, Hersbrucker Alb, Alpenvorland), Bergulmen-Bergahorn-Schuttwald (ULMO-ACERETUM; z.B. Bayer. Wald), Ahorn-Lindenhängschuttwald (ACERI-TILIIETUM; z.B. Alb, Mainfränkische Platten, Keuper-Lias-Land). In der Pegnitzalb ordnet HEMP (1997) insgesamt 76 Pflanzengesellschaften dem Art. 6d Bay.Nat.SchG zu, davon siedeln 25 ausschließlich oder zumindest teilweise auf Felsbereichen und Härtlingen des Geotopbereiches.

Floristisch-faunistische Individualität einzelner Fels- und Blockbiotope: Die "Felsflora und -fauna" eines (Teil-)Naturraumes wird keineswegs durch ein einziges Felsgebiet repräsentiert. Über den gemeinsamen Artengrundstock hinaus besitzen verschiedene Felsen und Blockgebiete desselben (Teil-)Naturraumes jeweils spezifische Arten. Konsequenz daraus ist, daß viele oder alle Fels- und Blockgebiete in die Schutzstrategie einzubeziehen sind. Beispiel: Im unteren Altmühltal fehlen die bemerkenswerten Fels(rasen)arten *Thlaspi montanum*, *Leontodon incanus*, *Carduus defloratus*, *Fumana procumbens*, *Globularia punctata*, *Minuartia setacea* am Prunner Felsen, *Carduus defloratus* und *Minuartia setacea* kommen wenigstens an den Klamm/Kasthäng-Felsen, die übrigen an den Essinger Felsen vor.

Terrain für genetische Differenzierung und Sippenbildung: Beträchtliche räumliche Isolation, z.T. auch ökochemische Sondereigenschaften und die oft jahrtausendelange Lebensraumkonstanz der Fels-Standorte begünstigen Sippen- und Artbildungsvorgänge. So verwundert es nicht, daß ein Großteil der wenigen (Sub-Endemiten) Bayerns auf Felsgeotopen (und einigen weiteren Geotopen wie Quelltuflagern, Durchbruchstätern) vorkommt oder konzentriert ist: der Frankenapollon *Parnassius apollo franconicus*, die Serpentinellke *Armeria serpentinii*, das Bayerische Federgras *Stipa bavarica*, die Felsenhabichtskräuter *Hieracium franconicum*, *fuernrohrii*, *harzianum*, *schneidtii*, *pallidum ssp.kalmutinum* u.a.). Zur (intra)spezifischen genetischen Differenzierung tragen felsige Geotope nicht unerheblich bei, was über die Endemiten hinaus an einer Reihe hybridogener bzw. polyploider Kleinarten und Genotypen zum Ausdruck kommt, so etwa *Polypodium interjectum* in der Frankenalb oder Kleinarten des Brillenschötchens *Biscutella laevigata* s.l. Der hybridogene allotetraploide Serpentinfarn *Asplenium adulterinum* könnte sich nach VOGEL & BRECKLE (1992) direkt auf dem Peterleinstein-Serpentinithärtling/KU gebildet haben, da hier

die beiden Elternarten *A. trichomanes ssp. trichomanes* und *A. viride* vorkommen bzw. nachweislich vorgekommen sind. Dies wäre das einzige potentielle Bildungszentrum für diese Art in Deutschland. Der apomiktische Bastard *Hieracium scorzoniferolium* entstand durch Kreuzung der Elternarten *villosum* und *bupleuroides* vermutlich in der Würmeiszeit. Die Elternsippen wurden vermutlich durch zunehmende Bewaldung gegen die Alpen zurückgedrängt. Der Bastard überlebte an wenigen Felsen des Unteren Altmühltals und der Weltenburger Enge, wo die asexuelle Fortpflanzung ein Aufgehen in den Umgebungshabichtskräutern verhindert.

Wesentliche Artenanreicherung von Landschaften, Zentren der Artendiversität: Biotopkomplexe, in deren Brennpunkt Felsen und Blockfelder stehen, gehören zu den insgesamt artenreichsten Ausschnitten der betreffenden Naturräume. Fels- und blockreiche Bereiche an dauernd luftfeuchten Sonderstandorten, in Schluchten und Einschnitten, sind wohl die an Moosarten reichsten Landschaftsteile überhaupt. In räumlich begrenzten Talabschnitten mit Blockfeldern können sich in Kristallingebirgen über 300 Bryophytenarten zusammenfinden, was der Gesamtartenzahl ganzer Meßtischblätter in anderen Gebieten entspricht. Felsen beherbergen auf Grund ihrer vielfältigen Substrate, Makro- und Mesoklimate und Geländedepositionen ein breites Artenspektrum von Flechten. Lichenologisch sonst einförmige Gegenden werden durch eingestreute Fels- und Blockstandorte interessant.

So meint KLEMENT (1950) mit Bezug auf den Raum Wiesau - Weiden - Windischeschenbach: "Das Landschaftsbild läßt ursprüngliche Vegetationszüge vermissen. Nadelholzforste und Kultursteppe halten sich etwa die Waage. Daß sich trotzdem ein üppiges Flechtenleben entfalten kann, liegt am reichlichen Vorkommen von Ödland in Gestalt anstehender Felsen, kleinerer Blockfelder, alter Steinbrüche und Hohlwegränder".

Artenpotential für die Besiedlung technogener Sekundärstandorte: Viele der fels- und blockbesiedelnden Tier- und Pflanzenarten können auf Sekundärfelsen in Steinbrüchen, auf Geländeanschnitten, aufgestellte Blöcke und andere technisch geschaffene Standorte übergehen. Darunter sind auch eine ansehnliche Zahl gefährdeter Arten, wie z.B. Serpentinfarne (*Asplenium adulterinum*, *A. cuneifolium*), der Jurasteinbrech (*Saxifraga decipiens*), Uhu, Wanderfalke, seltene Flechten. Da solche Sekundärstandorte nolens volens eine immer größere Rolle in der Landschaft spielen, sind die Primärfelsen auch als Lieferbiotope von immer größerer Bedeutung. Auch vor diesem Hintergrund kommt es auf die Erhaltung der Felsstandorte in möglichst hoher Dichte an.

### F.1.7.2 Indikator- und Monitoring-Funktion

Vegetationsbestände auf Felsbiotopen, Kuppen und Härtlingen bewohnen eine Kampfzone mit extremem Streß in vielerlei Hinsicht (vgl. F.1.3 und F.1.4). Der Lebenshaushalt vieler Pflanzen (und Tie-

re) ist so angespannt, daß weitere Belastungen (z.B. anthropogenen Ursprungs) kaum mehr vertragen werden. Felsbiozönosen reagieren deshalb i.d.R. feiner und früher auf Noxen, z.B. durch Tritt, Eutrophierung und Immissionen. Schadsymptome des globalen oder regionalen Naturhaushaltes können auffälliger in Erscheinung treten (Beispiele: Zerfall des Riffkiefernwaldes und dessen Bodenvegetation, z.B. Krähenbeere, auf den Sandsteintürmen der Sächs. Schweiz durch Immissionen und versauerten Stammaulauf (AUGST 1990), zuerst in den Granit-Gipffelsen und am Blockfeldrand einsetzendes Fichtensterben im Fichtelgebirge und Böhmerwald, z.B. am Waldstein und Dreissessel). Für ein Monitoring allgemeiner anthropogener Milieu-Veränderungen ist eine Beobachtung von Fels- und Härtlingsbiozönosen und -phytozönosen daher besonders ratsam. Die Umweltsensitivität des Ökosystems Blockfeld, Felskuppe und -wand wird gesteigert durch das ungewöhnliche Zusammentreten von Arten im absoluten Grenz- oder Vorpostenbereich ihres Areales (Azonalität, Extrazonalität).

### F.1.7.3 Naturgüter, Ressourcen und Schutzfunktion für den Menschen und seine Anlagen

Felsausbisse und Halden machen historische Materialbeziehungen zu Dörfern, Städten, alten Verkehrsanlagen, ja sogar Schlössern und Domen erlebbar. Beispiele: Kalk- und Sandsteinwände der alten Schleusen des Ludwig-Donau-Main-Kanales im Sichtfeld natürlicher Talfelsen, Schieferhäuser des Frankwaldes im Nahbereich von Schieferhalden bei Issigau/HO, Sandstein von Vierzehnheligen, Bildhauergestein (z.B. "Grünporphyr" des Fichtelgebirges, Keupersandsteine für Bildstöcke aller Art).

Aus Felsfreistellungen, Blockfluren, Schutthalden und Wänden tragen Wind, Wasser und Schnee Verwitterungsrückstände und Geröll in das nähere und weitere Umfeld (man beachte die Staubschichten auf Altschnee in Gebirgen). Dieser Stoffnachlieferungseffekt wirkt bis zu einem gewissen Grade der Stoffauswaschung und Versauerung entgegen und beeinflußt die Produktivität angrenzender Lebensräume (z.B. "natürliche Ruderalfluren" am unteren Rand von Jura-Blockhalden) und auch von Nutzflächen (z.B. ungedüngte Steilhangmäher). Sogar für die Waldregeneration können Blockfluren Bedeutung haben. Nährstoffreiche, dauerfeuchte Böden unter Blockhalden können recht produktive Waldtypen hervorbringen (z.B. Hochstauden-Edellaubholzwälder). REIF & PRZYBILLA (1995) wiesen die längst bekannte Tatsache nach, daß sich auf flächenhaften Sturmwürfen oder Borkenkäfer-Totholzflächen Blockfelder deutlich leichter wiederbestocken als unverblockte Standorte. Verdämmende Gras- und Kräuterfazies können sich hier nicht schließen. Entsprechend häufiger verjüngen sich Ahorn, Esche, Vogelbeere und Fichte (letztere flächig auf Moospolstern und Nadelstreulflächen, wogegen sie auf anderen Standorten derselben Höhenlage dazu weitgehend auf liegendes Morschholz als

Keimsubstrat angewiesen ist). Blockfelder können schalenwildabweisend wirken (Spalten, Löcher, Furcht vor Raubwildverstecken), Zäunung teilweise ersetzen und auch deshalb die Waldverjüngung begünstigen.

Hangabtragsschutz: Standfeste Felsen stabilisieren übersteilte Talhänge und schirmen damit auch den Menschen, seine Ansiedlungen und Nutzflächen im Tal gegen Hangabtrag und Hangbewegungen ab. Viele Talsiedlungen und Fremdenverkehrsanlagen des Juras schmiegen sich in den Schutz hoch aufragender Felsen (z.B. Kallmünz/R, Pegnitztal, Stein a.d. Traun/TS, Essing/Altmühltal, Saldenburg und Ranfels/FRG, Falkenstein/CHA, Guttenburg/SAD, Neubeuern/RO, Tüchersfeld, Pottenstein/BT, Kleinziegenfeld/LIF, Weißenstein bei Regen, Campingplätze im Püttlachtal). Umgekehrt wagen sich viele Schlösser, Burgen, Dörfer, Kirchen und Klöster nur auf festem Felsuntergrund direkt bis an die Absturzkante tiefer Täler, die ohne diese natürliche Panzerung leicht nachbrechen, abrutschen oder erodiert werden könnten. Beispiele: Rothenburg, Virnsberg/AN (Keupersandstein), die nagelfluhgestützten Schlösser und Orte Guttenburg/MÜ, Burgrain/ED, Pullach bei München, Kloster Weyarn/MB, Kloster Vornbach am Inn/PA auf Gneisfels, Schloß Aufseß und Rabenstein/Fränkische Schweiz, Willibaldsburg in Eichstätt, Schloß Prunn und Randeck/Altmühltal. Mit Felsdächern, Abris und Höhlen verbinden sich Erinnerungen an früher offenbar wichtige Schutzfunktionen für Mensch und Tier ("Geisloch", "Geiskirche", "Kühkirche" in der Fränkischen Schweiz, Ofnethöhlen/DON).

Felshärtlinge waren seit altersher ein sicherer Hort in hochwassergefährdeten und versumpften Gebieten und nicht umsonst sind sie durch bedeutende Funde als prähistorische und frühgeschichtliche Siedlungs- bzw. Wohnstätten ausgewiesen. Beispiele: Goldberg und Ofnethöhlen auf Riesauswurf bzw. Süßwasserkalkhärtlingen am Riesrand, Markt Neubeuern/RO auf helvetischem Härtling inmitten des Rosenheimer Seebodens, uralte Siedlungen auf dem Westerbuchberg am Chiemsee/TS, Bogenberg/SR, Natternberg/DEG.

Die strategische Schutzfunktion und Verteidigungsgunst hoch aufragender, möglichst steil abfallender Felsen und Härtlinge versteht sich von selbst. Unzählige Burgen, Schlösser und Burgruinen bekrönen morphologisch abgehobene, häufig felsig abstürzende Auftragungen. Nur wenige Beispiele seien genannt: Eisenberg/OAL auf einer steilen Molasse-rippe, die Burganlagen Donaustauf, Wörth, Saldenburg, Falkenstein, Brennbach, Ranfels, Wildstein, Leuchtenberg auf Kristallinfelsen des Donautales, Vorwaldes und Oberpfälzer Waldes, auf Jurafelsen u.a. Neideck, Pottenstein, Rabeneck, Rabenstein, Hiltpoltstein, Wolfsberg, Wiesentfels, Greifenstein, Aufseß, Sanspareil, Prunn. Noch König Ludwig II. bekrönte eine allseitig steil abstürzende Felsrippe an der Pöllatschlucht mit seiner "Gralsburg" (Neuschwanstein). Auch antike und vorantike Höhensiedlungen sind ringsum von Steilkanten und Abstürzen umgeben, z.B. Donau-Altmühl-Sporn bei

Kelheim, Bullenheimer Berg/KT, Houpirg bei Hapurg/LAU, römische Anlagen auf dem heute abgebauten Moosberghärtling im Murnauer Moos. Felsen geben oft Anlaß zu Benennungen von Ortschaften (Ranfels/FRG, Freienfels/BT - hier auch Halbhöhlen im Ortsbild-, Pottenstein/BT, Friedenfels/TIR, Felsenhäusl bei Essing und Saal/Donau, Felsmühle b. Guteneck/SAD usw.), Gasthäusern etc., z.B. Gasthaus "Fels" im Wilden Rodachtal (Rußschiefer).

Fels und Gemäuer sind oft innig verwoben. Felszoozöten nutzen beide Habitatteile. Felsfloren und synanthrope Floren durchdringen sich in reizvoller Weise, z.B. an den Bernecker Diabashängen, bei Donaustauf und am Speckerturm bei Thalkirchen/RO. Nährstoff- und basenzeigende Stauden auf historischen Turm-, Burg- und Burgstallhügeln bereichern die Flora sonst oligotropher Waldstandorte, z.B. S Rodach/CO, Burgställe in Mittelschwaben, Schloß Scherneck/AIC. Die Harmonie zwischen wildromantischen Felsstandorten, alten Siedlungs- und Wehranlagen, zwischen Menschgemachtem und Natürlichem, schafft unwiderstehliche Landschaftsbilder.

Kaltluftaustritte (Windröhren) in Blockhalden (siehe [Kap. F.1.3](#)) dienen als natürliche "Kühlschränke" z.B. für Milchprodukte. So berichtet Leopold Cysat 1661 über die am Fuß von Blockhalden errichteten Milchkeller am Vierwaldstätter See (zit. nach MOLENDI 1996): "Es habe auf denselbigen Allpen/ besonders auf Niederbauen/ Emmetten und dann auff der Beckenrieder Allp Träbern/ auf dem Schwalmis und anderswo/ vil Windlöcher..." und nach Hinweisen auf "...Klüfften/ Athem/ und Luftlöcher im Gebürg... Also bawet man dieser Enden für solche Windlöcher die Milchkeller/ welches den Bergleüthen und Sennen zu großem Nutzen reicht/ und ihnen die Milch nicht sawr werden noch gerinnen laßt..."

#### F.1.7.4 Landschaftsbild, landschaftliches Erleben, Tourismus und Erholung, sportliche Herausforderung

In topographischen Karten unscheinbar scheinende Felsen können trotz geringer Grundfläche das Landschaftsbild beherrschen. Oft sind sie geradezu Erkennungsmerkmal von Naturräumen, zumal dann, wenn sie an vorspringenden Talhängen, auf Hochpunkten und im Zentrum von Sichtfeldern liegen (z.B. Dohlenfels bei Wellheim/EI) oder durch Burgen, Schlösser und Kapellen bekrönt sind (z.B. Pleystein und Flossenbürg im Oberpfälzer Wald, Brennbach und Falkenstein im Regensburger Wald, Rabenstein über dem Ailsbachtal/BT, Arnberg/EI, Petersberg bei Flintsbach/RO, Schloß Prunn im Altmühltal/KEH). Schon kleinere Felstürme und -ecken verleihen so manchem Voralpengipfel ein unverwechselbares Profil. Beispiele: Ettaler Mandl/ GAP, Heuberg bei Nußdorf/RO durch die "Gundl" am Backofen, Breitenstein/MB durch eine relativ kleine aufgesetzte Felsnase, der Siplinger Kopf/OA durch die Siplinger Nadeln. Der felsigste aller Böhmerwaldgipfel, der Osser, wird aus touristischen Gründen

sogar zum "Matterhorn des Bayerischen Waldes" hochstilisiert. Aus tschechischer Sicht firmiert der doppelgipfelige Aufbau unter "Brüste der Muttergottes" (HAUG & MÜLLER 1995). Nirgendwo ist die Natur menschlichen Architekturen näher als in den Felsbildungen und umgekehrt.

Inselgesteine und Härtlingsrippen wirken meist weniger spektakulär als Felsen. Aber auch sie können als oft nur wenige Meter hohe Rippen oder Kuppen prägend sein. Unter Umständen hat sie der historische Abbau auch morphologisch stärker herausgehoben. Beispiele für eine derartige anthropogene Reliefumkehr von Voll- zu Hohlformen sind der Basaltschlot b. Hügelhäuschen nahe Hofheim/NES, der Lamprophyrgang quer über den Ochsenkopf/WUN, BT (der einst 2-3 m herausragte, inzwischen aber ein tiefer Abbaugraben ist).

Das Image so manchen Fremdenverkehrsortes lebt von auffälligen Härtlingen, Fels- und Blockbildungen im Weichbild des Ortes, die dann auf keiner Postkarte fehlen dürfen: Altenstein/HAS, Neustadt am Kulm/NEW, Waldeck/NEW, Parkstein/NEW, Tüchersfeld/BT, Pottenstein/BT, Kallmünz/R, Pleystein/NEW (Rosenquarzfels). In den niederen Gebirgen ist die Frage der Freistellung und/oder geeigneten landschaftlichen Einbettung von Felspartien von großer Bedeutung für das landschaftliche "Image" und die Fremdenverkehrsentwicklung. Was wären die Naturparke "Altmühljura" und "Fränkische Schweiz" ohne ihre unverkennbar geformten Felsen? Aber auch von außen oder unten kaum einsehbare Felsen üben magische Wirkung nicht nur auf Kletterer aus, so insbesondere viele Wollsackfelsbastionen der Grundgebirge, die Klettergärten an den Nagelfluhabstürzen bei München. Als Anlauf- und Werbepunkte des Tourismus sind Felserscheinungen besonders dort unentbehrlich, wo die Landschaft sonst von eintönigen Forsten oder Agrarfluren dominiert ist, so z.B. im Fichtenmeer des Fichtelgebirges und Steinwaldes, im Veldensteiner Forst.

Auch die Erlebniswirkung von kristallinen Blockmeeren und Wollsackfelsen ist vielgepriesen. Vgl. z.B. KRONBERGER (1954, S. 39) über den Nußhardt im Fichtelgebirge: "Ein gewaltiges Felsgewirr nimmt den Besucher auf." Seltsame Formen hat die stetige, unendliche Zeiten wirksame Verwitterung erzeugt. Über den zugänglich gemachten Felsen mit den oben bereits erwähnten Verwitterungsmulden (den sogenannten Druidenschüsseln) ragt senkrecht und frei eine riesige Granitplatte von der Form eines Hammers oder Kreuzes empor. Gerühmt wird die an manchen Stellen kaum 3 m breite, aber 25 m lange "Nußhardtstube". Der halbe Raum wird von einer mächtigen Felsplatte überdeckt und bietet Schutz vor Wetterunbilden. In Kriegszeiten soll sie als Unterschlupf gedient haben. Vom Sturm zerzauste Wetterfichten kämpfen auf dem Felsgewirr zäh um ihr Dasein. Die schönste Harfenfichte, die mir auf meinen vielfachen Streifen in den Wildnissen des Schneebergrückens vor Augen kam, steht mitten unter bleichen Baumleichen im Steinchaos des Nußhardt festverwurzelt".

Fels- und Blockarenen werden zu Freilichtfestspielen genutzt (Luisenburg, Bad Segeberger Karl May-Festspiele usw.). H. MAYER (1961) nennt als Attribute fremdenverkehrswirksamer "Märchen- und Zauberwälder": "Vielfältig gegliederte Abhänge mit Absätzen und Felsköpfen, Schluchten mit unregelmäßigem Blockwerk, mannigfache Felspartien, die kulissenartig das Gelände beleben und deren unzusammenhängende Bestockung das Ursprüngliche und Unfertige betonen... Alraunenartige Wurzeln umfassen Felsblöcke" (S.22). Er ortet sie innerhalb der Bayerischen Alpen praktisch immer im Bergsturzgelände. Freilich wurde die mythische Ausstrahlung solcher Bereiche auch zur Zelebrierung "urdeutscher" Naturverbundenheit hochstilisiert (vgl. z.B. KÖSTLER 1941). Postmoderner Okkultismus knüpft nachgerade an altmythische Assoziationen an (Externsteine im Teutoburger Wald, wo erstmals Außerirdische gelandet sein sollen).

Wer die eintönigen ebenen Föhrenwälder des Reichswaldes nur entlang der Autobahn passiert, würde kaum ahnen, daß zu den beliebtesten Naherholungsattraktionen Nürnbergs Felsen, ja sogar Felswände und "Klammern" gehören. Tatsächlich können die vielfältigen Formen des Burgsandsteins (auf dem die Nürnberger Burg steht!) im Mittelfränkischen "Becken" geradezu atemberaubend anmuten: die Wände, Schluchten und Blockhalden des Schmausenbuchs, die Felsschluchten der "Alten Veste", der "Schüsslesstein" und das durch seine Auswitterungshöhlen und -säulen bestechende "Ofenloch" im Lorenzerwald, der "Druidenstein" bei Mäbenberg, der "Froschstein" (nach seiner Form auch "Ofenkloß" geheißen) bei Brunn, die Bitterbachklamm bei Lauf, die Schwarzachschlucht bei Gsteinach und die gewaltige Wand des "Gitterfelsens" bei Gsteinach.

Klettererleben: Die Kombination aus sportlicher Herausforderung, Abenteuer, Naturerleben und sehr geringem Zeitaufwand für den Zustieg macht die besondere Faszination des außeralpinen Felskletterns aus. Stärker als bei anderen Freizeitbetätigungen stellt sich hier der Mensch körperlich und geistig auf seine natürliche Umgebung ein.

Im Unterschied zu Klettergärten an alpinen Talrändern (z.B. Loisachtal bei Oberau, Isartal, Saalachtal bei Weißbach) vermitteln Kletterfelsen etwa der Hersbrucker Schweiz, des Steinwaldes und Schneeberggebietes auch kleine "Gipfelerlebnisse". Zur Attraktionswirkung auf Kletterer sagt das DAV-Merkblatt "Zu Gast in den Felsen" u.a.: "Die kleinen Felsen nebenan, die bei den großen Städten, hatten für Bergsteiger und Kletterer schon immer mehr Bedeutung, als ihre Größe erahnen läßt. Sie sind den gebirgsfernen Bergbegeisterten der Raum, wo sie sich treffen, um von den fernen hohen Bergen zu träumen. Aber zugleich war das Klettern an den kleinen Felsen schon immer auch Selbstzweck, Naturbegegnung und Selbsterfahrung in vollkommener Landschaft." Die spezifischen Strukturen und Schwierigkeitsgrade der einzelnen Wände fordern Kletterer zu immer neuen Höchstleistungen heraus. Klassische Eröffnungen neuer Schwierigkeitsgrade



wurden auch auf bayerischen Mittelgebirgsfelsen durchgeführt, z.B. 10. Grad am Schellneckkopf/KEH.

Landschaftsgestalterische Herausforderung: Felsen scheinen den Menschen landschaftsgestalterisch zu beflügeln. Im Felsengarten Sanspareil schufen Markgräfin Wilhelmine von Bayreuth und ihre Nachfolger auf der Albhochfläche zwischen Hollfeld und Thurnau (BT) zu Füßen der felsgestützten Burg Zwernitz ab 1744 eine vollendete Einheit von Natur- und Menschengemachtem, in der die natürlichen Felsdurchragungen ein Grundgerüst bilden. Felsen spielen in vielen weiteren herrschaftlichen Besitzungen eine wichtige Rolle, z.B. Hohenstein bei Coburg (Sandstein), Donndorf bei Bayreuth (Sandstein), Oberaufseß/BT, wo eine große Höhle angebunden wurde.

### F.1.7.5 Erdgeschichte, Einsichten in die Geosphäre, Naturaufschlüsse

Als natürliche Aufschlüsse sind Felsausbisse, Felsfreistellungen und nur mit dünner Boden- und Vegetationshaut überzogene Härtlinge für den Wissenschaftler und Liebhabergeologen unersetzlich. Dies umso mehr, als die einst vorhandenen vielen kleinen Steinbrüche und Hohlwege großenteils zugewachsen oder verfüllt und durch oft weit voneinander entfernte Großsteinbrüche ersetzt sind. Auch die meist durch Rekultivierung und ingenieurgeologische Maßnahmen überformten Einschnitte neuer Straßen und Schnellbahnen tragen nur wenig zur Überbrückung des Aufschlußmangels bei.

Felsdurchragungen sind die denkbar besten Dokumente und Demonstrationsobjekte zur erdgeschichtlichen Entwicklung eines Raumes. Im Unterschied zu künstlichen Aufschlüssen veranschaulichen sie auch das gesteinspezifische Verwitterungs- und Abtragsverhalten, bezeugen als Erosionszeugen frühere Landoberflächen und tektonische Vorgänge. Inselgesteinsvorkommen, wie z.B. der Pfahl, verweisen eindrücklich auf gesteins- und gebirgsbildende Prozesse und die Kräfte im Erdinneren.

Ein Beispiel: Die erratisch liegenden Blockfelder und Großblöcke aus Graniten, Gneisen, Quarzporphyren ("Bolgenkonglomerat") am Bolgen bei Balderschwang/OA inmitten von Flyschmergeln faszinieren nicht nur den Geobotaniker durch seine inselhaftige Silikatflora, sondern auch den Laien, wenn er etwas über ihre vermutliche Entstehung erfährt: Abtragsschutt des am Kontinentalabhang des Flyschmeeres bloßliegenden kristallinen Untergrundes, der "hochgefaltet" und dann weitab vom verwandten Gestein der Zentralalpen freigewittert wurde und heute einen inselhaften Sonderlebensraum bildet.

Gesteinsausbisse liefern gelegentlich auch wichtige Fossilfundmöglichkeiten, z.B. die Devonfossilien der Felsen W Weidesgrün bei Selbitz/HO, am Gupfenhügel-Westhang bei Eisenbühl/HO, Steinachtental bei Stadtsteinach und "Kessel" (KUL), Forstmeistersprungfelsen und Ruine Nordeck im Steinachtal/KUL, Gipfelfelsen des Laubensteins/RO (Seelilienstengelglieder, Brachiopoden), viele Korallenriff-Felsen im Oberrätalkalk der Bayerischen Al-

pen, die Nummulitenkalke ("Bonifatiuspfennige") der helvetischen Randzone der Bayerischen Alpen (vgl. Teil B), Schneckenansammlungen in den Härtlingen tertiärer Süßwasserkalke im Ries (DON).

Anstehende Felsen lassen auch kleintektonische Verhältnisse (Kleinfalten, Fältelung, Kleingewölbe), ja die Hauptstreichrichtungen des Gebirgsbaues bisweilen hervorragend hervortreten (Beispiele: Flyschfalten S Neubeuern/RO, Gneisfalten bei der Rehmühle/Münchberger Masse). Viele andere Phänomene der Erdkruste teilen sich an Geotopen mit, so etwa magnetische Anomalien. Am Serpentinfels des Haidberges bei Zell stellte A. v. HUMBOLDT 1797 fest, daß die Magnetnadel schon auf 22 Fuß Entfernung aus ihrer natürlichen Lage gerissen wird und daß jedes abgeschlagene Gesteinsstück einen Süd- und Nordpol besitzt.

### F.1.7.6 Kulturgeschichte, Mythologie

Härtlingsauftragungen, Fels- und Blockbereiche sowie Felsschluchten mit ihren phantasieanregenden Kleinformen gelten seit jeher als besondere mythische Orte. Unzählige Sagen, Märchen und lokale Begebnisse ranken sich darum: "Magnetberge", "Dreisessel", "Hexentanzplatz" der Walpurgisnacht, "Roßtrappe", "Drachenstein", "Teufelsloch" (bei BT), "Teufelstanzplatz", "Teufelsschüssel" (z.B. Waldnaabtal) oder "Teufelsstein" (z.B. bei Friedenfelds/TIR) usf. Immer wieder führen sowohl in den Deutschen Sagen (Rübezahl, Wolfgrambär usw.), in den Grimmschen Märchen (z.B. "Schneeweißchen und Rosenrot", "Der gläserne Berg") wie in "Tausend und eine Nacht" (z.B. Ali Baba) geheimnisvolle Felsentore oder kaum überwindbare Felsanstiege zu ungeahnten Schätzen, versunkenen Welten, zum großen Glück oder kaum zu bestehenden Feinden. Felsblöcke sind verwandelte Personen (z.B. "Die zwei Brüder"). Der "Habitat" von Zwergen, Gnommen, Trollen sind fast immer Blockfluren oder Waldfelsen (vgl. die Sage von den Zwergen im Wohnsgehaiger Hügel). Häufig fallen hier dramatische Entscheidungen in der Sagenwelt (z.B. Siegfrieds Ermordung am Felsenbrunnen) oder sind sogar historisch belegbar (z.B. Schlacht von Nördlingen am Albuch am Riesrand, Schlacht im Teutoburger Wald). Der Holländer Michel haust am Grunde eines Felsabsturzes. Kaspar beschwört in der felsigen Wolfsschlucht im "Freischütz" den Samiel und gab zu vielen "Wolfsschluchten" in den Voralpen und im Vorland Anlaß (z.B. Neubeuern, Possenhofen, Neuschwanstein). Genoveva mit ihrer Hindin findet in einer Felsenhöhle jahrzehntelange Zuflucht. Aaron schlägt aus dem Felsen das rettende Wasser.

Dichter, Musiker und Maler verbanden die besondere Wirkung solcher Naturstätten mit Schlüsselszenen und -sujets ihrer Werke: ADALBERT STIFTER ("Bergkristall" und "Hochwald" sind Apotheosen der kristallinen Block- und Felslandschaften seiner Kindheit), GOETHE ("Harzreise" und "Faust II" - Walpurgisnacht), R. WAGNER (Walhall, der Walkürenfelsen im "Ring"), MUSSORGSKI ("Die Nacht auf dem kahlen Berge"), MENDELSSOHN



(Hebridenouvertüre, Fingalshöhle), V. v. SCHEFFEL ("Tatzelwurm"), Maler der Spätgotik wie z.B. A. ALTDORFER, A. DÜRER, L. CRANACH, W. HUBER, M. GRÜNEWALD, H. BOSCH und der Romantik (z.B. C. D. FRIEDRICH, der seinem "Watzmann" einen kristallinen Wollsockelfelsen vorschob, A. BÖCKLIN: "Die Felsenschlucht", A.L.RICHTER). GOYAs Bilder "Festung auf dem Felsen" und "Phantastische Vision" wie auch "Das Schloß" von KAFKA thematisieren den hohen Felsen als Sinnbild des unnahbar Jenseitigen und gleichzeitig Beherrschenden.

König Max II. besuchte 1846 den seitdem nach ihm benannten "Maxfelsen" am Rusel/DEG.

Bauwerk-, tier- oder menschenähnliche oder mit persönlichen Eindrücken verbundene Felsformen wurden auch in neuerer Zeit noch mit vielfältigen Namen belegt: "Zwölf Apostel"(Altmühltal), "Vogel-, Dachs-, Drosselfelsen"(Steinwald), "Richard-Wagner-Kopf" (am Arber), "Steinerne Agnes" (im Lattengebirge), "Gundl vorm Backofen" (am Heuberg im Inntal/RO), "Kaisersäle" (an der Kampenwand) u.v.a. Die moderne Sportkletterbewegung löst eine Inflation von Felsnamen in den Mittelgebirgen aus.

Eine ganze Sagenwelt verbindet sich mit den oft abenteuerlich und "unerklärlich" geformten Schüsselsteinen, früher gemiedenen Orten (in Ostbayern auch Opfersteine, Teufelssteine, Druidenschüsseln, Hexenschüsseln, Hexenkessel, Teufelrasierschüsseln, Teufelsbutterfässer, Muldensteine, Richtersitze und Herrgottsteine genannt). Zur Verbreitung siehe [Kap. F.1.6](#). Der Druidenstein auf dem "Druidenacker" W Bodenreuth/TIR soll Opferaltar der heidnischen Ureinwohner gewesen sein; Karrenbildungen seien heidnischen "Blutrinnen". Im nahegelegenen Hochwald soll die Felspartie des "Irr" eine Kultstätte für den Gott Irr gewesen sein.

Die kultisch-religiöse Bedeutung von Auftragungen ging auf das Juden- und Christentum über, anknüpfend an die besondere Bedeutung von Bergen und Felsen im Alten und Neuen Testament (Sinai, Hebron, Tabor, Gethsemane, Bergpredigt usw.). Hier von zeugen nicht nur die berühmten "Heiligen Berge", Felsen- und Bergklöster und Abteien (Athos, Montserrat, Monte Cassino, Melk, Kreuzberg/Rhön, Andechs, Baumburg/Alz, Banz, Windsberg/Straubinger Vorwald, Wollberg/PA), sondern auch landschaftlich einzigartig gelegene Judenfriedhöfe auf isolierten Bergspornen und Kuppen (z.B. Judenhügel bei Kleinbardorf/NES), die Wallfahrtskirche Mariastein bei Kufstein auf einem isolierten Kalkfelsen, die Peterskirche auf dem Kleinen Madron bei Fischbach/RO, die Schnappenkirche und Streichenkapelle im Achenal/TS.

### F.1.7.7 Naturschutzgeschichte

Auffällige Felsbildungen, nicht zuletzt auch aufgrund ihrer kulturgeschichtlich-mythischen Assoziationen, weckten den Naturschutzgedanken, markieren den Beginn des hoheitlichen Naturschutzes und stehen am Beginn spektakulärer Rettungsak-

tion. Bereits 1840 wurden auf "Allerhöchste Anordnung" Maßnahmen zum Schutze der landschaftlich hervorragenden Felspartien im Altmühltal und an der Donau bei Weltenburg gegen die Gefährdung der Steinindustrie getroffen; kurz vorher wurde der Drachenfels im Siebengebirge gerettet, etwas später der durch prächtige Basaltsäulen ausgezeichnete Herrnhausstein bei Steinschönau in Nordböhmen durch einen Pachtvertrag (vgl. EIGNER 1905). Auch die Geschichte der natursichernden Flächenankäufe beginnt mit floristisch interessanten Felsgeotopen wie z.B. Hoppe- und Drabafelsen (Regensburgische Botanische Gesellschaft). Unter den Schutz- oder Hoppefelsen (Typuslokalität für die kretazischen "Schutzfelsschichten") flüchtete sich D. H. HOPPE 1789 vor einem Gewitter und faßte hier den Gedanken zur Gründung der Regensburgischen Botanischen Gesellschaft, der heute ältesten der Welt (BRESINSKY 1991). Die jahrzehntelangen Kämpfe um den Pfahl, "das größte und imposanteste Naturdenkmal des Landes" (GÜMBEL), zwischen Steinbruchunternehmern und Naturschützern kamen 1958 zu einem gewissen Vorabschluß, als der Freistaat Bayern wenigstens Teile der NSGe Großer-, Hof-, Moosbacher- und Weißensteiner-Pfahl käuflich erwarb.

Für die Prägung des Naturdenkmalbegriffes standen Felsbildungen Pate. Viele frühe Naturschutzgebiete (Doost im Girmitztal/NEW, Schneeberg, Fantaisiepark, Sanspareil, Hölle bei Wiesent/R usw.) waren eher geologisch-ästhetische Naturdenkmäler. Das hessische Denkmalschutzgesetz vom 16.7.1902 versteht unter Naturdenkmälern: "Natürliche Bildungen der Erdoberfläche, wie Wasserläufe, Felsen, Bäume u.dgl., deren Erhaltung aus geschichtlichen und naturgeschichtlichen Rücksichten oder aus Rücksichten auf landschaftliche Schönheit oder Eigenart im öffentlichen Interesse liegt." CONWENTZ (1904) erweitert diesen Begriff: "...ursprünglicher, d.i. von kulturellen Einflüssen völlig oder nahezu unberührt gebliebener, lebloser oder belebter charakteristischer Naturkörper im Gelände..."(S.186). Dies ist auf Felsbildungen geradezu zugeschnitten.

Fels-"Naturdenkmale" verkörpern aber auch in besonderer Weise die ausgangs des 19. Jahrhunderts vor allem von H. CONWENTZ entwickelte, jahrzehntelang bestimmende Naturschutzphilosophie der "Naturdenkmalpflege", die Lebensraumzusammenhänge zurückstellte (populationsökologische Anforderungen allerdings auch kaum ahnen konnte) und die als Antithese zum amerikanischen Nationalpark-Konzept wohl den Einzug des Großflächenschutzes in Deutschland verzögerte. Eine späte Reaktion daraus wäre es, Felsen nicht als isolierte Einzelgeotope zu sehen, sondern bewußt in komplexe Lebensraumzusammenhänge einzubinden und ihnen bewußt entwickelte Komplementärlebensräume des Umfeldes zuzuordnen.

Auch die aktive Geotoppflege wurzelt schon im 19. Jhd. Beispielsweise bestimmen die Wirtschaftsregeln für den Hienheimer Forst/KEH von 1893 u.a.: "An einzelnen Stellen mit grotesker Felsbildung,

mächtigen Felswänden und Schluchten, welche zu den interessantesten und vielbesuchtesten Punkten der durch landschaftliche Schönheit ausgezeichneten Kelheimer Gegend gehören, soll die Wirtschaft auch der besonderen Forderung der Ästhetik möglichst gerecht werden. Derartige Stellen sollen vorzugsweise in der Plänterform behandelt und sollen auf denselben schöne Laubholz-Bäume und -Gruppen möglichst lange übergehalten und - soweit für den Ersatz etwa abgehender Bäume und Stammgruppen Sorge zu tragen ist - dem erwähnten Zweck entsprechende Holzarten angepflanzt werden" (Mitt. Staatsforstverw. Bay. 1. Heft, 1894, S. 120).

### F.1.8 Gefährdung, Rückgang, Zustand

(Mit einem Beitrag von V. Wirth)

Felsen und Härtlinge - Inbegriff des Festgefügtten, kaum Zugänglichen und Beständigen, trotzdem gefährdet?

In der Tat steht die Starre des Gesteins in einem oft bemerkenswerten Kontrast zur Dynamik der Nutzungen und Aktivitäten auf und um die Felsbereiche. "Nicht nur Pflanzen- und Tierarten und ihre Biotope, sondern auch der geomorphologische Formenschatz sowie erdgeschichtliche Naturschöpfungen drohen durch zahlreiche menschliche Eingriffe für immer aus unseren Landschaften zu verschwinden" (Dr. R. SCHUMACHER anläßl. einer einschlägigen ANL-Tagung in Würzburg 1982).

Zwar werden heute nicht mehr, wie im Donautal bei Abbach 1791-1797 (BLEIBRUNNER 1968; siehe Abb. F/19, S. 424), oder im Pegnitztal bei Velden vor wenigen Jahrzehnten, ganze Felstürme als Verkehrshindernisse gesprengt, Felsen abgebaut, wie im Wurlitzer und Winklarnser Serpentinsteinbruch, oder Kleinfelsen und Großblöcke im Zuge der Flurbereinigung beseitigt, wie noch in den 1960er und 1970er Jahren in der Fränkischen Schweiz (z.B. Schirradorf) und im Grundgebirge, doch verändern sich Optik und Lebensraumfunktion von Gesteinsauftragungen unvermindert stark im Zeichen des allgemeinen Landnutzungswandels. Namensgebungen des 19. Jahrhunderts wie "Fränkische Schweiz" oder "Alpiner Steig" (im Tal der Schwarzen Laaber) wären wohl heute - nach dem Zuwachsen vieler Felsen und der Verwaldung der meisten Weidehänge - kaum mehr entstanden (vgl. ZIELONKOWSKI et al. 1986).

Die wesentlichsten Beeinträchtigungen von Felsen, Härtlingen und Inselgesteinen betreffen:

- Substantielle Verluste durch Abbau, Wegsprengen, Planieren usw.;
- Beeinträchtigung der optischen und biotischen Wirkung durch massive Veränderung des direkten Umfeldes und Kontaktbereiches;
- (z.T. chronische) Beeinträchtigung der Felsbiozöosen durch Erholungsbetrieb und Immissionen;
- Schleichende Umnutzung der Vegetation (z.B. durch forstliche Maßnahmen).

Im allgemeinen gilt: Je kleiner die Felsen/Härtlinge/Blockfelder, desto ungeschützter sind/waren sie

den Veränderungen durch Entsteinung/Sprengung, agrarischen Stoffeintrag, Bestockung, Besiedlung, Bodenabbau, Vermüllung und Ruderalisierung ausgesetzt.

Bevor die wichtigsten Risikofaktoren einzeln abgehandelt werden, ein zusammenfassendes Beispiel: Die LPK-Erhebungen der fels-, härtlings- und/oder inselgesteinsartigen Serpentinitegeotope durch J. VOGEL zeigten, daß heute 63 % der Fundorte von Serpentinarnen und serpentin-spezifischen Pflanzengesellschaften in Bayern bereits zerstört oder akut vom Aussterben bedroht sind. Fast alle Fundorte haben sich in ihrer Struktur verändert. 13 Serpentinarnpopulationen und 4 Serpentinegeotope sind ganz erloschen, an 14 Fundorten konnte nur noch eine der gesteins-spezifischen Farnarten in stark geschwächten Kleinstpopulationen bestätigt werden. In Oberfranken verschwanden mindestens 23 % der Serpentinarnvorkommen in den letzten 45 Jahren. Dabei gingen von den drei Standorten zwei durch Abbau verloren. Fünf weitere Wuchsorte stehen kurz vor dem Erlöschen. In der Oberpfalz weisen von elf früher belegten Standorten nur noch drei gute Serpentinflurenbestände auf. Vermutlich ist die Verlustquote noch größer, da z.B. die Oberpfälzer Fundorte erst nach dem Abbau vieler Serpentinite um 1960 entdeckt worden waren. Die Zustandsveränderungen bzw. Verluste der insgesamt 26 von VOGEL & BRECKLE (1992) zusammengestellten Serpentinegeotope resultieren in mindestens 6 Fällen aus Totalzerstörung durch Abbau, in 13 Fällen aus Sukzession/Zuwachsen/Aufforstung, in vielen weiteren Fällen aus allgemeiner Eutrophierung und Überwucherung mit Nitrophyten, Vermüllung oder Abraumlagerung bzw. dem Fehlen von Pufferzonen. Mit Ausnahme der Wojaleite/HO benötigen heute sämtliche Serpentinheidestandorte Bayerns (und Sachsens) einen gewissen, von Standort zu Standort schwankenden Pflegeaufwand (Ausweisung von Pufferzonen, Beseitigung von Überwucherungen und Nitrophyten wie *Rubus idaeus*, Entbuschung, Entfichtung, Auflichtung beschattender Aufforstungen auf Kontaktflächen).

### Felssprengung, Entsteinung, Blockbeseitigung, Entfernen von Ackerhindernissen

Da schon kleinere Felsköpfe eine Fülle spezifischer Gesteinsbewohner tragen können, muß "der Verlust solcher Standorte, das Absprengen von Felsen, das Abräumen erratischer Blöcke, das Abschlagen alter Bäume, die Diversität abrupt verringern" (POELT 1993, S. 51). Diese Erkenntnis hat in den letzten 100 Jahren in unserem Umgang mit der Umwelt keine Rolle gespielt. Denn die Zahl und Verbreitung zumindest kleinerer Felsen, vor allem aber von Blöcken ist in dieser Zeit rapide zurückgegangen. Blöcke im Offenland gehören zu den bedrohtesten Biotopen überhaupt.

So wie den quarzitären Kallmünzer-Blöcken und Blockfeldern auf der südöstlichen Frankenalb, die heute praktisch nur noch innerhalb von Wäldern am natürlichen Standort ruhen, ansonsten aber praktisch restlos gesprengt oder entfernt sind, erging es den allermeisten Kleinfelsen und Blöcken innerhalb der

Agrarlandschaft. In Agrarregionen, die heute zunehmend extensiver bewirtschaftet werden, hat man in den 1930er bis 1970er Jahren viele Blöcke und vereinzelte Kleinfelsen gesprengt bzw. abtransportiert, so z.B. auf der Weismainalb/LIF, KUL, auf der Hohen Rhön/NES, KG und in den Schwarzen Bergen/KG. Viele in den 1930er und 1950er Jahren mit großem Aufwand entblockte Flächen im Bayerischen Wald, Böhmerwald, Oberpfälzer Wald und in der Rhön sind heute aufgeforstet. Beispiele: Heinrichsbrunn und Auersbergreuth/FRG, Umgebung der Platzer Kuppe/KG, eine aus heutiger Sicht unvermeidbare Verschwendung von Volksvermögen.

Die Blockbeseitigung hat den Landschafts- und Biopcharakter entscheidend verändert, wird in ihrem Ausmaß meist unterschätzt und ist für die Bewertung und Behandlung der verbliebenen Blockvorkommen wichtig.

Der Heimatschriftsteller SCHRÖNGHAMER-HEIMDAL ("Der Bayerwald" 1955, Heft 2/3) erlebte die Kultivierungsarbeit der Neusiedler im Grundgebirge und ihre ansteckende Wirkung auf die Eingewohnten u.a. so: "... Hei, wie sind da von brennenden Dornbüschen prasselnde Flammen zur Höhe geschlagen, wenn das Feuer die Hecken hinlief, bis aller Wildwuchs gefressen war. Wie schütterte oft

der ganze Berg, wenn die pulvergesprengten Felsen den Hang hindonnerten und turmhoch in die Lüfte surrten wie Sprengstücke von schweren Granaten. Uns konnten die Trümmer nichts anhaben, denn der Böhm (ein aus dem Böhmischem herübergekommener armer Siedler) und ich saßen im Unterstand und warteten auf das Bersten und Krachen, das die Raben von den Rainen schreckte und die Habichte aus ihren Horsten riß... Wie die Bauern gesehen haben, was der Böhm aus der Wildnis geschaffen hatte, haben sie ihn in ihre Dienste genommen. Überall gab es Felsen in Feldern, Wildwuchs in Wiesen, Rotmoore und Sümpfe auf Weiden und Halden..."

Dem "Böhm auf dem Rain" taten es im 19. und in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts viele Bauern nach. In bestimmten Grundgebirgsabschnitten war kaum eine Rodungsfläche oberhalb der Talböden frei von "Findelsteinen" (Felsbrocken von ca. 0,5 m<sup>3</sup>) oder größeren Gneis- und Granitblöcken. Schon vorher wurden unzählige Grundstücke in mühsamer Handarbeit von Lesesteinen und Kleinblöcken geräumt. Viele Lesestein- und Blockwälle sind daher zumindest in ihrem Unterbau oft jahrhundertalt. Vor dem Einzug des Sprengpulvers wurden Blöcke umständlich ausgegraben und mit Stangen und Brettern herausgeholt, manchmal sogar noch vor dem 2. Weltkrieg (z.B. im Graflinger Tal/DEG).

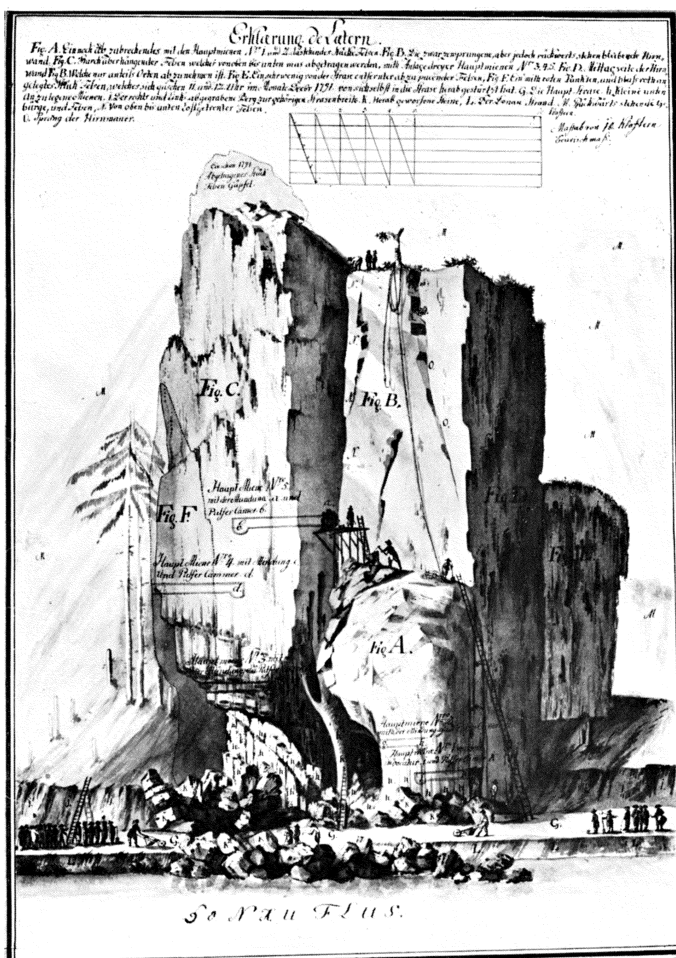


Abbildung F/19

Zeitgenöss. Darstellung der Sprengung des Teufelsfelsens bei Bad Abbach im Jahre 1791 (aus BLEIBRUNNER 1968)

Einen wesentlichen Anstoß erhielten die Entsteinungen durch das Bayerische Ödlandgesetz vom 6.3.1923, den Reichsarbeitsdienst und die Gründung der Ödlandgenossenschaften in den 1930er bis 1950er Jahren, deren Verbreitung den damaligen Blockreichtum der Landschaft widerspiegelt. Im ostbayerischen Gebirge existierten Entsteinungs-genossenschaften u.a. in den Altlandkreisen Bogen, Deggendorf, Cham, Regen, Regensburg, Roding, Viechtach, Waldmünchen, Wegscheid, Wolfstein. Bereits das erste Entsteinungsprojekt der Bezirksödlandgenossenschaft Grafenau/FRG mit einem Finanzvolumen von 5 Mill. RM (zu 65 % staatlich gefördert) umfaßte 5000 ha. Demag-Druckluftkompressoren mit Werkzeugtransportwagen und eine transportable Feldschmiede unterstützten die Entblockung der Flächen mit Preßluft und Sprengstoff. Großblöcke und gewachsene Kristallinfelsen wurden mit der Bohrlochtechnik gesprengt (Kompressoren bzw. Unimogs mit Aufbaukompressoren). Für 1 m<sup>3</sup> Gestein sind 1,12 lfm Bohrloch und 0,7 kg Sprengstoff erforderlich. Blöcke bis 0,5 m<sup>3</sup> wurden mit "Auf- und Unterlegersprengung" zerkleinert. Die Beseitigung der Steinriegel, die sich über Jahrhunderte angesammelt hatten, erfolgte in einem kombinierten Raupen- und Kompressoreinsatz. Welch ungeheuren Mengen wertvoller Flechtenstandorte mögen dadurch vernichtet worden sein! Gerade auch die voll besonnten Einzelblöcke inmitten magerer Wiesen und Äcker tragen häufig sehr bemerkenswerte Arten (MEINUNGER 1988).

1947 wurden im Altlandkreis Grafenau 10350 kg Sprengstoff für 23500 Sprengschüsse verbraucht, 1957 waren es bereits 144775 kg bei 603544 ausgeführten Sprengungen und 18 000 Arbeitsstunden der Sprengmeister, Maschinisten und Mineure. In einem internen Bericht der Ödlandgenossenschaft formulierte F. MÜCK am 15. 2. 1948 folgendes Nahziel: "... sämtliches im Lkr.Grafenau befindliches Ödland zu kultivieren und die hier durch Findlingssteine sehr durchsetzten Grundstücke zu säubern, um dadurch die Wirtschaftlichkeit der landwirtschaftlichen Betriebe zu festigen und Bruchsteine für den Bau von Siedlungsstellen sowie Wirtschaftswege zu schaffen."

In einer internen Programmschrift der Grafenauer Genossenschaft hebt MÜCK 1957 auch stellvertretend für alle Blockgebiete Bayerns die landwirtschaftliche Erschwernis durch Felsen und Steine und die Erleichterung durch deren Beseitigung hervor:

- Ermöglichung eines rationalen Maschineneinsatzes,
- bessere Ackerbearbeitung (dem Felsen muß im Bogen ausgewichen werden, der Randstreifen von Hand umgegraben und nachgesät werden),
- Verringerung der Gerätereparaturen,
- Schonung der Zugtiere,
- Einführung der Wechselwirtschaft auf bisher versteineten Flächen (Grün- und Ackerland auf bisher verhungerten Borstgrashutungen),
- Rohmaterial für den Wegebau,

- bessere Voraussetzungen für Landtausch, Arrondierung, Flurbereinigung und Entwässerung,
- Nutzflächenvermehrung (viele Betriebe in diesen Räumen waren kleiner als 10 ha).

In der Basaltröhön, im Böhmer-, Bayerischen-, Inneren Oberpfälzer-, Steinwald und Fichtelgebirge war die Entsteinung der Schlüssel zu umfassender Intensivierung und Zurückdrängung nährstoffarmer 6d1-Flächen, zum Ersatz bunter Magerwiesen durch Intensivgrünland, zum Verlust ungezählter Biotopinseln und Felsrandstreifen. Viele Borstgrasrasen und Birkenberge verloren mit den Blöcken und Felsköpfen auch ihren Intensivierungsschutz (siehe oben). Leider führte die Flurbereinigung auch dort später noch systematische Entblockungen durch, wo relativ seltene Gesteinsvorkommen betroffen waren, z.B. die Abräumung der meisten Kallmünzer Blöcke im Raum Fichtenhof-Steinbach/LAU.

Etwas weichere und brüchigere Gesteinsauftragungen konnten von den Ackerbauern ohne größeren technischen Aufwand entfernt bzw. einplaniert werden, so z.B. viele ehemalige kleine Gipshügel S Marktnordheim/NEA und in der Unkenbachniederung/SW. Kalktuffhügel und -senken, z.T. auch alte Kalkgruben in ehemaligen Quellmoorgebieten wie im Donauried (bei Riedheim), Dachauer und Erdinger Moos (z.B. Brennermühle/ED, Gröbenzell, Lochhauser Sandberg/FFB, Wörther Moos/ED) wurden fast gänzlich verfüllt bzw. einplaniert. Das Tief- und Anpflügen der Grundgipsoberfläche im Steigerwaldvorland dürfte häufig sogar in die unterirdischen Karstsysteme eingreifen, die im mittel- und unterfränkischen Gipskarst nur wenig unter der Oberfläche liegen. Die Schlotten weiten sich schneller aus; in den geöffneten Vertikalschlotten kann Oberflächenwasser und Ackererde besser eingeschwenkt werden. Auch neue Gräben öffneten Zulaufverbindungen zu Gipshöhlsystemen (z.B. Westphül/NEA).

Im Rahmen der Flurbereinigung wurden Blockbeseitigungen auch noch nach den Entsteinungskampagnen durchgeführt (z.B. Verfahren Neudorf b. Grafenau in den 1960er Jahren). Die neuerdings etwa im Schwarzwald angewandte "Kompromißmethode", die Entfernung und teilweise Sprengung der Felsblöcke und ihre Deponierung an Grundstücksrändern, ist ökologisch und vom Aspekt des Artenschutzes wenig sinnvoll. Eine Überprüfung in mehreren Fällen ergab, daß die Laub- und Strauchflechten durchweg und viele der Krustenflechten die Prozedur des Schleiftransportes, der gegebenenfalls erfolgenden Zwischenlagerung und der meist nicht standortgemäßen Neuexposition nicht überstehen. In manchen Fällen (z.B. Granitblöcke) erwiesen sich die Blöcke nach der Prozedur als fast vegetationsfrei. Diese Form der "Entsteinung" mag unter landschaftsästhetischen Gesichtspunkten noch eine Kompromißlösung darstellen. Floristisch kommt sie jedoch fast nur Arten breiter ökologischer Amplitude zustatten. Da in aller Regel die Entfernung der Felsblöcke begleitet wird von der Meliorierung/Düngung von blumen-, insekten- und - in der Umgebung der Felsblöcke - oft

strauchflechtenreichen Magerrasen, ist die Bilanz derartiger Maßnahmen enttäuschend. Hinsichtlich der Entsteinung ist besonderes Augenmerk auf die verbliebenen Heiden und Wiesen mit Basaltblöcken in der Rhön (STEIER 1919) zu richten.

### **Wirtschaftswege, Verkehrswege, Siedlungerschließung**

Auch heute noch können einzelne wertvolle Geotope in projektierte Trassen oder Siedlungsgebiete zu liegen kommen. Beispiele für aktuelle Konfliktherde: Grünsandsteinhärtling bei Bichl/Ortsumgehung, Neubaugebiet Waldecker Basaltkuppe.

Beim Wirtschaftswegebau traten erhebliche Verluste ein, z.B. wurden Forststraßen im Böhmer- und Bayerischen Wald sowie Inneren Oberpfälzer Wald an vielen Stellen durch schutzwürdige Blockfelder hindurchgeführt. Der Forstwegbau zerstörte mit einigen Granitblöcken im Lerautal/NEW auch einen Großteil der dortigen, in Bayern insgesamt sehr seltenen Granitkarren (FÜSSL mdl.).

### **Sukzession, Aufforstungen, Forstwirtschaft und Flurbereinigung**

Unzählige alte Stiche, Bilder und Fotos illustrieren die relative Offenheit der Kulturlandschaft des 19. Jahrhunderts und der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts (vgl. auch ZIELONKOWSKI et al. 1986). Viel mehr außeralpine Felsen und Blockfelder als heute waren ganz oder teilweise frei und weithin einsehbar. Damals felsig erscheinende Landschaften wie die Wiesentalb, Pegnitzalb oder der Jura-Nordostrand bei Thurnau/KUL erscheinen heute eher als Waldlandschaften, in denen nur gelegentlich, fast überraschend und oft nur auf kurze Entfernung, Felsen auftauchen. Von unten her verwaldende Steilabstürze verkürzen sich optisch und wirken dadurch weniger majestätisch als früher (z.B. Walberla, Lange Meile, Hetzles, Houpirg, Arnsberger Leite im Altmühltal). Die Wildheit der Fränkischen Schweiz ging mehr und mehr verloren. Felsarm erscheinende Waldtäler entpuppen sich im Licht alter Fotos als felsreich (z.B. Altmannsteiner Schambachtal/EI, KEH). Noch in den 1940er und 1950er Jahren weitgehend offene Blockfluren des Grundgebirges liegen heute oft im tiefen Waldesschatten, wenn sie nicht der Entsteinung zum Opfer gefallen sind (vgl. KLEMENT 1950). Mit Vergleichsfotos 1926/1988 dokumentiert BRESINSKY (1991) das weitgehende Zuwachsen des Drabafelsens an der untersten Naab bei Regensburg.

Durch Aufforstung können kleine Inselgesteins- oder Felsgeotope auch dann beeinträchtigt werden, wenn die Anpflanzung nicht auf dem Geotop selbst, sondern unmittelbar nebenan stattfindet. Nadelstreuanhäufung und Mikroklimaveränderung (Windabschirmung, Austrocknungshemmung) begünstigen Rohhumusaufgaben, die den Pflanzenwuchs immer unabhängiger vom chemischen Milieu des Gesteins machen. Auf diese Weise wird z.B. die spezifische Serpentinvegetation auf vielen Standorten ausgedünnt und endlich ganz verdrängt (z.B. Kalvarienberg bei Winklarn/SAD, Murachtal). Nach eigenen Erhebungen (J. VOGEL) ist das Zuwachsen

kleinflächiger Serpentinittfelsen durch angrenzende Gehölzsukzession und Fichtenaufforstung nach dem Abbau wohl die zweithäufigste Verlust- bzw. Rückgangsursache für die Serpentinfarne, vor allem *Asplenium adulterinum* (Föhrenbühl, Haideck bei Wurlitz, Tännig/HO, Kalvarienberg bei Winklarn/SAD u.a.). Denselben Effekt erzeugt natürlich auch natürliche Bewaldung auf umliegenden Heiden oder auf dem Härtlingsstandort selbst (z.B. Heidleite bei Hof). "Die Gipfel der Serpentinhöhen sind meist von spaltenreichen Felsen übersät und nahezu waldfrei" (VOLLRATH 1957, S. 45), heute sind sie meist durchwegs bestockt oder von lichthem Heidekiefernwald in dichte Fichten- und Kiefernforste übergegangen.

Auch kristalline wie dolomitische Härtlinge, Kuppen und Knocks, die früher vielfach als Hut genutzt waren, erscheinen heute oft als Waldschöpfe. So erging es z.B. den Eklogit-Auftragungen bei Stammbach/HO, vielen einst nur licht mit Birken, Wacholder oder Föhren bestockten Granitbuckeln des Vorwaldes und Oberpfälzer Waldes, vielen Frankendolomit-Knocks, Diabas- und Basaltkuppen (z.B. Rosengarten/KG, Kuppen bei Schirnding/WUN und Bad Steben/HO), um nur einige zu nennen. Auf einst sonnenüberfluteten Felshängen, wie den Diabasabstürzen an der Saale N Hof, im Selbitztal N Naila und an der Fränkischen Linie, den Granit- und Gneishängen im Regenknie, im Donautal oder im Pfreimdtal, den Fußzonen der Pfahlquarzfelsen und einem Großteil der felsigen Weißjuralhänge gelangt heute viel weniger Sonne bis zum Boden. Verstärkte Streu- und Humusbildung dunkelt die charakteristischen xerothermen Biozöten oft weitgehend aus; die kontinentale Mikroklimatönung des bodennahen Raumes verschiebt sich zu einem feuchteren Waldklima. Im fast geschlossenen Bestand plötzlich auftretende Überhälter von Serpentinfarne, Strohlume, Sprossende Hauswurz, traubige Graslinie oder Pechnelke mögen noch an den früheren Felsheidezustand erinnern. Als Beispiele für höchstwahrscheinlich durch Ausdunkelung ehemals schafbeweideter Felsareale völlig oder teilweise verdrängter bemerkenswerter Arten seien die extrem seltenen Kleinschnecken *Pupilla sterri*, *Chochlostoma septemspirale* sowie die heute in Bayern ausgestorbene Schwarze Mörtelbiene (*Megachile parietina*; Dieterzhofener Berg bei Riedenburg/KEH) erwähnt.

Forstwirtschaftliche Umnutzung hat an vielen Stellen nordexponierte Blockschuttwälder durch Fichteneinbringung (z.B. unteres Altmühltal) und südexponierte Seggen-Buchenwälder im Wandfußbereich durch Schwarz- oder Waldkiefernkulturen erheblich beeinträchtigt (z.B. mainfränkische Wellenkalkhänge im Main- und Saaletal, unteres Altmühltal). Dadurch wurden auch einige seltene Arten, wie z.B. die Schließschnecke *Cochlodina orthostoma*, stark zurückgedrängt (z.B. Klamm und Kastlhäng/KEH; AI 1988). Ähnliches gilt für die lichten Heide- und Dolomit-Kiefernwälder, z.B. auf den Muschelkalkplatten bei Bad Kissingen - Nüdlingen, auf den Langen Bergen (CO), auf den Dolomitkuppen der Pegnitzalb. Eine der wertvollsten 6d-Gesellschaften



der Frankenalb, das BUPHTHALMO-PINETUM, verliert ihren enormen Artenschutzwert tragischerweise durch eine normalerweise anerkennenswerte Maßnahme, die Fichten- oder Laubholzunterpflanzung. Nach HEMP (1997) sind 25 von insgesamt 46 Quadranten (Hauptvorkommen) dieser lichten Waldgesellschaft in der Pegnitzalb heute bereits teilweise unterpflanzt und gezäunt. Reichen die Pflanzungen direkt an kleinere Felsen heran, so bringt die Ausdunkelung allmählich auch hochschutzbedürftige Felsarten wie *Cardaminopsis petraea* und einige Felsschnecken zum Verschwinden.

Forstlich bedingte Ausdunkelung trifft natürlich vor allem die vorwiegend lichtliebende (photophytische) Flechtenwelt und den lichtliebenden Teil der Moosflora an Blöcken und Felsen (wie auch Lesesteinhaufen und Steinriegeln). An ihre Stelle tritt dann oft eine allgemein verbreitete Moosflora. Die epilithischen Artenverluste durch Aufforstungen oder allmähliche spontane Wiederbewaldung sind um so gravierender, je länger die betreffenden Geotope lichtexponiert waren (Blöcke in ehemaligen Magerrasen!). Andererseits kann starke Auflichtung durch Kahlschlag, (waldschadensbegünstigter) Windwurf und Waldsterben an naturnahen Blockwald- und Felswaldstandorten die hier z.T. an lichtarme Habitate angepaßten Kryptogamen zum Absterben bringen. So ist mit dem Absterben der randlichen Baumbestände und auch der Zwergstrauchansiedlungen auf der großen Porphyrblockhalde am Kahleberg (Erzgebirge; vgl. BÜTTNER 1961; siehe Kap. F.1.4) ein Verschwinden vieler seltener Flechten (neben *Vaccinien* und Krähenbeere) einhergegangen (STEFFENS mdl.).

### Eutrophierung, Ruderalisierung, Veränderung des chemischen Milieus

Schleichende Eutrophierung durch Fern-Immissionen und/oder agrarischen Stoffeintrag ist mittlerweile sogar in ansonsten naturnahen Felsfluren und Steilstufen zumindest örtlich zum Problem geworden. Sogar in Kalk- und Silikatfelsrasen primären Charakters breiten sich lokal Nährstoffzeiger aus, offensichtlich am deutlichsten im Kontakt zu intensiven Agrarflächen ober- oder unterhalb der Felsleiten, so z.B. an den Regentalhängen, an den Donautalhängen bei Wörth/SR (ZIELONKOWSKI mdl.). Diese Situation ist umso alarmierender, als in Fels- und Wandfluren etwa im Gegensatz zu geschlossenen Magerrasen kaum Ausmagerungsmaßnahmen möglich sind und seltene Arten besonders zahlreich betroffen sind. Natürlich wirkt sich die Eutrophierung verstärkt an den Stellen mit Bodenauflage aus.

Indirekte oder direkte Düngung führt zum völligen Verschwinden der Flechten und zumindest zu einem Wandel und zu einer Verarmung der Moos- und Pilzflora. Der laterale Düngereintrag aus umgebenden Agrarflächen scheint bereits jetzt an vielen Stellen unersetzliche Fels- und Inselgesteinsgeotope erheblich zu beeinträchtigen. Z.B. werden die meist konkurrenzschwachen und langsamwüchsigen Arten der Serpentinstandorte durch direkte oder indirekte Düngung, wohl auch unterstützt durch Katio-

nenzufuhr aus Staubemissionen, die die existenzwichtigen Engpässe der Mangelionen ausgleicht, rasch überwuchert (VOGEL & BRECKEL 1992). Stoffhaushaltliche Störungen mit Verfilzungen und Artenverdrängungen, vielfach ein Eindringen von Himbeergestrüppen, sind z.B. unverkennbar an den Serpentinstandorten Blauer Fels bei Schwarzenbach/HO, Burgstall bei Förbau/HO, Peterleinstein/KU, Tännig/HO, an einigen Hügeln bei Floß/NEW, am Haarbühl bei Eslarn/SAD und am Föhrenbühl bei Erbdorf/TIR.

Inselgesteinsbiotope, deren spezifische Biozöosen auf gesteinsbedingtem Mangel bestimmter Nährstoffe (z.B. N, Ca, Mo) beruhen, können durch "saure Depositionen" aus der Luft mit Mangelionen gedüngt werden. Das Flechtensterben hat auch viele Felsflechtengemeinschaften der Mittelgebirge erfaßt. Gravierend auf schatten- oder halbschattenbedürftige Felsmoose und -flechten wirkt sich natürlich das flächige Absterben der Bestockung von Blockfeldern und Gipfelfelsen aus, z.B. am Haberstein am Schneeberg.

Die hochbedeutsamen Balmenstandorte (siehe Kap. F.1.4) sind zwar von Natur aus etwas eutrophiert, leiden aber wegen ihrer häufig synanthropen Lage an dorfnahen Talrändern unter weiterer Ruderalisierung und Zweckentfremdung (Holz-, Unrat-, Strohlagerung). Eine spezifische Gefährdung haben sie ihrer interessanten Felsmorphologie zu verdanken: die überhängenden Felsdächer locken viele Kletterspezialisten an.

Leider läßt der Respekt vor schutzwürdigen, ja geschützten Felsgruppen in der Bevölkerung örtlich noch zu wünschen übrig, wie es wilde Müllablagerungen sogar im ND-Bereich immer wieder verraten (z.B. am alten Sportplatz Draxlschlag, Hoher Stein b. Draxlschlag/FRG).

Land- und forstwirtschaftliche Nutzungsveränderungen: Sie betreffen vor allem Hürtlinge, Kanten, Schichtstufen und in Nutzungseinheiten eingelagerete kleinere Felsen.

### Tourismus

Markante Felsbildungen sind Wahrzeichen von Fremdenverkehrslandschaften und Attraktionen für Naherholung und Tourismus. Häufig sind sie Ziel- und Knotenpunkte von Wanderwegen. Ungezählte Stichwege führen darauf zu. Felskuppen wurden zugänglich gemacht und durch Geländer abgesichert oder mit Aussichtsplattformen, Türmen, Pavillons und dergleichen besetzt (z.B. Vogelsang-Gipfel/DEG). Ausstiegs-, Ziel- und Brotzeitbereiche für Kletterer - Aussichtsplätze für Wanderer - Präferenzroute für Höhenwege (z.B. Kalmut/MSP, Arnsberger Leite/EI, Weltenburger Enge und Finkenstein an der Donau, Pegnitztal bei Alfalter/LAU, Walberla/FO) - Drachen- und Gleitschirmstartplatz (z.B. Ehrenbürg/FO, Staffelberg/LIF, Keitersberg/CHA, Brauneck/TÖL, Senkele/OAL) - Vogelsitzplätze - klassischer "Steppenheide"-Standort und vielleicht wichtigste Primärnische für den Artenpool der Trocken- und Magerrasen (vgl. LPK-Band II.1): Diese Funktionsüberlagerung unterstreicht die Be-



sonderheit der Oberkantenzone von Felsabstürzen insbesondere im Mittelgebirge. Felswände wurden durch Kletterrouten zunehmend erschlossen (siehe unten). Auch Felsenmeere sind oft Ziel von Wanderwegen. Breitflächiges Herumsteigen kann hier durchaus wichtige Flechten- und Mooshabitats gefährden (Abtreten). Ausdünnungen des Flechten- und Moosbesatzes sind z.B. in der Rhön (Kreuzberg), am Rauhen Kulm, am Lusen deutlich festzustellen.

Manche Felsplateaus und Knocks sind Startrampe für Scharen von Drachen- und Gleitschirmfliegern, die im niederen Bergland leichter als im Hochgebirge pro Tag auch mehrmals zur Startrampe zurückkehren können (z.B. Kaitersberg/CHA, Büchlstein/DEG, Staffelberg, Ehrenbürg, Molassehärtlinge bei Trauchgau, Senkelegebiet, Wellenkalk), einzelne auch Modellflugplätze. Bekannte Konfliktherde schutzwürdiger Felskomplexe mit jährlich (vielen) Tausenden von Spaziergängern und Wanderern sind die Weltenburger Enge (Oberkanten und Uferbereiche), das Walberla/FO (u.a. Kirchweihfest), der Staffelberg/LIF, der neu eröffnete Schneeberggipfel, der Waldstein/HO, der Dreissessel, Arber, Lusen, Osser und Kaitersberg, der Weißenstein bei Stammbach/HO, die Diabasfelsgebiete des König David und Hirschsprung im Selbitztal/HO. Zahlreiche, oft noch massivere Konfliktherde der bayerischen Vor- und Hochalpen werden hier aus eingangs genannten Gründen ausgeklammert.

Schon vor mehreren Jahrzehnten setzte die Verdrängung schutzwürdiger Floren- und Faunenelemente von Gipfelbereichen der Silikatmittelgebirge durch den Massentourismus ein. Besonders schmerzlich ist dies bei Arten, die außerhalb keine anderen Ersatzstandorte haben. Weitgehend oder bereits ganz verschwunden sind *Luzula alpino-pilosa*, *Empetrum nigrum*, *Cryptogramma crista*, *Cystopteris fragilis*, *Sagina saginoides* und *Campanula scheuchzeri*. *Agrostis rupestris* ist heute an seinem einzigen Standort zwischen Alpen und Riesengebirge am Arber bereits aus der Mehrzahl der Felsriegel verschwunden (SCHEUERER 1991). Die seltene Flechte *Lasallia pustulata* dürfte von ihrem weit und breit einzigen Standort auf einem Felsblock im Gebiet des Kleinen Arbersees wegen ständigen Bekletterns durch Kinder bald verschwinden (SCHEUERER 1991). Einige der wenigen bayerischen "Endemiten", z.B. *Hieracium franconicum*, *H. schneidii* und *H. harzianum* erlitten im Bereich erschlossener Felsoberkanten schmerzhafte Populationsverluste. Das einzigartige dealpine Relikt vorkommen des Alpenmaßliebchens im wassernahen Teil der Weltenburger Hänge konnte 1988 erstmals von SENFT und MERGENTHALER nicht mehr bestätigt werden. Trittbelastung durch Boot-Anlander, Angler, aber auch Kletterer steht hier im Verdacht.

Trittverdichtung von Felsfüßen und Felsbändern schmälert wichtige Überwinterungsquartiere für viele, z.T. auch reliktsche und gefährdete Organismen, z.B. für eine Reihe bemerkenswerter Laufkäfer (AI 1988).

Weniger gefährdet erscheint die Flora von Felswänden z.B. in Schluchten und Tälern, aber auch in Gipfelflagen, vorausgesetzt sie werden nicht beklettert. Trittschäden entfallen weitgehend, die Zugänglichkeit ist begrenzt. So bleiben Steiflächen- und Überhangbewohner, wie z.B. die arktisch-alpine *Acarospora chlorophana* an den Rauchröhren im Bayerischen Wald, oder die oft feuchte Schluchten bewohnende *Petractis hypoleuca* in der Weidmannseeser Schlucht vom Touristenstrom unbehelligt.

### Klettern

Das Klettern avancierte in den 1960er und 1970er Jahren von der Liebhaberei weniger Individualisten zu einer Leidenschaft vieler Tausender. Massenmotorisierung, verbesserte Kletter- und Sicherungstechnik, geringere Bereitschaft, lange Aufstiege in Kauf zu nehmen, gesellschaftliche Veränderungen und zunehmende Propagierung der körperlich-seelischen Wohlfahrtswirkungen des Klettersports (siehe Kap. F.1.7) ermöglichten den Übergang von der Elite-Aktivität hartgesottener, ehrfürchtig bestaunter Abenteurer zu einer Breitensportart. Die Felsfrequentierung in der Frankenalb, am obermainischen Rhätsandstein, im Grundgebirge erhöhte sich rascher als im Alpenraum. Ersatzfelsen in Steinbrüchen oder künstliche Kletterwände konnten hier kaum nennenswerte Blitzableiterfunktionen übernehmen, da sie zwar Training aber nicht die umfassende naturverbundene "Erfüllung" ermöglichen. Die enorme Leistungssteigerung erschloß zu Beginn der Freikletterära viele Neutouren in vorher unberührten Felsarealen (MAILÄNDER 1997). Nicht organisierte Sportkletterer, die man mit Aufklärung und Steuerungsmaßnahmen schwerer erreicht als etwa DAV-Kletterer, machen inzwischen deutlich über 50 % der Klientel aus. Sportschulen werben für organisierte Kletterveranstaltungen. Kletterführer machen immer mehr Felsmassive bekannt. Immer mehr Felsen wurden erschlossen, die früher wegen geringer Höhe oder "Unbesteigbarkeit" unbeachtet geblieben waren. Insbesondere diese Nacherschließung geriet in die Kritik.

Auf extreme Standorte spezialisierte Arten sind auf diesen Standorttypus angewiesen. Gerade die Kleintierfauna sowie substratgebundene Flechten und Moose sind stark durch intensiven Kletterbetrieb gefährdet. Die Bedrohung für die Fauna besteht vor allem darin, zertreten zu werden.

Für die Flora besteht die Gefährdung im starken mechanischen Abrieb auf den freien Felsflächen, im Abtreten von dünnen Bodenbildungen auf Absätzen und in Höhlungen, im Freiräumen von Spalten sowie in der Veränderung des Nährstoffhaushaltes und der Felsoberfläche (Magnesia-Ablagerungen, Verspeckung). Das Klettern gefährdet vor allem Blattflechten. Auf frequentierten Kristallinfelsen des Fichtelgebirges haben gerade die spröden Laub- und Strauchflechten (*Umbilicaria*- (Nabelflechten), *Stereocaulon*- und *Parmelia*-Arten) auf Dauer nur geringe Überlebenschancen. Das langsame Wachstum der Flechten macht eine Regeneration an diesen Stellen unmöglich. Je seltener ein bestimmter Standort und je isolierter die betreffende Lokalität

ist, um so geringer sind die Möglichkeiten der Regeneration nach Störungen.

Indessen sollte man nicht obligatorisch eine merkliche Schädigung durch Sportklettern annehmen. Beispielsweise führen die Routen am Rudolfstein/WUN überwiegend über blattflechtenfreie Wandpartien. Falls doch betroffen, fällt eine Schädigung der im Fichtelgebirge häufigen Arten *Parmelia saxatilis* und *Umbilicaria polyphylla* nach HERTEL (1988) weniger ins Gewicht. Bleiben die Kletterer am Haberstein auf den ausgewiesenen Routen, besteht für Blattflechten eine geringe Gefahr. Potentiell gefährdet sind vielleicht aber die unweit der Kletterrouten wachsenden *Parmelia*-Arten. Ein einziger, unsinnig angebrachter Haken kann z.B. das nur in wenigen Räschen vorkommende seltene Moos *Grimmia incurva* vernichten.

Schutzwürdige Laub- und Lebermoose der Silikatgebirge kommen aber überwiegend nicht im Bereich ausgewiesener Kletterrouten vor. Gefährdet ist allerdings das seltene *Polytrichum alpinum* z.B. am Rudolfstein. Andererseits fallen Standorte seltenerer Felsflechten wie *Bryoria fuscenscens*, *Cetraria hepatica* und *Pseudophebe pubescens* z.T. durchaus in aktuelle Kletterrouten oder sie kommen in gelegentlich begangenen Felsflächen vor.

In der Frühzeit der Jura-Kletterei meinte GAUCKLER (1970): "Dank der Abbelegenheit ihrer Wuchsorte (der dealpinen und Eiszeitreliktflora) blieben die Felsheide und der Blaugrasrasen zwischen Main und Donau bis vor kurzem vor zerstörerischen Eingriffen verschont, obwohl da und dort der Steinbruchbetrieb große Wunden verursachte. Während der letzten Jahrzehnte entstand aber eine ganz neue Gefahr durch Anlage von "Klettergärten", durch massenweise "Schlosserei" an Kletterfelsen sowie die technisierte Verbreiterung felsiger Aussichtsplätze. Bedrohlich betroffen wurden die naturgespendeten Steingärten vor allem in der Wiesentalb und im Donaudurchbruchstal. Gleichwie in der Frankenalb wütet die technisierte Klettertouristik in der Schwäbischen Alb. Durch Einschlagen und Einzementieren von Mauerhaken werden kreuz und quer Kletterrouten angelegt. Allein im Nordzug der Frankenalb wurden von einem Kletterverein mehr als ein halbes Tausend Stahlhaken einzementiert und der Kletterwart erhielt für diese "Leistung" eine Belobigung bzw. Prämierung! Der Höhepunkt der Bedrohung alpiner Reliktpflanzen wurde erreicht, als ein solcher Kletternarr im Vereinsblatt öffentlich seine Genossen aufforderte, alljährlich die Felsspalten auszuspitzen, d.h., den Pflanzenwuchs zu zerstören... Außerdem sind oftmals die Lagerplätze am Felsfuß und auf den Felsköpfen übersät mit Zigarettentümmeln, von Schokoladenpapierfetzen, von leeren Konservendosen, von zerschlagenen Trinkgefäßen usw. Erschreckende Zeichen der Naturverwüstung!" (S. 43-44). Tatsächlich tauchen ober- oder unterhalb einzelner Felswände einzelne Eutrophierungszeiger wie Brennessel, Schöllkraut, Gänsefuß-Arten als Zeiger einer gewissen Vermüllung und Ruderalisierung (Fäkalisierung) auf, was aber nicht allein den Kletterern anzulasten ist. (Aller-

dings: Schon damals gab es erste Anzeichen einer Kooperation. GAUCKLER (1970, S. 43): "Zur Entschuldigung der Vereinsleitung sei mitgeteilt, daß auf meine energische Aufforderung hin dieser naturzerstörende Unfug abgestellt wurde...").

Ein mehr ästhetisches Randproblem sind auffällige Felsbeschriftungen in roter Farbe (z.B. Rudolfstein, Haberstein), u.U. auch Haken. Eventuell können davon fußnahe Standorte schutzwürdiger Staufflechten betroffen sein (HERTEL 1988). Dasselbe gilt für die Verwendung von Magnesia, die sich landschaftsästhetisch vor allem auf dunklen Buntsandstein-, Rhätsandstein- oder Silikatfelsen bemerkbar machen kann, das ökochemische Milieu aber nur gering verändern dürfte (allenfalls im Silikat- und Sandsteinbereich).

Natürlich gravierend muß sich das Felsputzen auswirken, das vor allem früher bei Neuerschließungen üblich war. Dabei wird i.d.R. mit Drahtbürsten der klettertechnisch störende Pflanzenwuchs samt Bodenauflage von Bändern, Leisten, Spalten und Rissen entfernt, ebenso Moosüberzüge auf blankem Fels. U.U. werden auch kleinere Bäume und Sträucher oder wandnah stehende Bäume entfernt, um die Bewegungsfreiheit zu erhöhen. Die Folgen dieser Maßnahmen, die indessen heute nur noch ausnahmsweise durchgeführt werden, liegen auf der Hand.

Trittbelastungen an Wandfüßen, Felsterrassen oder Felsplateaus (wie sie nicht nur durch Kletterer entstehen) sorgen ab einer bestimmten Intensität für eine Lockerung der Vegetationsbedeckung, den Einzug von speziellen trittanzeigenden Pflanzengesellschaften und Arten (wie z.B. *Poa annua*, *P. supina*, *Agrostis tenuis*, *Juncus tenuis*, *Trifolium repens*, *Plantago major* bzw. *media*), reduzieren oder verdrängen u.U. wichtige Nahrungs- und Substratpflanzen für gefährdete Wirbellose, reduzieren möglicherweise die wärmeisolierende Humus- und Laubüberdeckung über Winterquartieren in Blockhalden. Die nach wie vor stärksten Belastungen treten natürlich an der Felsbasis durch Lagerplätze für Ausrüstung, Rastplätze bzw. Standplätze für Seilpartner auf. Hiervon ist an außeralpinen Felsen in Bayern eine große Vielfalt an Standorten und Pflanzengesellschaften von naturnahen Buchenwäldern, Edellaubholz-Blockwäldern, sauren Vacciniumheiden, Trockentorfmooren, Fichten-Vogelbeer-Blockwäldern bis zu Trockenrasen-, Kalkschutt- und Saumgesellschaften betroffen. Für die Frankenalb nennen FAUST et al. (1988) beispielhaft folgende Vegetationstypen:

Platterbsen-Buchenwald, Orchideen-Buchenwald, Halbtrockenrasen, Linden-Buchenwälder, Eschen-Ahorn-Blockwälder, Kalkschuttgesellschaften, Baumengesellschaften und Nitrophytensäume. Transektvergleiche von IRLACHER (1988) zeigten z.B. im Bereich Mühltor-Prunner Wand/KEH eine erhebliche Deckungsreduktion der Waldbodenvegetation (z.B. Orchideen-Buchenwald) auf 0 - 20 % und einen signifikanten Anstieg von Trittplanzen.

Griffe, Tritte, Ausputzen und Ausholzen, Abtrag, Schleifspuren (u.a. durch scheuernde Seile) im ei-

gentlichen Kletterbereich können Felsspalten- und Rasenbandgesellschaften, Flechten- und Moosüberzüge (Moos-Synusien), Eschen-Ahorn-Felswälder und wärmeliebende Gebüsche tangieren. Vor allem in breiten, tiefen Rissen können diese Faktoren u.U. sogar einen weiteren Erosionsprozeß in Gang setzen. **Abb. F/20** veranschaulicht an einem Beispiel aus dem Altmühljura die punktuellen mechanischen Auswirkungen in einem senkrechten Felsriß, die offensichtliche Beseitigung z.T. sehr schutzwürdiger Gebüsche wie *Prunus mahaleb* sowie eine gewisse Florenverfremdung durch *Plantago major*. Botanisch entwertende Felssäuberungen fanden zumindest bis 1988 auch in Felsnaturschutzgebieten statt, z.B. "Schloß Prunn", "Kastl-wand"/KEH, "Roter Mönch" im Kleinziegenfelder Tal /LIF, "Geierswand" am Walberla/FO, Weltenburger Enge/KEH. Auch Eutrophierungstendenzen sowie Florenüberfremdung durch anthropogenen Sameneintrag sind hier stellenweise erkennbar. Selbst ungegliederte Steilwände können durch Griffe und Tritte so stark beansprucht sein, daß Flechtenbezüge reduziert oder vernichtet werden. Mechanisch am leichtesten abräumbar sind die nicht verwurzelten Moosüberzüge mit Farnen an schattig-feuchten Felspartien. Hier kann das Abscheuern durch Seile nahezu ähnlich wirken wie absichtliches Abräumen.

FAUST et al. (1988) beobachteten jedoch an wenig gegliederten Wänden ein durchschnittlich geringeres Schadensausmaß als an reichstrukturierten Felsen, die überdies einer größeren Zahl von leistungsschwächeren Kletterern mit geringerer Körperbeherrschung und deshalb zwangsläufig stärkerer mechanischer Einwirkung auf den Felsstandort zugänglich sind. An wind- und regenexponierten Felskanten der Plateauränder wurden durch Seilschleifspuren ausgelöste, chronisch fortschreitende Bodenabtragsprozesse beobachtet.

Im Gesamtbereich des NSG "Schloß Prunn" ermittelte IRLACHER (1988) einen geschädigten Felsvegetationsanteil von mehr als 10 %. Dabei hat es einzelne Felsgesellschaften wie das ASPLENIO-CYSTOPTERIDETUM (50 %) und das CARDAMINOPSISIUM PETRAEAE noch wesentlich stärker getroffen. Weitere stark geschädigte Bereiche sind z.B. der Rodenstein an der Ehrenbürg. Diese Resultate sind jedoch keineswegs gewissermaßen als Mittelwert auf einen Großteil der Felsen zu extrapolieren. Untersuchungsgegenstand von AI (1988) waren wenige ausgewählte, besonders bekannte und attraktive Kletterareale.

Die bei starker Beanspruchung erhebliche mechanische Auflockerung eines xerothermen Felskopfrasens zeigt exemplarisch **Abb. F/21**. Häufig am gravierendsten von klettererbedingten Trittbelastungen betroffen sind sukkulente, z.T. als Nahrungspflanzen für hochbedrohte Insekten wichtige Arten, wie z.B. *Sedum album*.

Der Kletterbetrieb stört grundsätzlich ruhebedürftige, insbesondere brütende größere Tierarten wie Uhu, Wanderfalke, Dohle, Mauersegler, Hausrotschwanz, Hohltaube, Steinkauz. Der Kletterbetrieb kann auch in Felskontaktbiotopen z.B. bei Neuntö-

ter, Dorngrasmücke, Heidelerche, Rotmilan, Habicht und Wespenbussard Störungen verursachen. Er kann den Fortpflanzungserfolg gefährden.

Wanderfalke und Uhu sind auf ungestörte Brutfelsen angewiesen. Die Ausweichmöglichkeiten auf andere Felsen sind begrenzt. Die Standorttreue ist groß. Zu Brutbeginn lösen schon geringe Störungen ein Fluchtverhalten aus, die Eier erkalten oder sind Nesträubern ausgesetzt. Es besteht eine volle "Biotoptokoinzidenz" mit dem Kletterbetrieb, denn es werden höhere, nischenreiche (beim Uhu auch stärker abgetreppte) Felsen zur Brut bevorzugt. Bereits während der Paarungszeit und Nistplatzwahl können Beunruhigungen geeignete Brutfelsen ausscheiden lassen. Der Wanderfalke wurde nach dem 2. Weltkrieg nicht zuletzt durch den Kletterbetrieb tendenziell immer mehr auf suboptimale Horststandorte mit geringerem Fortpflanzungserfolg abgedrängt. Andere zogen sich auf steilste, zunächst kaum bekletterbare Felsen zurück, die aber heute kein Kletterhindernis, sondern im Gegenteil besonders attraktive Herausforderungen darstellen. Der Rückgang der fränkischen Wanderfalkenpopulation setzte auffällig um 1958 ein.

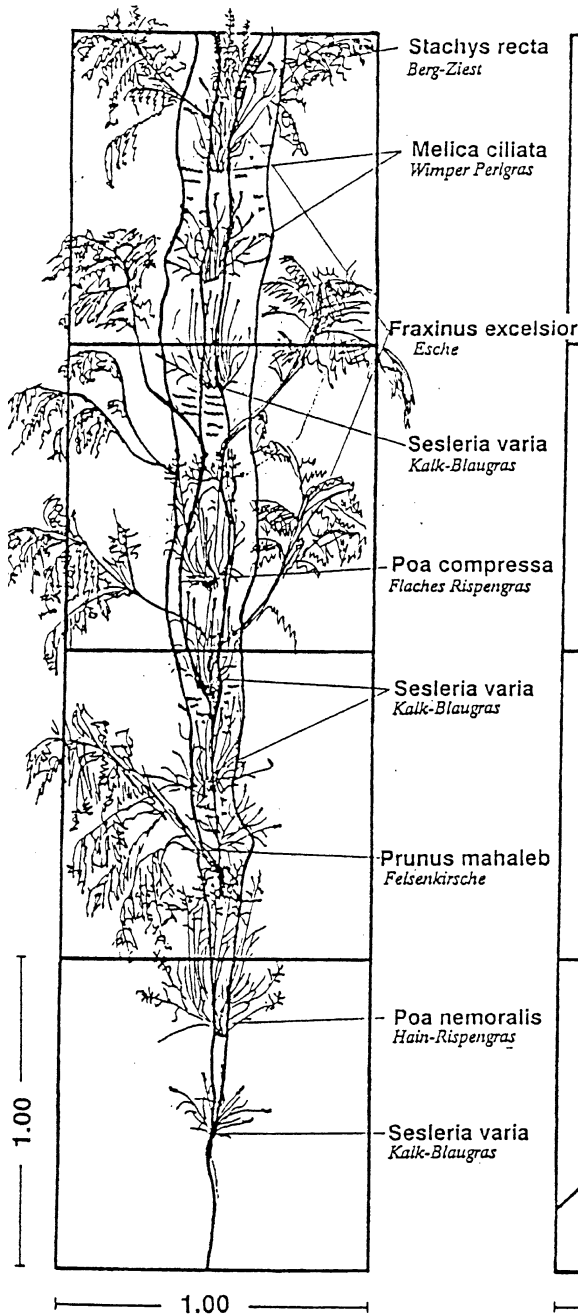
Der Uhu erträgt zwar Lärm und Verkehr, jedoch keine Störung im Umkreis von 50 - 100 m um den Brutplatz. Uhu junge verlassen zwar schon nach 4-5 Wochen das Nest, verbleiben aber noch 20-24 Wochen lang im Fütterungsbereich der Eltern am Felsfuß oder hangaufwärts in Felsverstecken. 60 % der Uhubiotope im Bayerischen Wald sind durch Klettersteige, Wanderrouten oder Loipen beeinträchtigt. Nach WÜST (1986) wurden zumindest in den 1970er Jahren jährlich 10-20 %, in sehr schönen Frühjahren sogar bis zu 40 % aller Uhubruten vereitelt.

Potentiell durch Kletterer und auch sonstige Kraxler gefährdet sind Reptilien der Felskomplexe, darunter auch gefährdete Arten wie Mauereidechse, Smaragdeidechse, Schlingnatter, Kreuzotter (letztere ist am empfindlichsten). Längere Anwesenheit an Sonn- oder Paarungsplätzen führt zu Einschränkungen der Lebensraumnutzung. Am "kletterverträglichsten" ist vielleicht die Zauneidechse.

Keine Schutzmechanismen gegen Kletter- und sonstige mechanische Einwirkungen besitzen die Landschnecken. In der Altmühlalb wurden Verarmungen der für einzelne Felselemente charakteristischen Schnecken-Zönosen vor allem im Bereich der trittbelasteten Felsköpfe nachgewiesen. Die Individuenhäufigkeit wies auf stark belasteten Felsflächen nur noch etwa 20 % der unbelasteten Variante auf. Die Artenzahl ging entsprechend auf 40 % zurück (AI 1988). Die seltenen alpiden Kleingehäuseschnecken der freien Gesteinsoberflächen sind den Klettereinwirkungen hochgradig ausgesetzt (Abreiben auch der Nahrungsgrundlage Flechten, Herunterfallen auf Felsbänder oder Wandfüße, von denen diese gering mobilen Organismen kaum wieder hochkommen). Schädigung und Trittverdichtung der Rasenbänder, Spalten- und Wandfußvegetation beeinträchtigt gleichzeitig die Fortpflanzungszentren, Überwinterungsquartiere, Trockenheits-Fluchthabita-

MASSTAB: 1 : 20

Riss A  
unbeklettert



Riss B  
sehr stark beklettert

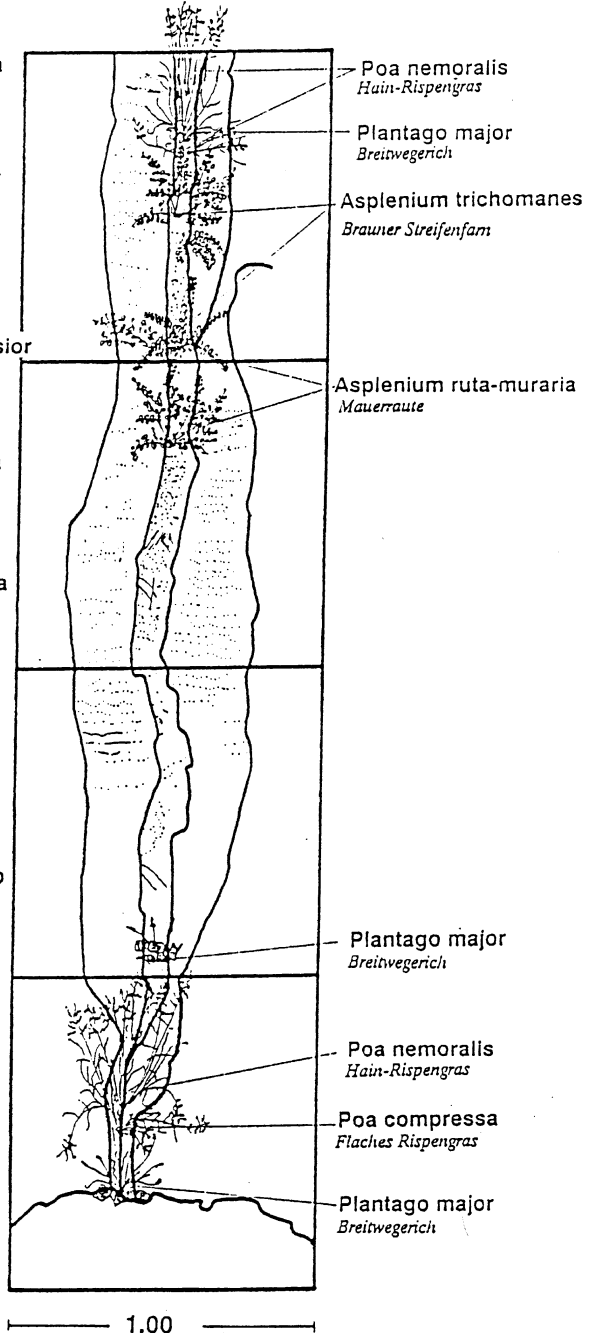


Abbildung F/20

Unbekletterter und bekletterter Riß am Prunner Turm/KEH (aus IRLACHER 1988)

te und Unterschlupfe vieler Felsschnecken. Flächige Beeinträchtigungen der Molluskengemeinschaften sind insbesondere bei intensivem Kletterbetrieb und mehreren Routen nebeneinander zu erwarten. Rückgang von Flechten-Tapeten schmälert die entscheidende Nahrungsbasis mehrerer Felsschnecken. Schneckenreduktion bedeutet auch Blockierung oder Störung der substratvorbereitenden Funktion der Schnecken für die Pflanzenbesiedlung (Kot; s. Kap. F.1.5). Starkes Zertrampeln des Felsfußes kann u.U. die existenznotwendigen Trockenheits-Fluchtbewegungen von petrophilen Schnecken in die Kontaktwälder erschweren. KLEMM (1951) beobachtete ein Abwandern von Felsschnecken bei großer Trockenheit auf Buchenstämme. Beim Überqueren von kahlen Trittstellen und Wegen ist die Exposition für Freßfeinde erheblich. Starke Felsfußbelastung tangiert u.U. wichtige Winterquartiere und Fortpflanzungszentren gleichzeitig für Fels- und Baumschnecken.

Bei trockener Witterung, gleichzeitig Hauptaktivitätszeit der Kletterer, konzentrieren sich große Schneckenindividuenmengen in den stark trittgefährdeten Felsbändern und Griffbereichen, die gleichzeitig die Haupteiablagen der rein wandgebundenen Mollusken darstellen.

Mechanische Belastung von Felsen und Felsvegetation zieht natürlich auch die Nist-, z.T. auch Blütenhabitate vieler, z.T. seltener mediterraner, pontisch-pannonischer oder alpiner Stechimmen in Mitleidschaft. Das Ausräumen lehmgefüllter Spalten kann Nester bodenbrütender Hymenopteren betreffen.

Deutliche Populationsminderungen wurden bei Spinnen nachgewiesen. Im Bereich von Klettersteigen fanden FAUST et al. (1988) deutlich weniger Netze als in unbekletterten Bereichen (Hineingreifen in Spalten, Ausputzen bzw. Abreiben schränkt Substrat für die wichtigen Spinnen-Nährtiere Collembolen und Milben ein, Reduktion von Überwinterungsmöglichkeiten, möglicherweise auch Störung durch Erschütterung).

Wie "gravierend" sind kletterbedingte im Vergleich mit anderen Beeinträchtigungen?

Von einer flächendeckenden kletterbedingten Schädigung der Felsökosysteme kann derzeit keine Rede sein. Früher bekletterte Felsen können heute sogar verwaist, außer Mode gekommen sein, weil sie "zu leicht" sind. Allerdings hülfe es den Klettersportinteressierten wenig, auf andere, angeblich schwer-

wiegendere Gefährdungen zu verweisen. Abbau und Sprengungen finden heute an größeren Naturfelsen praktisch nicht mehr statt. Verbuschungen betreffen die artenschutz wichtigsten größeren Felsaufbauten nur geringfügig. Aufforstungen des Felsfußes sind oft durch Block- und Schuttfluren soweit abgerückt, daß sie das Mikroklima zumindest der größeren Felsmassive nur wenig verändern. Immissionsbedingte Florenverarmungen sind bisher nur von Flechten nachgewiesen. Klettern ist und bleibt also eine zentrale Belastungsquelle für Felsökosysteme der Mittelgebirge, auch bei schonendster Durchführung und bestgemeinten Regelungen. Diese Belastung kann nicht völlig abgestellt, sondern nur gegen die gesellschaftspolitischen, physisch-psychischen Wohlfahrtswirkungen dieser Natursportart abgewogen und nötigenfalls hingenommen werden. Auf den viel größeren Wänden der Bayerischen Alpen relativiert sich die Kletterbelastung entsprechend dem im allgemeinen viel geringeren Anteil der Routen an der Felsfläche.

Sinnvolle und angemessene Regelungen können nur im gegenseitigen Dialog gefunden werden und haben sich besser bewährt als einseitige Verbote. Geotopschutz setzt hier auf die Verantwortung der Kletterer. Zahlreiche positive Beispiele von freiwilligen Vereinbarungen bestätigen diese neue Linie.

### Abbau

Felsbildungen (Jurakalke für Zement, Platten) und geologisch-petrographisch seltene Gesteine, wie beispielsweise Kalkfelsen im Grundgebirgsbereich, Basaltstiele, Diabase, Porphyrite, Quarzkeratophyr-schlote und helvetische Quarzite oder Gangfüllungen (z.B. Pfahlquarz, Pegmatite), sind wegen besonderer technischer Eignung, Härte und stofflicher Zusammensetzung oftmals von großem wirtschaftlichen Interesse und deshalb abbauattraktiv. Gesteinsspezifische Inselvorkommen wertvoller Biotope und gefährdeter Arten sind/waren dadurch unmittelbar betroffen. Beispiele sind die durch eine Subneutrophyten-Flora spezifischen (natürlichen) Basaltaufschlüsse (z.B. Lindenstumpf, Bauersberg in der Rhön, Hirschentanz b. Pechbrunn/TIR, Sodenberg b. Hammelburg, ein isolierter Basaltstiel), die botanisch hochspezifischen Gipshügel Mittel- und Unterfrankens, die für das Alpenvorland bemerkenswerten wärmeliebenden lindenreichen Blockwälder des helvetischen Langen Köchels im Murnauer Moos, oder der Serpentinabbau bei Schwarzenbach/Saale (HO), am Haarbühl/SAD oder Galgenberg bei Winklarn/SAD.



## F.2 Möglichkeiten für Pflege und Entwicklung, Für und Wider von Maßnahmen, Diskussion der Auswirkungen

Bedeutungsgemäß beansprucht der Problemkomplex Klettern und Naturschutz (K&N) großen Raum. "Felsenpflege" oder gar "Blockfelderpflege" im Sinne von Biotopmanagement tritt in den Hintergrund, da sie dem Wesen naturnaher Felsbereiche prinzipiell zuwiderläuft. Die angemessenste Option ist also zunächst:

### F.2.1 Gewährenlassen der natürlichen Dynamik

#### F.2.1.1 Natürliche Neubildung und Erneuerung von Fels- und Blockstandorten

Natürliche Felswände und Durchragungen entstehen in geologischen Zeiträumen, kaum jemals aber in der LPK-Anwendung zugemessenen Zeit. Deshalb gehören sie zu den prinzipiell unersetzbaren besonders hochwertigen Biototypen. Wer sich mehr Blockmeere wünscht, müßte die Wiederkehr von Glazial- oder Periglazialzeiten abwarten".

Umso interessanter erscheint die verbliebene, gelegentlich sogar fels(sturz)- und blockbildende Restdynamik an unverbauten, hangunterschneidenden Fließgewässern, in Rutschhängen, an Abrißspalten (z.B. des Weißjurarandes). Vielfach sind die spektakulären unter diesen Ereignissen in erster Linie durch menschenunabhängige und auch kaum durch Sicherungsmaßnahmen beeinflussbare Rahmenbedingungen prädeterniert. Sie perpetuieren nur eine seit langem angelegte Dynamik, z.B. sind die Hangrutsche und Nagelfluhabbrüche in den Molasetobeln des Lkr. Lindau, im Isartal ob München, am Westrand des Wolfratshauser Beckens oder im oberen Günztal bei Ronsberg/OAL letztlich nur eine Spätfolge des postglazialen Einsägens von Flüssen bzw. des Wegschmelzens stabilisierender Eismassen. Gravitative oder sogar solifluidale Blockschuttbewegungen sind auch heute noch nachweisbar (z.B. "Steinschlag" bei Bischofsheim).

In den Bayerischen Alpen sind neue Bergstürze und Schutthalde neben den Erdströmen und Fließhängen nahezu die einzigen Stellen, wo Sukzessionsgänge von Anfang an und über längere Zeiträume beobachtet werden können - wenn auf Verbauungen und Hangstabilisierung verzichtet wird.

Auf neugebildeten Sturzblockmassen setzen - häufig mit den Kalkgesteinsmoosen *Campylium halleri*, *Fissidens cristatus*, *Scapania aspera* - hochinteressante Sukzessionsreihen ein. Unter den nachfolgenden Laubmoosen *Ctenidium molluscum* und *Tortella tortuosa* bahnt sich bereits eine erste Humusakkumulation an. Sodann dringen allmählich azidophile Moose und Kormophyten wie *Barbilophozia lycopodioides*, *Dicranum scoparium*, *Huperzia selago* ein, ehe ein vorläufiges Endstadium oder Dauerstadium z.B. mit *Polytrichum formosum*, *Mylia taylorii*, *Vaccinium*- und *Lycopodium*-Arten eintritt.

Natürlichen Felsstürzen und Blockfeldern recht ähnliche Bildungen entstehen bei Sprengungen in

Straßen- und Wirtschaftswegetrassierungen durch felsige Regionen.

### F.2.1.2 Ungelenkte Vegetationsentwicklung

Führt dort zu keiner prognostizierbaren Vegetations- und Faunenänderung, wo jetzt bereits natürliche, langfristig hochkonstante Verhältnisse vorliegen, vorausgesetzt, der Fels- oder Blockbereich ist groß genug, um von Vegetations- und Milieuveränderungen des Umfeldes nicht wesentlich in Mitleidenschaft gezogen zu werden. Diskussionswürdig ist allerdings ein Rückpendeln aus einem durch (frühere) Nutzungen ausgelenkten in einen sekundär naturnahen Zustand. So z.B. im Falle

- eines Fels- und Blockkomplexes in einer nicht mehr beweideten, nicht mehr gemähten oder aufgefrosteten Heide,
- der Aussperrung vorher intensiver Tourismus- und Kletternutzung,
- eines deutlichen Immissionsrückganges, der eine Gehölz- und Flechtenregeneration möglich erscheinen läßt.

Dazu liegen wenig gesicherte Erkenntnisse vor, es lassen sich mehr oder weniger nur begründete Maßnahmen anstellen.

### F.2.2 "Felsenpflege" aus klettersportlicher Sicht, Minimierung der kletterbedingten Felsbelastungen

Kernbestandteil der "Felsenpflege" im LPK-Sinne ist die Minimierung der Konflikte Naturschutz/Sportklettern bzw. der pflegliche Umgang mit diesem hochspezifischen und hochempfindlichen Naturerbe. Die einschlägigen Maßnahmen lassen sich 3 Gruppen zuordnen, die im folgenden kurz beschrieben und effizienzbezogen diskutiert werden:

- F.2.2.1 "Ordnen Selbstverwaltung" der Felsbiotope durch die Kletterinteressierten und ihre Verbände, Selbstdisziplinierung, Patenschaften,
- F.2.2.2 Hoheitliche Maßnahmen ("von oben verordnet"),
- F.2.2.3 Auf Felsbiotope bezogene Umweltbildung der Kletterinteressierten.

Hier werden nur die Vor- und Nachteile von "Möglichkeiten" diskutiert. Empfehlungen folgen im [Kap. F.4](#).

#### F.2.2.1 Freiwillige Selbstkontrollen, Lenkung "von unten", Lenkungsautorität der Bergsportverbände

##### F.2.2.1.1 Kontingentierung (Reduzierung der Frequenz bzw. Verhinderung weiterer Frequenzsteigerung)

Eine Reduzierung bzw. Kontingentierung der Anzahl der Kletterer auf ein vertragliches Maß wäre für



Kletterer zwar akzeptabler als eine Totalsperre, aber ziemlich problematisch, weil (siehe FAUST et al. 1988)

- die Kontrolle sehr aufwendig, wenn nicht überhaupt unmöglich ist,
- von weither angereiste Kletterer kaum einsehen werden, daß sie möglicherweise zu den Ausgeschlossenen gehören,
- die Bestimmung einer vertretbaren Belastungsmenge (Klettererfrequenz) pflanzen- wie tierökologisch an Scharlatanerie grenzen würde.

#### **F.2.2.1.2 Infrastrukturelle Lenkung (durch Einrichtungen in der Wand, Zugangsveranderungen, Kanalisierung usw.)**

Sanierungs-, Pflege-, klettersportliche Erschließungs- und Sicherungsmaßnahmen erstrecken sich auf folgende Teilbereiche:

- I. Straßenbereich
- II. Zugang
- III. Rastplatz
- IV. Einstiegsbereich
- V. Wandbereich
- VI. Ausstiegsbereich
- VII. Abstiegsbereich.

Im Straßenbereich schlägt der DAV u.a. vor:

- Beschilderung der Zugangsrouten von der Bahn- oder Busstation zum zugelassenen Klettergebiet;
- Limitierung des hauptsächlichen Kletterparkplatzes, nötigenfalls nach einer ökologischen Belastbarkeitsgrenze des Klettergebietes;
- Am Parkplatz oder anderem geeigneten Ort Informationstafeln zur Kletter/Naturschutzproblematik und Lokalsituation, der Zustiege, dabei auf sensible Fels- und Umgebungsbereiche eindeutig hinweisen (Bestellmöglichkeit beim DAV-Projekt Bergsport und Umwelt);

Im Zustiegs- bzw. Zugangsbereich gehört zum pfleglichen Umgang insbesondere:

- Weglängen und -dichten so gering wie möglich halten;
- soweit als irgendmglich mit vorhandenen Wegen auskommen;
- seitens der Fremdenverkehrsverbände und Gemeinden keine neuen Wege mehr ausweisen;
- beim Forstwegebau möglichst großen Abstand zu Felsbereichen halten;
- diffuse Wege und Abkrzer stilllegen und damit auch Nicht-Kletterer (Kletterbeobachter) kanalisieren;
- unvermeidbare Weg-Neuanlagen in möglichst unempfindliches Gelände legen;
- unbedenkliche Zustiegsrouten zu viel frequentierten Klettergebieten deutlich erkennbar machen;

- durch geringen Bekanntheitsgrad, Abgelegtheit und geringe Einsehbarkeit geschtzte Felsen nicht durch Markierungen und Hinweise einem größeren Zustrom aussetzen;
- Felsregionen in Touristikkarten nicht besonders hervorheben (den Insider-Kletterern sind sie ohnehin bekannt);
- Zustiegs- und Abstiegswege schmal halten, nötigenfalls seitlich abschranken;
- kologisch empfindliche Wandfubereiche nicht durch hhenlinienparallele, felsnahe Wege durchqueren, sondern Beschränkung auf einzelne wenige Zustiegs-Stichwege; nötigenfalls solche wandnahen Querwege etwas nach unten in unempfindlicheres Gelände zurckverlegen.

Einer gewissen Beruhigung im gesamten Biotopkomplex kann es dienen, auf Rastplätze zu verzichten, andernfalls sie ausschließlich im unsensiblen Gelände und mit deutlich erkennbaren Begrenzungen (Markierungen nach Maßgabe des Bundesausschusses für Klettern und Naturschutz) anzulegen.

Die Belastung des Einstiegsbereiches kann minimiert werden durch:

- Bündelung mehrerer Routen am Wandfuß;
- gegebenenfalls Anbringen von Fixpunkten am Fels, um die Gefährdung der Vegetation durch die Sichernden zu verhindern;
- Verzicht auf das Anschreiben von Routennamen;
- Markierung von Kletter- und Tabubereichen, möglichst dafür bundesweit einheitliche Symbole verwenden.

Im Wandbereich kann die Schadens- und Risikominimierung folgendes beinhalten (vgl. auch DAV-Konzept für die Sanierung aueralpiner Klettergebiete):

- Tabuzonen markieren;
- Umlenkeinrichtungen und Abseilstellen zur Schonung von Felsköpfen nur dort einrichten, wo keine Schädigung des Felsbiotops entsteht bzw. wo der Landeplatz in sensibles Gelände zu liegen käme; viele Felsen sind heute bereits mit der Auflage des Ausstiegsverbotes (Betretungsverbot der Felsköpfe) zum Klettern freigegeben. Umlenk- und Abseilstellen müssen benutzt werden. Das Anbringen eines top-ropes ist nur im Vorstieg erlaubt, das Einrichten von oben her ist verboten;
- Umlenk- und Abseilstellen werden nach Möglichkeit von den Begehern mehrerer Routen genutzt.

Der Ausstiegsbereich kann u.a. (etwas) geschont werden durch:

- Bündelung der Ausstiege mehrerer Routen;
- schadensvermeidende Anbringung der Standsicherung am Ausstieg;
- Angebot von Abseilstrecken, damit nicht auf Bäume ausgewichen wird.

Kunstwande sind zwar im Regelfall nur Ergänzung und nicht voller Ersatz für die natürlichen Kletterfelsen, können aber doch die Felsfrequentierung

zumindest an Werktagen und damit die Zahl der Anfahrten senken. Eine Vermehrung von Kunstwänden kann also durchaus eine Entlastung bringen, insbesondere dort, wo die Nachfrage das natürliche Felsangebot übersteigt. Aus diesem Grund "scheint es sinnvoll, entsprechend der Bedarfslage ein landesweites Netz an künstlichen Klettermöglichkeiten zu schaffen, hierarchisch gegliedert in leistungsfähige regionale Schwerpunktzentren und Anlagen zur Deckung der lokalen Nachfrage" (vgl. MAILÄNDER 1997).

### F.2.2.1.3 Freiwillige klettersportliche Raumordnungskonzepte mit Selbstkontrolle der Kletterinteressierten

Schon das Herausarbeiten der unterschiedlichen Belastbarkeit unterschiedlicher Felsbiototypen bzw. Komplextypen kann den lokalen oder regionalen K&N-Arbeitskreisen wertvolle Orientierungshilfen für "selbstgestrickte" und deshalb hoch akzeptable Konzeptionen liefern (siehe Kap. F.4.3). So etwa müssen alle (zeitweise) überrieselten Silikat-Karwände der Seewände des Böhmerwaldes als von vornherein tabu gelten, weil sie stets in hoher Dichte mit gefährdeten Flechten-, Moos- und Phanerogamengesellschaften besetzt sind, die z.T. bayernweit nur diesen speziellen Felstyp besiedeln und weil moosreiche Grasbandvegetation außergewöhnlich trittempfindlich ist.

Derzeit arbeiten z.B. im Rahmen des "Umweltforum Bayern", AK "Umwelt, Freizeit und Tourismus" und AK "Wandern, Radfahren, Klettern" die einschlägigen Verbände und Behörden an tragfähigen Vereinbarungen.

### F.2.2.2 Hoheitliche Maßnahmen

Amtliche Festlegungen können getroffen werden z.B. in Schutzgebietsverordnungen (Landschaftsbestandteil, Naturdenkmal, Wildschutzgebiet nach BayJG, NSG, Naturpark, Nationalpark, LSG) oder durch Art. 26 BayNatSchG (Betretungsverbot).

#### F.2.2.2.1 Totalverbote

Sind nach Maßgabe des Einzelfalls gerechtfertigt, wenn es sich um Kombinationsvorkommen seltener Felsbrüter und sehr seltene felsgebundene Gefäßpflanzen (RL 1 und 2, Endemiten) handelt. Ganzjährige Totalsperre schafft die besten Voraussetzungen zur Regeneration bereits eingetretener Beeinträchtigungen in und an der Wand und zur Vermeidung künftiger Belastungen. Nur diese Maximalvariante kann lückenlose Intaktheit aller Organismengesellschaften eines Felsbiotops gewährleisten, denn auch der rücksichtsvollste und virtuoseste Free-climber kann nicht vor der Felswand schweben. Auch er löst gewisse mechanische Felsbelastungen und Störeffekte aus. Temporäre Sperrungen wenden zwar Schaden von seltenen Felsbrütern, aber allenfalls partiell von empfindlichen Moos- und Flechtengesellschaften, von Felschnecken und anderen Kleinorganismen. Basiserschließungen

sind genauso erforderlich wie bei ganzjähriger Freigabe.

Über die Sperrzonen bzw. Gesamtzonierung (siehe unten) informierende Faltblätter und Karten müssen u.U. über die Kletterer hinaus auch die Naherholungs- und Fremdenverkehrsgäste dieses Raumes erreichen. Die Akzeptanz setzt im allgemeinen einen sorgfältigen, alle "Spuren verwischenden" Rückbau nicht nur der Markierungen, sondern auch der Abzweigstellen aller sichtbaren Zuführungswege voraus. Übergreifende fremdenverkehrsintegrierte Wegesysteme können dadurch empfindlich gestört werden.

Zur Durchsetzung gehört im Regelfall auch die Entfernung aller installierten technischen Hilfsmittel (Kletterhaken usw.).

Totalsperre findet geringere Akzeptanz vor allem bei

- den in verantwortliche Gesamtkonzepte nicht eingebundenen Kletterern,
- geringem "Gesamt-Felsangebot" und damit Mangel an nahegelegenen, sportlich gleichwertigen Alternativen in dieser Region (felsarme Regionen mit wenigen, dafür umso größeren Felsen tun sich am schwersten),
- Fehlen gut begründeter, nachvollziehbarer klettersportlicher und freizeitbezogener Gesamtraumordnungskonzepte (siehe unten).

Protesthaltungen werden sich am deutlichsten bei vorher intensiv bekletterten, im Rahmen der heutigen Kletteransprüche attraktiven Felsen aufbauen. Großräumige Totalsperren aller Felsen reduzieren nach bisherigen Erfahrungen kaum die kletterinteressierte Zielgruppe im Einzugsgebiet, erhöhen aber den "Run" auf weiter entfernte Kletterregionen mit geringerem Sperrzonenanteil (mit allen Begleitscheinungen wie Kfz-Verkehr, Ausbau der dortigen Parkplätze in z.T. engen naturnahen Talräumen, Abfall- und Exkrementenanfall).

Leichter zu vermitteln, aber keineswegs leichter zu kontrollieren sind:

#### F.2.2.2.2 Zeitlich befristete Totalsperren

Werden bisher fast ausschließlich zum Schutz vorrangig errichteter Felsbrüter, vor allem Uhu und Wanderfalke, und zwar im Regelfall vom 1. 2. bis 31. 7. ausgesprochen.

Im Gegensatz zur ganzjährigen Sperre kann die zuführende bzw. felsbenutzungsbezogene Wege- und Aufklärungsinfrastruktur nicht rückgebaut werden. Eine gewisse fixe Grundbelastung des Felskomplexes außerhalb der Kletteraktivität verbleibt in jedem Fall. Überprüfungen sind schwieriger und aufwendiger und nie "hundertprozentig" (siehe z.B. gemeinsame Horstbewachungsaktionen von Klettergruppen, LBV und BN, die allerdings bisher recht erfolgreich sind). Es stellt sich die Frage nach der langfristigen Garantie des "Kontrollpersonals" in allen kritischen Jahreszeiten. Wie erreicht und verpflichtet man je nach Einzelfall bis zu 50 % nicht

verbandsorganisierter Kletterer, deren Anteil wahrscheinlich noch steigen wird ?

Folgende Einwände gegen terminierte Sperrungen sind denkbar:

1. Risiko des Glaubwürdigkeitsverlustes bei Kletterern: Viele Gutachten und Arbeiten stellen mittlerweile die vielschichtige biologische Bedeutung von Felsökosystemen heraus, ihre besondere Bedeutung auch bei unscheinbaren und unbekanntem Organismengruppen wie Flechten, Spinnen, Schnecken usw. Maßgebend für die Kletterregelung sind aber nur wenige, mehr oder weniger willkürlich ausgewählte größere Tiere "mit Lobby".

2. Traditionelle Einwände gegen den Naturschutz ("Zwei-Klassen-Artenschutz", der bestimmte Leitfiguren wie Uhu und Wanderfalke als richtschnurgebend auswählt und andere vernachlässigt) könnten bestärkt werden. Tatsächlich würden chronische Belastungen anderer Organismengemeinschaften nicht abgestellt, vielleicht nicht einmal reduziert, wenn dafür der Kletterdruck in den Öffnungszeiten eines Felsens ansteigt.

Für die Kletterer bedeutet die temporäre Sperrung den Verlust einer Hauptklettersaison (Frühjahr, Frühsommer). Es verbleibt die Herbstsaison.

#### **F.2.2.2.3 Räumlich begrenzte ("punktuelle") ganzjährige oder befristete Kletterverbote**

Je kleiner das temporäre oder dauernde Sperrgebiet, desto

- leichter wird es von den Betroffenen akzeptiert,
- schwieriger ist es aber auch abzugrenzen und verbindlich zu vermitteln,
- weniger wirksam ist es für den Schutz kompletter Felsbiotope und Lebensgemeinschaften.

Gesperrt werden können ganze Felsen, bestimmte Wandteile oder auch nur einzelne Routen. Unterstützt wird die Realisierung durch die Herausnahme der jeweiligen Haken.

#### **F.2.2.2.4 Amtliche Kletter-Reservierungszonen (das positive Gegenstück zum Negativ der Tabuzonen)**

Die Aufmerksamkeit der Kletterer kann zusätzlich gezielt auf bestimmte, für "belastbar" oder "naturschutzfachlich weniger wertvoll" eingeschätzte Felsen gelenkt werden. Bewußt hinzunehmen ist dabei eine hohe Beanspruchung des Felsens, d.h. eine weitgehende Beeinträchtigung von Felslebensgemeinschaften als in zwar ungesperrten, aber "anonym" bleibenden Zonen.

#### **F.2.2.2.5 Rechtsverbindliche Kletterzonenregelungen**

In großräumiger Sicht können durch Vergleich der Artenausstattung, des Felsangebotes und regionalen Nachfragepotentials über Landkreis-, Bezirks- und Landesgrenzen hinweg die Tragfähigkeit einzelner

Kletterregionen und Felsbiotypen als Ganzes grob limitiert werden. Dies kann ergänzt werden durch Zonenregelungen für einzelne Felsgebiete. Als Ordnungselemente können darin Aufnahme finden (vgl. FAUST, RITTER et al. 1988):

Von den 5 Grundprinzipien, die der DAV künftig den Kletterregelungen zugrunde zu legen gedenkt (MAILÄNDER 1997), nämlich

- 1) Beteiligung der Kletterer,
- 2) Sicherstellung der Unschädlichkeit,
- 3) Volle Ausschöpfung der ökologisch verantwortbaren sportlichen Nutzungsmöglichkeiten,
- 4) Eindeutigkeit der Zonen-Trennung,
- 5) Differenzierung in bedenkliche und unbedenkliche Kleinzonen im gleichen Felsbiotop,

sind aus fachlicher Sicht zu (3) und (5) folgende kritische Anmerkungen zu machen.

Ein Anspruch auf volle klettersportliche Ausschöpfung aller "verantwortbaren" Felsstandorte wäre bedenklich, weil

- in absehbarer Zeit eine lückenlose adäquate, d.h. auch schwierig erhebbare Organismengruppen einbeziehende Felsbewertung nicht komplett für jeden der vielen tausend auch kleinerer Felsen vorliegen wird, die "Verantwortbarkeit" also kaum überall nachgewiesen werden kann,
- inzwischen aber mit diesem "Freibrief" in Bereiche mit ungenügend bekannter Naturausstattung vorgedrungen werden könnte,
- nicht alle (temporären) Artenrefugialfunktionen von Felsbiotopen mit dem darstellbaren Aufwand bzw. von den meist wenig felsgängigen Spezialisten ermittelbar sind (z.B. Tagquartier für Zwergfledermaus in Felsritzen, wechselnde Horste von Uhu und anderen Felsbrütern, Moose und Flechten).

#### **F.2.2.3 Bewußtseinsbildende Maßnahmen**

Die Interessen- und Zielgruppe "Kletterer" wird auch künftig immer größer werden. So wird z.B. "Klettern" bereits als Wahlfach an einigen Schulen angeboten. Grundsätzlich wichtig ist hier die Verknüpfung der rein sportlichen und sicherheitstechnischen Ausbildung mit der Vermittlung der umweltbedingten Grenzen dieser Freizeitbetätigung. Auch ein Fahrkurs beschränkt sich nicht auf die Handhabung des Autos, sondern vermittelt genauso die Ge- und Verbote der Straßenbenutzung, die Tabuzonen für den öffentlichen Verkehr usw. Dazu gehören nicht nur ein Grundverständnis der Lebensgemeinschaften an Felsen und ihrer Überlebensprinzipien (siehe Kap. F.1.4, F.1.5), sondern auch die Frage: Wo, durch wen und mit welchen Unterlagen kann ich mich vorweginformieren?

In Bereichen mit hohem Freizeit- und Erholungsdruck (Kletterfelsen, Ausflugsziele) können gezielte Maßnahmen zur Lenkung der Besucher und Sportler getroffen werden. Zur Behebung oder Minderung der Beeinträchtigungen durch Kletteraktivitäten gibt es grundsätzlich verschiedene Lösungsansätze, die nicht als Pauschalbewertung, sondern **für jeden**

**Felsstandort im einzelnen** erarbeitet werden sollten. Sie reichen von einem generellen Kletterverbot mit ganzjähriger Totalsperre über zeitlich (während der Brutsaison) oder räumlich (punktuelle Sperrung ausgewählter Felsbereiche oder einzelner Kletterrouten) befristete Verbote bis hin zur Reduzierung der Kletterfrequenz.

Auch die Verbesserung der Infrastruktur muß hier unbedingt in die umweltverträglicheren Konzeptplanungen mit einfließen. So können beispielsweise Wege in angemessener Entfernung vor Felsen gesperrt (Fahrverbot, Felsblöcke, Schranke) und Parkmöglichkeiten geschaffen werden, um zu hohe Ausflugsbelastung sowie Schäden durch Fahrzeuge im Vorfeld der Felsen und die damit einhergehende optische und strukturelle Entwertung zu verhindern. Weitverzweigte Trampelpfade im An- und Abstieg zu und von den Kletterfelsen könnten durch Wegekanalisierung vermieden, die Gefahr der Erosion in anfälligeren (steileren) Bereichen durch Wegeverbesserung (z.B. durch Bau eines "Knüppelpfades") eingeschränkt werden. Abseilvorrichtungen und Ausstiegsverbote können zusätzlich zum Schutz empfindlicher Geländeabschnitte beitragen. Die Einrichtung von öffentlichen Toiletten, Lagerplätzen, Abfallbehältern etc. wirkt dem Müll- und Fäkalienproblem sowie dem wilden Lagern samt Lagerfeuer entgegen.

Als sehr wichtige Maßnahme ist das Anbringen von Hinweis- und Verbotsschildern anzusehen. Diese Schilder können dazu beitragen, die Rücksichtnahme für ökologisch empfindliche Bereiche zu fördern, indem sie auf besondere Verhältnisse hinweisen und erforderliche Schutzmaßnahmen erläutern.

Zusätzlich wird damit das Verständnis für die Ausweisung von Ruhezeiten für Flora und Fauna in bestimmten Geländeabschnitten (keine Zufahrtsmöglichkeiten, Wanderwege oder Beschilderungen, Betretungs- und Campingverbot) erhöht.

In Einzelfällen ließe sich prüfen, ob man nicht Felspartien, die unmittelbar oder in nächster Nähe zu einer Zufahrtsstraße liegen, dem Kletterbetrieb ohne Einschränkungen "preisgibt", um abgeschiedenere, schlecht zugängliche und deshalb bislang noch gar nicht oder nur geringfügig erschlossene Felsen im größeren Umkreis verstärkt zu schützen, wenn deren Biotopotential aufgrund der geringeren Störungsfrequenz als besonders hoch einzustufen ist. Dies erreicht besonders dann eine große Bedeutung, wenn diese Felsen zusätzlich noch abseits üblicher Wanderrouten liegen, so daß auch von dieser Seite der Freizeitznutzung keine Beeinträchtigungen zu erwarten sind. Als schwierig gestaltet sich diese Idee allerdings in jenen Räumen, in denen sich die meisten Kletterfelsen an der Straße befinden, wie es z.B. im Jura der Fall ist.

### F.2.3 Biotoppflege und Artenhilfe in Fels- und Blockbereichen

GÖRNER (1988) rechnet zu den speziellen Schutz-, Gestaltungs- und Pflegemaßnahmen an Felsen beispielsweise

- das Freihalten entsprechend großer Felswände von Gebüsch und Bäumen zur Erhaltung der Brutplätze für Wanderfalken und Uhu,
- ggfs. Schaffung störungsfreier Brutnischen für Felsbrüter,
- steuernde Maßnahmen zur Abwendung von Beunruhigungsquellen,
- Unterlassen von Aufforstungsmaßnahmen,
- Beseitigung von Abfällen und Schutt,
- Verhinderung von Nährstoffeintrag,
- ordnungsgemäße Beschilderung.

"Aus geologischer Sicht geht es in den meisten Fällen vor allem um die Beseitigung des Gehölzaufwuchses zur Freistellung der anstehenden Strukturen. Auch das Verfallen der Wände (vor allem an künstlichen Felsen) zwingt von Zeit zu Zeit zu wirksamen, oft technisch aufwendigen Eingriffen. Aus der Sicht des Artenschutzes geht es vor allem um

- Erhaltung der freien Fels- und Lockergesteinswände,
- Erhaltung der vorhandenen und sich entwickelnden Felsbandgesellschaften,
- Erhaltung der Geröllfelder am Fuß der Wände,
- Abwenden der Verunstaltung mit Müll und Unrat,
- Verhinderung der Beunruhigung durch nahe Bebauung, Tourismus, Klettersport, Übungsgelände (HIEKEL 1987).

Anzustrebende Mindestsperrzeiten in vogelkundlich besonders wichtigen Felsgebieten ergeben sich u.a. aus dem brutbiologischen Aktivitätsrhythmus von Wanderfalke und Uhu (siehe [Abb. F/21](#)).

### Felsfreistellungen, Blockschuttfreistellung

Ehemals viel landschaftsbestimmendere Felsen, neuerdings auch einige Kalkblockhalden, werden in zunehmender Zahl vor allem im Frankenjura wieder freigestellt. Dabei werden Verbuschungen zurückzudrängen versucht, aber auch größere Aufhiebe von Kiefernauflastungen und -sukzessionen durchgeführt. Diese vorwiegend aus landschaftlich-fremdenverkehrlichen Gründen durchgesetzten Maßnahmen stoßen auch innerhalb des fachlichen Naturschutzes auf unterschiedliche Reaktionen (siehe z.B. WALTER 1988), eine kurze Auswirkungsdiskussion scheint daher sehr angebracht.

Großflächige Entbuschungen früher durch Beweidung offengehaltener Weißjuraschutthalden am Lindenberg/LAU durch den Landschaftspflegeverband Mittelfranken und den Bund Naturschutz im Winter 1995/96 förderten die vorher stetig geschrumpften Bestände der seltenen Gebirgsschrecke *Podisma pedestris* in kürzester Zeit. Schon im Sommer 1996 wurden 2,37 Tiere/qm im Heilwurzaum und 1 T./qm in der offenen Hohlzahnflur festgestellt. Frisch entbuschte Flächen werden sofort wieder bevölkert, wenn direkter Anschluß an Restpopulationen besteht (HEMP 1997). Auch *Oedipoda germanica*-Populationen, die z.B. bei Hersbruck auf einen 200 qm großen Restfleck zurückgedrängt waren, dehnten sich während einer Entbuschungskampagne 1990 - 1995 auf alle freigestellten Halden wieder aus.

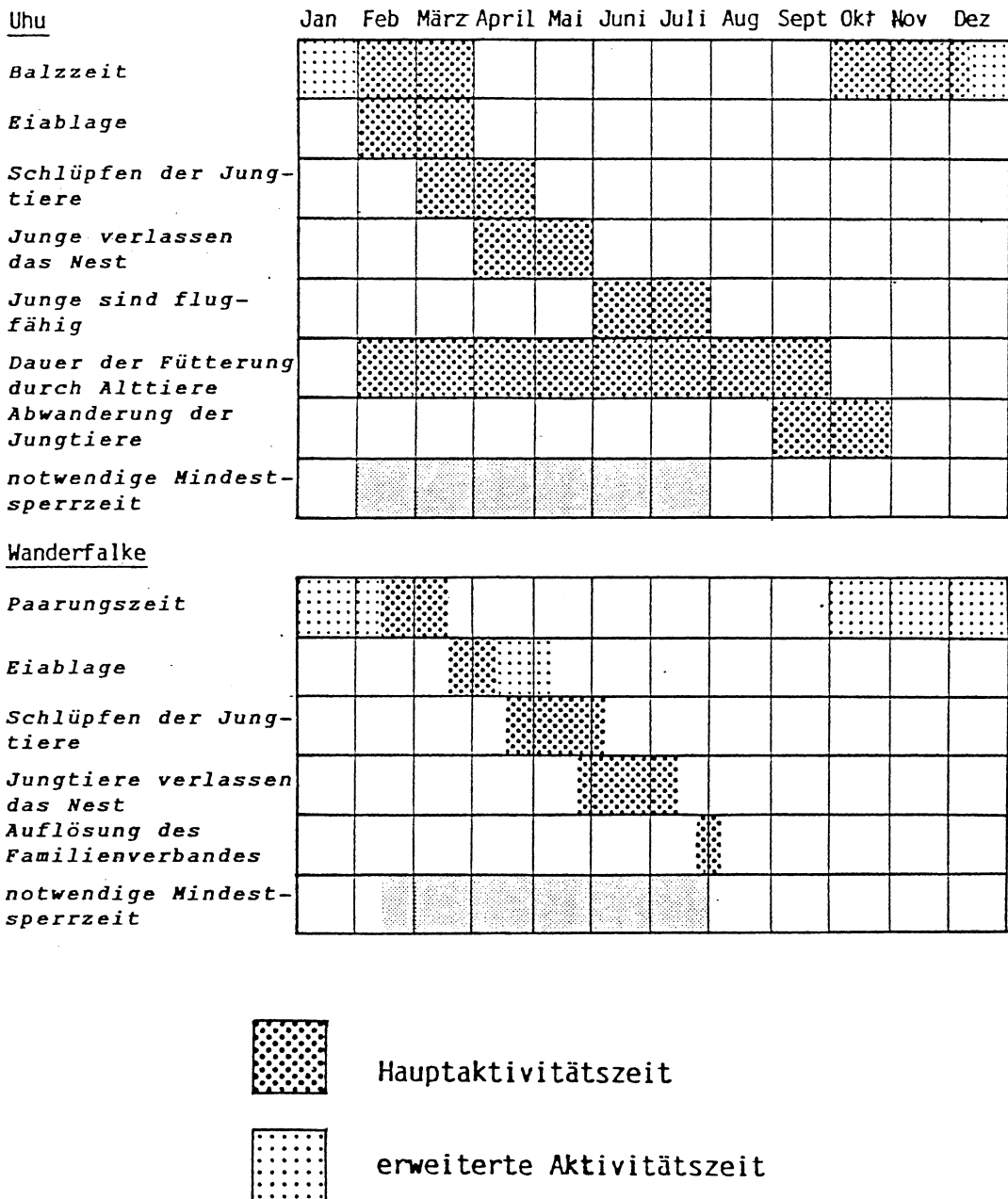


Abbildung F/21

Brutbiologischer Aktivitätsrhythmus von Uhu und Wanderfalke als Orientierungshilfe für Felssperren (aus FAUST et al. 1988)

Erstmals 1996 konnten nach den Entbuschungen auch wieder einzelne Frankenaufwälder (*Parnassius apollo*) festgestellt werden.

Die Entfernung von Gehölzen wird zum vordringlichen Pflegeziel, wenn mit der Freistellung besonders wärme- und lichtbedürftige Tier- und Pflanzenarten verstärkt gefördert werden sollen, die sich aufgrund der anhaltenden Beschattung aus dem Lebensraum bereits zurückgezogen haben. Offene, sonnenexponierte Felsen tragen gleichzeitig zu ei-

nem funktionierenden Biotopverbundsystem bei, indem Isolationseffekte herabgesetzt sowie Ausbreitungs-, Wieder- und Neubesiedlungsprozesse gefördert werden.

Auf der anderen Seite darf natürlich nicht überall pauschal für Felsfreistellungen plädiert werden. So müssen beispielsweise manche Felsen dauerhaft beschattet bleiben, wenn sie von schatten- und feuchtigkeitsliebenden Pflanzen (z.B. *Saxifraga decipiens*, verschiedenen Moosen, Flechten, Schnecken



etc.) besiedelt werden. Auflichtungen würden sich in solchen Fällen katastrophal auf das Artenspektrum auswirken.

Auch bei Steinschlaggefahr zur Straßenseite hin ist Vorsicht geboten. Hier kann ein Straßenschutzwall bei labilen Hangverhältnissen durchaus Vorrangfunktion vor dem Naturschutz haben.

### Schutz felsspezifischer Pflanzen

Auf felsigen Standorten (Serpentinitgesellschaften, Flechtengesellschaften) und im Umfeld (Borstgrasrasen, Kalkmagerrasen, bodensauere Magerrasen, naturnahe Waldstrukturen und Bewirtschaftungsmaßnahmen) könnten typische Pflanzengesellschaften gezielt gefördert werden.

Zum Erhalt von Flechten wären folgende Maßnahmen denkbar:

- Der Abbau von Gestein oder das Verschütten bewachsener Felsen mit gefährdeten Populationen wird entsprechend gelenkt;
- die touristische Erschließung und der Kletterbetrieb werden verboten oder auf unsensiblere Bereiche verlegt/konzentriert;
- Verbauungen im Felsbereich (Beton, Armierungen, Steighilfen, Kletterhaken etc.) werden unterlassen;
- Standortveränderungen durch Beschattung oder Auflichtungen sowie durch Eutrophierung werden auf ein Mindestmaß reduziert.

### Forstliche Umfeldgestaltung und Rücksichtnahme

Von den vielen Tausenden bayerischer Felsbiotope liegen wohl nur wenige Prozent ganz außerhalb des Waldes, ein Bruchteil grenzt zwar auf einer Seite (meist talseitig, in den Bayerischen Alpen aber auch bergseitig) an Offenland, ein großer Teil ist aber ringsum von verschiedenartigsten Wirtschaftswäldern umgeben. Die forstliche Bewirtschaftung bzw. Respektierung ist also ein zentraler Bereich der "Felsenpflege". Schon Mitte des 19. Jahrhunderts wurde das in Bayern erkannt (siehe [Kap. F.3](#)) und auch heute spielen solche Sonderstandorte in den Bewirtschaftungsrichtlinien der Staatsforstverwaltung eine Rolle. Grundsätzlich kommen in Frage:

- völlige Nutzungsruhe im Fels-Kontakt- und Blockfeld-Kontaktbereich;
- Rücksichtnahme bei der Forsterschließung;
- angepaßte Nutzung im Umfeld.

Die forstliche Bewirtschaftung wird angeregt: z.B. Vermeidung von Straßen- und Wegebau durch die entsprechenden Zonen, Förderung eines besonders naturnahen Waldbaus, Ermöglichung artenreicher Naturverjüngung sowie Schaffung von Vorrangzonen für die Waldrenaturierung.

### Gesteinsabbau, technogene Geländeeinschnitte (von V. WIRTH)

Bei Geländeeingriffen durch Abbau, Straßen-, Bahn- und Wirtschaftswegebau können "Felsen" (Sekundärfelsen) hergestellt werden, falls man auf die manchmal aus Sicherheitsgründen unvermeidlichen Rekultivierungs- und Begrünungsmaßnahmen

verzichtet. Die Annäherung an die Standortbedingungen und Primärbiozönosen natürlicher Felsbereiche derselben Gesteinsart sind allerdings oft sehr begrenzt und differenziert zu beurteilen.

Im Gegensatz zu langfristig - Jahrtausende - waldfreien Geotopen sind anthropogen aufgeschlossene Geotope, also im wesentlichen Steinbrüche und Felsflächen an Geländeeinschnitten, wie sie beim Bau von Verkehrswegen entstehen, meist relativ artenarm. Es dauert offenbar sehr lange, bis sich über das anfänglich relativ rasch einstellende Inventar an Arten breiter ökologischer Amplitude weitere Sippen ansiedeln und eine Art langdauerndes Gleichgewicht zustandekommt. Diasporen seltenerer Arten fliegen naturgemäß erheblich seltener an. Hinzu kommt weiter, daß derartige künstliche Aufschlüsse eine relativ wenig variable Standortpalette liefern (z.B. fehlen gewöhnlich Felskuppen) und ferner die Oberfläche des Gesteins noch kaum verwittert und oft relativ glatt ist, was die Ansiedlung von Flechten erschwert. Dennoch können gelegentlich Steinbrüche große Seltenheiten bergen und vor allem bedeutende Ersatzstandorte in felsarmen Regionen bieten. So findet sich in Sandsteinbrüchen mitunter eine hauptsächlich im arktisch-borealen Bereich und im Hochgebirge verbreitete Flechte (*Pannaria pezizoides*, z.B. in Mittelfranken bei Markt Bergel). Auch weitere anthropogene Ersatzhabitate können - bei genügendem Alter - floristisch außerordentlich wertvoll sein. Dies gilt für Lesesteinhaufen (Beispiel: einer der wenigen bekannten Funde von *Lecidea variegatula* wurde auf Steinen eines Lesesteinhaufens im Bayerischen Wald gemacht; POELT 1972) wie für behauene Substrate, z.B. Bildstöcke und besonders Grabsteine alter Friedhöfe (vgl. auch LPK-Band II.11 "Agrotope").

Die Serpentinfarnfundorte Vorderröhrenhof bei Berneck/BT, Niedermurach und Obereppenberg/SAD u.a. zeigen indessen, daß kleinere, spaltenreiche, oft nur 10 m hohe alte Bauernsteinbrüche durchaus nach einigen Jahrzehnten von einigen Zielarten besiedelt werden können. Der um 1880 entstandene Bahneinschnitt Steinbühl bei Hof dokumentiert, daß in höchstens 100 Jahren von nicht zu weit (12 - 17 km) entfernten Primärpopulationen zumindest serpentinspezifische Sporenpflanzen wandern können, dabei vielleicht begünstigt durch die "Eisenbahnverbindung" mit der Wojaleite (J. VOGEL, eigene Erhebungen; vgl. auch VOGEL & BRECKLE 1992). Die Restitutionspflege primärer Serpentinfelsstandorte bietet allerdings die einzige Möglichkeit, Serpentinbiozönosen umfassend wiederherzustellen. Nach bisherigen Erfahrungen lassen sich lediglich einzelne wertbestimmende Arten auf Sekundärstandorten, dies allerdings auch nur im Serpentinbereich, ansiedeln. Interessante Abbaustellen mit Inselgesteinsaufschlüssen können offengehalten werden, indem auf eine Rekultivierung ganz oder in Teilbereichen verzichtet wird (vgl. auch Kap. B).

Solange alte Abbaurechte noch laufen, sollte darauf geachtet werden, die Abbauflächen von Felsen an Talhängen nicht in Richtung des Talverlaufes zu



erweitern, sondern nach hinten oder seitlich auszuweichen.

### Pufferzonen

Die Ausweisung und strikte Einhaltung von Pufferzonen im näheren Umfeld von Felsen und Inselgesteinsvorkommen kann populationsbedrohende Be-

eintrüchtigungen der empfindlichen fellspezifischen Flora und Fauna verhindern. So sollte die Extensivierung der Landwirtschaft im engeren Umgriffsbereich der Felsen dazu beitragen, Schädigungen durch Dünger- und Pestizideintrag sowie durch Lärmbelästigung zu vermeiden.

## F.3 Situation und Problematik der Pflege und Entwicklung

Fels- und Blockgeotope liegen in Bayern überwiegend, regional sogar ausschließlich in Nationalparks, Naturparks, Landschafts- und Naturschutzgebieten oder sind als Naturdenkmäler und Landschaftsbestandteile gesichert. Schon hieraus ergeben sich strenge Maßstäbe an die Felsenutzung durch Tourismus und Klettern.

Sie genießen aber auch außerhalb von Schutzflächen einen besonderen Nimbus (siehe [Kap. F.1.8](#)) und wurden nach den Felsdachsprengungen in der nördlichen Frankenalb und den noch in den 1970er Jahren in der Oberpfalz durchgeführten Blockbeseitigungen im Rahmen der Flurbereinigung (WALTER 1984) bis auf wenige Ausnahmefälle kaum mehr substantiell zerstört. Immer wieder haben sich lokale Gruppierungen und Einzelpersonen für den Schutz wertvoller Felsen und Härtlinge gegen Abbauvorhaben eingesetzt, z.B. F. MÜLLER für den einzigartigen Porphyrschlot von Lenau/WUN, der um 1970 zur Gewinnung von Wegebaumaterial gesprengt werden sollte. Dies sowie zunehmende Felsbiotop- und Felsartenerfassungen hielten jedoch Defizite bei der "Pflege" und pfleglichen Behandlung (im weitesten, eingangs definierten Sinne) nicht auf.

### Fels(biotop)erfassungen

Felsbiotope tauchen in der routinemässigen Biotopkartierung ebenso auf wie in fallweisen Kleinsturkturkartierungen der Ländlichen Entwicklung. Im übrigen führen seit einigen Jahren DAV-Sektionen und Naturschutz/Klettern-Arbeitskreise spezielle und auch biologisch detaillierte Felserfassungen durch. In einigen Sektionsgebieten sind sie bereits weitgehend abgeschlossen.

### Felserhebungen, Kletterbedarfserhebungen

Seit 1994 sammeln die DAV-Sektionen bzw. Arbeitskreise Klettern & Naturschutz Informationen über Geomorphologie, Fauna, Flora, klettersportliche Nutzung und Schädigungen aller bekletterten und unbekletterten Felsen von mehr als 5 m Höhe in ihrem "Gebiet" (Felskataster des DAV in München). Bis April 1996 waren bereits deutschlandweit 4000 Felsen, d.h. etwa 1/5 der Gesamtmenge, erfaßt. Zum voraussichtlichen Abschluß 1997 verfügt der DAV als erster Bergsportverband über einen detaillierten Überblick der felsökologischen und klettersportlichen Situation aller Mittelgebirgsklettergebiete. Wesentlich ist dabei auch die erstmalige Gesamtkennntnis relativ hoch belastbarer bekletterbarer Steinbruchwände. Die DAV-Landesverbände ermitteln zusätzlich die künstlichen Klettermöglichkeiten, die in gewissem Umfang Kletteraktivitäten von natürlichen Felsen abziehen können.

Parallel dazu werden Bedarfsermittlungen auf Grund der Gesamtzahl der Kletterer sowie ihren Gebietspräferenzen vorliegen.

Im GEOTOPKATASTER BAYERN spielen geologisch herausragende Felsdurchragungen und Blockmeere eine erhebliche Rolle. In Baden-Württemberg wurden versuchsweise auch quantitative Messungen des Felsanteiles von Juralandschaften und Maßstäbe der landschaftlichen Einprägbarkeit von Felsen ausprobiert. Die Ermittlung des "Felsenfaktors" (GERMAN 1980), also die Fläche nackter Felsen bezogen auf die Ausstreichfläche der zugehörigen Gesteinsschicht oder eine andere Bezugsfläche in ppm ( $m^2$  pro  $km^2$ ) zeigt, daß z.B. in Albraufgebieten mit weithin leuchtenden Felsen der Felsanteil meist unter 1 Promille, oft nur bei 10-100 ppm liegt. Steinbrüche ("Künstliche Felswände und Blockfluren") und andere Abbaustellen umfassen oft ein Vielfaches der natürlichen Felsflächen auf denselben Meßtisch-blättern (GERMAN 1980).

Hieraus folgert GERMAN eine den Landschaftscharakter verfälschende Mengenverschiebung zwischen natürlichen (gewissermaßen legitimen) und künstlichen (gewissermaßen illegitimen) Felsen durch anthropogene Vervielfachung des Felsenfaktors, falls man auf Abbaustellenrekultivierungen verzichtet. Er stellt dabei das Interesse des Geologen an mächtigen Aufschlüssen ("geologischen Fenstern") und des Biologen an sekundär ungestörten Sukzessions- und Pionierbiotopen weitgehend hinter den Maßgaben des natürlichen Reliefs und der landschaftstypischen Ästhetik zurück (vgl. Kap. B 3).

### Pflege von Härtlingen, Felskuppen

Schutzwürdige, weitgehend oder zumindest fleckenweise rasenbedeckte **Härtlinge und Inselgesteinskuppen** sind generell in einem noch unbefriedigenderen Pflegezustand als Felsen. Hier konzentrieren sich oftmals die bemerkenswertesten und gleichzeitig streng lichtliebenden Arten der zugehörigen Grünland- oder Magerrasenkomplexe.

Wegen ihrer Unwegsamkeit und Futterknappheit fallen diese extremsten aller Agrarstandorte zu allererst aus der Bewirtschaftung. Bei der Aufteilung alter Schaf- und Rinderhütungen blieben sie zwar oft notgedrungen erhalten, gingen damit aber ihrer bestandesgerechten Extensivnutzung verlustig. Pflegemaßnahmen des Naturschutzes beschränken sich auf diesen pflegetechnisch außerordentlich schwierigen und aufwendigen Standorten auf Ausnahmen. So werden einige fränkische Gipshügel und südbayerische Kalktuffhügel regelmäßig entbuscht, entfilzt, gemäht und von Unrat befreit (z.B. Sulzhei-

mer, Nordheimer, Kilsheimer Gipshügel/SW, KT, NEA, Tuffhügel bei Wörth und Grünbacherschwai-ge/ED, Lochhauser Sandberg/FFB) oder sogar von Schafen beweidet (Langenauer Ried und angrenzen-de Almrassen/GZ). Isolierte Juraschollen werden kleinflächig auch am Steilhang entbuscht (z.B. Helmberg/SR), desgleichen winzige Reliktbiotope auf Marmor- und Kalksilikatvorkommen (Egertal bei Hohenberg, bei Wunsiedel).

Diesen punktuellen Aktionen steht indessen ein Pflege-defizit auf den vielen nordostbayerischen Diabas-kuppen (HO, KU) und Diabasfelsrasen (insbesonde-re Saaletal, Fränkische Linie), auf den wenigen Por-phyrkuppen-Magerrasen (z.B. Schadenreuth/TIR), auf den ehemaligen Magerrasen der Urkalkein-sprenglinge an der Fränkischen Linie bei Stadt-steinach, auf dem Großteil der oberpfälzischen und oberfränkischen Serpentinürtlinge (z.B. Mu-rachtal/SAD, Schwarzachter Serpentinzug, Peter-lesstein, östlich Guttenberg/TIR), auf der einzigen "Eklogit-Heide" am Weißenstein/KU, auf den Am-phiolitkuppen im Landkreis Neustadt/Waldnaab und vielen anderen Sondergesteinsgeotopen gegen-über.

Ein vergleichbares Bild bieten die noch erhaltenen **Granitbuckel und blockreichen Birken-, Föhren- und Wacholderbuckel** des Regensburger, Falken-steiner, Flossenbürger und Falkenberger Kuppen-landes. Nur noch punktuell findet die biotypische Extensivbeweidung statt. Mahd ist längst einge-stellt. Fortschreitende Ruderalisierung, Verfilzung und Verbultung (Wiesenhafer!) macht eine Wieder-aufnahme der Pflegearbeiten immer schwieriger.

Etwas besser ist die Pflegesituation der Grünland-**Blockstreugebiete** der Grundgebirge. Zwar sind die meisten Vorkommen entweder durch Sprengung be-seitigt oder eingeforstet, doch stößt man immer noch in Agrar-Extensivgebieten auf vorbildliche gepfleg-te Beispiele. Neben Schaf- und Rinderbeweidung (z.B. Steinwald/TIR) sowie Mahd mit Kleingeräten kommt gelegentlich auch noch die Sense in diesem bewegten Gelände zum Einsatz (z.B. Finsterau und Schimmelbach/FRG). Blockgrünlandgebiete mit Magerrasencharakter werden über Naturschutzpro-gramme gefördert (CHA, NEW, FRG, DEG, SR, R, BT).

Die Verwobenheit von landschaftlicher Wirkung und traditioneller Pflege zeigt sich besonders dra-stisch entlang der **Pfahl-Linie**. In den erst seit den 50er und 60er Jahren zugewachsenen Zwergstrauch- und Borstgrasheiden in der Fußzone der Quarzriffe sind bisher selten noch Erst- und Folgepflege-maßnahmen verwirklicht.

Weniger dramatisch stellt sich die Pflegesituation der **Molasserippen** im westlichen Alpenvorland dar. Sie waren und sind Bestandteil von Rinderwei-den, z.T. sogar von außeralpinen Alpbetrieben (z.B. Senkele/OAL, Schwarzer Grat und Kreuzthal/OA). Früher gemähte Steilmagerrasen wurden in die Be-weidung einbezogen. Verfettungs- und Trittschäden sind insbesondere in den Nagelfluhmagerrasen der Weißach- und Steigbachschichten zu beobachten (z.B. Eschenberg bei Trauchgau, nordwestlicher

Stadtrand von Füssen, Eisenberg, westlich Lech-bruck/OAL).

### Freistellungsaktionen

**Felsen**, morphologisch ausgeprägte Inselgesteine und Hürtlinge des Schichtstufenlandes sowie der tieferen Mittelgebirgslagen waren früher auffälliger, weil offener. Dies beweisen viele alte Stiche und Photographien. Steilhänge und Talflanken um die Felsen herum waren zumeist schaf- und rinderbe-weidet oder gemäht. Die roten Bayerwaldgranitfel-sen des Donauaustauer Burgberges zeigen nicht nur die Merianschen Stiche, sondern auch die Ölbilder des 19. Jahrhunderts weitgehend frei und nicht von Eichtrockenwäldern verdeckt. Die "12-Apostel-Felsen" bei Solnhofen/WUG ragten noch in den 50er Jahren aus völlig bestockungsfreien, stark be-weideten Schuttfächern auf, heute ist ihr Felsfuß weitgehend mit Kiefern zugewachsen. Der Finken-stein und Steppberg bei Neuburg, die Mattinger und Naabtalhänge bei Regensburg, die Aufseßtalfel-sen/BT, die Silikathangrasen bei Wörth und Deg-gendorf wuchsen ebenfalls weitgehend zu. Am gra-vierendsten war vielleicht der "visuelle Rückzug" der Zeugenberg-Bastionen der Nordalb (z.B. Staf-felberg und Kordigast/LIF, Görauer Anger/KU, LIF, Traufberge in den Landkreisen Bamberg und Forch-heim). Viele weitere Beispiele ließen sich anfügen (vgl. [Kap. F.1.7](#)).

Die landschaftsprägende Wirkung von Felsen ist insbesondere in den Naturräumen, wo Felsfreistel-lungen zum Markenzeichen gehören (z.B. Fränsche Schweiz, Altmühltal), ein wichtiges Pflegemo-tiv. Fremdenverkehrs- und Naherholungsgemein-den nehmen von sich aus Freistellungsmaßnahmen in Angriff oder unterstützen bereitwillig einschläg-ige Naturschutzaktionen (z.B. Muggendorf/FO, Arnsberg und Gungolding/EI, Dollnstein/EI, Rie-denburg/KEH, Pottenstein/BT). Anfängliche Wi-derstände von Anliegern (befürchtete Steinschlag-gefahr, Verschmutzung der Straßen durch Schafkot) können hier meist ausgeräumt werden. Solche Ak-tionen beschränken sich aber bisher auf das Weich-bild bzw. die Hintergrundszenerie von Erholungsort-en und dort wiederum auf die gemeindeeigenen Flächen. Trotzdem entzündeten sich hier unterschied-liche Meinungen. "Genügt es nicht, wenn zur Reifezeit des Waldes dessen Bäume fallen müssen? Heuer hier, nächstes Jahr wo anders? Müssen wir überall gärtnerisch eingreifen? In früherer Zeit ist dies nie geschehen!" (WALTER 1988).

Auch im Bereich von **Blockfluren und Block-stromheiden** finden da und dort derartige Öffnungs-maßnahmen statt, insbesondere in unmittelbarer Nähe von Erholungsorten (z.B. Stadlern/SAD). Blockstrom- und Felsheiden außerhalb von Wäldern haben in vielen Fällen durch Verbrachung und Ver-buschung ihre optische Wirkung eingebüßt (z.B. N Brennberg/R). In z.T. aufwendigen Erstpflge-maßnahmen wurden sie allerdings optimiert (z.B. Blockstromheide Kornbach/BT). In vielen anderen Fällen hat eine kontinuierliche Wiesen-, Weide- oder Magerrasennutzung die optische Wucht und vegetationsdifferenzierende Wirkung der Blöcke bis

heute erhalten (z.B. mehrfach N Falkenstein, b. Deucherling/CHA, Steinwald-Südfuß/TIR).

Verschiedene Jurafelsen mit hoher Bedeutung für den botanischen Artenschutz profitieren von noch oder wieder betriebenen Nieder- und Mittelwaldschlägen an ihrem Fuß (z.B. Leutenbach und Kirch Ehrenbach/FO).

Auch allein aus Gründen des speziellen Artenschutzes werden neuerdings kleinere Felsbereiche von Gestrüpp und Beschattung befreit, wenn Arten ohne Alternativstandorte sonst durch Übershattung verschwinden würden. Als Beispiele seien der Drabafelsen bei Regensburg (Regensburger Botanische Gesellschaft), die Serpentinifarnstandorte Haidleite bei Wurlitz/HO und Föhrenbühl bei Erben dorf/TIR erwähnt, wo in Kooperation mit den zuständigen Forstämtern ältere Aufforstungen und Altlichtgruppen entfernt und Entfilzungsmaßnahmen durchgeführt wurden.

Diese und einige weitere Beispiele betreffen aber zusammengenommen weit weniger als 1% aller einst optisch wirkungsvollen Felsbiotope. Die meisten übrigen Vorkommen sind durch Gehölzsukzession und Aufforstung gegenüber der Vorkriegszeit sehr stark in den Hintergrund gedrängt worden. Dazu kommt, daß der Unterhang vieler Talrandfelsen einst als Nieder- und Mittelwald bewirtschaftet war und deshalb weit weniger den Blick verstellte. Diese Bereiche sind fast allesamt in Hochwald umgewandelt (z.B. Dohlenfelsen im Wellheimer Tal/ND, EI, Lange Meile, Hetzles). Nur in wenigen Fällen besteht die Benachbarung von Felsgeotopen und historischer lockerer Waldstruktur weiter (z.B. Ehrenbürg-Ost- und Nordseite/FO). Eine andere Form der Felsfreilegung ist eindeutig unerwünscht: Mehrere Gipfelfelsen des Fichtelgebirges liegen in säuregeschädigten und zunehmend aufgelichteten Hochlagenfichtenwäldern (z.B. Waldstein, Kösseine). Dies ist jedoch - ganz im Gegensatz zu bestimmten xerothermen Tieflagen-Felsbiotopen - kein Gewinn für den Ökosystem- und Artenschutz. Viele der charakteristischen und z.T. seltenen Flechten- und Moosarten der Felsoberflächen und -gesimse benötigen Halb- oder Vollschatten und Austrocknungs-schutz durch eine gewisse Übershirmung.

### **Konfliktfeld Sportklettern/Naturschutz, Lösungen**

Den Freizeitsport Klettern betreiben heute nach Schätzungen des DAV in Deutschland etwa 80.000 Menschen. "Einst waren die Kletterer wilde Gesellen, vom Sturmwind umweht. An Eisenstiften, die kaum ihr Körpergewicht hielten, baumelten sie über den Abgründen der Alpen. Nur Männer mit Bärenkräften konnten den Sturz eines Gefährten halten..." Dagegen heute: "Mit einer modernen Bremsvorrichtung kann eine Siebzehnjährige bei korrekter Stand-sicherung den Sturz ihres Vaters ohne Kraftaufwand halten. Das Verletzungsrisiko ist im Mittelgebirge wesentlich geringer als beim Fußball..." Heute ist es, richtig betrieben, ein ungefährlicher Sport für breite Schichten. An kleinen Felsen im Mittelgebirge finden Familien mit Kindern, Jugendliche und ältere Mitbürger Erfüllung und Freude an der Natur." (Zi-

tate aus DAV-Broschüre: "Klettern- ein Sport fürs ganze Leben"). Die enorme Leistungssteigerung ab Mitte der 1970er Jahre (weniger die Länge, sondern die Schwierigkeit eines Kletterweges reizte) rückte auch jene kleineren und früher "unbesteigbaren" Wände und Felsen ins Interesse, die früher mißachtet worden waren. Beeinträchtigungen am Felsökosystem waren unvermeidbar (Kap. F.2).

In ganz Deutschland verschärfte sich der Konflikt in den 1980er Jahren immer mehr. Bergsportverbände fühlten sich vom amtlichen Naturschutz an die Wand gedrängt. Neben Lösungsmodellen und Kompromißdiskussionen (siehe unten) hatte dies auch eine intensive bergpublizistische Verteidigung des/ ja Werbung für das Mittelgebirgsklettern zur Folge. Im denkwürdigen "Regensburger Beschluß" 1995 versah der DAV die Erhaltung der Mittelgebirgs-Klettergebiete mit derselben Priorität wie die Infrastruktur und intakte Natur in den Alpen. Das 1995 erreichte Ausmaß der Sperrungen (allerdings überwiegend außerhalb Bayerns) wurde als "katastrophal" empfunden. Möglicherweise hat das berechnete Herausstellen des "volksgesundheitlichen" und erzieherischen Effektes des Felskletterns aber auch den Blick etwas getrübt für bestimmte, Konfliktlösungen erschwerende Elemente: In der DAV-Broschüre "Klettern, ein Sport für die ganze Familie" "sind" wohnortnahe Felsen mehr als Sportstätten und Erholungs-oasen für gestreßte Stadtmenschen, nämlich Orte der Begegnung. "Eltern, Großeltern und Kinder treffen sich in ihrer Freizeit am Fuße sonniger Felsen. ...wir haben viel Spaß, wenn am Wandfuß die ganze Familie beieinander ist.

Solche an sich gut nachvollziehbare und "humanökologisch" wertvolle Begleitfunktionen und Werbestrategien des Mittelgebirgskletterns stehen in einem unauflösbaren Widerspruch zum Schutz- und Schadensminimierungsanspruch, den die Bergsportverbände gleichzeitig auf ihre Fahnen schreiben. Wandfüße und Schuttfluren als Versammlungs- und Begegnungsorte vertragen sich nur ausnahmsweise mit den Leitlinien für die Limitierung von Rastplätzen, Einengung von Einstiegsorten und Zustiegen. Begegnungsorte außerhalb der Wand oder Seilschaft müssen nicht direkt unterhalb oder oberhalb der Felsen sein.

Politiker und Behörden werden aufgerufen, eine dem "gesellschaftlichen Bedarf" entsprechende Zahl an Kletterfelsen offenzuhalten (DAV-Broschüre "Klettern, ein Sport fürs ganze Leben"). Ist aber dieser, ohnehin kaum zu definierende Bedarf überhaupt zu decken, wenn die Zielgruppe, aber nicht die Naturfelsen weiter wachsen?

In Bayern analysierte ein Gutachten des Alpeninstitutes erstmals systematisch die "Kletterschäden" in einigen Untersuchungsgebieten und bereitete von den Konfliktpartnern bereits vorweg weitgehend akzeptierte Zonierungsmodelle vor (AI 1988), die Umsetzung ließ jedoch auf sich warten. Eine steigende Zahl von Kletterverboten (z.B. Walberla/FO, Rödel-fels/FO (befristet) alarmierten ab 1988 die Klettergilde. Diese Entwicklung löste beim bislang alpenorientierten DAV eine Ausweitung der Interes-



sensphäre auf die Mittelgebirge und eine Übernahme der bundesweiten Zuständigkeit für das Sportklettern aus, zumal sich mit der Interessenwahrnehmung durch den DAV unzufriedene Kletterer zu einer IG Klettern Frankenjura zusammengeschlossen hatten (MAILÄNDER 1997).

Die meisten größeren außeralpinen Felsen Bayerns liegen seit ein bis zwei Jahrzehnten im Konfliktfeld zwischen Sportklettern (insbesondere Free climbing) und Naturschutz (vgl. Kap. 1.7, S. 415). Nach einer über lange Jahre mehr oder weniger sprachlosen Konfrontation zwischen Naturschutz und Kletterern kam es ca. ab 1986 zu intensiven Kontakten und ersten Lösungsversuchen, bei denen der Deutsche Alpenverein eine vermittelnde Rolle spielte (siehe mehrere Berichte im DAV-Organ "Jugend am Berg"). Die drohende Sperrungstendenz und laufende Einengung der außeralpinen Kletterangebote veranlaßte insbesondere den DAV immer mehr zu einer Strategie der Selbstdisziplinierung, die man mit einem Satz umreißen könne: "Hoheitliches Eingreifen überflüssig machen durch Präsentation und konsequente Einhaltung eigener Sicherheits- und Sanierungskonzepte". Dabei erhebt insbesondere der DAV auch den Anspruch, die Naturschutzwertigkeit einzelner Felsgebiete mit zu ermitteln und einzuschätzen. In diesem Biotopbereich ist der einzigartige Fall eingetreten, daß der "Nutzer" selbst und nicht eine von außen steuernde Behörde den pflegerischen Umgang steuert.

In den Konfliktschwerpunktgebieten Altmühltal, Wellheimer Tal, Wiesentalb, Hersbrucker Alb, Kleinziegenfelder Tal, Kleiner Arber, Steinwald und Hohes Fichtelgebirge wurden Übereinkünfte erzielt, wo auf das Sportklettern ganzjährig oder in kritischen Brutperioden von Wanderfalke und Uhu zu verzichten ist. Der mühsame Diskussionsprozeß förderte seit etwa fünf Jahren die Selbstdisziplin der Kletterfans spürbar (weitgehende Respektierung der zugelassenen Kletterrouten, Tabuzonen und -zeiten, Kanalisierung der Zuwege auf bestimmte markierte Pfade, deutliche Reduzierung der Abfälle und "Rückstände", wie Haken, grell bunte Routenmarkierungen, Trainingsrequisiten etc.). Über die allgemein bekannten Störwirkungen auf gefährdete Felsbrüter hinaus sind gewisse mechanische Negativeinflüsse auf Felsheiden, Rasenbandgesellschaften, Moos-Synusien, Flechtenvereine und Felsschnecken-gesellschaften aber nach wie vor aktuell. Die bestgemeinten Kletterregelungen kommen nicht an der Tatsache vorbei, daß fast alle größeren Felsgruppen der Mittelgebirge und des Juras Refugien für äußerst störanfällige Reliktbiozönosen und seltene Arten von Primärlebensräumen bis hin zu endemischen und subendemischen Arten (vgl. Kap. F.1.4, S. 356) darstellen können.

Da das Interesse am nicht-alpinen Sportklettern nach wie vor wächst, muß eine alle Naturschutzbelange lückenlos respektierende Gesamtregelung Illusion bleiben. Um so wichtiger ist ein Monitoring zumindest der artenschutzbedeutsamsten Kletterfelsen, ihrer Einstiegs- und Ausstiegsbereiche. Die vom ALPENINSTITUT 1988 mikrokartierten Test-

felsen und Felstransecte bieten sich für relativ wenig aufwendige Wiederholungserhebungen an. Da dieses Erhebungsnetz nicht alle außeralpinen, biogeographisch unterschiedenen Felsregionen repräsentiert, wäre auch eine Ausdehnung auf die anderen Felsnaturräume vonnöten.

### **Eigene Grundsätze, Konzepte und Lösungsbeiträge der Berg- und Klettersportverbände**

In der DDR wurden erste Tabuzonen- und Kletterregelungen durch "Fachkommissionen Bergsteigen" in den Bezirken in den 1980er Jahren entwickelt und auch von "vielen Bergsteigern vorbildlich unterstützt" (GÖRNER 1988). Beim Uhu- und Wanderfalkenschutz halfen Kletterinteressierte konstruktiv mit. Zum "Modell" Elbsandsteingebirge siehe [Kap. F.5](#).

In den Grundsätzen der DAV-Hauptversammlung Regensburg 1995 sieht der DAV und seine Sektionen in der Pflege und dem Erhalt (des ökologischen Wertes wie der Zugänglichkeit) der Felsgebiete in Deutschland eine seiner wesentlichen Aufgaben. Die Förderung des Bergsteigens (und auch außeralpinen Kletterns) wird als gleichrangig mit den vereinsmäßigen Naturschutzbestrebungen angesehen. Schonende Felsnutzung und Naturschutzerfordernisse bzw. Interessen der örtlichen Bevölkerung seien in Einklang zu bringen. DAV und andere Kletterverbände sehen sich zuständig für alle Fragen im Zusammenhang mit dem Klettern, das als gesellschaftlich wertvolle Natursportart auch in den außeralpinen, wohnortnahen Felsgebieten erhalten bleiben müsse. Dabei bedürften aber Felsgebiete mit ihren vielen seltenen Arten eines besonderen Schutzes. "Der DAV ist daher bestrebt, zur Vertiefung der Kenntnisse von ökologischen Zusammenhängen in den Felsgebieten beizutragen. Darauf aufbauend unterstützt er aktiv den Biotop- und Artenschutz und ergreift die notwendigen Maßnahmen zur Verhinderung bzw. Beseitigung der Schäden ... Der DAV hält die Ausarbeitung von fachlich fundierten und ausgewogenen Konzepten für den Umgang mit den außeralpinen Felsgebieten für zwingend notwendig. Diese sollen die flächendeckende Erfassung aller außeralpinen Felsgebiete und ihrer Umgebung beinhalten und mit einer detaillierten ökologischen Kartierung sowie der Beschreibung möglicher Schädigungsmechanismen verbunden sein" (DAV-Merkblatt "Grundsätze und Organisation für die Betreuung der Klettergebiete"). Diese Schutzansprüche dokumentieren einzelne Sektionen schon seit längerem u.a. durch Felspatenschaften. "In praktisch jedem Klettergebiet zeichnen die ortsansässigen Kletterer verantwortlich für dieses Stück Natur. Sie sammeln Abfälle ein, pflegen die bestehenden Wege, ersetzen unzuverlässige Sicherungshaken, beteiligen sich bei der Horstbewachung, motivieren auswärtige Besucher zu naturverträglichem Verhalten" (DAV-Broschüre "Klettern, ein Sport fürs ganze Leben").

Der DAV entwickelte 1995/96 in seinem Projekt "Bergsport und Umwelt", bearbeitet vom Referat Natur- und Umweltschutz und vom Sicherheitskreis, ein "Konzept für die Sanierung von außeral-

pinen Klettergebieten", d.h. für die Minimierung bzw. Verhütung von ökologischen und ästhetischen Beeinträchtigungen sowie von Sicherheitsmängeln. Sanierungen in diesem Sinn sollen von der zuständigen lokalen Sektion oder dem zuständigen regionalen Arbeitskreis Klettern und Naturschutz geplant und unter Koordination des Bundesausschusses für Klettern und Naturschutz durchgeführt werden. Träger der Sanierung sind die von den Kletterverbänden bestimmten Arbeitskreise. Die Träger sind angehalten, ihre Sanierungsabsichten mit Grundeigentümern, Forstbehörden, Naturschutzbehörden, Kommunen und Naturschutzverbänden abzusprechen.

### Kletterzonenregelungen, befristete Sperrungen

In Nordbayern wurden in mehreren Felsgebieten zwischen den Regierungen, Unteren Naturschutzbehörden und Sektionen bzw. AKNs (= Arbeitskreise Klettern und Naturschutz) Kletterkonzeptionen erarbeitet, die wesentliche Naturschutzanliegen mit ausreichender Akzeptanz bei Kletterern verbinden. Unterschieden werden eine Ruhezone (Zone 1), eine Zone 2 (Keine Neutouren) und eine Zone 3 (Unbeschränktes Klettern) mit in dieser Reihenfolge abnehmenden Felsanteilen. Beispiele sind das Gebiet Weiße Wand - Eibenwald bei Gößweinstein/BT.

Befristete Sperrungen zu Vogelschutzzwecken gibt es in Bayern schon seit 1933. Damals wurde das Klettern an einem Uhufelsen im Kleinziegenfelder Tal vom 15.4. bis 15.6. ortspolizeilich verboten. In nachweislichen Wanderfalkenbrutgebieten setzten sich Sperrungen vom 15.2. bis 30.6. (spätestmöglicher Ausflugermin der Jungen) durch. Die aus brutbiologischen Rücksichten anzustrebende Mindestsperrzeit 1.2 - 31.7 kann leider nicht überall eingehalten werden. Günstiger wäre eine ganzjährige Sperrung (FAUST et al. 1988).

### Kletterbezogene Defizite im Bereich des Naturschutzes

Der Anteil gesperrter Felsen ist sowohl zwischen den einzelnen europäischen Staaten, den Bundesländern als auch den Regionen Bayerns derzeit recht unausgewogen. Die Tabuzonen-Kriterien werden offenbar recht unterschiedlich gehandhabt. Dies führt u.a. dazu, daß Kletterer aus NRW und Baden-Württemberg, obwohl auch hier die Entfernungen zum nächsten Felsen meist weniger als 50 km betragen, "regelmäßig Hunderte von Kilometern in die Fränkische Schweiz fahren, nur weil ihre heimatischen Felsen gesperrt sind".

Verständliches Unverständnis ernten Felssperrungen oder Ausstiegsverbote bei Kletterern dann, wenn besonders schutzwürdige Wandoberkanten, Plateaus und Felsköpfe nach wie vor von Wanderern betreten werden dürfen oder dort keinerlei Kontrollen von Betretungsverböten stattfinden.

### Horsthilfen

Wanderfalkenhilfsprogramme haben eine lange Tradition. 1654 ersuchte der Amtmann von Waldkirch die Regierung zu Freiburg um Genehmigung und Unterstützung, ein Rabennest auszuräumen, damit der Wanderfalk wieder einziehen könne: "... Er

solchen Velsen wiederumb aussäubern und die Raben vertreiben solle, damit die Falken sich wiederumb dareinziehen mögen, welches er aber allein nit, sondern mit Hülff 5 oder 6 Mannspersonen verrichten könne, mit dieser Beschaffenheit, daß ein Mann auf einen Brigel gesetzt, darauf gebunden, und ganzer Haus Höhe hinuntergelassen werden müßte, biß zu dem Ort, das des Falken Stand sein solle..." (zit. nach HEPP 1983). Diesen bewundernswerten Arbeitseinsatz und Idealismus legen heute noch Wanderfalken-Schutzgemeinschaften, allerdings nicht mehr wie damals zugunsten der Falkerei, an den Tag. Hier wird aber auch die Grenze eines sinnvollen Artenschutzes wildlebender Arten gelegentlich überschritten. Wenn allerdings Horstnischen in mehrtägigen Großeinsätzen unter zwangsläufiger Beeinträchtigung anderer Fels- oder Wandfußorganismen und der natürlichen Wandmorphologie künstlich ausgesprengt, sorgfältig ausgemauert und mit Drainagen oder mit Nadelstreu-Brutunterlagen versehen werden (z.B. AG Wanderfalkenschutz im Schwarzwald), pervertiert leitartenbezogener Artenschutz zum fragwürdigen Aktionismus.

### Regelungen des Massentourismus

Die zeitweise hitzig und presserwirksam geführte Kletterdiskussion hat überdeckt, daß viele naturschutzwichtigen Felsgebiete und Blockmeere im unmittelbaren Einflußbereich des Massentourismus liegen und - ohne erkennbare Entlastungsperspektive - weiterhin gravierende bis alarmierende biologische Einbußen erleiden. Gerade die massigeren, gimsereichen, z.T. kammartigen Schwammriffe der nördlichen Albhochflächen (z.B. Königsteiner und Hersbrucker Jura, Gebiet um Neutras/LAU) und die von Massenwanderpfaden und Aufstiegshilfen unmittelbar betroffenen Gipfelfelsen und -blockfluren des Bayerischen Waldes (z.B. Großer Arber, Kleiner Arber, Lusen, Keitersberg, Osser, Hennenkobel, Falkenstein, Dreisessel-Plöckenstein) und des Fichtelgebirges (z.B. Kösseine, Waldstein, Platte) sind entweder direkt für Normaltouristen zugänglich oder verlocken die Erholungsuchenden zum "Kraxeln". Nur die auffälligeren Artenverluste (z.B. Rollfarn *Cryptogramma crispa*, Krähenbeere *Empetrum hermaphroditum*) werden registriert. Verarmungen der Kryptogamen- und Flechtenvereine bleiben nach wie vor mangels eingehender floristischer Bestandsaufnahmen und Beweissicherungen weitgehend unerkannt. Punktuelle Abschränkungs- und Lenkungsmaßnahmen haben noch kaum zu einer merkbaren Regeneration der gebietsweise gravierenden Trittschäden geführt (z.B. Arber-Gipfelplateau, Gambacher Hänge/MSP). Drachen- und Gleitschirmflieger verstärken die Trittbelastung der Felsheiden und Kammfluren am oberen Rand schutzwürdiger Felskammzonen (z.B. Keitersberg/REG).

### Felsen in Gefahrenzonen bzw. als Gefahrenquellen

Felsstürze sind gefürchtet, kommen aber im Bereich menschlicher Ansiedlungen und Einrichtungen sehr selten vor.

Lokale Probleme bereitet der Rhätsandstein, der bei entsprechender Reliefenergie gerne über den unterlagernden Feuerletten abgleitet. In Altenstein/HAS mußten sogar einige gefährdete Häuser abgerissen

werden. Das Planum eines neu angelegten Sportplatzes in Altenstein rutschte über Nacht den Berg hinunter. Rutschungen gefährden hier auch die Burg Altenstein.

## F.4 Pflege- und Entwicklungskonzept

Die substantielle Erhaltung von Felsstandorten ist vorrangig, sollte aber durch geeignete Entwicklungsmaßnahmen in der Umgebung und Peripherie von Felsen, Blockfeldern, Härtlingen usw. unterstützt werden. Denn sowohl die landschaftsästhetische als auch die Lebensraumfunktion solcher Extremstandorte wird wesentlich im zugeordneten Umfeld gesteuert. Hier sind Änderungen der gegenwärtigen Nutzungs- und Pflegepraxis notwendig, wenn die Vielfalt an Gesteinsbiotopen wieder gebührend in Erscheinung treten soll. "Felskosmetik" gehört allerdings nicht zu den sinnvollen Pflegeaktivitäten.

### F.4.1 Grundsätze und Ziele

#### (1) Besonders wertvolle Felsen sind grundsätzlich schutz- und schonwürdig!

Als besondere erdgeschichtliche Zeugen und als sozialpflichtig zu behandelndes Allgemeingut sollten herausragende Felsen grundsätzlich vor Zerstörungen und Beeinträchtigungen sicher sein. Insbesondere durch differenzierte Kletterzonenkonzepte entsteht oft der Eindruck einer sehr unterschiedlichen Artenschutzbedeutung einzelner Felsgebiete. Spektakuläre Leitarten konzentrieren sich tatsächlich oft auf bestimmte Felsgebiete und fehlen anderswo. Auf manchen, seit langem und viel bekletterten Felswänden ist der erkennbare Besatz mit Pflanzen (Moosen, Flechten) tatsächlich so gering, daß eine "hohe Belastbarkeit" gefolgert wird. Dies ist häufig ein Trugschluß. Felsalgen, junge Flechtenansiedlungen, Spalttiere und andere Kleinorganismen werden von den dafür geeigneten, meist nicht kletternden Spezialisten nur in gut zugänglichen Bereichen entdeckt. Aufsehenerregende floristische Neufunde, z.B. in Wänden des Arbergebietes trotz jahrzehntelang intensiver Durchforschung, erklären sich nur mit der geringen Zugänglichkeit. Außerdem: Auch "kahle" Felswände haben als potentielle (Wieder-)Besiedlungsorte für gefährdete Arten (z.B. Flechten und Moose), die sonst nur noch in kleinen, riskanten Restbeständen existieren, eine erhebliche Bedeutung!

Dieses generelle Rücksichtsgebot bedeutet nun nicht eine Pauschalverurteilung jedweden Felskletterns oder Blockhalden-Begehens (siehe Grundsätze 6 ff. und [Kap. F.4.2/F.4.3](#)), veranlaßt aber einen höchstmöglichen Schonungsgrad bei der Felsbenutzung durch Freizeitaktivitäten. Es gibt keine unbeschränkt belastbaren natürlichen Felsen und offenen Gesteinsbereiche!

#### (2) Der anzustrebende oder wiederherzustellende Normalzustand ist die störungsarme natürliche Dynamik!

Der Normalfall für fels- und blockgeprägte Landschaftsteile ist die "Nicht-Pflege". Hier konzentrieren sich u.a. die wenigen garantiert primären, also nutzungsunabhängigen Trockenrasen und Steppenheiden. Landschaftspflegerisches Handeln sollte sich bei den meisten Schutthalde, Bergstürzen, Blockfeldern und Felszonen auf eine Freistellung von jeglicher Bodennutzung bzw. eine Rückführung in einen naturnahen Zustand konzentrieren. In bestimmten, sorgfältig zu begründenden Situationen sind allerdings Freistellungsmaßnahmen und Folgepflege erforderlich (siehe Grundsatz 3).

#### (3) Freistellungsaktionen bedürfen nachvollziehbarer Kriterien!

Freistellungsaktionen sind in bestimmten, sorgfältig begründeten Fällen legitim und notwendig. Die zugehörigen Kriterien (siehe F.4.2.2) sind u.a. die Lage innerhalb größerer Magerrasenkomplexe sowie -Vorkommen landkreisbedeutsamer, lichtbedürftiger Fels- und Felsheidearten, die durch Gehölzsukzession oder Aufforstung im Fels- und Blockhaldenkontaktbereich ausgeschattet würden.

#### (4) Block- und Felszonen brauchen Biotop-Vorfelder!

Blockfelder und Felsbereiche sind, abgesehen vom Kletterbetrieb und Gipfeltourismus, Zonen der Nutzungsruhe, deren Lebensraumkonstanz seltene, andernorts ausgerottete Arten überdauern läßt. Ein Teil dieser Arten ist in der Lage, weniger extreme Anschlußbiotope (wieder) zu besiedeln. Deshalb sind Restitutionsmaßnahmen für Wald- und Heideökosysteme im Direktkontakt zu Fels- und Härtlingsgeotopen besonders erfolgversprechend. Umgekehrt können die störepfindlichen Bewohner der Felszonen nicht ohne beruhigte Pufferzonen überleben. Minimaler Entwicklungsraum ist der gesamte Hangschuttbereich. Zentripetal sollte ein Gradient abnehmender Nutzungsdynamik und zunehmender Lebensraumkonstanz hergestellt werden. Stets sollten Naturschutz, Landwirtschaft und Waldwirtschaft gemeinsam eine biologisch intakte Zonierung (Lebensraumkette) vom offenen Felsen bis zum peripheren Hochwald oder Extensivgrünland anstreben.

#### (5) Pflegeanreize für Blockfluren im Offenland schaffen!

Granit-, Gneis- und Quarzriegelflurblockfluren gehören zu den eindrucksvollsten und gefährdeten Geotopen in Bayern. Sie bestimmen einen eigenständigen, für die Alten Gebirge immer noch ge-



bietsweise bestimmenden Kulturlandschaftstyp. Die Begegnung von liebevoller standortsensitiver Bewirtschaftung und der Urgewalt von Intrusions-, Periglazial- und Verwitterungsvorgängen ist nirgends unmittelbarer zu erleben. Erst im Verbund mit einer gewissen Mindestnutzung und -pflege in den Zwischenräumen kommt ihr landschaftliches und biotisches Potential zur vollen Entfaltung.

Bei felsdurchsetzten Grundstücken kann der erhöhte Arbeits- und Maschinenaufwand i.d.R. durch Förderung berücksichtigt werden. Bei den lückenlos zu inventarisierenden Restvorkommen in den Landkreisen CHA, DEG, FRG, HO, NEW, PA, R, REG, SAD, SR, TIR, WUN sollten Erstaufforstungsgenehmigungen besonders sorgfältig geprüft werden. Größere buckelartige Felsgruppen, wie man sie immer noch landschaftsprägend z.B. im Regenkniefindet, sollten als relativ lichter Niederwald zur Begünstigung der oft bedeutsamen Magerrasenflora erhalten werden. Offene Felsheiden mit Zwergstrauch- und Borstgrasdominanz sollten beweidet werden (siehe LPK-Bände II.1 "Kalkmagerrasen" und II.3 "Bodensaure Magerrasen"). Geotopgerechte Pflegekonzepte sollten auch dann förderfähig sein, wenn die Zwischenräume (noch) keinen eindeutigen 6d 1-Charakter zeigen.

**(6) Klettern nicht pauschal verteufeln, sondern partnerschaftlich in die Verantwortung nehmen! Alle Möglichkeiten der Schadensminimierung beim Klettern nutzen!**

Die Naturschutzkonflikte des Sportkletterns im Mittelgebirge können nicht geleugnet werden. Eine Konfliktminimierung auf 0 ist prinzipiell unmöglich. Trotzdem kann und sollte diese immer beliebtere, mit vielfältigen Wohlfahrtswirkungen verbundene Natursportart nicht aus den Felsgebieten verdrängt, sondern verantwortlich eingebunden werden. Die Offenhaltung des einzelnen Felsgebietes könnte z.B. davon abhängig gemacht werden, daß

- für das einzelne Felsgebiet jeweils eine verantwortliche Kletter- und Betreuungsgruppe als ständiger Ansprech- und Umsetzungspartner zur Verfügung steht,
- diese "Patenschaftsgruppe" die ausdrückliche Bereitschaft hat, konkurrierende Natur- und Artenschutzbelange auch bei merklicher Einschränkung des Klettergeländes im ständigen Benehmen mit den fachlichen Naturschutzpartnern umzusetzen.

"Wir Kletterer sind Gäste in den Felsen. Durch unser Verhalten wollen wir sicherstellen, daß unsere Gastgeber keinen Schaden leiden. Wenn wir Kletterer uns einfügen in die Lebensgemeinschaft der Felsbiotope, profitieren nicht nur die Pflanzen und Tiere, sondern letztlich auch wir selbst." (DAV)

**(7) Kletterzonierungen sollen eindeutig, einfach und schon zuhause bekannt sein!**

Nur wenig befolgt werden Planungsvorschläge, welche die Klettergebiete in einen komplizierten Fleckerlteppich unterschiedlich strenger und zu abstrakt benannter Zonen zerlegen (Tabu, Vorrangzone

Naturschutz, Koexistenzzone, Vorrangzone Klettern etc.). Eine solche Zonierung kann niemals ausreichend filigran gestaltet werden, um die realen Bedingungen zu erfassen (MAILÄNDER 1997). Wichtig ist es, bestehende Kletterregelungen und "Positivgebiete" zu kennen, bevor man losfährt und womöglich erst nach langer Fahrt vor einem Felspersperrschild steht.

Innerhalb der Bergsportvereinigungen beschränkt zumindest der Deutsche Alpenverein eine "Vorrangzone Klettern" auf Kunstwände, da er sich im Rahmen seiner naturschutzpädagogischen Ziele ausdrücklich zu einer bestandesschonenden Integration der Kletteraktivitäten in die Felsökosysteme und zur Respektierung des bundesweit geltenden allgemeinen Schutzes offener Felsbildungen nach § 20c BNatSchG bekennt. Outdoor-Kletterer sind immer nur "Gäste in Felsen", die längst vor ihnen mit mindestens ebenso starkem Platzrecht von Arten der Naturlandschaft besetzt sind, von Lebewesen also, die häufig überhaupt keine Ausweichbiotope besitzen und einen wesentlich umfänglicheren Teil ihres Lebenskreises in den Felsen verbringen. Das Recht, insbesondere in den hochempfindlichen Mittelgebirgsfelsen zu klettern, ist also kein absolutes und prioritäres, sondern setzt immer eine schadensminimierende Einnischung in die natürlichen Lebensgemeinschaften voraus.

**(8) Fels-, Block- und Härtlingsstandorte als Vorbehaltszonen der Neuaufforstung berücksichtigen!**

Eine dauerhafte Erhaltung offener bis halboffener Blockgebiete (Blockheiden, blockdurchsetzte Wiesen und Äcker), prägender Felsköpfe, Rippen und Härtlinge erfordert eine besonders sorgfältige Prüfung etwaiger Neuaufforstungspläne.

**(9) Felsen und geologisch-petrographisch bemerkenswerte Gesteinsvorkommen in ihrem derzeitigen Zustand erfassen!**

Auffällige Felsen gehören zu den meistbeachteten, erholungsattraktiven und oft mythenumwobenen Landschaftselementen. Stiefmütterlich behandelt werden allerdings kleinere erd-, pflanzen- und tierkundlich oft ebenso bedeutsame Gesteinsausbisse, Block- und Inselgesteinsvorkommen. Wer kümmert sich um Diabas-Wanderblockhalden, Buntsandstein-Felsköpfe an den Oberhängen des mainnahen Südspessarts und des Bayerischen Odenwaldes, um Burgsandsteinabbrüche oder Kreidequarzite ("Kallmünzer") in der Oberpfälzer und Kelheimer Alb?

Felsige Aufragungen und Ausbisse aller Art sind unmittelbarster Ausdruck der erdgeschichtlichen Vergangenheit und Primärfaktor aller Boden- und Vegetationsentwicklung ("Muttergestein"). Insbesondere in den durch besondere mineralogisch-petrographische Vielfalt ausgezeichneten nordostbayerischen Räumen, die überdies eine weithin recht ärmliche Biotopausstattung zeigen (Fichtelgebirge, Münchberger Bergland, nördlicher Oberpfälzer Wald, Naabtal-Naabgebirge), sollten die Fels-, Härtlings- und Inselgesteinsvorkommen mit im Zentrum der Naturschutzbemühungen stehen. Eine Inventur

für die Naturschutzanwendung unter Einschluß des derzeitigen Pflege- und Beeinträchtigungszustandes ist hier vordringlich. Dabei ist das Hinzuziehen von Geologen unverzichtbar.

#### F.4.2 Handlungen und Maßnahmenkonzept

Im Mittelpunkt stehen auch hier die Gestaltungsleitbilder (Kap. F.4.2.1, S. 447). Dabei können nur Anregungen für einige wenige Grundsituationen gegeben werden. Die Beziehungen zwischen Gesteinsdurchtragungen und der geomorphologischen und kulturgeographischen Struktur der Landschaft sind zu vielfältig, als daß man ihnen vollständig Rechnung tragen könnte. Hierbei ist das naturräumliche Gespür der gestaltenden Verantwortlichen vor Ort gefordert. Ausführungsmaßnahmen (Kap. F.4.2.2, S. 450) können auch hier recht knapp abgehandelt werden, da sie meist mit den für andere Lebensraumtypen beschriebenen zusammenfallen. Bei Felsen und Blöcken geht es vor allem um Reduzierung von Abbau und Beseitigung. Braucht man da überhaupt Pflege- und Entwicklungsvorstellungen?

Ja, denn sowohl die landschaftsästhetische als auch die Lebensraumfunktion solcher Extremstandorte wird wesentlich in der zugeordneten Peripherie gesteuert. Hier sind Änderungen der gegenwärtigen Nutzungs- und Pflegepraxis notwendig, wenn die Vielfalt an Gesteinsbiotopen wieder gebührend in Erscheinung treten soll. Um "Felskosmetik" geht es dabei indessen sicher nicht. Allerdings erwuchs aus dem Erholungsbetrieb in den letzten Jahren eine besondere landschaftspflegerische Herausforderung.

##### F.4.2.1 Ziele und Leitbilder

Folgende Grundsituationen werden ausgewählt:

- Kalk- und Dolomit-Felsfreistellungen am Talrand (Talrand-Karbonatfelsen);
- Felsbastionen an Traufzonen und Zeugenbergen;
- Felsfreistellungen auf bewaldeten Kuppen (Wald-Knocks);
- kleine Felsgruppen in Wäldern;
- Felsfreistellungen im Kulturland (offene Knocks);
- offene Blockstreulflächen;
- Blockmeere, -felder, Felssturzgebiete in Waldgebieten bzw. auf Waldgipfeln.

###### F.4.2.1.1 Talrand-Karbonatfelsen

Geltungsbereich:

- Stotzen-, turm- oder sogar nadelförmige Talrandfelsen in der Schwammriffregion der Nördlichen Frankenalb.
- Kompaktere, z.T. wandfluchtartige Abstürze entlang der Haupttäler und Flußdurchbrüche der Südalb.

Die Größendimension der Felsbereiche nimmt in etwa mit der Talhierarchie und Taltiefe ab. Aber auch die Alb-Seitentäler weisen oft noch reizvolle, in der Landschaftspflege zu beachtende Felsgrup-

pen auf. Bandartig entlanggezogene Hohlkehlen- und Abrißfelsen, die unmittelbar von der Talsohle aufsteigen, sind eine wichtige Eigentümlichkeit der Nordalb, vor allem der Wiesent- und Püttlachalb. Diesen Felsausprägungen ist in der Mehrzahl der Fälle gemeinsam:

- starker lokalklimatischer Kontrast Sonn-/Schattseite; sonnseitig innige Durchdringung mit bedeutsamen Xerotherm-Biozönosen und sekundären Heiden, schattseitig mit Schluchtwäldern und mesophilen Buchenwäldern;
- eminente Dominanz im Sichtraum der Haupterholungsachsen und wichtigsten Siedlungen dieser Naturräume (Täler).

Diese Ausgangssituation veranlaßt folgende Zielformulierung:

- 1) Sonnseitige Talfelsen sind Mittel- und Ausgangspunkt von Restitutionsmaßnahmen für Juraheiden und Steppenrasen. Ihre Fußzonen sollten nach Möglichkeit wieder in Schaftriften einbezogen sein. Jura-Riff-Felsen mit einem Sockel aus flachgründigen Rendzinen oder Karbonatschutt, d.h. in einem größeren Fels- oder Steppenheidekomplex, benötigen ein Vorfeld aus Grasheiden oder nur lückig von Einzelkiefern oder thermophilen Buschwäldern bestockten Steppenheidekomplexen oder von lichten Steppenheide-Kiefernwäldern bei möglichst hoher Lebensraumkonstanz.
- 2) Zwischen Sonn- und Schattseite ist ein unterschiedlicher Freistellungs- und Freihaltungsgrad anzustreben. Absonnige Felsbereiche im Schlucht- oder Buchenwaldkontakt bedürfen keinerlei Pflegemaßnahmen. In den insgesamt ost-west-gerichteten Tälern (z.B. Altmühl, untere Wiesent, Lauterach) darf die Asymmetrie der Offenhaltungsmaßnahmen allerdings nicht in sturen Schematismus ausarten. Auch auf der Talsüdseite können einzelne Felsbereiche Magerrasenkontakt aufweisen und umgekehrt.
- 3) In naturnahe Vegetationszonen integrierte Talrandfelsen (z.B. eine Abfolge aus Felsen mit Bleichschwingel-, Felsschwingel-Felsenlauch- oder Wimpergras-Rasenbändern - Blutstorchschnabel-Diptam- oder Hirschwurz-Saum - thermophiler Haselbuschwald - wärmeliebender Eichen-Elsbeerenwald) sind kein Gegenstand für Freihaltungs- oder Auflichtungsmaßnahmen (Ausnahme: zonenweise extensive Stockholznutzung, episodische Durchweidung). Freistellungsschwerpunkte sind dagegen in den erst unlängst föhrenaufgeforsteten bzw. -verwaldeten Komplexen mit weitgehend noch vorhandenem Heideartenpotential zu setzen. Stets ist eine Überführung in einen behirteten Schafweidebetrieb die Voraussetzung für vegetationseingreifende Maßnahmen.

Charakteristische naturraumkennzeichnende **Hangfuß-Felsen** (Abris, Hohlkehlen) erfordern ein weitgehend offenes Vorfeld. Diese Naturrefugien von Balmengesellschaften müssen außerhalb des Einzugsbereiches von Straßen und Wanderwegen bleiben.

Die geringe Wandhöhe der Wellenkalk-Stufe in Unterfranken läßt ein Zuwachsen vorgelagerter Magerasen als besonders problematisch erscheinen, da die aufwachsenden Vorwaldstadien die kleinklimatische Situation und das Landschaftsbild stark verändern.

#### **F.4.2.1.2 Leitbild für Felsbastionen an Traufzonen und Zeugenbergen**

Die optische Reichweite ist in diesem Fall noch viel größer. Infolge meist geringer Wandhöhe (Werkkalkstufe) und nur mittelsteilen Traufhängen verschwindet die abschließende Felsbastion nur allzu leicht hinter den Sukzessionswäldern der Oberhänge. Zentrales Anliegen ist hier die Wiederherstellung eines großflächigen Gradienten zunehmender Gehözdichte. Den Wandfuß und die Schuttfächer sollte nach Möglichkeit eine weitgehend offene Schafheide säumen, die hangabwärts allmählich in Saum-, Gebüsch- und Eichen-Buchen- bzw. Lindenschuttwald-Komplexe übergeht. Wo unterhalb der Felsstufe traditionell mittel- oder niederwaldgeprägte Strukturen anschließen, sollte durch eine Abfolge Felsheide - Niederwald im kurzen Umtrieb mit deutlichen Verlichtungserscheinungen - Mittelwald - Buchenwald eine biologisch "vollständige" Komplexbildung mit unscharfen Übergängen hergestellt werden (Beispiel: Westhang der Langen Meile).

#### **F.4.2.1.3 Leitbild für Fels-Freistellungen auf bewaldeten Kuppen und Hochflächen (Wald-Knocks)**

"Sobald wir unsere Gebirgsfläche betreten, so vermissen wir allmählich die Nadelwälder und finden nur vereinzelt kleine Partien dieser Pflanzenform hier und da zerstreuet. Dagegen begrünen mahlerische Laubgebüsch, Buchen- und Eichenhaine die Hügel und den felsigen Abhang der Täler.", schrieb G.A. GOLDFUSS 1810 über die Umgebung von Muggendorf/FO (zit. nach E. WALTER 1988). Auch wenn man den Landschaftszustand einer von Überweidung und Waldarmut geprägten Zeit nicht ohne weiteres zum Leitbild der Jahrtausendwende erheben darf, so liefert er doch wichtige Mosaiksteine für eine moderne Landschaftspflegestrategie. Was im 19. Jhd. den touristischen Nimbus einer "Fränkischen Schweiz" hat entstehen lassen, wird auch im 21. Jhd. besonders attraktiv sein.

Der lebensräumliche Kontakt Wald - Fels muß gewahrt bleiben. Vordringlich ist hier eine Renaturierung der Waldausbildung im Felskontaktbereich und im peripheren Schutt- und Blockfächer. Gelegentlich gerade hier auftretende Windwürfe sollten bevorzugt der natürlichen Sukzession überlassen werden. Auf Unterpflanzung mit Verdichtungswirkung ist ganz zu verzichten. Bei von Haupttälern abgerückten Knocks und Riff-Felsen des nördlichen Frankenjuras und des Oberpfälzer Juras ohne offenes Steppenheidevorfeld ist die Wiederherstellung oder Erhaltung lichter, grasiger Kiefernwälder im Kontaktbereich vordringlich. Gelegentlich gilt dies auch für Kuppen anderer Gesteinsarten, z.B. der

Basaltkuppen Steinberg und Heiligenberg bei Hohenberg/WUN, auf denen Reste überwachsender, für das Fichtelgebirge singulärer Kalkmagerrasen revitalisiert werden können. Dabei sind allerdings zwei Hauptkategorien auseinanderzuhalten:

- Felsauftragungen auf relativ ebenen Plateaus, deren Blockstreu meist geringere Flächen bedeckt; erhebliche edaphische Kontraste zum Felssockel (Schwamm dolomit / Alblehm);
- auf höheren Bergkegeln kulminierende Felsfreistellungen (Gneis- und Granitkegel, Stotzen der Hersbrucker Schweiz und der Velburger Alb).

Im zweiten Fall sind komplexere Lebensraumabfolgen anzustreben. Der waldbauliche Optimierungsbereich umfaßt weite Teile der felsgekrönten Kuppe und nicht nur die Felsflur selbst. Nur so kann der extreme Mangel naturnaher Restwaldfragmente, beispielsweise im gesamten Oberpfälzer Wald, gemildert werden.

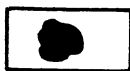
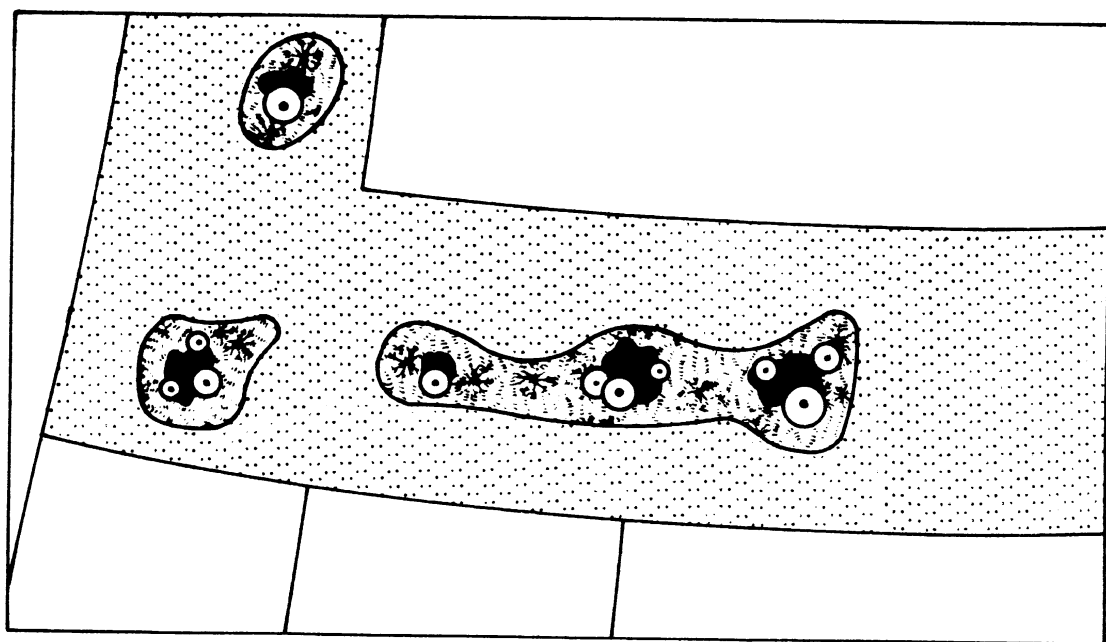
Granit-, Gneis-, Glimmerschiefer- und Diorit-Freistellungen des ostbayerischen Grundgebirges gehen hangabwärts meist in mehr oder weniger mächtige Blockfluren über. Der Wald-Sonderstandort reicht somit über den Felsbereich hinaus; der gesamte Sonderstandort sollte waldbaulich berücksichtigt werden. Nutzungseinschränkungen und -aufgaben sind ggfs. im gesamten Felsbereich vorzusehen. In Privatwäldern ist daher die Möglichkeit der Gewährung von Prämien für die Schonung von Felsstandorten zu prüfen. Das Leitbild für Dolomitknocks der Fränkischen Alb ist im Kap. 4.3.1 des LPK-Bandes II.1 "Kalkmagerrasen" dargestellt und erläutert.

#### **F.4.2.1.4 Leitbild für kleine Felsgruppen in Wäldern**

Solche Felsstufen oder Einzelfelsen sind Bestandteil des Waldinnenklimas und in ihren Farn-, Moos- und Flechtengesellschaften darauf angepaßt. Auszuschließen ist eine gravierende Bewirtschaftungsumstellung und Stammzahlerhöhung. Der Nutzungsgrad sollte über Einzelstammnahme nicht hinausgehen. Gebietsweise fügen sich die Waldfelsen zu morphologisch monumentalen Felskämmen oder Bastionen zusammen (Burg- und Rätsandsteinrücken im Reichswald, Altenstein-Lichtenstein/HAS). Hier sollte die standortgerechte Zonation bis hin zu armen Flechten- und Besenheide-Kiefernwäldern auf den Bastionen nicht künstlich überprägt werden.

#### **F.4.2.1.5 Offene Felsfreistellungen im Kulturland**

Diese Situation findet sich insbesondere auf den Hochflächen des Forchheimer und Lichtenfelser Albanteiles (Schwammriffe mit oft grotesker Ausformung inmitten relativ flacher Hochflächen) sowie auf den flacheren Gneis- und Granitkuppen (z.B. Flossenbürger Granitstock, Regensburger Wald). Die wesentlichen Zielaussagen für Wollsackfelsbereiche der niederen bis mittelhohen Grundgebirge faßt [Abb. F/22](#) zusammen.



Felsen



umfassende Extensivgrünland-Zone

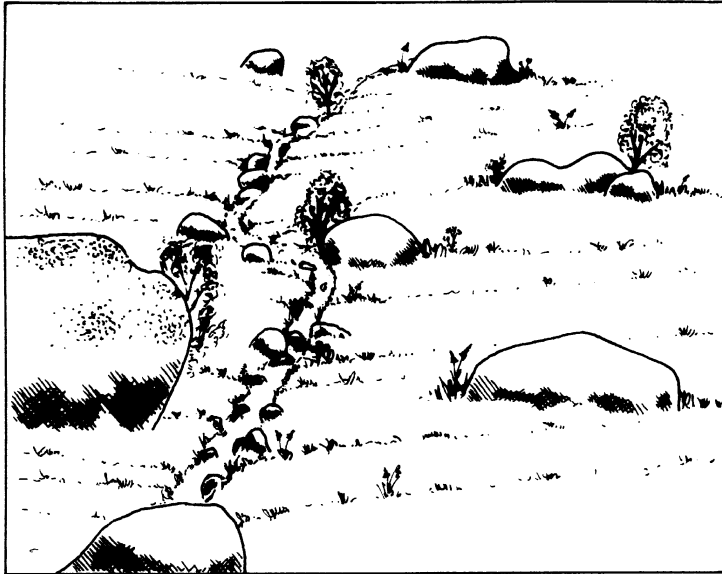


felsnahe Magerrasen-Zwergstrauch-Gehölz-Zone (z.T. hainartig)



Abbildung F/22

Leitbild für Freistellungen im Offenland



- sauber beweiden oder ausmähen
- nach Möglichkeit auf Mager-  
rasen umstellen
- Jedwede Düngung aus land-  
schaftshydrologischen Grün-  
den riskant (Quellabflüsse,  
Rinnsale)
- wo noch möglich, Wasser-  
wiesennutzung erhalten (z.B.  
Gschwendet, Finsterau-OA/  
FRG).

Abbildung F/23

Leitbild für einen Blockstrom in einer Quellmulde des Grundgebirges

#### F.4.2.1.6 Leitbild für weitgehend offene Blockstreugebiete und Sturzblockfelder

Geltungsbereich: Vor allem Kristallinegebirge, hauptsächlich Granitmassive Ostbayerns; Almen der Vor- und Hochalpen (besonders eindrucksvoll in der Allgäuer Molassekette); gelegentlich aber auch in tieferen Regionen, z.B. Quarznagelfluhgebiet des Steinkarts bei Griesbach/PA (z.B. St. Wolfgang) und an Jura- und Keuper-Unterhängen (Wanderblöcke, Felssturzrelikte).

Vorbildsituationen: Mit großen "Findlingen" durchsetztes Extensivacker- und Grünlandgebiet S Deucherling/CHA, Napoleonskiefer bei Niedergurig b. Bautzen (Sachsen); vorbildl. Ensemblebildung zwischen Silikatfelskuppen, Gebüsch, Kiefern und Magerwiesen.

Vorrangig ist es, nach den gewaltigen Entsteinungs- und Entblockungsaktionen der vergangenen 50 Jahre den insgesamt nur mehr bescheidenen Restbestand an Blöcken im landwirtschaftlichen Nutzbereich und damit einen einst charakteristischen, außerordentlich kleinteiligen und vielfältigen Landschaftstyp wenigstens in Reliktbereichen zu erhalten.

Das gestalterische Grundanliegen faßt Abbildung F/23 zusammen.

#### F.4.2.2 Pflege-, Pufferungs- und Wiederherstellungsmaßnahmen

Viele der erforderlichen Maßnahmen sind in anderen LPK-Bänden sowie anderen Teilen dieses Bandes dargestellt. Maßnahmenhinweise zu Silikatfelsen im (halb)offenen Bereich: LPK-Band II.3 "Bodensaure Magerrasen", zu Karbonatfelskomplexen siehe II.1 "Kalkmagerrasen", zu blockreichen Birkenbergen II.13 "Mittel- und Niederwälder", zu Sekundärfelsen siehe II.17 "Steinbrüche", zu Lesesteinansammlungen, Blockhaufen und kleinen Felshärtlingen in der Flur: II.11 "Agrotopen" und II.12 "Hecken und Feldgehölze".

##### F.4.2.2.1 Felsen, Felsfreistellungen, Wände

Grundsätzlich kein Vegetationsmanagement innerhalb von Felskomplexen und Wänden oder auf Blöcken. Denn diese inselartigen Überreste der Naturlandschaft sollten möglichst unberührt bleiben. Ausnahmen: Beseitigung alter Kletterhilfen in gültig ausgewiesenen Kletter-Tabuzonen, Beseitigung von sonstigem Restmüll.

Vorrangiger Handlungsbedarf besteht aber in Hinsicht auf

- Gestaltung eines visuell steigernden und lebensräumlich komplementären Vorfeldes;
- Abpufferung gegen laterale agrarische Stoffeinträge im Falle kleinflächiger Fels- und Blockflu-

ren sowie Inselgesteinhärtingen inmitten des Kulturlandes;

- Lenkung des Erholungsdruckes (Klettern, Breitourismus); siehe F.4.2.3.

Innehalten bei der Umwandlung lichter Dolomitkiefernwälder (BUPHTHALMO-PINETUM) der nördlichen Frankenalb vor allem im Vorfeld kleinerer Felsen mit *Cardaminopsis petraea* und *Saxifraga decipiens*.

Gemäß Grundsatz 2 und 3 sollten Felsfreistellungen stets mit großer Vorsicht und mit nachvollziehbaren Kriterien geplant werden. Beispielsweise wurde für einen Pfahlabschnitt bei Viechtach die abschnittsweise Freistellung der Quarzfelspartien, die Anlage einer offenen Heide und Abzäunung der Waldbestände empfohlen. Diese Maßnahmen hätten aber nach SCHEUERER (1993b) das Verschwinden des seltenen Glazialrelikts *Cladonia stellaris* zur Folge und griffen in einen der wenigen autochthonen Kiefernwälder des Mittelgebirgsraumes ein.

Hinweise, Gründe für eine Freistellung sind:

- Seit jeher weitgehend freie und landschaftsprägende, erst neuerdings eingewachsene Fels- und Blockstandorte inmitten der Kulturlandschaft bzw. Hutungslandschaft ("Felsen der Kulturlandschaft"); viele dieser markanten Formen wurden oftmals durch Hang-, Kuppen- oder Talaufrüstungen dem Blick entzogen. Diese Landschaften verloren damit ihre optischen Leitstrukturen (Felswände, Riffe). Aus felsbekränzten Hügeln, wie dem Blauen Felsen von Götzmannsgrün/HO (Serpentinlinse der Prasinit-Phyllit-Randzone der Münchberger Gneismasse) wurden strukturlose, meist fichtenbestandene Waldhügel von einheitlichem Aussehen.
- Vorkommen landkreisbedeutsamer lichtbedürftiger Arten und RL-Gesellschaften auch im unteren, verschattungsgefährdeten Waldteil oder auf den Schutthalden.
- Fels- oder Schutthaldenkontaktbereich zählt zu den Vorranggebieten der Biotoppflege in Bayern (Band I.1 Kap. 6.7).
- Einbettung des freigestellten Fels- und Blockbiotopes in größere Pflege- und Dauerbewirtschaftungseinheiten ist möglich (meist extensive Schafe-, Rinder- und Ziegenbeweidung).

Aber: Kein Freischlagen ohne Gewährleistung einer Dauerpflege!

Ggfs. örtlich begrenzte Schafbeweidung auf ehemals offenen Basaltkuppen wie Steinberg und Heiligenberg/WUN. Dadurch Revitalisierung zumindest der SW- und SE-exponierten Teile von Magerasenkuppen durch kontrollierte Koppelschafhaltung (Begrenzung des Nährstoffeintrages durch Schafzahl, externe Nachtläger und begrenzte Weidezeiten; geeignete Schafrassen: Coburger Landschaf, Rhönschaf, ggfs. mit Ziegenbeifügung; Erfolgskontrolle durch Verbißbeobachtung an Gräsern, Kräutern und Sträuchern.

Das Verschleiern erdgeschichtlicher Erkennungsmerkmale der Landschaft sollte beendet, z.T. auch rückgängig gemacht werden. Aktivitätsschwer-

punkt von Freihaltungs- und Lichtstellungsmaßnahmen sind Felsvorkommen entlang von optischen Leitlinien, insbesondere Talrandfelsen.

Dagegen geht es bei Fels- und Blockgebieten in alten Wäldern und auf bewaldeten Hochflächen um eine bessere waldbauliche Berücksichtigung (evt. konsequente Überführung in außerregelmäßigen Betrieb oder Naturwaldreservate, Verzicht auf Wegbau, Ausdehnung der bisher gering genutzten Sonderstandorte auf die Blockfelder am Felsfuß). Fels- und Blockstandorte sollten vornehmlich zu einem Netz nutzungsarmer Naturwaldinseln entwickelt werden. Ggfs. Wiederaufnahme des Ausschlagwaldbetriebes (vorwiegend Niederwald). Lichtdurchlässige natürliche oder halbnatürliche Kontaktwaldtypen erhalten.

#### F.4.2.2.2 Blockströme, -halden, Einzelblöcke, Felssturzbereiche im Wald

Aus Naturschutzsicht anzustreben ist hier eine rücksichtsvolle Nutzung, besser noch ein vollständiger Nutzungs- und Waldbehandlungsverzicht, d.h. ein konsequenter Sukzessionsschutz. Blockhalden sind als azonale Inseln außerordentlich hoher Lebensraumkonstanz grundsätzlich Präferenzstandorte der Nicht-Nutzung und "Nicht-Pflege", d.h. Vorrangstandorte der un gelenkten Sukzession. Bewaldete Blockhalden sollten grundsätzlich nie bei der Bestandesbegründung bepflanzt werden (relativ hohes Naturverjüngungspotential, da vom Schalenwild weitgehend gemieden).

Ein solches Vorgehen entspricht der heutigen forstlichen Praxis im Gebirgswald, die solche Sonderstandorte auch wegen ihrer besonderen Bringungs- und Erschließungsprobleme überwiegend ungenutzt läßt. Schutzwaldsichernde Maßnahmen sind überflüssig, da alte Bergstürze eine hohe Hangstabilität besitzen und im Regelfall auch kein Lawinenentstehungsgelände darstellen. Auch Wildabschirmungsmaßnahmen erübrigen sich hier in den meisten Fällen, da das spaltenreiche Blockgelände auch vom Schalenwild weitgehend gemieden wird. Liegenbleibende Stämme erhöhen den standortbedingten Selbstschutz.

#### F.4.2.2.3 Einzelblöcke, lockere Blockstreungen im Offenland

Aussparen eines bis etwa 1 m breiten Streifens um den Block- oder Felsfuß herum bei der Mahd zur Entwicklung von zwergstrauchreichen, grasigen bis kleinstrauchigen Säumen (*Vaccinium*-, Hochstaudengesellschaften).

Aufkommenlassen einzelner Baumgehölze an großen Blöcken, z.B. Vogelbeere, Birke, dies aber keinesfalls schematisch etwa in der Art von: Zu jedem Block einen Baum pflanzen!

Ausmagerung von früher aufgedüngten Blockstreuegebieten und Rückführung in den Vegetationszustand der Magerhutung und des Birkenberges, z.B. Houwurz bei Bärnzell/REG.



Blockströme im Offenland generell in extensives Grünland überführen; Anreiz schaffen durch speziellen Erschwernisausgleich für Mahd von blockdurchsetztem und meist auch sonst unebenem Gelände.

Düngerfreie Pufferzone um Einzelblöcken mit bemerkenswerter Insel flora (vor allem Flechten).

Randstreifenprogramme auf direktes Umfeld konzentrieren; Zonen mit hoher Wahrscheinlichkeit für die Ansiedlung seltenerer Ackerflora.

Keine Aufforstung dieser Bereiche.

#### F.4.2.2.4 Härtlinge, Traufkanten, Schichtstufen, Inselgesteine

Biotoppflegerische Maßnahmen:

Unmittelbare Pflegemaßnahmen sind lediglich auf weitgehend rasenüberwachsenen Härtlingen sowie in den ebeneren Zwischenräumen von Blockfeldern innerhalb extensiver Grünland- und Heidegebiete angezeigt. Nahezu alle Serpentinfels- und -härtlinge Bayerns benötigen heute eine spezielle Restitutionspflege. Alle (regional) serpentin-spezifischen Pflanzenarten werden bei dickerer Bodenaufgabe, wie sie insbesondere nach Verbuschung und Aufforstung entsteht, von konkurrenzstärkeren Arten verdrängt, sie sind auf den direkten Gesteinskontakt angewiesen. Leider läßt sich eine händische Beseitigung von überwuchernder "Fremdvegetation" durch geschultes Personal sowie eine Auflichtung inzwischen aufgekommener Bestockungen nicht vermeiden. Wo immer möglich, wäre Anschlußbeweidung mit Schafen und Ziegen anzuraten. Die wichtigsten Kontaktpflegemaßnahmen sind generell verschiedene Beweidungstechniken, sukzessives Entbuschen, Einführung naturnäherer Waldbau-methoden, Revitalisierung des Nieder- und Mittelwaldbetriebes.

Landwirtschaftliche Maßnahmen:

Der notwendige "Zusammenschluß" heute unterbrochener linearer Geotopketten setzt unbedingt agrarische Extensivierungs- und Umnutzungsmaßnahmen im Puffer- und Zwischenbereich voraus.

Anwendungsgebiete für derartige Maßnahmen sind in Bayern insbesondere:

- Die Kette der Serpentinrestgeotope am SE-Rand der Münchberger Masse (HO, KUL);
- Die oft durch intensivierete Parzellen unterbrochenen Molassehärtlinge in den Lkr. LI, OA, OAL, WM, GAP, TÖL;
- Die Kette der Pfahlgeotope in den Lkr. SAD, CHA, REG, FRG.
- Umwandlung von Acker in Extensivgrünland.
- Anlage von Sukzessionsflächen.
- Starke Extensivierung.
- Entwicklung agrochemisch unbehandelter Randstreifen beiderseits eines Härtlings sowie entlang der geol. Leitlinie zwischen den aktuellen Geoparzellen.
- Minimal aber Ausweisung schmalerer Randstreifen im Zwischenbereich zur äußeren Mar-

kierung der landschaftl. Leitlinie, u.U. auch Schaffung von Hecken.

- Umbruchverzicht im Kontaktgrünland des Geotops auf ca. 50 m Breite.
- Ggfs. Herausmessen kleinerer, der Härtlingsstruktur angemessener (oft kleinerer) Parzellen (Ländl. Entwicklung).
- Optimierung von Wegen als Trockenverbundachsen, nach Möglichkeit Verwendung ortstyp. Gesteines bei der Wegsanierung.
- Abschieben des Oberbodens bevorzugt in jenen Zwischenbereichen entlang der geol. Leitstruktur, wo mit Ansiedlung geototyp. naturschutz-wichtiger Pflanzen- und Tiergemeinschaften und damit einer Trittstein-Verdichtung gerechnet werden kann.

Forstliche Maßnahmen:

- Alle Maßnahmen nur in enger und frühzeitiger Abstimmung mit den zuständigen Forstbehörden.
- Förderung geototypischer Holzarten, v.a. autochthoner Rassen, z.B. Pfahlkiefer, Serpentin-kiefern.
- Auflichtung und kleinräum. Freistellung von Felsbereichen und sonenseitigen Felsflanken, Förderung möglichst geringer Deckungsgrade und durchgehender offener bis halboffener Verbindungsbereiche für heilophile Felsarten.
- Plenternutzung.
- Mittelwaldähnliche Nutzung.
- Umbau von Nadelforsten.
- Entwicklung v.a. sonenseitiger Waldsäume (Breitsäume 20-50 m breit; siehe Band I, Kap. 6.3).
- Entfernen von Koniferenjungwuchs und Fi-Anpflanzungen auf Trockenstandorten.
- Keine Neuaufforstungen.
- Erhöhung der Umtriebszeiten.
- Abbau.

#### F.4.2.3 Pfleglicher Umgang beim Klettern

Wichtig ist hier v.a. eine ausgewogene, durchsetzbare Zonierung in gesperrte, auf Zeit gesperrte und freigegebene Felsgebiete und deren Realisierung mit allen Betroffenen. Folgendes Bewertungs- und Maßnahmenkonzept für außeralpine Felsgebiete (unter Verwendung einiger Elemente aus AI 1988) kann zumindest als Leitfaden dienen:

##### Ganzjährige Totalsperre/ absolute Tabugebiete/Kletterausschlußstandorte:

Gleichzeitig Rückbau bestehender Erosionsschäden, Zuwegungen, Haken usw., soweit keine rasche Selbstrenaturierung absehbar ist.

- 1) Felskomplexe mit typisch und vollständig ausgeprägter, von Bodennutzungen kaum berührter Catena (Standortabfolge, Mosaik) vom Felsfuß (Blockwald, naturnaher Fichten- oder Buchenwald, Steppenheide, Schuttflur) bis zum Hochplateau oder Gipfel.  
Hauptausschlußkriterium; benötigt keines der folgenden mehr; schließt aber (4) fast automatisch ein; potentiell auf Gesteins- und Lagetyp

anzutreffende Lebensgemeinschaften sind vollständig, typisch und "artenreich" ausgebildet.

- 2) Pro Felsenaturraum (z.B. Altmühlalb, Weismainalb, Pegnitzalb, Wellenkalksteilhänge, Fichtelgebirgsgranit, Diabasegebiet, Nagelfluh- bzw. Molasseregion des Alpenvorlandes) mindestens ein besonders repräsentativer Felskomplex als 0-Fläche oder Typusgebiet für die ungeschmälerte Dokumentation des abiotischen und biotischen Potentials von Felsgebieten in diesem Gesteins-/Naturraum; wenn Bedingung (1) in diesem Natur-, Gesteinsraum nirgends mehr ganz erfüllt ist, fällt die Wahl auf den relativ besten Komplex.

Zu repräsentieren sind dabei die mikroklimatisch und biotisch sehr unterschiedlichen Sonn- und Schattexpositionen.

- 3) Alle bodenmechanisch/gesteinsbedingt hochempfindlichen (gleichzeitig also gefährvollen) bzw. kleinformologisch schutzwürdigen Felsgebiete, z.B. alle

- Kalktuff-Felsen (hohe Brüchigkeit, hohe mechanische Verletzbarkeit), z.B. Eistobel/LI, Schleierfälle/Ammerschlucht, einige Tuff-Felsen am Albtrauf (z.B. bei Erasbach/NM), Wachsender Stein von Usterling/DGF;
- Bursandsteinfelsen (meist stark bröselig, zudem meist mit interessanten Moosgesellschaften bewachsen);
- Lockergesteinsabbrüche mit schutzwürdiger Feinmorphologie (z.B. Grundmoränen- und Seekreidewände mit Erdpyramiden und scharfen Kleingraten); Beispiele: Burghausener Salzachleiten/AÖ, Wasserburger Innleiten/RO, Isarhorn bei Krün/GAP, Dachlwände bei Markt/ÄÖ; Vorbeugung gegen mögliche sportliche Neukreationen von hoher geomorphologischer Schädigung ("Gravel climbing", "Gravel sliding" und ähnliches);
- Nagelfluhwände mit schön ausgeprägten geologischen Orgeln.

- 4) Vorkommen seltener/gefährdeter Tier-/Pflanzenarten und -gemeinschaften über den ganzen Felskomplex verstreut und in hoher Anzahl.

"Seltene Arten": zumindest landkreisbedeutsam (ABSP- Landkreisband).

Wenn (1) - (3) nicht erfüllt sind, können seltene und gefährdete Arten und Gemeinschaften für eine unbefristete Totalsperre ausreichen, vor allem wenn sich viele dieser Arten oder wenige landesweit bedeutsame Vorkommen über den größten Teil des Felskomplexes/der Wand verteilen. Nach bisherigen Erfahrungen stets mit seltenen Pflanzen- und Tierarten sowie (potenziell) gefährdeten Pflanzen-, Moos- und (Wasser-)Flechtengesellschaften dicht und gleichmäßig besetzten Felssituationen, z.B. alle dauernd oder periodisch überrieselten Silikat-, Molasse-, Nagelfluh-, Kalktuff-, alle Wasserfallbereiche im ungefrorenen Zustand (z.B. einzige Standorte des seltenen CRATONEURO-SAXIFRAGETUMMUTATAE; Ausnahme: winterliches Eisklettern; im Sommer durch Wasserfallkletterer gefährdet), Felsausbisse seltener, ökochemisch hervorstechender Gesteine, deren Trägerfunktion für spezifische

Arten noch unzureichend untersucht, aber hochwahrscheinlich ist.

- 5) Wände mit bekannten Vorkommen sehr seltener oder endemischer Arten, wo schon die Zerstörung relativ weniger Individuen ein bayernweites Singulärvorkommen oder arealkundlich unersetzliches Inselvorkommen gefährden würde, z.B.

- Wand mit dem einzigen bayerischen Vorkommen von *Asplenium seelosii* bei Karlstein/BGL,
- Sadebaum-besetzte Wände auf Dogger und Radiolarit im Ammergebirge und am Heuberg/RO,
- Apollo-Fluggebiete.

#### Zeitlich befristete Totalsperre

Vorkommen gefährdeter Brutvögel, dabei aber kein gleichmäßiges/zahlreiches Vorkommen gefährdeter (mindestens landkreisbedeutsamer) sessiler oder in ihrem Aktionsraum auf den Felskomplex konzentrierter Arten.

Punktuelle Sperren, Ausstiegsverbote (einzelner Wandabschnitte, Routen, Oberkanten und Felsköpfe durch Umlenk- und Abseilhaken):

Keine Brutvorkommen gefährdeter Vogelarten, dabei aber sonstige seltene/gefährdete Arten und -gemeinschaften zwar vorhanden, dies aber nur stellenweise und nicht überall im Felskomplex, vor allem an wirkungsvoll absperzbaren Abschnitten, z.B. im Felskopfbereich.

Konzentrieren sich die seltenen Arten z.B. auf den Wandfuß in voller Breite (z.B. seltene Balmenfluren mit *Asperugo procumbens*), so besteht keine Möglichkeit zur Schonung mit Hilfe punktueller Sperren.

Anbringen von Umlenk- und Abseilhaken im festen Gestein unterhalb von besonders empfindlichen Felsköpfen, -plateaus und -terrassen kann den "Gipfelbereich" der Mittelgebirgsfelsen wesentlich entlasten. Abseilen und Ablassen möglichst im Bereich des Aufstieges. Landepunkt = Einstiegspunkt.

Verengung der Kletterrouten, nur punktuell Beklettern insbesondere in reichbewachsenen Felsen, z.B. flechtenreichen Silikat- und Sandsteinfelsen des Fichtelgebirges und Bayreuther Rhätsandsteingebietes.

#### Infrastrukturverbesserung (Wege):

Alle Felskomplexe außerhalb der ganzjährigen Totalsperre, soweit deutliche anthropogene Erosions- und Trittschäden vor allem im Vorfeld und Zustiegsbereich bestehen.

Der Erhebungsaufwand der klettersportlichen Raumordnungskonzepte kann etwas reduziert werden durch Abrufen des bei Gebietsfachleuten bereits seit langem vorhandenen Wissens über die besonders wertvolle Artenausstattung einzelner Wände und Felsen. Seit langem einzelnen botanischen und zoologischen Spezialisten genau bekannte wandständige Vorkommen brauchen nicht nochmal "neu entdeckt werden". Wichtige Kontakte: Bayer. Botanische Gesellschaft, Münchner Entomologische Gesellschaft, die naturwissenschaftlichen Gesellschaften Nürnberg, Bayreuth, Bamberg, Würzburg, Augsburg.

## F.5 Modellbeispiele

### "Gesamtkonzept Bayerischer Pfahl" (HAAS 1987, ÖFA 1992, DISTLER et al. 1993)

Bisher weitsichtigstes und detailliertestes Beispiel eines überörtlich konzipierten integrierten Geotop/Biotopschutzkonzeptes für die Gesamtheit einer bemerkenswerten erdgeschichtlichen Erscheinung, in Auftrag gegeben vom Bayer. Landesamt für Umweltschutz. Detaillierte Informationen siehe genannte Quellen. Sollte Vorbild und Auftakt sein für regionale Gesamtkonzepte anderer Geoelemente, z.B. Granitfelsen des Fichtelgebirges und Vorwaldes, Bergwerksrelikte, Schieferhalden und -stollen im Frankenwald, Diabasstandorte Oberfrankens, Quarzrestschotterbiotope Ostniederbayerns, Pech- und Schieferkohlenabbau des Alpenrandgebietes.

Vorbildhafte Vorgehensweisen und Kernergebnisse:

- Multidisziplinäre Bearbeitung nachahmenswert und unabdingbar, weil die Schutz- und Pflege-schwerpunkte Geologie nicht immer mit den Akzenten Vegetation und Fauna übereinstimmen müssen. Z.B. gehört der "geologisch bedingt schutzwürdige" niederbayer.Pfahlgeotop 700 m E Zuckenried/REG zu den faunistisch reichhaltigsten Pfahlbiotopen überhaupt.
- Integration von Steinbrüchen in den Verbund der natürlichen Geotope ist sowohl geologisch wie biologisch sinnvoll und notwendig; Projekt ist Musterbeispiel für Komplementarität und notwendiges Zusammenspiel der Geotoppflege in natürlichen Felsen und künstlichen Aufschlüssen.
- Herausragende Geotope müssen keineswegs immer herausragende Artenschutzbiotope sein: abgesehen von einzelnen Gruppen (z.B. Ameisen, Spinnen, Ameisenlöwen, einige seltene Flechten, Eibe, Tanne) sind saure Quarzgesteinsbiotope erwartungsgemäß nicht immer "Biodiversitätszentren", wenn auch Träger sehr bemerkenswerter Reliktwaldtypen. Zutreffende naturschutzfachliche Gesamtbeurteilung setzt Geo/Bio-Grenzen überspringende Sicht voraus.
- Das Entwicklungskonzept bezieht zur Herstellung der landschaftlichen Integrität der Pfahllinie bewußt auch Pfahlabschnitte mit derzeit bescheidenem Biotopwert und fast ausschließlich geologischer Bedeutung ein. Vorausgesetzt, die vorgeschlagenen Maßnahmen werden großenteils umgesetzt, wäre dies vorbildhaft für die Wiedergewinnung biotischer Naturschutzqualitäten aus anfänglich nur "mehr" abiotischen Naturdenkmälern.

#### Vorgesehen sind im Agrarbereich:

Pfahlbegleitende Extensivierungsmaßnahmen auf 50-70 m Breite, Ackerdistanzierung bis auf etwa 50 m Abstand und Vergrünlandung, Herstellung pfahlangepaßter kleinerer Flurstücke zur agrarischen Konfliktschärfung, standortgerechtere Entwicklung pfahlnaher Wirtschaftswege (Schottermaterial!, keine Teerung und Betonierung), Oberbodenabschieben auf Ankaufflächen;

#### im Forstbereich:

Aufflichtung und kleinräumige Freistellung von Gratbereichen und sonnseitigen Steilböschungen (Flechten, Fauna!), Förderung der pfahltyp. Kiefernbestockung, Plenternutzung, Nadelwaldumbau, Entfernung störender Fi-Aufforstungen, Freistellung verbuschter Pfahlheiden; wegweisend auch für viele andere Geotope wäre die im Pfahlkonzept vorgeschlagene Entschädigung der betroffenen Waldbesitzer für waldverlichtende Maßnahmen im Gratbereich entsprechend der jeweiligen Hiebunreife, die durch das Forstamt festzustellen ist (DISTLER et al. 1993).

sowie:

Entfernung der vielen Ablagerungen, Entrümpelung der Abbaustellen, Aushagerungsmahd von Magerasen, Entbuschung, Restituierung geeigneter Weidesysteme und Schaftriften, Schaffung vegetationsarmer Stellen durch scharfes Abbrechen, Besucherlenkung und -information verschiedener Art, Revidierung untragbarer, mit dem Geotopschutz unvereinbarer Quarzabbau-Reservierungszonen im Regionalplan.

Auf der Basis der detaillierten geobotanischen und faunistischen Erfassung werden Pflegevorschläge für die wichtigsten Pfahlabschnitte zwischen Thierlerstein/CHA und Weißenstein/REG entwickelt.

Die Unteren Naturschutzbehörden, die Naturparkverwaltung und die Ländliche Entwicklung haben mit der Umsetzung bereits begonnen.

**Inventur und Pflegekonzept für Serpentinstandorte in Oberfranken und der Oberpfalz** (initiiert und betreut durch LPK; J.VOGEL; i.A. Reg.Opf./Reg.Ofr.)

#### Kletterkonzeption für das Pegnitz- und Wiesental (LAU, BT, FO)

Von allen Seiten anerkannter und bisher weitgehend eingehaltener Kompromiß zwischen LRA Nürnberger Land und Forchheim, DAV, IG Klettern Frankenjura, LBV, BN, der in einer informellen Vereinbarung fixiert ist (LRA Nürnberger Land), aber im Falle neuer Erkenntnisse abänderbar ist: Dreifachzonierung aus Ruhezone (Kletterverbot), Status quo-Zone (Klettern auf bereits existierenden Routen bis zum Umlenkhaben, keine Neutouren) und Neutourenbereich (Klettern auf bestehenden Routen bis zum Umlenkhaben erlaubt nach Rücksprache mit dem örtlichen Arbeitskreis sind auch Erstbegehungen möglich).

Beschränkung auf exakt benannte Zahl von Kletterfelsen, keine weiteren "wilden" Neutouren, es verbleiben großräumige Flora/Fauna-Ruhezonen.

Im Falle von Uhu- und Wanderfalkenbruten: zumindest zeitlich befristete Sperrung.

Gemeinsame Horstbewachung von Vogelschützern und Kletterern während der Brut- und Aufzuchtphase.

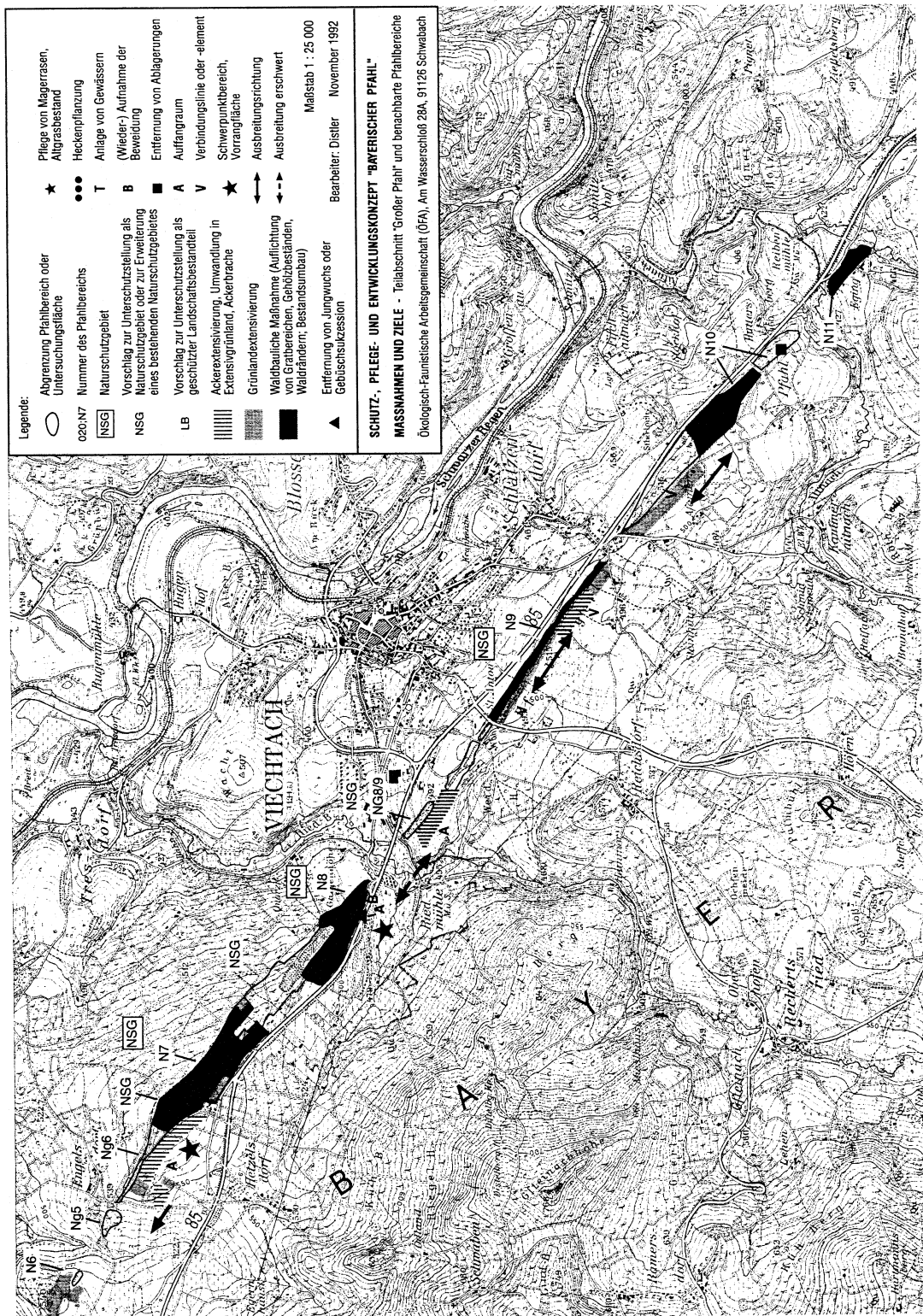


Abbildung F/24

Umsetzungsbeispiel aus dem Pfahlkonzept (DISTLER et al. 1993)

Am Rödelfelsen kanalisierte die DAV-Sektion Nürnberg die unbefriedigenden Zustiegsverhältnisse mit einem einzigen 175-stufigen Zuweg aus Rundhölzern.

### **Wanderfalkenprojekt des Landesbundes für Vogelschutz**

Der prominenteste Felsvogel Mitteleuropas hatte durch seinen in den 1970er Jahren fast völligen außeralpinen Bestandeszusammenbruch Anlaß zu einer konzertierten Schutzaktion gegeben (u.a. FRANZ 1990). Dieses Zugpferd des Artenschutzes rückte den Lebensraum Fels in den Mittelpunkt des Naturschutzinteresses, zeigte aber gleichzeitig die volle Schärfe des Konfliktes mit dem Sportklettern, das teilweise am Wanderfalkenrückgang schuld war und die Bestandeserholung nicht einfacher macht. Seit Jahren teilen sich über 40 Bewacher mit über 4000 Jahresstunden in die Bewachung nur eines einzigen Horstplatzes der Donaualb. Wirksame Kletterregelungen ermöglichten in den 1990er Jahren weitere Ansiedlungen über die Restbestände

(u.a. in den Bayerischen Alpen, die Sandsteinbrüche Unterfrankens) hinaus und erhöhten damit auch den Bewachungsaufwand. Die aktive Beteiligung von Klettergruppen und zeitweise auch prominenten Spitzenkletterern dokumentierte eine neue Phase des Umganges von Felsschützern und Felsnutzern, erleichterte es aber auch den Klettergruppen, wenn auch schweren Herzens, notwendige Kletterrestriktionen hinzunehmen.

Der heute wieder deutlich über 50 Brutpaare betragende Gesamtbestand in Bayern wäre ohne diese langjährig nicht nur mit großen Sachmitteln, sondern auch größtem Idealismus durchgehaltene Aktion kaum denkbar. Aushorstungen durch Falkner, Taubenbesitzer u.a. kamen wohl auch dadurch völlig zum Erliegen. Für den gesamten Artenschutz anregend war der "Sprung über den eigenen Schatten" der bisher üblichen Geheimniskrämerei. Mit der Einbeziehung von Spaziergängern, Kletterern usw. in die Horstbeobachtung hat sich der Artenschutz viele Freunde gemacht.

# G Vulkanische Formen

## G.1 Grundinformationen

Die in den tieferen Teilen der Erdkruste befindliche flüssige Silikatschmelze des Magmas ist die Produktionsstätte für neues Gesteinsmaterial.

Bleiben die magmatischen Massen in der Erdkruste stecken, so kristallisieren deren Mineralbestandteile langsam in einer gesetzmäßigen Reihenfolge aus: Es entstehen vollkristalline, meist grobkörnige Tiefengesteine oder **Plutonite** (z.B. Granit, Diorit, Gabbro, Pegmatit usw.). Wenn das Magma die Erdkruste durchdringt und erst in der Nähe oder an der Erdoberfläche austritt, so spricht man von Ergußgesteinen oder **Vulkaniten** (z.B. Rhyolith, Andesit, Basalt usw.), die in ihrem Mineralaufbau den Plutoniten entsprechen. Da die Erstarrung sehr rasch vor sich geht, unterbleibt die Auskristallisation der Minerale. Die Folge sind sehr feinkörnige Gesteine.

Vulkanogene Gesteine sind vor allem im Nordosten und im äußersten Nordwesten Bayerns von großer landschafts- und biotopprägender Bedeutung. Ihre unterschiedlichen, für den geomorphologischen und geologischen Naturschutz verpflichtenden Erscheinungsformen werden in den folgenden Kapiteln charakterisiert.

### G.1.1 Charakterisierung

Unter **vulkanischen Formen** versteht man alle Erscheinungen, die mit dem Aufstieg des Magmas zur Erdoberfläche und dessen oberirdischen Austritt verbunden sind. Es zählen dazu in erster Linie die oberflächlich sichtbaren Formen, wie Vulkankegel, -krater, -kuppen, Lavadecken und vulkanisches Gesteinsmaterial. Viele der heute sichtbaren Zeugen vulkanischer Aktivität wurden jedoch subterran gebildet und sind erst durch Erosion an die Oberfläche gelangt. Diese Formen werden unter dem Begriff Kryptovulkanismus zusammengefaßt und schließen z.B. Gänge, Förderschloten sowie Intrusivkörper ein, die in nächster Nähe zur Erdoberfläche erstarrten. Die Abgrenzung zu Plutonitkörpern wird hier mitunter zum Problem.

Für den Geotopschutz können aber auch natürliche und künstliche Aufschlüsse vulkanogener Ablagerungen (z.B. Basaltschlote in Steinbrüchen), von der Vulkantätigkeit herrührende Quellen und morphologisch unauffällige, aber ökologisch wirksame vulkanogene Inselgesteine von Bedeutung sein.

**Vulkane** sind Oberflächenbildungen, die durch Ausfließen oder Auswurf vulkanischer Produkte entstanden sind. Der entstehende Kegel besteht aus der nach oben und außen gedrängten ehemaligen Landoberfläche und dem gefördertem Material. Der **Schlot** (nach GIM 1978) ist der röhrenförmige, meist senkrechte Förderkanal in der Erdkruste, der die festen, flüssigen oder gasförmigen Förderprodukte an die Erdoberfläche leitet. Bei Ausbrüchen mit einem zentralen Ausbruchspunkt öffnet sich der

Förderschlot zum **Krater**, der sich aus Laven, Tuffen und Breccien zusammensetzt oder damit gefüllt ist. Langsam erstarrte Laven im und unterhalb des Kraters erscheinen heute als **Säulenbasalt**.

Läßt die eigentliche vulkanische Tätigkeit nach, kommt es zu sog. **postvulkanischen Erscheinungen** in Form von (heißen) Gasen und (heißen) Quellen. Austritte von Kohlensäure erzeugen beim Übertritt in das Grundwasser sog. Sauerlinge (kohlenstoffhaltige Mineralquellen). Im Umland solcher ehemaliger Vulkanismuszonen löst das Sauerwasser dann seinerseits wieder Minerale des Umgebungsgesteins: Karbonat-, Gips-, Glaubersalz- und Kochsalzwässer finden vielseitige Verwendung in der Heilkunde (z.B. Bad Brückenau, Bad Kissingen, Kondrauer Wasser) (vgl. auch MÜLLER 1984).

Vulkanische Aktivitäten konzentrieren sich bevorzugt an geologischen Bruch- oder Schwächezonen der Erdkruste (GLA 1981), in Bayern z.B. entlang der Fichtelgebirgs-Randstörung bzw. Fränkischen Linie. Fast alle für diesen Band wichtigen Erscheinungen entstammen dem Tertiär-Zeitalter, insbesondere dem Miozän. Quartärer Vulkanismus beschränkt sich auf die Aschenfälle aus dem Altpleistozän am Rehberg und in Altalbenreuth (bei Waldsassen/TIR), die aber morphologisch bedeutungslos sind (GLA 1964). **Paläozoischer** Vulkanismus bereicherte zwar in Nordostbayern an vielen Stellen die Gesteinspalette. Die entsprechenden, z.T. untermeerisch gebildeten Vulkanite (z.B. Diabas, Keratophyr) kommen häufig auch morphologisch zur Wirkung. Im Unterschied zum **Tertiärvulkanismus** sind aber keine vulkanischen Bauformen mehr abzulesen, so daß dergleichen im Teil F (Felsen und Inselgesteine) besprochen werden kann.

Das Hauptverbreitungsgebiet vulkanischer Erscheinungen liegt in der **Rhön**, kleinere Vorkommen sind im **Spessart**, im **Fichtelgebirge** und in der **nördlichen Oberpfalz** anzutreffen, geringe Reste auch in den Bayerischen Alpen (zur Verbreitung siehe **Kap. G.1.6**, S. 461).

Wegen der seit dem Tertiär andauernden Erosion und Verwitterung sind in Bayern keine Vulkane und Krater mehr erhalten. Nur die Schlotfüllungen stehen heute in der Landschaft als "Vulkanruinen". Der Durchmesser dieser Schlote läßt z.T. auf den Umfang der ehemaligen Krater schließen. So setzt **SCHRÖDER** (1965) den ehemaligen Oberbau (Vulkanberg) des Waldecker Schloßbergs mit den Ausmaßen des Vesuvus gleich.

Die im Paläozoikum geförderten submarinen Ergußformen, die als kissen- oder kugelartige Kissenlava durch die Abschreckung beim Zusammenstoßen mit dem kühleren Meereswasser entstanden sind (vgl. **RUTTE** 1981), treten in Bayern nur noch in natürlichen und künstlichen Aufschlüssen in Er-



scheinung. Lediglich die Spaltenfüllungsformen der Rotliegend-Vulkanite im Fichtelgebirge bei Lenau (TIR) müssen wegen ihrer Bedeutung für den Landschaftsraum angesichts ihrer Ausmaße (350 m Gesamtlänge, bis etwa 10 m Höhe) und ihrer morphologischen Bedeutung (Rücken und Geländestufen in der Landschaft) besonders erwähnt werden.

Als vulkanische Geotope werden folgende Formen aufgenommen und im weiteren besprochen:

- Schlotfüllungen (Füllungen allgemein und Schlotsäulen);
- deckenförmige Ergüsse;
- Blockfelder.

Die "Baustoffe" dieser Geotope sind:

- **Basalt:** In Vulkangebieten vorherrschendes dunkles, basisches Ergußgestein aus dem Tertiär; besteht hauptsächlich aus Plagioklas, Augit, Bronzit, Olivin und Nephelin. Den Basalten entsprechende Gesteine aus älterer, paläozoischer Zeit sind Diabas und Melaphyr. Basalt ist im allgemeinen verwitterungs- und erosionsbeständiger als die Nachbargesteine und bildet deswegen oft Vollformen aus. Basalte kommen als Lavadecken und -ströme, Kuppen und Gänge sowie als Aschen und Tuffe vor; häufig weisen sie säulenförmige Absonderungen auf.
- **Phonolith** (= "Klingstein"): heller als Basalt, unterkieseltes Gestein, Absonderung in Form dünner Platten, die beim Aufschlagen klingen; erstarrt z.T. ebenfalls in mehrkantiger Säulenform; viele der Rhönkuppen bestehen aus Phonolith.
- **Tuff:** ursprünglich vulkanische Lockermassen, die sich verfestigt haben und die wegen ihrer Ablagerungsart durch Luft oder Wasser zu den Sedimenten gerechnet werden. Sie sollten nicht mit den Tuffen verwechselt werden, die als Sinterprodukte von Kalk und Kieselsäure entstehen. Je nach petrographischer Zusammensetzung, Korngröße oder besonderer Bestandteile gibt es Basalt-Tuff, Diabas-Tuff, Trachyt-Tuff, Kristall-Tuff etc. Tuffe sind heute meist nur noch in kleinen Resten vorhanden, etwa als Mantel um Basaltstiele oder Einschaltungen zwischen Basaltdecken, da sie wegen ihrer geringen Härte meist sehr schnell abgetragen wurden.
- **Breccie:** eckige Bruchstücke des Nachbargesteins, die durch das aufsteigende Magma verkittet wurden.

Von besonderer Bedeutung sind Landschaftsteile, in denen mehrere Folgeerscheinungen des Vulkanismus einen natürlichen, entstehungsgeschichtlichen Komplex bilden, z.B. Schlotkerne mit noch erhaltener Tuff-Ummantelung oder freistehende Basaltsäulen mit Blockfeld am Hang.

### G.1.1.1 Schlotfüllungen

Schlotfüllungen sind die nach einem Ausbruch im Durchbruchschlot erstarrten Vulkanite sowie die nach ihrem Auswurf wieder im Krater abgelagerten Aschen und Tuffe (Abb. G/1, S. 459).

Das nach oben drängende Magma riß Teile des Nebengesteins mit, das sich am Ende der Förderfähigkeit mit den Vulkaniten an der Kontaktzone Schlot - festes Nebengestein zu Breccien (**Kontaktbreccien**) verband. Der Basaltanteil solcher Breccien liegt oft nur bei 1%. Die Schlotfüllungen in Bayern bestehen zum Großteil aus solchen Vermengungen von Magma mit Einschlüssen und werden dementsprechend als sog. **Schlotbreccie** bezeichnet.

Weil die Basalte und die anderen vulkanischen Festgesteine meist härter sind als das umgebende Mantelgestein, wurden sie von der Verwitterung i.d.R. aus ihrem Mantel herauspräpariert. Schlotfüllungen mit Erosionsschutt am Hangfuß bilden häufig einen Berg, der mit seiner kuppigen oder kegelförmigen Form aussieht wie ein typischer Vulkan - es handelt sich aber lediglich um den "Vulkanstiel".

Die Schlotbreccien konnten sich als Hülle des eigentlichen Basaltstockes meist nicht halten und sind häufig nur noch als mehr oder minder breites "Futter" zwischen dem herausragenden Basaltstock und der festen Erdoberfläche vorhanden.

Auch subterran erstarrte Staukuppen bilden nach ihrer erosiven Freilegung heute im Gelände solche "vulkanischen Kuppen oder Kegel".

Da die Abkühlung des Magmas im Schlot durch den Schutz des umgebenden Festgesteins sehr langsam vor sich ging, konnte sich das Gestein in seinen typischen Erstarrungsformen anordnen, so z.B. Basalt in vier- bis achteckigen, meist aber sechseckigen, bis zu 10m langen Säulen senkrecht zur Abkühlungsfront.

### G.1.1.2 Deckenergüsse

Decken sind durch Förderung dünnflüssiger Lava (Plateau- oder Flutbasalte, Trapp) über einen längeren Zeitraum aus stets neu aufreißenden Spalten entstandene Ergußformen. Häufig befinden sich mehrere Decken übereinander (GIM 1978). Großflächige, langandauernde Ergüsse bestehen v.a. aus basischem Magma, da es gasreicher, heißer, kieselsäurereicher und daher dünnflüssiger ist. Viele der heute an der Oberfläche anzutreffenden Decken sind nach aktueller wissenschaftlicher Auffassung i.d.R. Intrusionen in Zwischenräume des ehemaligen Nebengesteins, sog. **Apophysen**. Sie witterten im Laufe von Jahrtausenden an der Oberfläche heraus. So floß der Basalt der Rhön in die Zwischenschichten des Muschelkalks und v.a. des Braunkohletertiärs (vgl. Abb. G/1, S. 459).

Als Geotop sollen nicht endlos erscheinende Deckenlandschaften angesprochen werden, sondern noch "überschaubare" Verebnungen, von max. etwa 10 ha. Auch besonders gut ausgeprägte Teile größerer Deckenergußformen können als Geotop angesprochen werden.

Die bayerischen Basaltdeckenlandschaften übersteigen i.d.R. die definierte Größe von Geotopen. Sie werden hier nur der Vollständigkeit halber erwähnt.

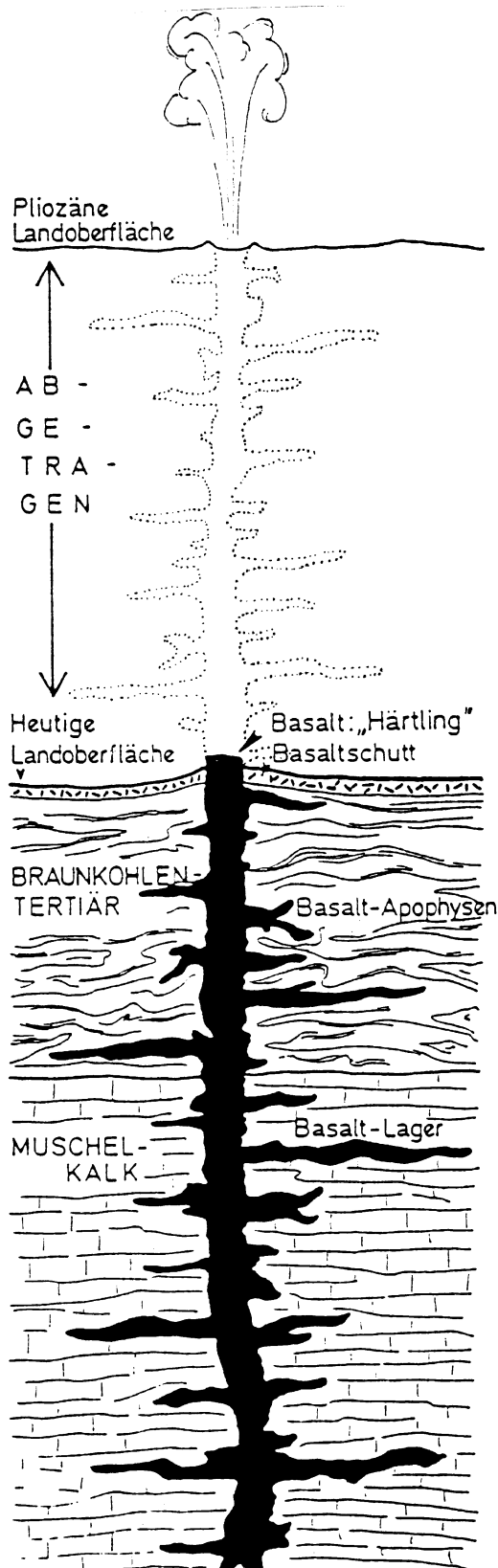


Abbildung G/1

Längsschnitt durch eine Schlotfüllung in der Rhön  
(RUTTE 1981: 173)

### G.1.1.3 Basalt-Blockfelder (siehe auch Teil F)

Infolge von Rutschbewegungen des Untergrunds oder infolge von Frostsprengung zerbrochene Basaltstöcke und -decken:

- **Blockschuttdecken:** mit Feinmaterial (Solifluktionmaterial) durchsetzte (in Substrat "schwimmende") Blöcke;
- **Blockmeere:** an der Oberfläche freiliegende Blockhalden.

Freie Blockhalden findet man vor allem an Mittel- und Unterhangbereichen: Größere Blöcke werden infolge von Hangneigung und Schwerkraft, meist in einem Solifluktionsbrei, nach unten verlagert. Richtung Oberhang wird der Basaltschutt im allgemeinen feiner. Freie Blockhalden stehen meist in direkter Verbindung zu Blockschuttdecken, da sie häufig auf den Hangbereichen über jenen vorkommen.

Auf flacheren Hangpartien reicht die Erosionskraft nur mehr zur Verlagerung der feinen Bestandteile aus, die Blöcke bleiben liegen und werden freigespült.

Ausführliche Informationen zur Genese und landschaftspflegerischen Relevanz von Blockbildungen siehe Teil F.

### G.1.2 Wirkungsbereich

Für die Landschaftspflege ist grundsätzlich nicht nur die vulkanogene Einzelform (Kuppen, Kegel), sondern der Gesamtcharakter solcher Landschaften bedeutsam. Die erdgeschichtliche Einmaligkeit der oberpfälzischen, ober- und unterfränkischen "Vulkankegellandschaften" erfordert neben einer reliefbetonenden Nutzungsform und Pflege auf den Kuppen und Kegeln eine außerordentlich behutsame Flächennutzungs- und Infrastrukturentwicklung auf dem landschaftlichen Sockel zwischen den vulkanischen Geotopen. Wo sich nährstoffreiche Basaltverwitterungsböden von ärmeren und sauren Keuper-, Buntsandstein- oder Kristallinsubstraten absetzen, sind Land- und Forstwirtschaft gefordert, durch extensive bzw. möglichst naturnahe Nutzungen die geologisch vorgegebene Heterogenität nicht zu verwischen (z.B. durch standortunsensible Intensivnutzung), sondern zu respektieren und hervorzuheben (z.B. durch möglichst naturnahen Waldbau, der die unterschiedlichen potentiell natürlichen Vegetationsformen zur Geltung kommen läßt).

In den "nichtvulkanischen" Zwischenräumen der "Vulkanlandschaften" sollte der Gesamteindruck der Landschaft nicht durch gravierende Änderungen des Landnutzungsmosaiks und unangepaßte Bebauung beeinträchtigt werden. Es sind Vorkehrungen zu treffen, die prominente Wirkung der vulkanischen Formen nicht durch Verunstaltung des Vorfeldes aufzuheben oder zu beeinträchtigen.

### G.1.3 Standortverhältnisse

Bayerns magmatische Gesteine verwittern überwiegend basisch. Basalte zeigen leicht alkalische Reaktion, aber keinen nachweisbaren freien Kalk. Die

**Bodenentwicklung** ist stark vom Zerklüftungsgrad der Vulkanite und damit von der Angriffsfläche für die Verwitterung abhängig. Die **Bodenentwicklung** geht in Richtung eutrophe (basenreiche) Braunerden. Diese sind aber nur an wenigen Stellen voll entwickelt und ungestört ausgeprägt. Entweder wurden sie durch spätere Sedimentation mit anderem Material überdeckt oder dort, wo der Basalt als Muttergestein ansteht - also meist an geneigten Flächen - durch Erosion immer wieder in ihrer Entwicklung zurückgeworfen und liegen meist in relativ frühen Bildungsstadien vor (z.B. Ranker). Lediglich auf einem ebenen Kuppengipfel kann die Entwicklung voranschreiten. Ist zudem noch **Basalt-Tuff** an der Schlotfüllung beteiligt, entstehen poröse sog. Locker-Braunerden. Die feinkörnigen Ergußgesteine (z.B. Basalt) verwittern im Gegensatz zu den grobkörnigen Tiefengesteinen (z.B. Granit) physikalisch meist langsamer und bilden tiefgründige, nährstoff- und tonreiche Substrate. Wegen der besseren Basenversorgung gedeihen auf Basaltstandorten häufig edellaubholzreiche Wälder.

**Schlotfüllungen** aus massig erstarrtem Basalt bilden in der Regel eine Erhebung (Kuppe, Kegel, "Stiel") aus, da das umgebende Gestein meist weicher als der Basalt und daher bereits erodiert ist. Die Hangneigung dieser Kuppen hängt häufig von der Stellung der umgebenden Gesteinsschollen während der Erstarrungsphase ab.

Höhergelegene Basaltstotzen sind sehr windausgesetzt und oft recht trocken (z.B. Wildflecken, Himmelstuck, Ginolfser "Alm"), etwas tiefer gelegene Basalt-erhebungen bieten aber sogar im Gipfelbereich eher mesophile Standortbedingungen (mittelgründige Lehmböden mit guter Wasserhaltung).

"Wenn im Frühjahr auf dem mit lichtem Buchenmischwald bestandenem, bereits abgetrockneten und warmen Grat des Plößbergs/TIR *Gagea silvatica* (Wald-Gelbster), *Corydalis fabacea* (Mittlerer Lerchensporn) und *Anemone ranunculoides* (Gelbes Windröschen) in Blüte stehen, liegt 50 m tiefer in den feuchten, dichten Fichtenforsten des Sockels noch hoher Schnee." (VOLLRATH 1955/57)

Mächtiger Schlotfüllungen können auf ihrem Gipfel auch Plateaus oder sogar leichte Mulden (durch das Zusammenziehen der erstarrten Lava) bilden, auf denen sich Regenwasser sammelt. Bei genügend hohen Niederschlagsmengen und niedrigen Temperaturen können dann Moore entstehen.

Auf **Säulen** findet keine nennenswerte Bodenbildung statt. Ein Verwitterungsansatz ist der sog. Sonnenbrenner: Nephelinhaltiger Basalt wird bei starker Sonneneinstrahlung weißlich-flekkig (zu sehen beispielsweise im Steinbruch bei Zinst/WUN; MÜLLER 1984).

**Basaltdecken** in Senken- oder Plateau-Lagen lassen Regenwasser nur schwer oder gar nicht eindringen. Da Basalt ein sehr lehmiges bzw. tonreiches Verwitterungsprodukt ergibt, bilden die Böden frische Standorte.

Im Extremfall (z.B. reiner Basalt ohne Nebengesteinseinschlüsse und extreme Klimabedingungen)

können sich aus dem Si- und Ca-reichen Basalt sog. **Vertisole** bilden. Dies sind junge (meist holozäne) Böden, die dunkel, tiefgründig humos und tonreich sind und sich durch einen Selbstmulch-Effekt auszeichnen (starke Quellung und Austrocknung, daher oft Wurzelschäden).

In Sattel- oder Muldenlage bilden sich auf den höhergelegenen Basaltdecken auch ansehnliche Übergangs- und Hochmoore von bis zu 8m Mächtigkeit (Schwarzes, Kleines, Rotes Moor/Rhön).

**Basaltblockhalden:** ausführliche Charakterisierung siehe F.1.3.

**Freie Blockhalden**, die sich durch eigene Schwerkraft bewegen, benötigen - geeigneten Untergrund vorausgesetzt - eine Hangneigung von mindestens 15°; bei der nachträglichen Freispülung einer Blockschuttdecke ist eine Neigung von mindestens 8° erforderlich. Blockschuttdecken mit Feinmaterial (Verwitterungslehm, Einspülungen vom Oberhang) benötigen mindestens eine Neigung von 2° bei entsprechend günstigem Untergrund und maximaler Größe der beweglichen Schuttmasse (MENSCHING 1960).

**Basalt-Blockfelder** bilden innerhalb ihrer Umgebung mikroklimatische Extremstandorte. Wegen ihrer dunklen Farbe und der meist fehlenden Vegetation stellen sie bei Sonnenexposition Wärmeinseln dar. Bei Ausstrahlung kühlen sie aber auch schneller ab als die bewachsene Umgebung.

#### G.1.4 Pflanzenwelt

Vulkanogene Standorte tragen in Bayern fast immer "Sonderbiotope". Sie durchsetzen die betreffenden Landschaften mit Vegetations- und Floreninseln oft basischen Charakters, die diesen Gegenden sonst fehlen würden.

Die natürlichen **Waldgesellschaften** eutropher Braunerden in der planar-kollinen und submontanen Stufe (d.h. der Höhenstufen der meisten vulkanischen Geotope) sind wüchsige Buchenwälder mit Ahorn-, Eschen-, Ulmen-, Linden-, Tannen-Anteil.

Sogar in Fichtenforsten heben sich Basalte deutlich heraus z.B. durch starken Holunderunterwuchs. Die Basaltblockhalden sind oft Inseln auffallend naturnaher Edellaubholz-Blockwälder (Ahorn-, Eschen-, Bergulmen-Eschen-, Linden-Ahorn-, Ahorn-Buchenwälder, vgl. MERKEL 1985).

In Bayern entwickelt sich regionalmaßstäblich gesehen so etwas wie eine spezifische "**Basaltflora**", die - im betreffenden Naturraum, nicht andernorts - (fast) ausschließlich auf Vulkanstandorten vorkommt (vgl. u.a. VOLLRATH 1955/57).

Dazu gehören Basenzeiger wie z.B. Waldmeister (*Galium odoratum*), Haselwurz (*Asarum europaeum*), Gelbe Anemone (*Anemone ranunculoides*), Leberblümchen (*Hepatica nobilis*), Bergflockenblume (*Centaurea montana*), Waldgerste (*Elymus europaeus*), Wolliger Hahnenfuß (*Ranunculus lanuginosus*), Hügelveilchen (*Viola collina*), Weiße Zahnwurz (*Dentaria enneaphyllos*); z.B. Teichelberg/ WUN; Nordgrenze dieser präalpinen Art in

Bayern), Alpenheckenrose (*Rosa pendulina*), Himmelsschlüssel (*Primula elatior*; in Lkr. TIR/WUN fast nur auf Basalt!).

Arten kleiner Basaltschlote wie Türkenbund (*Lilium martagon*) und Frühlingsplatterbse (*Lathyrus vernus*) können sogar reliktschen Charakter annehmen, d.h. der Populationsaustausch zu den nächstgelegenen Vorkommen ist unter den heutigen Bedingungen nicht mehr möglich (Kleinpopulationen reduzierter Vitalität z.B. Höhe 616 bei Thierstein/WUN, Höhe 632 bei Großbüchelberg/TIR, Rehberg bei Konnersreuth/TIR; VOLLRATH 1955/57).

Steil aufragende und blocküberstreute Basaltstozen waren früher oft als Hutungen genutzt, wovon auch heute noch Magerrasenreste künden, z.B. am Wolfshügel (südöstlich Ostheim bei Hofheim/HAS), NSG Rosengarten am Schindküppel nordöstlich Riedenberg/KG.

In der südlichen und östlichen Vorrhön zeichnen sich die Schlotfüllungsformen ("Vulkanruinen") häufig durch Magerrasenstandorte aus, da sie als Hutungen extensiv genutzt bzw. noch gepflegt wurden/werden.

In den trockenen, stark besonnten Ritzen zwischen den **Säulen** finden sich Felsspaltenarten, die auf Silikatgesteinen vorkommen, z.B. der Nordische Streifenfarn (*Asplenium septentrionale*) und auch Kalkfelsenarten wie der Weiße Mauerpfeffer (*Sedum album*). Ebenso stellen sich Krustenflechten und Moose ein.

Großflächigere **Deckenergüsse** zeigen bei größeren Meereshöhen und damit höheren Niederschlägen oft Versumpfung (mit *Sphagnum spec.*, *Comarum palustre*).

Die am besten ausgeprägten **Blockfelder** sind gänzlich ohne höhere Vegetation. Man findet auf den Felsen Krustenflechten und Moose. Bei geringen Bodenanteilen zwischen den Blöcken kann das Feld noch als Geotop gewertet werden. Kleine Inseln mit Pioniervegetation sind daher noch als typisch für diese Geotope anzusehen: Es finden sich z.B. Weiden, Weißdorn und Hasel.

Die Vegetation der Blockzwischenräume steht bei labileren Bodenverhältnissen - z.B. infolge von Feinmaterialeinschwemmungen von oberen Hangbereichen - meist in engem Zusammenhang mit der Vegetation auf der Kuppe; bei stabileren Verhältnissen besteht ein Zusammenhang mit dem luvseitigen Bestand des Geröllfelds, da dann Windverbreitung vorherrschend ist. In Spalten findet man zudem zahlreiche Farne, z.B. Streifenfarne (*Asplenium spec.*).

Bei weiter fortgeschrittener Vegetationsentwicklung auf stabilen Blockschuttdecken handelt es sich um schluchtwaldartige Bestände (z.B. mit Berg-Ahorn, Esche, Berg-Ulme, Spitz-Ahorn, Birke). Die Grenze des Geotopcharakters ist hier erreicht. Bedeckt Streu die Blöcke dauerhaft, kann nicht mehr von dem Geotop "Blockfeld" gesprochen werden.

### G.1.5 Tierwelt

Von den vulkanischen Geotopen heben sich lediglich die Säulen und Basaltblockhalden auch tierökologisch von der übrigen Landschaft ab.

Die entomologische Untersuchung einer **Basaltblockhalde** auf dem Bauersberg/Rhön (LEIPOLD & FISCHER 1986) ergab eine Arthropodenfauna, die stark von Spinnen dominiert ist (18 verschiedene Arten wurden nachgewiesen).

Ihr bevorzugtes Habitat auf der Blockhalde haben folgende Arten:

- *Liocranum rupicola* (CLUBIONIDAE);
- *Diplocephalus cristatus*: eine lichtliebende und hygrobionte Art ohne streng fixierte (= eurychron) Fortpflanzungszeit;
- *Oedothorax apicatus*: eine licht- und etwas feuchteliebende Art, ebenfalls ohne streng fixierte Fortpflanzungszeit.

Die Spinnenfauna der Basaltblockhalde auf dem Bauersberg umfaßt drei bundesweit als potentiell gefährdet eingestufte Arten (*Acantholycosa norvegica sudetica*, RL 2; *Drassodes hispanus*, RL 2; *Gnaphosa montana*), die auf der Blockhalde wohl eine Exklave besiedeln. Sie haben ansonsten ein hochmontanes bis alpines Verbreitungsgebiet.

Für die Art *Gnaphosa montana* sind bislang keine gesicherten Aussagen für Bayern möglich, da sie sich hier am Rande ihres Areals befindet. Sie hat einen strengen Generationsrhythmus (= stenochron) mit der Fortpflanzungsperiode im Frühjahr und Sommer und der Überwinterung als Jungtier.

Unter den nachtaktiven Schmetterlingen wurden noch einige Arten mit enger Bindung an Basaltblockfelder gefunden, die sich dort entweder wegen der mikroklimatischen Besonderheiten der Blockfluren oder wegen der Moosflora aufhielten (vgl. HACKER et al. 1985) (Rote Liste Bayern = RL):

- *Eudonia murana*;
- Feldahorn-Blütenspanner (*Eupithecia inturbata*), in Bayern nicht eingestuft;
- Schattenbindige Erdeule (*Rhyacia latens*), RL 3.

Über das von der übrigen Landschaft abweichende Pflanzenartenspektrum kann auf Basaltstandorten auch die phytophage (insbesondere mono- bis oligophage) Gebietsfauna differenzieren. Eine weitere Vertiefung ist aber für die Zwecke dieses primär auf den erdkundlichen Naturschutz abzielenden Bandes nicht angezeigt.

### G.1.6 Verbreitung

Vulkanische Erscheinungen konzentrieren sich in Bayern auf die NW-SO- und NO-SW-streichenden tertiären Senkungs- und Bruchzonen Nordbayerns.

In der Rhön ist basaltisches Material aus zahlreichen Spalten und Schloten an die Oberfläche aufgedrungen. Ihr heutiges Gesicht ist geprägt durch die erosive Freilegung der obersten Basaltdecke ("Lange Rhön"). Die kegelförmigen Berge der Kuppenrhön

entstanden durch die Freilegung zahlreicher Schlotfüllungen. Der Großteil der Gesteine besteht aus Basalten (ca. 95%), etwa 4% aus Phonolith (HACKER et al. 1985; Abb. G/2, S. 463).

Spuren des Rhön-Vulkanismus lassen sich nach Südwesten bis in den Spessart und nördlichen Odenwald verfolgen. Hier sind die Eruptiva ebenfalls an die NW-SO- und SW-NO-streichenden Störungszonen gebunden. Ihre Vorkommen sind klein (GLA 1981), z.B. Phonolite in der Rückersbacher Schlucht bei Klein-Ostheim/AB, die deckenförmigen Ergüsse des Untermain-Trapps zwischen Alzenau und Seligenstadt/AB bzw. Hessen, lagergangförmige Vorkommen von Hornblendebasalt und Basanit südlich Großostheim und Großwallstadt/AB.

Im Fichtelgebirge und in der nördlichen Oberpfalz sind Vulkanite als Ausläufer des nordböhmischen Basaltvulkanismus anzutreffen. Ihre Schwerpunkte liegen im Dreieck Marktredwitz, Waldsassen und Wiesau mit dem Großen Teichelberg. Weitere markante Vorkommen sind der Rauhe Kulm/NEW und der Parkstein/NEW.

Nur als kleine Einzelvorkommen treten die Vulkanite im Gebiet zwischen Rhön, Spessart und Fichtelgebirge auf. Ihre Verbreitung beschränkt sich auf Gebiete nordwestlich Kulmbach, nordwestlich Coburg, bei Oberleinleiter/BA, östlich Bamberg und auf die zahlreichen Gängen der Heldburger-Gangschar (GLA 1981).

In den Bayerischen Kalkalpen sind nur noch geringe Reste des tertiären Vulkanismus vorhanden, die an der Grenze der Inntal- zur Lechtaldecke (Mittelwald/GAP) und der Allgäudecke zum Flysch (Oberstdorf bis Hindelang/OA) als kleine Vorkommen von basischen Ergußgesteinen auftauchen. Ihre Bildung wird mit der Auffaltung der Nördlichen Kalkalpen in Verbindung gebracht (GLA 1981). Da sie nur noch von mineralogischer Bedeutung sind, werden sie nicht weiter besprochen.

In der Karte von Abb. G/3 (S. 464) ist die grobe Verbreitung der nordbayerischen Vulkangebiete verzeichnet.

Da kaum eine Schlotfüllung ganz freigelegt ist, sondern - wenn überhaupt - jeweils nur ein kleiner Teil des Schlotkerns ansteht und dessen Ausmaß stark von der Petrographie der Umgebung abhängt, sollen hier nur wenige Beispiele von Erhebungen angegeben werden, um die Bandbreite deutlich zu machen. Ein Beispiel ist der Steinkopf (an der Ostflanke des Talschlusses der Ulster), der sich ca. 50 m über die umgebende Hochfläche erhebt; die Schlotfüllung des Parksteins ragt ebenfalls ca. 50 m aus der Umarmung heraus. Der Rauhe Kulm überragt ca. 230 m die Keuperebene und ist damit einer der höchsten einzelstehenden Basaltschlote Bayerns.

Im einzelnen finden sich Schlotfüllungen u.a. an folgenden Stellen:

- kleine Basaltschlote um Heiligenstadt-Oberleinleiter/BA;
- Bramberg (stark durch Abbau verändert), Zeilberg (restliche Schlotfüllung durch aktuellen Abbau stark gefährdet) und Wolfshügel (Gipfel

- durch Abbau ebenfalls schon zerstört, aber dennoch markante Form mit wertvollen pflegebedürftigen Vegetationsstandorten; bei Ostheim südöstlich Hofheim/HAS) im Umgriff der Bruchzone der Heldburger Gangschar;
- die Kegel der südlichen und östlichen Vorrhön: Mettermich, Platzer Kuppe, Schildeck, die Pilster Köpfe, Dreistelzberg, Finkelberg, Zickzackkuppel;
- der vermutliche Quarzkeratophyr-Schlot bei Stadt-Steinach/KU, der als hoher Pfeiler von dem kleinen Bächlein Steinach durchbrochen wird; in dem stark verschuppten paläozoischen Gebirge ist keine sichere Aussage mehr über die einstige Form möglich.

Die zahlreichen Basaltkuppen des Fichtelgebirges sind:

- Ruhberg/WUN;
- Steinbühl/WUN;
- der Basaltschlot durch den Granit am Wartberg bei Längenau/WUN (unterer Steinbruch);
- Steinberg bei Hohenberg/Eger/WUN;
- Röhrenberg an der Eger östlich des Thierstein/WUN, eine Basaltkuppe, deren Hänge von **Basaltschutt** überdeckt sind;
- Lärchen-Bühl/WUN, eine bewaldete Basaltkuppe bei Thierstein;
- Thierstein/WUN, Basaltkuppe, die während des Nationalsozialismus als ND ausgewiesen wurde, soll jetzt mit dem Umgriffsfeld unter Naturschutz gestellt werden; der ehemalige Basaltbruch wurde an der Basis aufgeschüttet und als Sportplatz genutzt; auf einer Seite sind **Basaltsäulen** verblieben;
- Kühbühl bei Thierstein.

Eine Hohlform bilden die Reste der Basaltvorkommen auf der Fränkischen Alb bei Oberleinleiter/BA, die sich heute als dolinenartige, von Baumwuchs eingerahmte Löcher in der Landschaft darstellen, was von der historischen Steinbruchtätigkeit dort herrührt. Ebenso als Mulden im Gelände sind die Basaltstöcke 300 m östlich Reckertshausen und 1 km westlich Eichelsdorf/HAS zu erkennen.

Die wichtigsten "Vulkankegel" des Oberpfälzer Heigaus (TIR, NEW) sind:

- Rauher Kulm/NEW, dessen vom umgebenden Gestein freigelegte Schlotfüllung eine markante Form aufweist;
- Armesberg/WUN, ein herauspräparierter Schlot;
- Kleiner Kulm/NEW;
- Aigner Kuppen/TIR, die drei zusammenhängende Durchbrüche zwischen Kulmain und Unterwappenöst darstellen;
- Anzenberg (Anzenstein) östlich Kemnath/NEW: ein Beispiel für eine noch vollständig erhaltene Schlotfüllung (mit Breccienmantel und Basaltstock) sind die prächtig herauspräparierten Felspartien am Gipfel des Anzenberges;
- Waldecker Schloßberg/TIR;
- Galgenberg südwestlich Tirschenreuth/TIR;
- Kusch (bei Köglitz);
- Kuschberg bei Atzmannsberg/TIR mit zwei benachbarten Durchbrüchen;

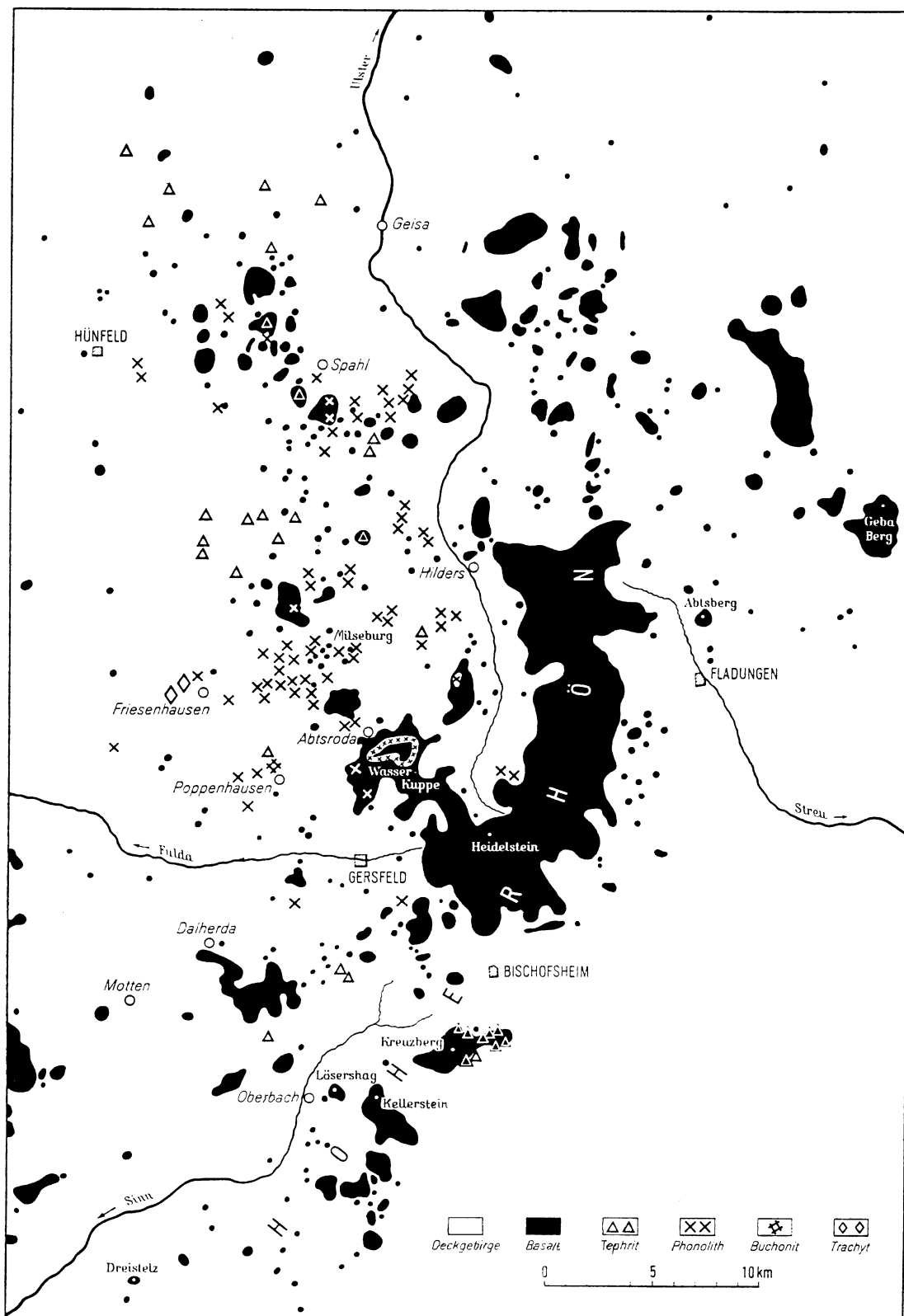


Abbildung G/2

Die Verbreitung der jungtertiären Vulkanite in der Rhön (GLA 1964)



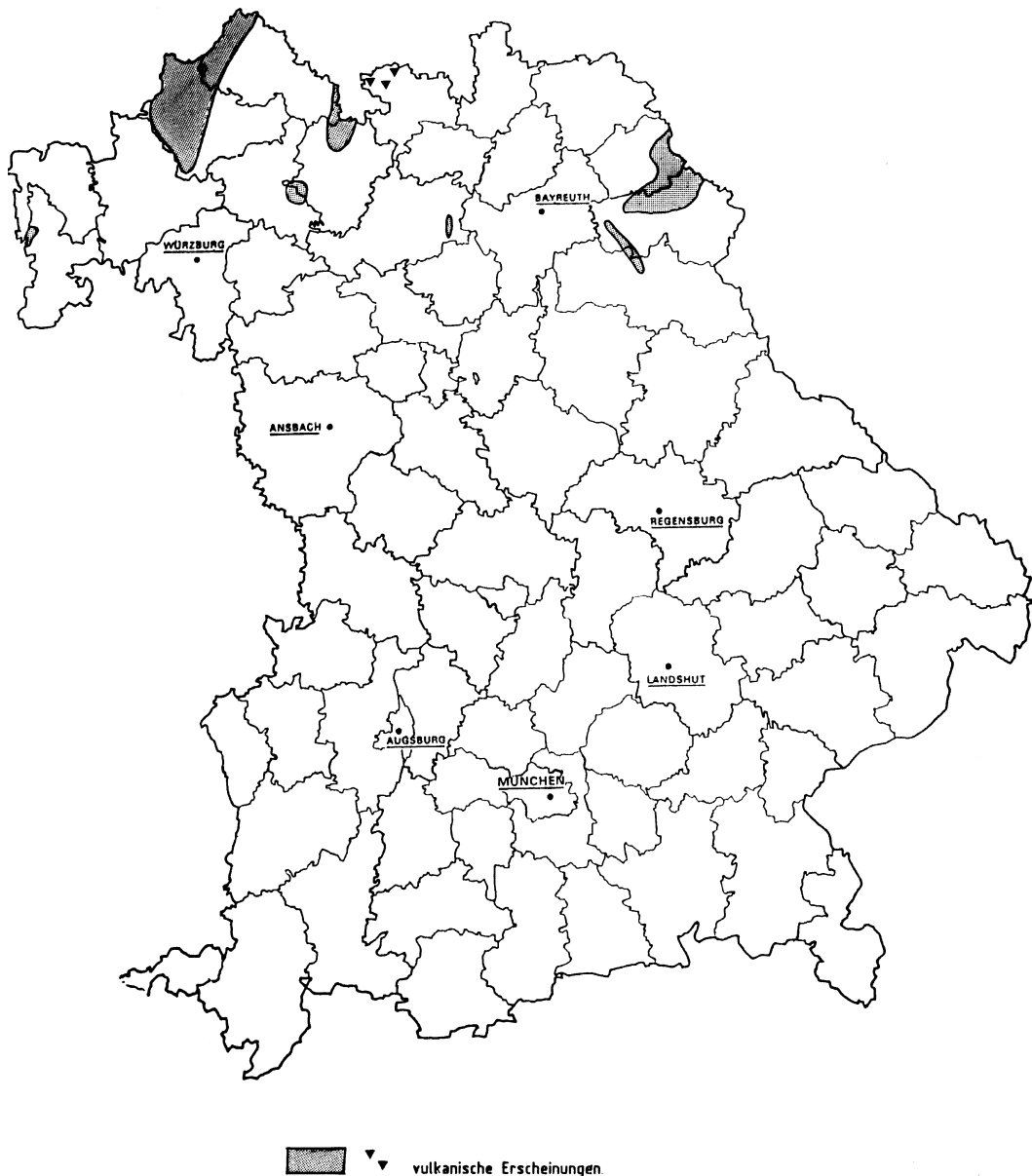


Abbildung G/3

## Die Verbreitung vulkanischer Erscheinungen in Bayern

- Kühnhübel bei Neustadt am Kulm/NEW;
- Lerchenbühl;
- Staudenhübel;
- zwei kleine Kuppen aus Schlotbreccie im Benkersandstein bei Dobertshof;
- Rehberg bei Konnersreuth/TIR;
- Konnsberg bei Konnersreuth/TIR;
- Streuleite NNE Großbüchelberg;
- Anhöhe 632 bei Großbüchelberg;
- Gulgberg südwestlich Waldsassen/TIR;
- Oberteicher Bühl westlich Mitterteich/TIR;
- Steineberg bei Längenau östlich Selb/WUN;
- Harlachberg bei der gleichnamigen Ortschaft zwischen Pullenreuth und Hohenhard/TIR;
- Geißbühl bei Kornthan.

Zerfällt der Basaltstock, bleibt ein sog. **Küppel** (= kleiner Hügel), der aus Basaltblockschutt aufgebaut ist und den Überrest eines meist sehr kleinen, senkrecht stehenden Basaltschlotes darstellt. Diese Küppel sind ein typisches Landschaftselement der Rhön. Von den vielen, z.T. überwachsenen Basaltblockhalde- und -blockstreunungen Nordbayerns seien folgende Beispiele genannt:

- zentnerschwere Basaltblöcke am Altenberg (Fränkische Alb bei Oberleinleiter/BA), die aber von BÜTTNER (1976) als Auswurfmassen einer tertiären Eruption gedeutet werden und nicht als in situ geschaffene Blöcke;
- Blockhalde des Armesberg/WUN;
- Blockhalde auf dem Ruhberg/WUN;

- kleinere Blockmeere in den Schwarzen Bergen/KG (in situ-Zerfall von Basaltsäulen);
- der Kreuzberg/NES (Hohe Rhön) mit dem ND "Johannisfeuer" ist das ausgedehnteste Blockmeer der bayerischen Rhön mit mehreren Blockströmen und -feldern;
- Blockmeerrelikt gegenüber der Jugendherberge an der Hochrhönstraße zwischen Bischofsheim und Fladungen/NES;
- Blockhalden am Gangolfsberg/NES (Hohe Rhön);
- am Lösershag befinden sich freiliegende Blockströme zwischen 750 und 670 m NN;
- das größte Basaltblockmeer des Fichtelgebirges ist der Hirschentanz bei Konnersreuth/TIR.

Besonders eindrucksvolle und schützenswerte Basaltsäulen finden sich z.B. an folgenden Stellen:

- Die Basaltsäulen des Thiersteins/WUN sind nur noch im Aufschluß erkennbar (ca. 1,20 m hoch mit einem Durchmesser von ca. 4,5 m).
- Beim Schloßberg von Neuhaus/Eger/WUN handelt es sich um eine mächtige Basaltkuppe, deren äußere Säulen sich infolge schnelleren Erkaltes und damit Nachsinkens des Eruptionskerns nach innen neigen.
- Die durch Abbau erschlossenen, meist senkrecht stehenden Basaltsäulen des Steinwitzerhügels bei Kulmain sind bis zu 3 m mächtig und bis zu 10 m hoch.
- Im NSG Gangolfsberg liegen die Basaltsäulen horizontal auf ca. 5 bis 6 m übereinander und sind mit einer überlagernden Blockhalde versehen.
- Parkstein bei Weiden/NEW: Basaltsäulen, die sich am oberen Rand des Basaltkerns fächerförmig nach außen neigen. Diese Form entstand durch langsames Erkalten, während gleichzeitig noch der Druck vom Kern des Eruptionskanals wirkte. Humboldt bezeichnete den Parkstein als den schönsten Basaltkegel Europas.

Die Hohe Rhön ist eine mächtige Basaltdecke, die an ihrer Oberfläche ziemlich unverändert erhalten blieb. Mehrere der vom Dach der Langen Rhön herabströmenden Bäche sind auch unterhalb der Deckengrenze derart mit Basaltblöcken verstrützt, daß man von einem eigenen morphologischen Bachtyp sprechen kann. Die Härte des Basalts hat der Verwitterung und Zernagung durch Wasserläufe standgehalten. Erst an den Abhängen des großen Plateaus beginnt die Zergliederung, bedingt durch die zutage tretenden Schichten des Muschelkalks und Buntsandsteins. Weitere Vorkommen von Decken sind:

- der Untermain-Trapp zwischen Seligenstadt und Großkrotzenburg/AB bzw. Hessen, bei dem es sich um einen Deckenerguß aus Olivinbasalt handelt, der in Relikten auch im Main vorkommt (vgl. RUTTE 1981);
- die deckenartigen Ergußformen, die auch den Untergrund des Reichsforsts prägen (RUTTE 1981);
- die landschaftlich reizvolle Anhöhe (581 m) westlich Muckenthal/TIR, deren Form einer relativ flachen Kappe mit steilen Flanken als Rest

einer Decke interpretiert wird (STETTNER, mündl.).

Im Teichelberggebiet/TIR ergeben große deckenförmige Ergüsse ein flach geneigtes Landschaftsbild. Nach SÖLLNER (1960) steht der Teichelberg selbst als "isolierter, stumpfer Kegel" in flacher Umgebung: Sein Gipfel bildet eine nahezu horizontale Hochfläche. Die ausfließende Schmelze hatte einen ultrabasischen Charakter (Nephelinbasalt), weshalb sie besonders dünnflüssig war und so gleichmäßig und relativ weit über das Gelände fließen konnte. Von der anstehenden Basaltkuppe fallen die Hänge sanft ab und sind bis zu ca. 1,5 km vom Eruptionszentrum mit Basaltschutt und Blöcken bedeckt. Mit seinen Schutthängen nimmt der Basaltkörper eine Fläche von rd. 6 km<sup>2</sup> ein.

### G.1.7 Bedeutung für Naturschutz und Landschaftspflege

Basaltstandorte sind bis zu einem gewissen Grade Vegetations- und Floreninseln (vgl. Kap. G.1.4, S. 460). Insbesondere innerhalb einer kristallinen Matrix (Fichtelgebirge, Steinwald) tritt der eigenständige pflanzengeographische und geobotanische Charakter eindrucksvoll hervor. Wer aus den floristisch einförmigen Fichtenforsten des Alten Gebirges urplötzlich auf Teppiche aus Waldmeister, Lungenkraut, Bingelkraut, Zahnwurz und Leberblümchen stößt, weiß oft nicht, daß diese Floreninseln dem Basaltuntergrund zu verdanken sind.

Wenn vulkanische Tuffe in Schichtlagerung mit Basalt vorkommen und durch dessen Auflage verdichtet wurden, so erlangen sie eine gewisse Bedeutung als Wasserstauer, wobei sie zumindest lokal wertvolle Trinkwasservorräte hervorrufen können. So entspringen beispielsweise am Teichelberg sechs Quellen (SÖLLNER 1960).

Im Landschaftsbild spielen vulkanogene Formen in den betreffenden Räumen eine prägendere Rolle als die meisten anderen Geotoptypen. Demzufolge wird beispielsweise das Relief der Rhön heute weitgehend von den Relikten vulkanischer Aktivität gestaltet: Basaltdecken prägen die verhältnismäßig ebene Landschaft der "Langen Rhön", freigelegte Schlotfüllungen das Bild der "Kuppenrhön".

Der ästhetische Wert der prägnanten Gipfel der Oberpfälzer Vorlandbasalte und der einzelnen Schlotfüllungen in der östlichen und südlichen Vorrhön ist in der ansonsten ruhig welligen Landschaft als sehr hoch einzustufen. Basaltsäulen und Blockfelder sind zwar dem Relief untergeordnet, fallen aber durch fehlende, geringere oder andersartige Vegetationsbedeckung in der Landschaft auf und stellen damit einen optischen Kontrast her. Deckenergüsse erhalten umgebungsabhängig eine gewisse landschaftsprägende Bedeutung: Die deckenförmigen Ergüsse im Steinwald z.B. prägen eine höher gelegene Verebnung in einem ansonsten stärker reliefierten Gelände.

Die Konzentration tertiärer vulkanischer Formen im Gebiet der Rhön bietet umfangreiches Material für Studien zur Erdgeschichte. An vielen Stellen

durchdringen sich Phonolith und Basalt und wechseln mit Schlackenagglomeraten und Tuffen ab, so daß sich eine gewisse Reihenfolge der Ausbrüche erkennen läßt (z.B. auf geologischen Lehrpfaden).

Die Vulkanausbrüche veränderten die Oberflächen, erhöhten verschiedene Standorte, setzten sie auf diese Weise mehr der Erosion aus und trugen somit dazu bei, daß sich heute oft auf engstem Raum verschiedene Formationen treffen (z.B. Muschelkalk und Buntsandstein an Hängen von Schloten in der südlichen Vorrhön).

Schlotfüllungen und Säulen bilden die ausdrucksstärksten Geotope und können wohl auch vom weniger geschulten Auge als bedeutende vulkanische Formen erkannt werden. Da sich der Vulkanismus in seiner Verbreitung an geologische und tektonische Bruch- und Schwächezonen orientierte, stellen die vulkanischen Erscheinungen (z.B. die Oberpfälzer Vorlandbasalte Kulm, Parkstein, Waldecker Schloßberg) wichtige Zeugen der Erdgeschichte dar, indem sie auf eine Störungszone in der Erdkruste hinweisen.

Singuläre Basaltvorkommen, wie bei Oberleinleiter/BA, haben eine besondere erdgeschichtliche Bedeutung und sollten - auch wenn sie keine "Geotope" mehr i.e.S. darstellen - zumindest als Vulkanismusspuren in der Fränkischen Alb noch Beachtung finden.

Da die meisten vulkanischen Decken, die heute an der Oberfläche anstehen, subterranean Entstehung sind und oft Kontaktbreccien aufweisen, sind sie außerordentlich wichtig für die erdgeschichtliche Forschung. So erleichtern sie beispielsweise die zeitliche Zuordnung der vulkanischen Aktivitäten. Blockfelder können Hinweise auf die periglaziale Morphodynamik in einem Gebiet geben, lassen also Rückschlüsse auf ehemalige Klimaverhältnisse zu. Sie spielten bis ins Mittelalter häufig eine gewisse Rolle als kultische Stätten. Viele Generationen sahen in ihnen ein Werk des Teufels.

Bedeutung für die Heimatgeschichte haben ansonsten die als Kuppen erhaltenen Schlotfüllungen und evtl. einige Reste der Decken: Die Vulkankuppen beeinflussten in der Vergangenheit die Siedlungstätigkeit. Ruinenreste mittelalterlicher Burganlagen z.T. mit Wallanlagen können u.a. auf dem Rauhen Kulm, auf dem Schloßberg und dem Bramberg nachgewiesen werden.

Vielfach prägte der Vulkanismus die Siedlungsstruktur bzw. gab die Bauform von Gebäuden vor, so z.B. den Grundriß von Neustadt am Kulm/NEW, das auf dem Sattel zwischen Kleinem und Großem Kulm liegt. Von beiden Vulkankuppen kann man auf die Stadt herabblicken, so daß sich ein sehr reizvolles Landschaftsbild eröffnet.

Der schöne Basaltkegel des Volkersbergs (Rhön), "Kleiner Sinai" genannt, gilt schon seit jeher als Kultstätte und trägt noch immer ein Franziskanerkloster, ebenso der Kreuzberg in der Rhön.

Eine Reihe von Siedlungen orientierte sich an den ertragreichen Böden (basenhaltige, nährstoffreiche

Böden, wenn sie in tieferen Lagen anstehen) und Vorhandensein von Wasser (postvulkanische Quellaustritte, besonders Sauerlinge).

Die Vulkanismus-Produkte der Rhön (z.B. Basaltkuppen, Blockfelder etc.) sind regionaltypische Elemente des Naturerbes und verleihen landschaftliche Eigenart, kurz: sie machen "Heimat" aus.

### G.1.8 Gefährdung, Rückgang, Zustand

Da der Bedarf an hochwertigem Hartriegel und -gestein bleibend hoch ist, werden auch weiter tertiäre Relikte des Vulkanismus (Basaltabbau) in Bayern in großem Umfang abgebaut. Allgemein findet Basalt Verwendung als Straßenbaustoff, als Eisenbahnschotter, als Deichschutz, in der Beton- und Steinwolleindustrie und neuerdings in zermahlener Form auch als Düngemittel.

Das Interesse am Abbau von Hartstein führt bei Härtlingsformen, wie Basaltkuppen (z.B. Teichelberg), bis zur vollständigen Vernichtung der Form und damit zu einer Verarmung des Landschaftsbildes, die irreversibel ist. Dies bedeutet zugleich eine Entwertung der Erholungslandschaft und eine Verarmung an Lebensraumstrukturen für Pflanze und Tier.

Im Fichtelgebirge und im Kemnather Raum hat bereits der Gesamtcharakter der Landschaft deutlich gelitten, der ästhetische Bauplan der ganzen Landschaft wurde empfindlich gestört. Als besonders bedauerlich ist der Gesteinsabbau an nur inselhaft verbreiteten Basalten zu werten, deren seltenes Vorkommen durch Abbautätigkeit zusätzlich reduziert wurde.

Bevorzugt abgebaut werden die als Kuppen erscheinenden Schlotfüllungen, was bei kleinen Basaltkuppen durchaus existenzgefährdende Ausmaße annehmen kann.

Durch den Abbau kleiner, inselhafter Basaltvorkommen werden auch deren inselhafte Pflanzengesellschaften zerstört. VOLLRATH (1955/57) nennt es aber "geradezu herausfordernd", wenn am Schloßberg bei Neuhaus/Eger auf Tafeln vor dem Pflücken der Pflanzen gewarnt wird, der Schloßberg selbst aber durch den Steinbruchbetrieb existentiell gefährdet ist.

Die optisch herausragende Stellung von Schlotfüllungen ist im allgemeinen - da die Hänge meist zu steil sind - durch Bebauung nicht gefährdet, wohl aber die Unterhang- bzw. Sockelbereiche in der Nähe einer bereits bestehenden Siedlung. Die Bebauung des Sockels reicht oft schon aus, um seine Prägnanz in der Landschaft sehr stark zu mindern.

Basaltsäulen waren für den Abbau schon immer sehr begehrt: Der größte Teil des Zuiderzee-Deiches (Niederlande) besteht aus Säulenstücken des "Steinernen Hauses" der Rhön.

Der Steinbruch Steinmühle bei Waldsassen/TIR, in dem klassische Säulenbildungen aufgeschlossen waren, wurde verfüllt.

Von einer größeren Gefährdung der **Deckenergüsse** ist nichts bekannt. Abbau halten sich in Grenzen, da die Mächtigkeit der Decken stark wechseln kann und zudem der Landschaftsverbrauch sehr groß ist.

Eines der bedeutendsten **Blockmeere** der Südrhön am Farnsberg (Schwarze Berge, südöstlich Riedenberg) lag oberhalb 700 m NN und ist heute zum größten Teil abgebaut.

## G.2 Möglichkeiten für Pflege und Entwicklung

Vulkanische Geotope sind nach anthropogenen Eingriffen selbstverständlich nicht neu zu entwickeln. Lediglich eine Entwicklung zu einem höheren Geotop-, d.h. Erlebniswert, ist in gewissen Grenzen möglich. Auch die Pflege bewegt sich nur im Rahmen der **Erhaltung der Bauform** bzw. der Erhaltung ihres Erlebniswerts. Als Voraussetzung dafür sollte zunächst eine landkreisweite oder regionale Erfassung dieser Geotope durchgeführt werden.

Allgemein können vulkanische Geotope durch folgende Entwicklungsmaßnahmen behandelt werden:

- Optische Freistellung bzw. Betonung von vulkanischen Kuppen (Schlotfüllungen, auch anstehenden Säulen) und gangförmigen Rücken (Spaltenfüllungen):
  - verdeckende Bebauung oder Vegetation sollte nicht zugelassen, sondern gelichtet oder entfernt werden;
  - hohe Waldbestände an einem Kuppenfuß in Kombination mit niedriger Vegetation auf der Anhöhe können durch Anlage eines höheren Baumbestandes auf dem Gipfel optisch ausgeglichen werden;
  - höherwüchsige Vegetation (Wald) vor niedrigeren Rücken kann entweder ganz entfernt werden, oder es kann durch Auflichtung oder Entfernen der Bestände auf dem Rücken eine stärkere Betonung desselben erreicht werden. Erhöhter Lichteinfall setzt hier die Form besser "in Szene".
- Oft ist keine Freistellung nötig, sondern nur eine optische Abgrenzung mit andersartiger Vegetation an den Geotopumrissen:
  - am einfachsten durch klare Nutzungsänderung zwischen den Geotop- und Nicht-Geotopflächen. Zieht sich eine landwirtschaftliche Ackernutzung z.B. von Tallagen bis auf die Erhebung eines Geotops hinauf, sollte eine landwirtschaftliche Extensivierung der Flächen hin zu Streuwiesen, Magerrasenstandorten oder - wenn dies nur einer Restflächenergänzung entspricht - auch eine naturnahe Aufforstung in Betracht gezogen werden.

Wird eine Vulkankuppe etc. samt ihrer Umgebung vom gleichen Waldbild bestimmt, wäre es nicht nur zur Geotop-, sondern auch zur Biotop-Förderung wünschenswert, das Waldbild durch forstliche Nutzungsextensivierung auf dem Hügel langfristig zu ändern, z.B. durch Plenternutzung und höheren Laubholzanteil.

Eine Gefährdung besteht auch in der Verbuschung dieser Geotope; dadurch sind z.B. die Basaltblockhalden am Rauhen Kulm stark bedroht.

In ebenen und tieferen Lagen bestand eine Gefährdung durch Entsteinung, da eine landwirtschaftliche Nutzung der Flächen v.a. in den 50er Jahren angestrebt wurde.

- Als Grenzziehungs- und zugleich Biotopschaffungsmaßnahme wäre die Anlage von (thermophilen) Hecken oder von Lesesteinwällen zu empfehlen.
- Zur Schadensminimierung bei einem nicht mehr verhinderbaren Abbau empfiehlt es sich, den Abbau am Geotop (besonders betroffen sind Schlotfüllungen) auf einer weniger gut einsehbaren Seite anzulegen. Der ästhetische Wert der Form ist damit weniger gestört.

Für die einzelnen vulkanischen Geototypen eröffnen sich folgende Möglichkeiten der Pflege und Entwicklung:

Die Entwicklung bei den **Schlotfüllungen** allgemein ist wegen ihrer Größe nicht so sehr von natürlichen Vorgängen als vielmehr von der anthropogenen Nutzung abhängig (Landwirtschaft, Forstwirtschaft, Steinbruchbetrieb, Bebauung). Man kann hier i.d.R. also nicht pflegend eingreifen, sondern lediglich eine extensive geotop- d.h. formverträgliche Nutzung (s.o.) ansteuern, innerhalb derer eine Pflege der Vegetationsbestände möglich ist.

Die natürliche Entwicklung bei **Säulen** führt bei Schrägstellung zu ihrem Zerfall in Blöcke, was durch keine Pflegemaßnahme aufgehalten werden kann. Es resultiert eine Blockhalde, die gelegentlich entbuscht werden sollte. Bei stabiler senkrechter oder waagrechter Stellung der Säulen verursachen Verwitterung und Anwehung eine Bodenansammlung mit anschließendem Aufwuchs von Sträuchern. Hier ist eine Entbuschung der Säulen, z.T. auch die Entfernung des Verwitterungsmaterials (z.B. durch Abspritzen, Feuerwehreinsatz) sinnvoll.

Die **deckenartigen Ergußformen** bedürfen allgemein keiner besonderen Pflege, sie sollten jedoch von größeren Reliefveränderungen, wie Abbau oder Aufschüttung, verschont bleiben. Die natürliche Entwicklung solcher Decken führt zum Zerfall in blockartige Formen oder zu einer in situ-Verwitterung mit Bodenbildung und Bewaldung. Eine "Pflege" im landschaftspflegerischen Sinn ist hier nicht möglich.

Die natürliche Entwicklung bei **Blockfeldern** läuft nach Einschwemmung oder Einwehung von Substrat auf eine Verbuschung mit Weiden bzw. Bewaldung hinaus. Radikale Entbuschung von Blockfeldern kann nicht nur eine "Pflege" von bereits zugewachsenen Blockhalden darstellen, sondern u.U. eine Reaktivierung oder Weiterentwick-

lung, indem die Fortspülung von Feinerde und evtl. sogar eine Verlagerung der Gerölle wieder ermöglicht wird. Da diese Art der Massenverlagerung bei Verflachung des Hangs oder bei fehlendem Gleitsubstrat von selbst wieder stoppt, kann sie auch in unseren Landschaften in gewissem Umfang als natürliche Geotopschaffung toleriert werden. Vorsicht ist in höheren Lagen, bei steilen Hängen, sehr

quellfähigem Untergrund und einer murenartigen Blockschuttdecke geboten, wenn eine größere und schnelle Massenverlagerung bis in bewohnte Gebiete zu befürchten ist.

**Nur eine freie Blockhalde erfüllt ihre volle Geotop- und Biotopfunktion!** Die bodenfreie Geröllsituation ist hier erstrebenswert.

### G.3 Situation und Problematik der Pflege und Entwicklung

Die größten Naturschutzgebiete in Deutschland außerhalb der Alpen befinden sich in den vulkanisch geprägten Landschaften der Schwarzen Berge und der Langen Rhön. Die Schutzwürdigkeit der Gebiete wurde früh berücksichtigt, so daß bereits zahlreiche Pflegepläne und -maßnahmen durchgeführt werden.

Außerhalb der Naturschutzgebiete enthält die derzeitige Praxis außer einem Verringern neuer Abbaue bzw. einem teilweisen Geringhalten der landschaftlichen Schäden, etwa durch Eingrünen der Abbaustellen, keine besonderen Maßnahmen im Sinne einer Geotoppflege.

Besonders markante **Schlotfüllungskuppen** sind nicht mehr existentiell durch Abbau gefährdet. Man beläßt zumindest die Kulisse (z.B. Sodenberg, Steinwitzhügel); "Krater" bleiben zurück, die noch eine Erhebung in der Landschaft bilden.

Der Abbau ganzer Kuppen ist im derzeitigen **öffentlichen Meinungsbild** hinsichtlich des Landschaftsschutzes kaum mehr durchsetzbar. Allgemein ist jedoch die erdgeschichtliche Bedeutung dieser Vulkanismus-Zeugen noch nicht erkannt und deshalb sind ihre Vorkommen - besonders die kleineren Schlotfüllungsreste in ohnehin hügeliger Umgebung - den Naturschutzbehörden oft nicht bekannt. Dort kennt man lediglich einzelne Aufschlüsse vulkanischer Gesteine, die im besten Fall mit der "üblichen" Steinbruchpflege, dem Entbuschen, versorgt werden.

**Defizite** bestehen v.a. in der Geotoperkennung, insbesondere bei jenen Typen, die nicht eigene Landschaftsformen bilden und deshalb oft als nicht besonders bedeutsam angesehen werden, wie z.B. Ergrußdecken oder Blockhalden. Entbuschungen von Blockhalden auf Hängen konnten bisher kaum beobachtet werden.

### G.4 Pflege- und Entwicklungskonzept

Welcher Maßnahmen und Rücksichtnahmen bedarf es, um die vulkanischen Formen als Erkennungsmerkmale ihrer Naturräume und als unersetzbare Sonderbiotope zu bewahren, in ihrer Wirkung zu steigern bzw. wiederherzustellen?

Wie bei allen anderen Geotopformen wäre ein Einheitsrezept nur schädlich. Da andererseits die nötige Aussagendifferenzierung an dieser Stelle nicht geleistet werden kann, sollte der Leser und LPK-Benutzer eigenverantwortliche, dem lokalen Betrachtungshorizont angemessene Ziele entwickeln. Dazu können die folgenden Ausführungen nur Anstöße geben.

Vorgesaltete Grundsätze ([Kap. G.4.1](#)) stecken allerdings einen gewissen Orientierungsrahmen ab; Gestaltungs- und Entwicklungsleitbilder ([Kap. G.4.2.1](#), S. 469) werden nach einzelnen Erscheinungsformen differenziert, sollten aber nur als Vorschlag genommen werden. Stärker konkretisierte Maßnahmenempfehlungen ([Kap. G.4.2.2](#), S. 470) werden bewußt sehr knapp gehalten.

#### G.4.1 Grundsätze und Ziele

##### (1) Erfassen aller vulkanischen Geotope!

Zeugenformen vulkanischer Aktivität sollten in jedem Landkreis inventarisiert werden, um sie bei

übergreifenden Planungen berücksichtigen zu können.

##### (2) Der vulkanische Formenschatz verträgt keine weitere Nivellierung!

Das Gesicht der ausnahmslos fremdenverkehrs-wichtigen "Vulkanlandschaften" Bayerns wird entscheidend von den Basaltkegeln geprägt (Vorrhön, Steinwald-Kemnather Land). Ihre Zahl ist sehr begrenzt (vgl. [Kap. G.1.6](#), S. 461). "Vulkanformen" gehören gewissermaßen zu den knappsten "Naturgütern" Bayerns.

Nach dem Verlust einiger der markantesten "Vulkane" (z.B. Sodenberg und Lindienstumpf/KG) würden diese Gebiete durch neue Abbaustandorte ihr morphologisches Gesicht verlieren. Im Zielkonflikt zwischen der Basaltindustrie und der Landschaftspflege sollten unvermeidbare Abbauerweiterungen ausschließlich in wenig exponierter Lage innerhalb hochflächenartiger Basaltdecken, nicht aber an einzeln herausragenden Kegel-, Kuppen- und Rückenformen vorgenommen werden.

Landschaftsbildanalytisch relativ unbedenkliche Abbaumöglichkeiten sollten nur dann wahrgenommen werden, wenn keine relativ naturnahen, basaltspezifischen, meist nur inselartig verbreiteten

Vegetationstypen (insbesondere basenreiche Laub- und Schuttwaldgesellschaften und Magerrasen) betroffen sind.

**(3) Bei Abbauanträgen an vulkanischen Formen, insbesondere an markanten Einzelschöpfungen, die Belange von Naturschutz und v.a. Landschaftspflege ausführlich darstellen!**

Der Formenschutz steht bei den Zeugen des bayerischen Vulkanismus im Vordergrund! Eine begrenzte Entnahme von Material aus Deckenergüssen und an landschaftlich weniger auffälligen Punkten kann nicht von vornherein abgelehnt werden. Zunächst muß aber die wissenschaftliche Erfassung durch Geologen oder Geographen ermöglicht werden: In gewissen Abständen sind Proben zu ziehen und Profile aufzunehmen.

Der Abbau von vulkanischem Material bringt zudem in der Regel keine interessanten Vegetationsstandorte hervor, weshalb auch eine "Biotopneuschaffung durch Abbau" hier kein Argument ist.

**(4) Die klassische Formsymmetrie der Basaltkegel soll nicht verzerrt werden! Keine Bebauung vulkanischer Geotope!**

Einseitige Verbauung oder Aufforstung kann das typische Gesamterscheinungsbild von "Vulkanlandschaften" erheblich beeinträchtigen (siehe das Negativbeispiel des Waldecker Schloßberges/TIR). Solche Nutzungsveränderungen sind zwar keine ökologische Katastrophe, können aber in ihrer Summenwirkung die einzigartige Silhouette solcher Landschaften aus dem Lot bringen.

Schlotfüllungen und auch Blockhalden an Hängen würden durch Bebauung zerstört. Auch kleinere Decken sollten von Bebauung freigehalten werden. Großflächige Deckenergüsse (im Größenbereich mehrerer km<sup>2</sup>) müssen nicht unter diese Empfehlung fallen, es sei denn, sie liegen in landschaftlich empfindlichen Räumen (hochliegende, exponierte Decken, wie z.B. im Steinwald).

"Vulkanformen" sind um so empfindlicher gegen optisch wirksame Nutzungsumwidmungen, je kleiner sie sind. Beispielsweise "verschwanden" im Gebiet der Schwarzen Berge/KG und in der Ostabdachung der Langen Rhön/NES eine Reihe von aufgesetzten Nebenschloten mit ihrer hochspezifischen Lebewelt in den Fichtenaufforstungen der letzten Jahrzehnte.

**(5) Halb verwachsene Basalthelden wieder öffnen!**

Eines der traditionellen Erscheinungsbilder der Basaltkuppen ist der "Heidberg", d.h. die Verwendung als extensive Gemeinde- oder Außenweide. Nahezu alle Basalthelden außerhalb der Deckengebiete Höhe Rhön und Schwarze Berge sind heute ganz oder weitgehend zugewachsen oder aufgeforstet, bisweilen sogar nur mehr auf zufällig querenden Hochspannungsschneisen erhalten geblieben. Dieser eigenständige, zwischen Kalk- und Silikatrasen

vermittelnde Magerrasentyp ist in der Bergstufe unterhalb 800 m NN aufs höchste bedroht. In Nordbayern sehr seltene Arten, wie z.B. das Alpenleinblatt *Thesium alpinum*, sind auf Restitutionsmaßnahmen angewiesen.

Fördert man die letzten Reste dieses Biotoptyps durch Entbuschung, Re-Etablierung extensiver Schaf-, Ziegen- oder Rinderweide sowie durch Ausmagerung von Fettweiden im Anschluß an Basaltfelderreste, dient dies gleichzeitig den Zielen des geomorphologischen Landschaftsschutzes in optimaler Weise.

**(6) Refugialwirkung von Basaltstandorten für seltene und gefährdete Laubwaldgesellschaften respektieren und begünstigen!**

In den Keupersandstein-, Buntsandstein- und Kristallingebieten stechen die vulkanogenen Inselstandorte durch höheren Holzartenreichtum, buntere Krautschicht, regional seltene Waldgesellschaften (z.B. Zahnwurz- und Waldmeister-Buchenwald, Linden-Ahorn-Ulmen-Blockwald) und eine Reihe spezifischer Arten heraus. Diese geotopgebundene, diversitätssteigernde Funktion kann bei unformer, ausschließlich ertragsorientierter Holznutzung weitgehend verlorengehen. Forstwirtschaft und Waldbau sollten hierauf mit zurückhaltender Nutzung bzw. Naturwaldzellen auf allen Basaltblockschuttfeldern reagieren.

**(7) Keine Entsteinung von Blockfluren!**

Die Geotopbedeutung (Reichweite vulkanischer Tätigkeit im weiteren Sinn) dieser Fluren darf nicht durch eine übermäßige landwirtschaftliche Nutzung verloren gehen.

**G.4.2 Handlungs- und Maßnahmenkonzept**

Die oben genannten Grundsätze münden in den nachfolgend skizzierten Entwicklungszielen (Kap. G.4.2.1) aus, die wiederum unter Beachtung der Pflegevorschläge (Kap. G.4.2.2, S. 470) umgesetzt werden sollten.

**G.4.2.1 Leitbilder für die Gestaltung vulkanischer Geotope**

Der typische Naturraumcharakter der **Basalthochflächen der Bayerischen Rhön** liegt "im Land der weiten Fernen". Das Erscheinungsbild weitgehend offener, dahinterliegende Kulissen und Kuppen freigebender Hochheiden sollte nicht verlorengehen. Nach den bereits erfolgten, meist blockförmig die Morphologie querschneidenden Fichtenaufforstungen (vgl. LPK-Band II.3 "Bodensaure Magerrasen", Kap. 1.9) ist die Offenhaltung der Restflächen vorrangig. Die Zone Dammersfeldkuppe/KG und Hohe Hölle/NES verkörpert dieses Landschaftsideal heute noch am ungestörtesten.

Bildbestimmende Elemente sollten neben den offenen Bergwiesen und Magerrasen die gruppenweise herumliegenden Basaltblöcke, die als Sichtarena erlebbaren flachen Quellmulden, die von Weiden-Po-



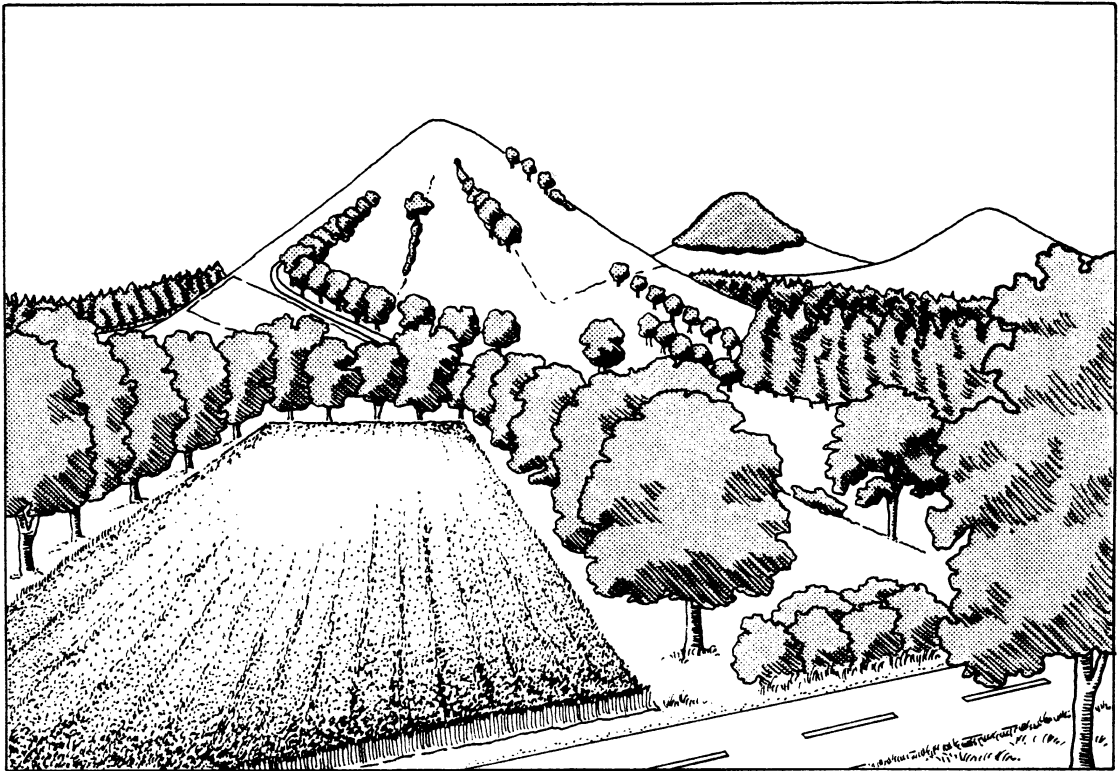


Abbildung G/4

## Gestaltungsleitbild für Basalthochflächen

lykormonen gesäumten Karpatenbirken-Horste und vor allem die windgefegten Hutbuchen, Vogel- und Mehlbeeren sein (Abb. G/4, S. 470).

Zur besseren Einbindung verbleibender Fichtenblöcke ist die Ausweisung pflegefreier, unregelmäßig vor- und rückspringender Sukzessionsflächen im Fichtensaum wünschenswert. Selbstanfliegende Gehölze und allmählich vorrückende Sproßkolonien sollten hier allmählich ein Wipfelgefälle herausbilden.

**Offene oder teiloffene Basaltkegel** der Oberpfalz, des Fichtelgebirges und der Vorrhön sollten ihre klassische Symmetrie nicht durch unbedachte Baukörper oder blockartige Aufforstung einbüßen. Kleinere (bis etwa 100 m über den Landschaftssockel aufragende) "Vulkane" verlieren bei zu kräftigem Gehölz- oder Waldbesatz sehr leicht ihren typischen Charakter. Freiere Gehölzgestaltung, auch mit Hecken, Hagen oder flächigeren Sukzessionsgehölzen vertragen dagegen die größeren "Vulkane". Die klassische Kegelwirkung läßt sich durch insgesamt radial auf den Kulminationspunkt zulaufende, weniglich nicht schematisch geplante Hecken, Raine, Weg- und Waldsäume optisch verstärken (Abb. G/5, S. 471).

#### G.4.2.2 Pflegemaßnahmen

Vulkanrelikte sind selbstverständlich keine "Pflegeflächen" im eigentlichen Sinne. Sie fordern die

Landschaftspflege in einem umfassenderen Sinne heraus. Ihre weithin augenfällige Monumentalität erfordert über die formgerechte Bewirtschaftung von Kuppen und Kegeln hinaus vor allem eine Berücksichtigung in der umfassenden Landschafts- und Flächennutzungsplanung, in der Eingriffsplanung und -beurteilung sowie in der Landnutzungsplanung (insbesondere der Ländlichen Entwicklung). Dazu ist es unerlässlich, alle vulkanischen Geotope in den Landkreisen oder Regionen als Planungsgrundlage zu erfassen. Biotoppflegerische Aufgaben im engeren Sinne stellen sich nur in folgenden Fällen:

**Steilhängige "Vulkankegel" im Grünland** sollten als Magerrasen genutzt oder dahingehend bewirtschaftet werden. In Frage kommen Mahd und Beweidung. In den meisten Fällen sollte in den ersten Jahren auf Ausmagerung hin gepflegt werden (zwei- bis dreimaliger Schnitt, eventuell um einen Weidedurchgang ergänzt).

**Blocküberstreute Basalthelden auf Hochflächen** sind klassische Hutweiden. In der Mehrzahl sind sie heute verfilzt oder in Verbuschung begriffen (z.B. Bauersberg-Kohlebergwerk, Leubach, Schwarze Berge, Grenzstreifen bei Birx). Nach einer scharfen Erstpflüge mit Ziegen (und/oder Hochlandrindern bzw. Pferden) sollte für eine nicht zu extensive Anschlußbeweidung mit Schafen, Ziegen oder geeigneten Rinderrassen gesorgt werden. Reaktivierte Basalt-Hutweiden gehören zu den bevorzugten Ein-

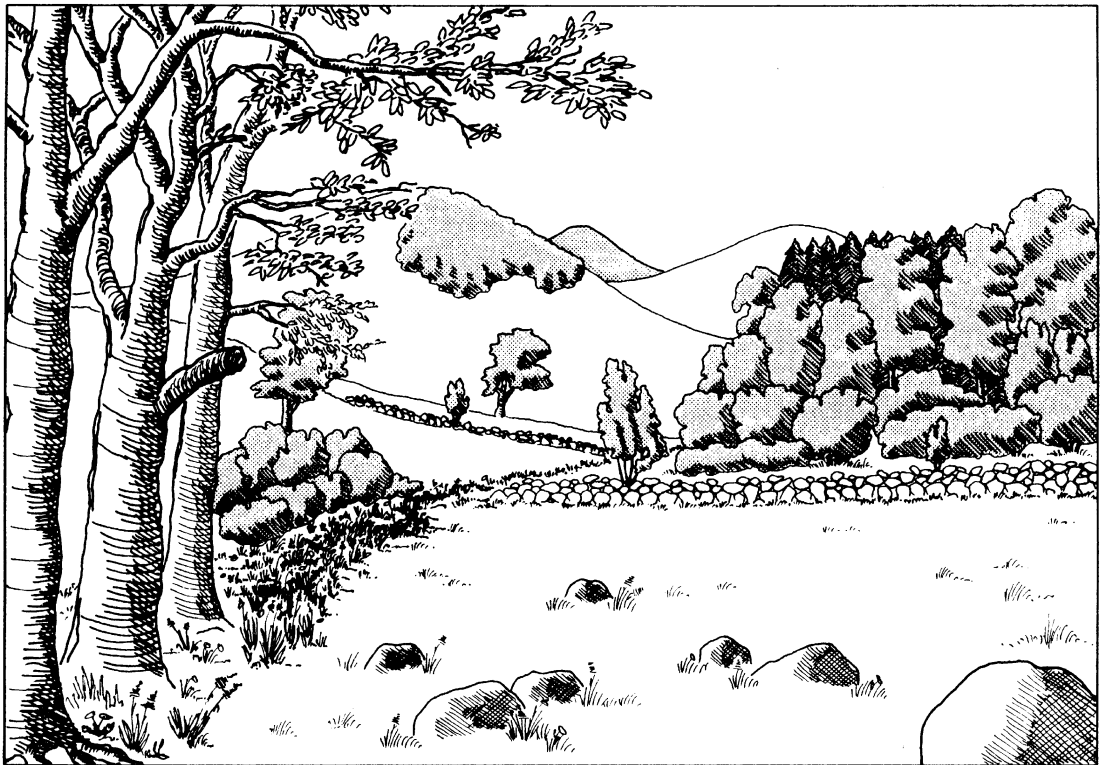


Abbildung G/5

#### Gestaltungsideal für einen mittelhohen, grünlanddominierten Basaltkegel Nordostbayerns

satzgebieten bedrohter Landschaftsrassen (z.B. Rhön-schaf, Coburger Fuchsschaf). Die räumliche Trennung zwischen Pferch- und Weideflächen ist im Bereich der Basalthelden besonders wichtig, da die Düngerwirkung auf diesen mittelgründigen sorptionsstarken Standorten viel deutlicher ist als im Kalk- oder Kristallinbereich. Der beträchtlichen Aufwuchsmenge ist bei höheren Besatzdichten bzw. größeren Herden beizukommen. Ist eine scharfe Beweidung im engen Gehüt mit weitgehendem Verbiß auch der Problemarten, wie Bergrispe *Poa chaixii*, nicht gewährleistet, so kann eine Umtriebskoppelweide mit jeweils kurzen, aber hoch bestoßenen Weideportionen eine Ersatzlösung bieten.

Traditionell gemähte, weitgehend **entsteinte Mähwiesen der Basalthochflächen** sollten nach Möglichkeit weiterhin einschürig genutzt werden.

Die Zusammenarbeit von Forstamt und Naturpark Fichtelgebirge bei Hohenberg/WUN zeigt, daß gelegentlich auch im bewaldeten Zustand einzelne

geomorphologisch prägende Basaltkuppen wieder stärker hervorgehoben werden können (Schafbeweidung auf einer jungen Windwurflläche). Dagegen sind in naturwaldbestockten Basaltblockfluren, Basaltsteinbrüchen, an aufragenden vulkanogenen Felsen und an steilen Basaltfelsheiden keine Pflegemaßnahmen erforderlich.

Der Erlebniswert des Geotops Schlotfüllung wird durch einen Aufschluß (Steinbruch) erhöht, wenn etwa der Schlotkern, der Tuffmantel und evtl. sogar noch Reste der hochgepreßten Landoberfläche sichtbar gemacht werden können. Abbaustellen sollten jedoch nur eine Ausnahme darstellen und dürfen keinesfalls den Gesamteindruck des vulkanischen Geotops beeinträchtigen.

Nach der "Herrichtung" des Geotops sollten Informationstafeln aufgestellt werden, die die Entstehung, Entwicklung und den erdgeschichtlichen Wert der vulkanischen Form erläutern.



## H Meteoritische Erscheinungen und Formen (Riesereignis)

Für den Geotopschutz wichtige Hinterlassenschaften von Meteoriteneinschlägen beschränken sich in Bayern zwar auf einen Kreis von 50 bis 80 km Durchmesser in den bayerischen Landkreisen Donau-Ries (DON), Dillingen (DLG), Ansbach (AB), Weißenburg-Gunzenhausen (WUG) sowie auf den baden-württembergischen Ostalbkreis. Die Einmaligkeit dieser Erscheinungen veranlaßt jedoch eine Separatbehandlung innerhalb dieses Bandes. Schließlich ist das Ries "möglicherweise der größte, vor allem aber besterhaltene unter den großen Meteorokratern der Erde" (RICHTER 1985:182).

Selbstverständlich sind auch hier gewisse Überschneidungen mit anderen Geotop-Kategorien (z.B. B: Aufschlüsse, E: Karst, F: Inselgesteine, Härtlinge) unausweichlich. Wegen der Zusammengehörigkeit aller direkt oder indirekt vom Meteoriten-Impakt (Einschlag) geprägten Formen und Begleitphänomene innerhalb des einzigartigen "Geo-Parks" der Ries-

landschaft empfiehlt sich eine Verlagerung und Konzentration der Überschneidungsfälle auf den Teil H.

Die Grundvorgänge des Riesereignisses und auch seine fast ebenso bewegte Erforschungsgeschichte erfreuen sich auch in der Bevölkerung des Raumes und in den Schulen eines vergleichsweise hohen Bekanntheitsgrades. Die Fach- und Populärliteratur zum Riesbereich ist mannigfaltig. Deshalb können die fachlichen Grundlagen sehr knapp gehalten werden.

Der Geltungsbereich des Bandteiles H erstreckt sich über das eigentliche Ries hinaus auf alle auffallenden Landschaftselemente, die auf den Meteoriteneinschlag zurückzuführen sind. Diese befinden sich im Regelfall in den Landkreisen DON, DIL, WUG und AN (sowie Ostalbkreis).

### H.1 Grundinformationen

**Meteorite** sind außerirdische Festkörper, die in die Erdatmosphäre eindringen und dabei Masse verlieren können. Sie werden, wenn sie nicht schon beim Durchstoßen der Erdatmosphäre verdampft sind, je nach Untergrundbeschaffenheit am Boden zertrümmert oder dringen in das Gestein ein. Dabei verdampft ein weiterer Anteil oder der gesamte Rest. Meteoritisches Material als sichersten Einschlagsbeweis findet man i.d.R. nur bei weniger hartem Untergrund in kleineren, relativ jungen Kratern. Bei größeren wie dem Ries ist die Energie des einschlagenden Körpers zu groß, so daß die Meteoriten verdampfen oder als Staub in die Atmosphäre getragen und fein verteilt werden.

#### H.1.1 Charakterisierung

Im folgenden wird kurz das außergewöhnliche Geschehen des Riesereignisses skizziert, darauf werden die wichtigsten heute noch an der Oberfläche verfolgbareren Erscheinungen und Formen auch in ihrer Relevanz für den Geotopschutz charakterisiert, angefangen von der Großform des Kraters bis zu den unauffälligen gesteinskundlich-morphologischen Zeugnissen.

Die meteoritische Hauptform ist der mehr oder weniger runde **Einschlagkrater**. Seine Tiefe ist abhängig von der Einschlaggeschwindigkeit, der Meteoriten- und der Untergrundbeschaffenheit. Nach REIFF (1974) beträgt das Verhältnis von Tiefe zu Durchmesser bei Meteoriten geringerer Dichte (mit einem höheren Anteil von leichtflüchtigen Stoffen) 1:17 bis 1:24. Diese zeigen außerdem i.d.R. **zentrale Erhebungen (central uplifts)**. Bei Riesenkratern wie dem Ries ist die zentrale Erhebung häufig ein **Ringwall**. Er entsteht beim Rückfedern und Zurück-

fallen des verdrängten Gesteins. Der morphologische **Kraterrand** entspricht der Grenzlinie zwischen dem bewegten bzw. nach dem Ereignis nachgeschackten und dem nicht lageveränderten Gestein.

Das beim Einschlag zerrüttete, zerscherte oder umgewandelte Gestein kann beim Verdrängen Schließflächen auf dem autochthonen Untergrund hinterlassen, die häufig aber von dem schleifenden Material selbst verdeckt bleiben und nur mikromorphologisch wirksam sind.

Der Meteoriteneinschlag hat große Lageveränderungen sowohl in der Horizontalen als auch in der Vertikalen (Stratigraphie) zur Folge. Das Entstehen einer Hohlform beim Aussprengen bedingt das "Aufquellen" der zuvor unter Auflastdruck gelegenen Gesteine und das Nachbrechen und -rutschen von Gesteinspaketen am Rand der frischen Hohlform.

All diese Erscheinungen kehren auch im und um das Nördlinger Ries wieder, einer der weltgrößten und bekanntesten "Meteoritenlandschaften" überhaupt.

Der Name dieses fast kreisrunden, flachen, 20 km N-S- und 24 km W-E-durchmessenden, mit ca. 420 m NN nur wenig über Donau-Niveau gelegenen Beckens geht auf das Volk der Raeter, die hier einst siedelten, zurück ("Raetia" = "Ries"). Der Kessel-Eindruck entsteht durch Randhöhen, die im Norden bis 520 m, im Süden bis über 600 m aufragen, über denen an manchen Tagen ein optisch verstärkender Wolkenkranz steht. Im N und W ist das Ries in das Albvorland eingetieft, im S und E in die Albtafel.

Die Entstehung durch Meteoriteneinschlag wurde erst nach 1961 bewiesen, als US-amerikanische Forscher im Suevit\* (sog. "Schwabenstein") des Rieses Hochdruckmodifikationen des Quarzes, Coesits und Stishovits, fanden. Coesit bildet sich erst bei einem sehr hohen Druck von 300 kbar und Temperaturen über 3.000°C, also Bedingungen, die bei vulkanischen Prozessen (= die früher angenommene Entstehungsursache des Rieskraters) nicht auftreten. Die Höchstdruck-Quarzminerale Coesit und Stishovit sind quasi zu Leitmineralen für die Identifikation von Meteoriteneinschlägen geworden. Ein weiterer Beweis für eine derartige Entstehung war der Fund von Spuren chromhaltigen Eisens, wie es in Steinmeteoriten vorkommt (LOUIS & FISCHER 1979).

Allen neueren Befunden zufolge muß sich der Meteoriteneinschlag folgendermaßen zugetragen haben (Abb. H/1, S. 475):

**Bild I:** Vor etwa 14,8 Mio. Jahren (Unteres Miozän) trifft ein Steinmeteorit mit einem Durchmesser von etwa 700 m mit kosmischer Geschwindigkeit (ca. 30 km/sec.) auf den Albtrauf.

**Bild II:** Durch den Aufprall, der Drücke bis zu 500 kbar erzeugt, wird das bis zu 600 m mächtige Deckgebirge aus Jura und Keuper durchschlagen, der Meteorit dabei komprimiert. Die mechanisch zertrümmerten Gesteine aus dem Deckgebirge und dem kristallinen Grundgebirge werden als Bunte Trümmernmassen bis zu 40 km weit in das Umland in flachem Bogen ausgeworfen oder ausgeschoben.

**Bild III:** Beim Eindringen in das Grundgebirge verdampft der Meteorit. Im Zentralteil des Kraters werden die Gesteine des kristallinen Grundgebirges komprimiert und durch die extrem hohen Temperaturen von mehreren 10.000°C aufgeschmolzen. Durch eine Rückfederbewegung wird das Material in Form einer glühenden Staubwolke aus geschmolzenen Gesteinsfetzen steil nach oben ausgeworfen. Ein Großteil fällt wieder in den Krater zurück bzw. lagert sich in Kraternähe als Suevit über den Bunten Trümmernmassen ab.

Bei diesem in Bayern einzigartigen Ereignis wurden fast 1.000 km<sup>3</sup> Gestein bis in Tiefen von 4 km bewegt, mindestens 150 km<sup>3</sup> flogen zertrümmert und teilweise aufgeschmolzen aus dem Krater heraus auf die Alb und ihr Vorland. Als Zeugnis des Impakts blieb ein Krater (Rieskessel) mit einem Durchmesser von ca. 25 km zurück, der zwischen 80 und 220 m in die Alb eingesenkt ist. Sogar die Moldavite Böhmens und Mährens werden als Glasregen mit dem Riesereignis in Verbindung gebracht.

Das Ries ist der weltweit am besten erforschte Riesenkater und weist einzigartige geologische Phänomene und Reliefelemente auf, welche durch ihre faszinierende Entstehung größte erdwissenschaftliche Bedeutung haben, auch wenn sie nicht immer sofort ins Auge springen.

### H.1.1.1 Einschlagkrater

Die heutige Hohlform des Nördlinger Rieses entspricht nicht dem primären Einschlagkrater und läßt keine direkten Rückschlüsse auf die tatsächliche Meteoritengröße zu. Kurz nach dem Einschlag kam es in der Randzone des primären Kraters zu umfangreichen Absenkungen und Nachbrüchen der aus hartem Malmkalk bestehenden Umgebung, die den Krater auf die heutige Größe erweiterten. Der Kraterboden hat im Spättertiär und Quartär starke morphologische Veränderungen (Sedimentationen, Erosionen durch Flußläufe etc.) erfahren. Die Abb. H/2 (S. 476) zeigt die Endphase der Kraterbildung nach dem Einschlag (Bild oben) und das Profil des Kraters, wie es sich heute darstellt (Bild unten).

Der Kraterboden ist lebendiger Siedlungs- und Wirtschaftsraum. In ihm haben sich sekundäre Landschaftsformen gebildet, die man keinesfalls dem meteoritischen Formenschatz zurechnen kann (Niedermoore, Flugsand- und Dünenfelder, Talauen u.a.).

Lediglich die im Jungtertiär "unmittelbar" nach dem Einschlag im Riessee abgesetzten Süßwasserkalke seien hier (in Teil H) als bemerkenswerte Geotope berücksichtigt, da sie

- als obere Stockwerke den riesischen Auswurf- und Trümmernmassen aufsitzen oder
- als heute isolierte, oft auffällig geformte Erosionsrestkuppen landschaftsgliedernde und Biotopfunktion haben (z.B. Goldberg);
- als Fossilkonzentrate erhebliche paläontologische Bedeutung besitzen.

Das heißt jedoch nicht, daß die Riesebene rücksichtslos überbaut, zerschnitten oder anderweitig umgeformt werden könnte. Die Erlebnis- und Dokumentationswirkung der Kraterabdachung, des Kristallinen Walles usw. bedarf eines einigermaßen freien Vorfeldes. Erhaltung der landwirtschaftlichen Nutzung, nur sehr behutsame Veränderungen der Wald-Freiflächen-Verteilung und Vermeidung von Zersiedlungserscheinungen sind dafür die Voraussetzung.

### H.1.1.2 Innerer Kristalliner Wall

Trotz seiner fragmentarischen Erhaltung ist der "Innere Kristalline Wall" von außerordentlicher Bedeutung, stellt er doch den aufgeschobenen und aufgeworfenen Rand des **eigentlichen, primären** Einschlagskraters dar. Ausgleichsbewegungen im Zentralbereich des primären Einschlagskraters hatten kristalline Gesteine nach oben befördert und dort wallförmig abgelagert. Weitere Ausgleichsbewegungen stellten allerdings im Anschluß die heutige 25 km durchmessende Kraterstruktur her.

Der Innere Kristalline Wall hat einen Durchmesser von 11 km. Diese Zeugenform des Meteoriteneinschlags

\* Suevit = Kraterglas; durch Schock völlig umgewandeltes Gestein.

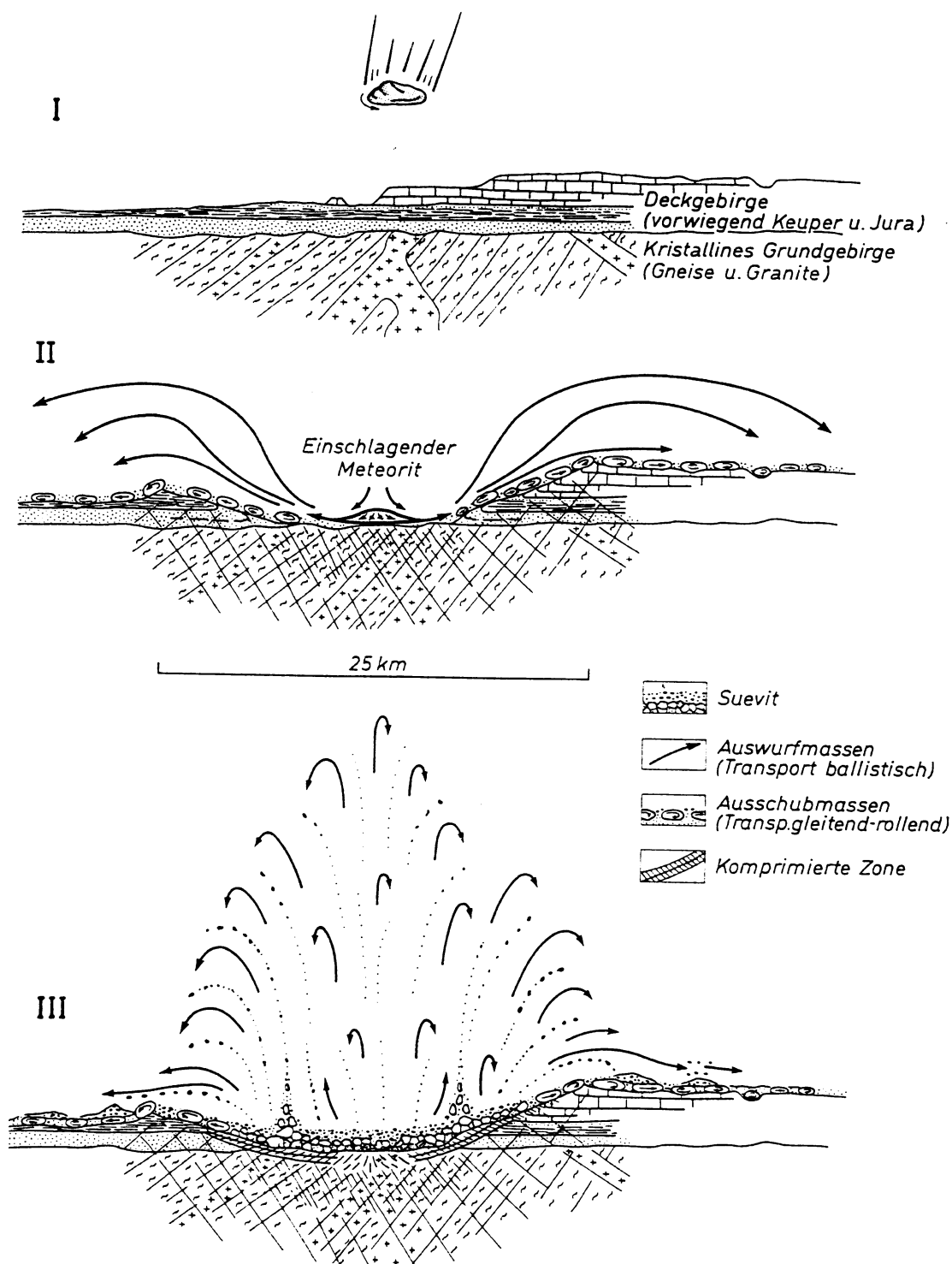


Abbildung H/1

Darstellung des Meteoriteneinschlags im Nördlinger Ries (nach SCHMIDT-KALER, in GLA 1981)



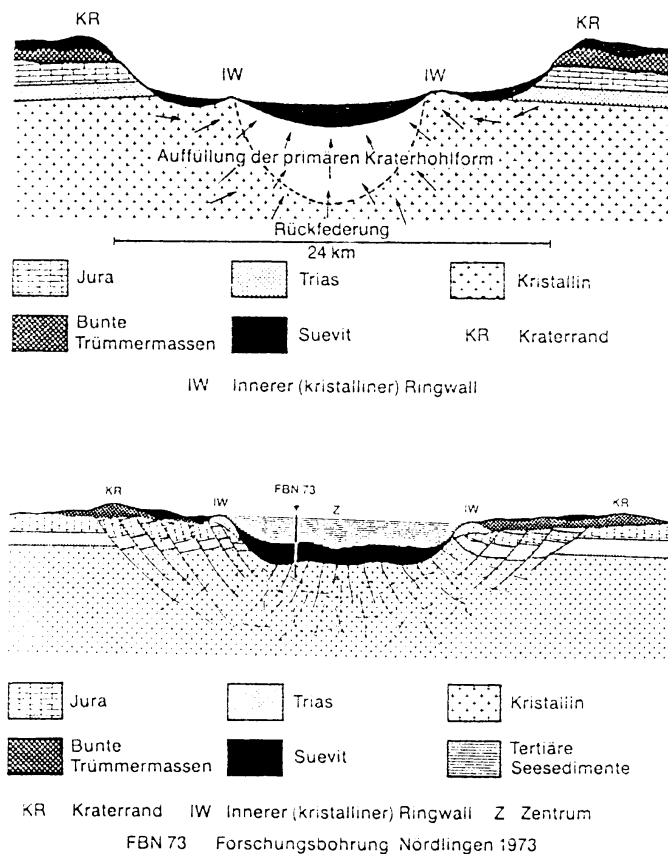


Abbildung H/2

Profil durch den Rieskrater unmittelbar nach dem Einschlag (oben) und sein Erscheinungsbild heute (unten) (KAVASCH 1991)

ist heute noch als nach Norden offener, hufeisenförmiger, aber unterbrochener Hügelkranz erhalten. Er erstreckt sich vom Wennenberg über den Alerheimer Schloßberg, den Steinberg und Hahnenberg bei Appetshofen, den Schloßberg Lierheim, den Adlersberg, Stoffelsberg und Galgenberg bei Nördlingen bis zum Wallersteiner Burgberg (dort unsichtbar) und Furthberg.

Der Aufbau dieser Hügel ist stets gleich: einem Sockel aus brüchigem Granit und Granitmodifikationen, die bei geringster Belastung zu Sand zerfallen, ist eine Kalkhaube (Riesseekalke, oft nur aus den Schalen kleiner Schnecken und Krebse bestehend) teilweise oder ganz übergestülpt. Nicht selten sind hier auch noch Keuper und Muschelkalk anzutreffen.

Typisch für diese Hügel sind Lesesteinwälle auf den angrenzenden Äckern, die von der landwirtschaftlichen Nutzung der skelettreichen Böden herrühren (vgl. LPK-Band II.11 "Agrotope").

Alle deutlich erhabenen Restformen des Inneren Walles tragen Geotop-Charakter und sind landschaftsplanerisch "mit Glacé-Handschuhen" zu behandeln. Bereits sehr weit fortgeschrittene Beeinträchtigungen ihrer aktuellen Bild- und Lehrwirkung (Verfüllung der alten Steinbrüche, Aufforstung der Magerrasen auf den aufgesetzten Süßwasser-

kalk-Kappen usw.) veranlassen künftig eine wesentlich abgewogenere Entwicklung.

### H.1.1.3 Kraterrand

Der Kraterrand ist die äußere Begrenzungslinie einer Zone von stark zerrüttetem und bewegtem Material außerhalb des Inneren Kristallinen Walls, das nach GALL et al. (1975) im wesentlichen aus Großschollen des ehemaligen Deckgebirges (v.a. Jura) besteht. Der morphologische Kraterrand trennt diese Zone von der autochthonen Abscherfläche der Mittelgebirgsumgebung, die aber meist durch einen Schleier von Auswurfmassen überdeckt ist.

Er ist vor allem dort als Geotop zu werten, wo das Anstehende die Morphologie bestimmt, d.h. eine Hangkante sichtbar bleibt. Ohne Kenntnisse der Geologie ist der eigentliche Kraterrand rein morphologisch oft nur schwer von den Erhebungen in der sog. Schollen- oder Schuppenzone (HÜTTNER 1969) zu unterscheiden. Jedoch ist das mittlere Niveau ab diesem Rand ca. 70 - 100 m höher als das der Kraterbene (ca. 420 m NN). Optisch besonders wirksam und schützenswert sind die Abschnitte des Kraterrands, wo die Hangkante nicht durch eine Waldbestockung verdeckt ist und somit der Blick auf die angrenzende Hochfläche über die Hangkante

**Tabelle H/1**

Übersicht über die Riesgesteine (nach HÜTTNER 1977)

<b>Mechanisch verändert, aber nicht geschmolzen</b>		<b>mechanisch verändert und aufgeschmolzen</b>
vereinzelt mit Anzeichen niedriger Stoßwellenmetamorphose	durchgehend mit niedriger Stoßwellenmetamorphose	mit allen Stufen der Stoßwellenmetamorphose
<b>Bunte Trümmersmassen</b>	<b>Bunte Kristallinbreccie</b>	<b>Suevit</b>
a) Allochthone Schollen aus verschiedenen Gesteinsarten b) Bunte Breccie		

bis zur Kraterenebene bzw. auf einen möglichst tiefen Punkt in der Schollenzone frei bleibt.

Markante Kulissenwirkung gewinnt der "Kraterand" aber auch dort, wo die Steilstufe durch Buchen-/Eichenmischwälder markiert, das Vorfeld aber unbewaldet ist (z.B. zwischen Mönchsdeggingen und Möggingen).

#### **H.1.1.4 Impaktgesteine, ihre Aufschlüsse und Formen**

Die Krateraussprengmassen und durch den Impakt umgewandelten Gesteine gehören neben der Bildung der Hohlform zu den auffälligsten Auswirkungen des Meteoriteneinschlags. Die Riesgesteine lassen sich nach ihrer Zusammensetzung und der Art der Umwandlung folgendermaßen differenzieren (Tab. H/1, S. 477).

##### **H.1.1.4.1 Bunte Trümmersmassen**

Bunte Trümmer bestehen aus mechanisch zerkleinertem und manchmal auch heterogen vermengetem Gestein, das vor dem Riesereignis im Bereich des Kessels entstand (kristallines Grundgebirge, Trias- und Jura-Gesteine; vereinzelt auch Sedimente der Oberkreide und Material aus dem präriesischen Tertiär). Die Größe der vermengeten Partikel schwankt zwischen Gesteinsstaub und Schollen in Größenordnungen bis zu 1.000 m (CHAO et al. 1978).

Nach GALL et al. (1975) setzten sich die Trümmersmassen innerhalb des Kristallinen Walls überwiegend aus kristallinem Grundgebirge und vereinzelt aus Komponenten des ehemaligen Deckgebirges zusammen. Diese Trümmersmassen sind heute aller-

dings unter der bereits erwähnten, bis ca. 300 m mächtigen Sedimentschicht begraben. Außerhalb des Inneren Kristallinen Walls werden sie dagegen zum größten Teil aus Gesteinen des sedimentären Deckgebirges (v.a. Jura) gebildet. Beimengungen des kristallinen Grundgebirges treten stark zurück. Postriesische Abtragung hat die früher geschlossene Trümmerdecke stark reduziert, vor allem im Norden. Die vom Einschlagszentrum am weitesten entfernten Relikte befinden sich ostwärts 37 km weg\*.

Innerhalb der Bunten Trümmersmassen werden die Bunte Breccie und Megablöcke unterschieden:

Die **Bunte Breccie** besteht aus einer feinkörnigen Grundmasse, in die völlig unsortiertes Material aus allen stratigraphischen Einheiten eingelagert ist. Markante Komponenten sind rote und grüne Keupertone (z.B. Feuerletten), weiße Keupersande (Burgsandstein), dunkle Braun- und Schwarzjuratone und Weißjurakalke. Die **Megablöcke** sind große Gesteinsschollen mit einem Durchmesser zwischen 25 m und 1 km. Sie bestehen aus Sedimentgesteinen verschiedener stratigraphischer Niveaus, hauptsächlich jedoch aus intensiv zertrümmerten Malmkalcken.

Den Vorgang des Auswurfs der Bunten Trümmersmassen verdeutlicht **Abb. H/3** (S. 478).

Allgemein ergaben sich dabei folgende Erscheinungen und Zusammenhänge:

Horizontale Verteilung: Riesauswärts nimmt das Alter und die Größe der Auswurfmassen ab. Die ehemals oberen Schichten (Tertiär, Kreide, Jura) wurden in einem flachen Winkel und damit sehr weit herausgeschleudert und innerhalb von Sekunden ab-

\* Unter Vernachlässigung der "Reuter'schen Blöcke", bzw. der "Brockhorizonte", die unter Molassebedeckung auch noch in wesentlich größerer Entfernung gefunden werden.

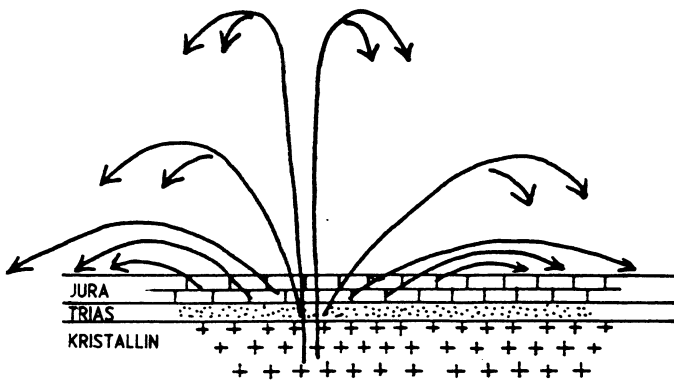


Abbildung H/3

Schema des Auswurfvorgangs (eigene Darstellung)

gelagert. Die unteren Schichten (Trias und Grundgebirge, metamorphisiertes Grundgebirge) wurden aus größerer Tiefe geholt und in sehr steilem Bogen hochgeschleudert, weshalb sie relativ nahe am Einschlagszentrum abgelagert wurden. Das stärkste Auswurfmassenrelief findet sich daher in der näheren Umgebung des Kraterands (siehe auch [Abb. H/6](#), S. 488).

Vertikale Verteilung: Durch den Einschlag wurden zunächst die ehemals oberen Deckgebirgsschichten herausgeschleudert, weswegen der Malm als das jüngste Gestein in mehrschichtigen Auswürfen des kraternahen Bereichs die unterste Lage bildet. Die älteren und ehemals unteren Gesteinsschichten liegen i.d.R. nun über den jüngeren Gesteinen (stratigraphische Umkehr).

Innerhalb der Kraterhohlform wurden nur sehr steil gestellte Schollen und der Innere Kristalline Wall im Laufe der Zeit wieder freigelegt. Kleinere Trümmer oder Suevit-Auswürfe blieben weiterhin in sehr tiefen Schichten begraben. Nur selten findet man sie anstehend an Schollen oder an Hügeln des Inneren Kristallinen Walls.

Einige km außerhalb des Kraterands vereinigte sich das ausgeworfene und geschobene Material zu einem Gesteins- und Bodenbrei, insbesondere dort, wo weiches Material auf der Oberfläche anstand (Molasse im südlichen Vorries, Verwitterungslehme v.a. auf den angrenzenden Albflächen) und wurde zum Teil durch spätere lineare (= fluviale) Erosion wieder freigelegt.

In der Riesumgebung schwankt die Mächtigkeit der Trümmernmassen (beachte: ist nicht gleich relativer Höhe im Gelände!) ganz erheblich, da zur Zeit des Auswurfs die umgebende Landoberfläche ein ausgeprägtes, oft steilwandiges Erosions- und Karstrelief besaß. Durchschnittlich wird eine Mächtigkeit von 80 m erreicht, über alten, verfüllten Tälern sogar von max. 200 m (CHAO et al. 1978).

Bei der Aussprengung aus dem Krater und der Überschiebung auf das Vorland wurden die Schollen innerlich stark deformiert. Tonig-mergelige Sedimentgesteine wurden dabei verbogen, Sandsteine meist grob zertrümmert, stellenweise auch völlig zermürbt. Bei harten, spröden Gesteinen (kristallines Grundgebirge, Malmkalk) führte dieser Vorgang zur sog. Vergriesung: Dieser Ausdruck weist auf völlig zerstörte, intensiv zerklüftete und verruschelte\* Gesteine hin, die in kleine Fragmente zerlegt wurden. Größere Bruchstücke liegen oft in einer mörtelartigen Grundmasse.

**Griesbuckel** sind zermürbte, z.T. zertrümmerte Malmkalkrelikte, die aus dem umgebenden weichen Material, in das sie häufig beim Aufschlagen eintauchten, herauswitterten und oft auffallende Kegel, Kuppen und Höcker verschiedener Größenordnungen bilden. Diese können häufig als Lockergestein ("Gries") abgebaut werden. Ein besonders schönes Beispiel ist die Demminger Griesbuckellandschaft.

Im größeren Verband bilden diese Auswurfmassen ein sehr eigenes liebliches, sanftwelliges Relief, das auch in ökologischer Hinsicht Sonderstandorte bereitstellt. Nirgendwo sonst in Bayern bilden Weißjurakalke, die man sonst als Talhänge, langgezogene Abstrübe oder Hochflächenmassive kennt, ähnlich kleinteilige, auf kleinstem Raum alle Expositionen und Hangneigungen vereinigende Reliefelemente, die man morphologisch eher mit besonders markanten Glazialformen oder Gletscher-Rundhöckern vergleichen könnte.

Hin und wieder treten auch größere, aus dem tiefen Untergrund herausgeschlagene **Kristallinschollen** aus Graniten, Gneisen, Amphiboliten usw. in Erscheinung. Die Gesteine sind stark geschockt und zeigen verschiedene Stadien der Stoßwellenbeanspruchung (RICHTER 1985). Am Wennenberg kommt sogar das spezifische Impaktgestein Wennenbergit zum Vorschein, ein lamprophyrisches Ganggestein.

\* Ruschelzone = tektonische Zerrüttungszone mit intensiv gefalteten oder zerstörten Gesteinsverbänden.

Nicht alle Vorkommen bunter Trümmersmassen können als Vorrangflächen des Geotopschutzes Berücksichtigung finden. Besonders zu beachten sind aber deutlich abgehobene Vollformen, entweder Einzelerhebungen oder Scharen von kleinen Erhebungen. Morphologisch prägnante Formen häufen sich natürlich im Riesrandbereich, fehlen aber auch in größerer Entfernung nicht, insbesondere, wenn relativ harte Malm-Schollen in weicherer, später leicht ausräumbarer Umgebung, z.B. auf Opalinus-tonen oder Molassemergeln, "gelandet" sind (z.B. am Turtelberg E Ostheim, N vom Ruheloch bei Ostheim, 1 km NW Ostheim, Spielberg-Schloßfels, Kuppe 1,5 km N Heidenheim, Heidenheimer Buck (alle Vorkommen im Lkr. Weißenburg-Gunzenhausen; vgl. SCHMIDT-KALER et al. 1970). Durch die sog. Reliefumkehr können auch ehemalige Talfüllungen durch Abtrag der ehemaligen Talflanken zu Erhebungen werden, so z.B. im Osten der "Hesselbergmulde" bei Lentersheim (GALL et al. 1975).

Gelegentlich verdienen aber auch eingeebnete oder Senkenvorkommen den "Geotop-Status", besonders dann, wenn sie räumlich mit anderen insulären Gesteinsvorkommen und regional erhaltenen Biotopen übereinstimmen. Dies gilt z.B. für die isolierten, eingemuldeten Feuchtwiesen auf der sonst trockenen Hahnenkamm-Hochfläche bei Degersheim/WUG über Bunter Breccie und das riesferne Vorkommen (20 km vom Riesrand und 37 km vom Einschlagszentrum) N und W Bieswang/WUG im Bereich eines Seebeckens der Oberen Süßwassermolasse (Algenknollenkalke). Eine ca. 50 m mächtige Mixtur aus Ries-Auswurfmassen und an Ort und Stelle eingewürgten und mitgerissenen Tertiärtonen ist hier in präriesischen Erosionsvertiefungen erhalten geblieben (SCHMIDT-KALER et al. 1970).

#### H.1.1.4.2 Suevit (Traß, "Schwabenstein"), polymikte Kristallinbreccien

Beim Suevit handelt es sich um eine polymikte\* Kristallinbreccie mit einem hohen (bis zu 70 %) Anteil an Glas, das aus restlos geschmolzenem Kristallin in Form von blasenreichen Bändern, Knollen, Schlieren und feinsten Glaströpfchen vorliegt. Die Komponenten des Suevits zeigen alle Stadien der Stoßwellenmetamorphose, wobei die völlige Aufschmelzung charakteristisch ist. Er wurde bis in Tiefen von 325 bis 600 m nachgewiesen (KAVASCH 1991).

In der Regel erscheint der Suevit als graues bis graublaues, mäßig verfestigtes, tuffähnliches Material, das zu 95-98 % aus Fragmenten verschiedener kristalliner Gesteine besteht. Der Anteil an Sedimentgesteinen ist entsprechend gering.

Eingebettet in den Suevit sind häufig kopf- bis fladenförmige Glasgebilde, die im Ries als **Flädle** bezeichnet werden. Sie entstanden aus geschmolze-

nem Grundgebirge, als sie in noch zähflüssigem Zustand durch die Luft flogen und dabei in Gestalt von aerodynamisch geformten Körpern erstarrten. Die morphologisch harten Flädle werden von der Verwitterung aus dem Gesteinsverband gelöst und gelangen bei einem oberflächennahen Suevitvorkommen (z.B. Heerhof bei Bopfingen) mit dem Pflügen an die Erdoberfläche. Hier werden sie vom Landwirt gesammelt und zu Lesesteinhaufen am Ackerrand aufgestapelt.

Suevit liegt den Bunten Trümmersmassen im allgemeinen auf, da seine Komponenten hauptsächlich aus den tieferen Schichten stammen und deswegen zuletzt auf den vorausgegangenen Auswürfen und Nachrutschungen zur Ablagerung kamen. Dabei wurde zu den Bunten Trümmersmassen eine zwar unregelmäßige, aber scharfe Grenze ausgebildet. Die Mächtigkeit des Suevits beträgt bis zu 80 m, außerhalb des Kraters jedoch nur 25 bis max. 40 m (CHAO et al. 1978). Die Suevit-Hauptmasse lagert jedoch unter den tertiären Seesedimenten als "Rückfall-Suevit".

Suevit gibt es weltweit nur im Riesbereich. Suevitähnliche Gesteine finden sich aber auch in anderen irdischen Meteoritenkratern und auf dem Mond.

Im Geotopschutz ist der Suevit weitgehend nur in Gestalt von (verlassenen) Steinbrüchen und Gruben zu berücksichtigen. Mehr als 130 Vorkommen sind im Riesbereich bekannt. Er lagert in isolierten Vorkommen bis 1 km<sup>2</sup> Größe in der Kraterrandzone und im Vorries.

Außer dem Suevit finden sich in unregelmäßigen Gängen innerhalb der Bunten Trümmersmassen auch polymikte Kristallinbreccien mit geringer Verglasung, so z.B. in der Sandgrube SE Maihingen (Langenmühle) und bei Meyers Keller in Nördlingen.

#### H.1.1.5 Schliffflächen

Die vom Meteoriten bewegten Gesteinsschollen haben ähnlich den Gletschern auf hartem Untergrund z.T. sogar gekritzte oder gestriemte Schliffflächen hervorgerufen. Die Striemen belegen die vom Einschlagszentrum radial nach außen gerichtete Bewegungsrichtung der Trümmersmassen. Solche Schliffe treten nur sporadisch in Steinbrüchen an die Oberfläche, so z.B. bei Gundelsheim, Ronheim, Holheim und N Ursheim.

#### H.1.1.6 Reliktformen der riesischen Süßwasserkalke

Ihr Vorkommen beschränkt sich auf den Bereich zwischen Kraterrand und Innerem Wall. In der Nähe des Kraterrandes bilden sie vor allem im N und NE heute noch größere Flächen. Auf den Erhebungen des Kristallinen Walles bilden sie vereinzelt Kappen (z.B. Wennenberg, Adlerberg, Wallersteiner Felsen).

\* Polymikt = aus Komponenten verschiedener Art zusammengesetzt.

### H.1.2 Wirkungsbereich der Landschaftspflege und des Naturschutzes

Die Spuren des Riesereignisses sind zu vielfältig und großräumig, als daß sie überall die Arbeitsdefinition "Geotope" für diesen Band erfüllen könnten. Der Wirkungsbereich der Landschaftspflege und des Naturschutzes muß hier eingengt bzw. abgestuft werden.

Zwar kann man den sibirischen Tunguska- und amerikanischen Arizona-Krater in siedlungsfreiem Gebiet als Reservat vor jeglicher Veränderung bewahren, nicht jedoch das Nördlinger Ries unter eine Käseglocke stellen. Diese weltweit einmalige **Großform** ist zwar geowissenschaftlich bedeutendes Objekt der allergrößten Dimension, gleichzeitig aber vielbeanspruchter Lebens- und Wirtschaftsraum des Menschen. Der Altlandkreis Nördlingen umfaßt auf bayerischer Seite in etwa das Konzentrationsgebiet der Ries-Erscheinungen. Muß sich erdkundlicher Naturschutz daher auf konfliktfreie Kleinobjekte wie Traß-Steinbrüche oder einzelne Griesbuckel beschränken?

Dies würde nicht genügen. Geowissenschaftlicher Naturschutz muß auch den Gesamtcharakter eines großen Meteoritenkraters und seines Auswurfgebietes zu bewahren versuchen. Dies gelingt nicht allein mit lokalen Unterschutzstellungen und Pflegemaßnahmen, sondern erfordert Rücksichtnahme in der wirtschaftlichen Raumentwicklung, in der Siedlungs- Forst- und Agrarentwicklung, wenn auch nicht das Einfrieren unter einer Käseglocke.

Besondere Sorgfalt gilt

- dem Kraterandbereich, der als mehr oder weniger geschlossene Ringzone reliefschonender und -hervorhebender Landnutzungsweisen und -konzepte angesehen werden sollte;
- den in ihrem Gesamtcharakter zu bewahrenden "Auswurflandschaften" außerhalb des Rieskessels, insbesondere im Süden und Osten (z.B. Kesseltal/DIL, DON, Wörnitz-Trichter - Sonderhof/DON, Niederhaus/DON).

Pflegemaßnahmen sollten hier nicht vereinzelt, sondern über größere Räume und Flächenverbundsysteme koordiniert erfolgen. Alle raumwirksamen Planungen, insbesondere der Bodennutzungen, sollten bewußter als bisher dem erdgeschichtlich einmaligen Sondercharakter dieser Landschaften Rechnung tragen.

Innerhalb dieser Großzonen müssen viele kleinflächigere spezielle Schutz- und Pflegemaßnahmen auf Sonderflächen (Geotopen i.e.S.) dazukommen. Solche punktuelle bis lokale Wirkungsbereiche sind z.B. alle Reliefzeugen des Inneren Kristallinen Wales, die bedeutendsten und artenschutz wichtigsten Griesbuckel, alle deutlich abgehobenen Süßwasserkalkkuppen und -kappen, viele geowissenschaftlich unersetzbare aufgelassene Steinbrüche und Gruben, die Steilböschungen des Kraterandes, die im impaktgestörten Malmkalkbereich gehäuft auftretenden Grotten, Kleinhöhlen und Dolinen (vgl. Teil E) sowie die kulturhistorisch bedeutsamen Branntkalkentnahmetrichter.

In vielen Fällen ergibt sich der Handlungsbedarf schon aus biotop- und artenbezogenen Notwendigkeiten (Hutungen, Trockenrasen, Quellbiotop und Hangquellfluren usw.). Trotzdem deckt dies nicht alle Erfordernisse des Geotopschutzes ab. In folgenden Bereichen sollte geotopbezogenes Handeln im Riesbereich über die herkömmliche Naturschutzpraxis hinausgehen:

- Integration in großräumige Planungsaussagen, die den ganzen "Geopark" des Riesbereiches einschließen (siehe oben);
- Extensivierung bzw. pflegerische Offenhaltung auch jener charakteristischen Elemente und Formen der "Auswurflandschaft", die nicht unter den Art. 6d1 BayNatSchG fallen;
- außergewöhnlich sorgfältige, auf den Formenschatz abgestimmte Behandlung von Neuaufforstungsanträgen;
- Sonderpflegemaßnahmen zur Unterhaltung der Lehrfunktion ausgewählter Steinbrüche und Gruben.

### H.1.3 Standortverhältnisse

Biotopwichtige abiotische Faktoren entsprechen im Riesraum zwar grundsätzlich den Verhältnissen angrenzender Landschaften, das gigantische Naturereignis hat aber die Groß- und Kleinmorphologie völlig neu gestaltet, die Flußsysteme und Täler neu ausgerichtet, eine große Schwemmlandebene geschaffen, durchlässige Karstgesteine mit teilweise staunässebegünstigenden tonigen Trümmern abgedeckt, eine neue Hydrographie einschließlich neuer Quellhorizonte bewirkt und im Bereich von Kristallinschollen und Suevitvorkommen "Sauerbodeninseln" in einer ansonsten karbonatisch geprägten Landschaft hervorgerufen. Letztlich beruhen auch die gebiets- und geländeklimatischen Eigenarten des Raumes auf dem "astralen Zufallsereignis". Dieses Kapitel behandelt zunächst einige Regelmäßigkeiten der Standortverhältnisse im Nördlinger Ries und seinem Umfeld und geht dann auf spezifische abiotische Merkmale wichtiger Geotoptypen ein.

#### Morphologie

Die dominanten Gestaltelemente der Flächenalb sind recht einförmige Hochflächen und meist nordseitige Traufzonen. Im Riesbereich ist alles viel komplizierter. Neben der Riesen-Hohlform entstanden sehr kleinteilige Reliefierungen, die bisweilen eher an eine steilkuppige Moränen- oder Eiszerfallandschaft gemahnen ([Abb. H/2](#), S. 476).

Durch ihre größere morphologische Härte, sprich Verwitterungsresistenz, wurden Kalke als Härtlinge herauspräpariert und überragen die Riesebene, z.T. auch benachbarte Alb- und Albvorlandflächen als Kuppen, Plateaus und Gesimse. Nirgendwo in Bayern bildet der (hier allerdings allochthone) Jurakalk auf engstem Raum so kleinteilige Formen und vielfältige Expositionen aus.

Tone bilden die Kraterfüllung und damit die Unterlage der fruchtbaren Riesebene. In der Schollen-

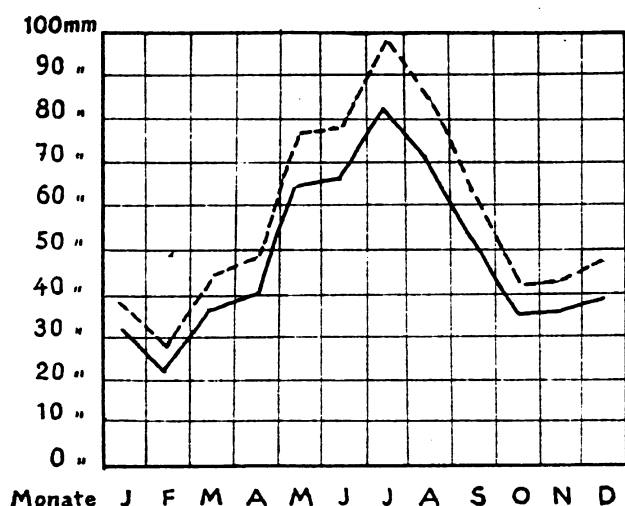


Abbildung H/4

Jahresgang der Niederschläge im Ries  
(nach HAAS o.J.)

oder Trümmerzone zwischen dem Inneren Kristallinen Wall und dem morphologischen Kraterand sind vor allem gekippte Malm-Megaschollen reliefwirksam, die Untiefen im späteren Riessee und so auch den Grundstock für die Ausbildung von Kalkstotzen bildeten.

Das Riesbecken ist im Westteil eine leichtwellige und sehr fruchtbare Fastebene, im Ostries eine sandige, feuchte Ebene, die trotz aller Entwässerungsmaßnahmen noch immer ein weites Wiesengebiet bildet, das von +/- großen Waldflächen unterbrochen wird.

### Klima

Mit einer Grundfläche von 350 km<sup>2</sup> und einer topographischen Einsenkung von 80 bis 100 m nimmt das Ries durchaus eigenständige gebietsklimatologische Züge an. Sein Mesoklima ist trockener und wärmer als das der umliegenden Albflächen:

Mit 600 - 640 mm Jahresniederschlag gehört das Riesbecken zu den trockensten Regionen des Schichtstufenlandes. Hier macht sich die Lage im Lee der Schwäbischen Alb bemerkbar. Allerdings steigert der Anstieg zur Frankenalb im Osten die Niederschläge bereits auf 660 bis über 700 mm. Wemding empfängt im langjährigen Mittel 695 mm, Möttingen im Westen nur 578 mm. Im Geotopzusammenhang bedeutungsvoller sind die lokalen Sonderklimate der unzähligen Steilböschungen (vgl. Abb. H/4, S. 481).

Die Temperaturmittel und die mittleren Maxima liegen im Ries deutlich höher als auf der Alb (Jahresmittel der Stadt Nördlingen: 8,1°C). Dies ist auf die besondere Strahlungsexposition topographischer Freilandsenken, wie sie der Rieskessel darstellt, zurückzuführen, die sich bei Sonneneinstrahlung rasch erwärmen und bei nächtlichen Ausstrahlungsbedingungen stark abkühlen. Mit 1800 bis 1850 Jahresstunden gehört das Ries zu den sonnenreichsten Gebieten Bayerns überhaupt (HAAS o.J.).

Die überdurchschnittlichen Temperaturen, besonders im Sommer und Herbst, sind eine Folge der

geringeren Bewölkung über dem Rieskessel. Die stärkere Erwärmung bewirkt die Ausbildung von Luftdruckdifferenzen mit der Umgebung und damit Luftmassenbewegungen, die bevorzugt in den Vormittagsstunden auftreten ("Neun-Uhr-Wind"). Bei Strahlungswetter bildet sich tagsüber an den Geländestufen wie dem Riesrand eine warme Hangzone heraus, die oft auch mit einer lokalen Zirkulation thermisch angetriebener, hangaufwärts gerichteter Winde verbunden ist. Dies wird deutlich sichtbar an den längs der Geländestufe aufgereihten flachen Quellwolken. Dieser Wolkenkranz kann eine vermehrte Gewittertätigkeit am Riesrand zur Folge haben.

### Böden

Im Nördlinger Ries kam es nach dem Meteoriteneinschlag im Jungtertiär zur Bildung eines über weite Teile flachen und zeitweise stark salzhaltigen Sees. In flachgründigeren Seebereichen und an den Ufern bildeten sich Kalke, die überwiegend organogenen Ursprungs sind, v.a. Algen- und Schalenkalke (hervorragende Fossilagerstätten!). Im Becken selbst wurden zunächst Breccien und Sande, später dann v.a. bituminöse Tone mit Einschaltungen von späteren Braunkohleflözen abgelagert. Die gesamte Seesedimentschicht ist nach Bohrungen im Kraterinneren über 300 m mächtig (FISCHER 1989). Der primäre Einschlagkrater wurde dadurch morphologisch stark verändert.

Während der Eiszeiten kam es im Lee der westlichen und südlichen Krateranderhebungen zu Lößablagerungen, die der Riesebene - mehrere Meter dick und z.T. verlehmt - flächenhaft aufliegen. Aus dem weit gefächerten Flußtal der Wörnitz wurden feine Sande ausgeblasen, die im Ostries große Flächen überdecken und im Bereich Wemding-Gosheim sogar Wanderdünen aufhäufen, die - durch natürlichen Bewuchs stabilisiert - bis heute erhalten geblieben sind. In Wörnitznähe stehen durch spät- und postglaziale Abtragungsvorgänge die ehemals überdeck-



ten tonigen und mergeligen Sedimente des Riesees aus dem Tertiär an der Oberfläche an.

Die Böden im Riesgebiet waren peri- und interglazialen Denudationsvorgängen ausgesetzt. Daher rühren auch auf flacheren Hängen die relativ geringen Bodenmächtigkeiten und Verwitterungsgrade. In der mäßig trockenen Riesebene dominieren neben Pelosolen vor allem Parabraunerden, die ihr Hauptvorkommen auf Löß haben. Östlich der Wörnitz ist ein Übergang zu Gleyen (Böden der Niederungen und Senken) festzustellen, deren Bildung vom Grundwasser entscheidend beeinflusst wird.

Für die Standorte der Meteoriteneinschlagrelikte gilt allgemein: Je steiler die Hänge, um so geringer ist die Bodenentwicklung und um so trockener sind die Standorte in der Regel, da das Niederschlagswasser schnell abfließen kann und wenig Feinkornanteile vorhanden sind, die die Feuchte länger halten könnten. Die geringmächtigen Böden an steileren Hängen sind meist auch skelettreich. Quellaustritte an Hängen bzw. Hangvermässungen (Bildung von Hangmooren) können dort dennoch entstehen, wenn ungestörte Doggertone austreichen. Auch die Bunte Breccie kann bei geeigneter Zusammensetzung so dicht sein, daß sie wasserstauend wirkt.

### Wasserhaushalt

Der Meteoriteneinschlag veränderte die Entwässerung bzw. die Flußläufe in diesem Naturraum, indem er beispielsweise den Nord-Süd-Verlauf der Wörnitz ermöglichte. Auch der Mainverlauf wurde durch den Einschlag verlegt.

Selbst heute ist die Problematik der Entwässerung des Rieskessels immer noch nicht vollständig gelöst: Fast alljährlich treten bei Schneeschmelze und starken Regenfällen die Riesflüsse, besonders die Wörnitz, über die Ufer. Das weite Tal erscheint dann als einziger See von ca. 10 km Länge und stellenweise bis zu 3 km Breite (KAVASCH 1991). Da die Überschwemmungen vorwiegend im Frühjahr und Herbst auftreten, bieten sie optimale Rast- und Sammelplätze für Zugvögel auf der Reise in die Sommer- bzw. Winterquartiere.

Nebeneinander auf engstem Raum liegen Trockenflächen auf den Auswurfmassen-Buckeln und Feuchtbiopte in den sich dabei ergebenden Senken:

- Das durch den Aufprall und Auswurf zerrüttete Gestein bietet dabei meist ein relativ wasergängiges Substrat, das schnell trocknet bzw. Niederschlagswasser an die unbeeinflusste Unterlage abgeben kann, die schon eine längere Bodenbildungsphase hinter sich hat, feinkörniger ist und daher entsprechend wasserstauend wirkt.
- Verbackenes Auswurfmaterial dagegen bringt schnellen oberflächlichen Abfluß; etwaige Feinkornanteile konnten durch erosive bzw. denudative Vorgänge die wasserstauende Eigenschaft der Mulden zwischen den Buckeln noch verstärken.

### H.1.3.1 Innerer Kristalliner Wall

Auf den emporragenden Kristallinschollen und -trümmern dieser Hügelkette bildeten sich im späteren Tertiär Hauben aus Süßwasserkalk, z.B. Wallersteiner Felsen oder Galgenberg bei Nördlingen. Daneben liegen Suevit und Bunte Trümmer auf den Erhebungen. Immer wieder finden sich offene Steinfluren, die nur wenig oder gar keine Bodenansammlung zuließen.

Nur sehr kleinflächig auf den Kuppen und auf den Hängen steht zerrüttetes und metamorphisiertes Kristallin an. Die Hügel zeigen folgende abiotischen Eigenschaften:

**Hangneigungen:** 5° bis max. 40°;

**Relative Höhen:** 30 bis max. 70 m (Wallersteiner Felsen);

**Böden:** allgemein flachgründige bis sehr flachgründige Böden;

- aus Kristallin entstehen Silikat-Syroseme, Ranker, Braunerden;
- aus Suevit entstehen Ranker, saure Braunerden; Podsolierungserscheinungen v.a. unter Wald; bei Ackernutzung und besonders bei flacher Neigung auch tiefhumose (eutrophe) Braunerden mit pH-Werten um 7,0;
- aus den postriesischen Kalkhauben entstehen Kalk-Syroseme und Rendzinen.

### H.1.3.2 Kraterrand

Der eigentliche Kraterrand wird morphologisch durch die anstehenden härteren Gesteine der Mittelgebirgsumgebung gebildet, die aber i.d.R. von Schleiern aus Bunten Trümmern oder von Lößaufwehungen verdeckt werden.

Im SSW, S und E ist der Kraterrandanstieg allgemein steiler ausgebildet, im NW und N dagegen flacher oder fehlt z.T. ganz. Im N und NW (z.T. in Baden-Württemberg) wurde durch den Einschlag Braunjura (Dogger) mit aufgeschlossen, der sanftere Anstiege ausbildet. In geringen Anteilen bilden Keuper-Sandstein, Feuerletten (v.a. im Öttinger Forst) und in kleinen Abschnitten auch die Doggergesteine Ornatenton, Eisensandstein, Opalinustone im N den Kraterrand, der dort morphologisch aber nicht mehr eindeutig zu erkennen ist. Diese morphologisch nicht markanten Reste des Riesereignisses bilden einen Grenzfall nach der Geotopdefinition. Im S und E ist die Riessee-Sedimentschicht im Kraterinneren dagegen bis zum Weißjura-Fuß aufgehöhht und läßt dort abschnittsweise die typischen steilen Malmwände als richtige Schichtstufe den Kraterrand bilden.

**Hangneigungen:** 3° bis ca. 70°; je stärker die Hangneigung, um so rascher die Entkalkung der Böden und umso stärker ihre Erosionsanfälligkeit.

**Relative Höhen:** ca. 50 m im NNE bis ca. 110 m im NE; im W bis NNW (Dogger, Lias) ist kein deutlicher Rand festzustellen, ebenso im Norden (Keuper).

**Böden:**

- Aus Malm (auf steilen Hängen, bes. bei Griesauflage) entstehen Carbonatsyroeme, Rendzinen, verbraunte (= Lehm-) Rendzinen, skelettreiche Braunerden;
- aus Dogger-Eisensandstein entstehen mittlere Braunerden, unter Wald podsolig;
- aus Dogger-Tonen entstehen Pseudogleye, Pelosol-Braunerden, starke Rutschungsgefährdung, starke Quellungen;
- aus Lias-Gesteinen entstehen Rendzinen, verbraunte Rendzinen, Braunerde-Rendzinen, Pelosole, Braunerde-Pelosole; Pseudogleye sind nach FISCHER (1989) als Einsprengsel am nördlichen Riesrand vorhanden, so etwa im Öttinger Forst;
- aus Keupersandstein (Mittlerer Keuper), der zusammen mit Feuerletten im wesentlichen die Böden im Öttinger Forst bildet, entstehen Braunerden, unter Wald podsolig;
- aus Feuerletten (oberer Mittlerer Keuper) entstehen Pelosole.

**H.1.3.3 Bunte Trümmersmassen**

Überdeckungen mit bunten Trümmersmassen haben die ursprünglichen Substrateigenschaften stark verändert. Entsprechend ihrer extrem wechselhaften Zusammensetzung und Durchmischung mit autochthonem Material bilden sie ganz unterschiedliche Standortvoraussetzungen.

Vielfach sind an den Trümmerüberdeckungen (vor allem im Raum zwischen Treuchtlingen und Donauwörth) tonig-schluffige Materialien wesentlich beteiligt (z.B. in der flachwelligen Landschaft bei Bieswang/WUG). Es bilden sich weiche Formen, flache Hügel und Eindellungen mit vorherrschend feuchten bis staunassen Böden selbst auf den Hügelspitzen. Auf der Albhochfläche geben sich riesische Überdeckungsmassen durch sonst seltene Feuchtwiesen (Kohldistel- und Binsenwiesen, z.T. Wiesenknopf-Silgenwiesen), durch (potentielle) Erlenschen- Feuchtwald- bis Bruchwaldstandorte zu erkennen.

In Riesnähe bzw. im Riesrandbereich sind die Trümmersmassen oft durch die hier expansivere und tieferreichende Erosion in steile Kuppen und Hügel zerschnitten.

Aus Trümmersmassen gebildete Kuppen und Höhen ragen innerhalb des Kraterrands ca. 10 bis ca. 35 m, bei Schmähingen sogar ca. 75 m über ihre Umgebung empor. Griesbuckel und Malmschollen außerhalb des Rieses sind meist nicht ganz so massig, aber auch sie heben sich morphologisch oft markant von der Umgebung ab (z.B. bei Fünfstetten und Monheim als 3-15 m hohe Härtlinge). Die Flanken dieser Härtlinge sind oft ungewöhnlich steil, am 80 m hohen Rollenberg/DON im Wörnitztrichter z.T. so-

gar wandfluchtartig. Sehr steil gestellte Schollen können sogar senkrechte Abstürze bilden, so z.B. die gekippte Malm-Scholle E Katzenstein/DON (am südöstl. Kraterrand).

Die oft extreme Morphologie hemmt natürlich die Bodenbildung, begünstigt den Bodenabtrag und schafft Voraussetzungen für Fels- und Steppenheide-Biozönosen, die sich in einigen Arten von denen angrenzender Jurabereiche durchaus unterscheiden (vgl. H.1.4, S. 483).

Das Spektrum der Bodentypen reicht von Kalkscherben-Rohboden, sehr flachgründigen Rendzinen (auf Malmschollen und Griesbuckeln) bis zu mächtigen Braunerden, Pelosolen, Pseudogleyen (insbesondere auf Bunter Breccie) oder sogar Terrae fuscae (Malmschollen). Auf silikatreichem Muttergestein finden sich Podsolierungen. Auf parautochthonen\* und allochthonen\*\* Schollen südlich Fremdingen in der nordwestlichen Schollenzzone entstanden sandige, tonige, mergelige oder lehmige Braunerden. Auf inselartig anstehendem Grundgebirge (Riesgranit) bei Schmähingen und Munzungen entwickelten sich Braunerden, z.T. mit Pseudovergleyung. Auf dem als Auswurfmassenrest zu bezeichnenden Albus bei Schmähingen (geschocktes Grundgebirge, Dogger, Malmgries) dominiert auf dem steiler anstehenden Malmgries weitgehend noch immer das Rendzina-Stadium, an etwas flacheren Hangabschnitten die Braunerde-Rendzina.

Auf den **Griesbuckeln** fand eine stärkere Bodenentwicklung statt als auf den kompakter gebliebenen Schollen, da mechanisch intensivere Zerkleinerung den Verwitterungsvorgang erleichtert. Der aus verschiedenen Mineralien bestehende Suevit bringt Braunerden hervor.

Die flächenhaft erhaltenen Auswurfmassen auf der Fränkischen Alb bilden ein petrographisch buntes Mosaik, das sich aber in den Böden wegen seines kleinräumigen Wechsels nicht überall durchpaust. Sie sind zudem bereichsweise noch durch die sog. Monheimer Höhengänge überdeckt worden, die in gewissem Maße zu einer Standortvereinheitlichung führten.

**H.1.4 Pflanzenwelt**

Vom Riesereignis herrührende Geotopstandorte tragen keine singuläre, nirgendwo sonst in Bayern vorkommende Vegetation und Flora. Das Ries und seine direkt oder indirekt vom Impakt geprägte Umgebung ist in die vegetations- und florengeographischen Regionen der Franken- und Schwabenalb, des nördlichen Albvorlandes und der Stromtalsysteme Donau - Wörnitz integriert. Weite Teile dieses Landschaftsmosaiks sind überdies von artenverarmten nutzungsdominierten Pflanzengemeinschaften (In-

\* Parautochton = in seiner Lage geringfügig verändert, hier z.B. nachgesackte Gesteinspakete.

\*\* Allochton = ortsfremd

tensiväckern, Intensivwiesen, Koniferenforsten usw.) geprägt.

Dieses Gebiet ist zwar aus geologisch-geomorphologischer Sicht eine relativ in sich geschlossene Sonderregion, nicht unbedingt aber aus geobotanischer Sicht. Warum also ein eigenes auf die Pflanzenwelt bezogenes Kapitel? Reichen die überall greifbaren erd- und heimatgeschichtlichen Schutz- und Pflegeargumente nicht aus?

Eine genauere Analyse zeigt für das Ries und seinen Auswurfbereich:

1. Zwischen abiotisch und biotisch interessanten Standorten besteht ein enger Zusammenhang, erdkundlicher und biotischer Naturschutz sind in ihren räumlichen Zielbereichen oft, wenn auch nicht immer deckungsgleich. Es kann exemplarisch dargelegt werden, in welchem Grade vegetations- und artenbezogene Schutz- und Pflegeziele auch der optimalen "Geo-Präsentation" dienen.

2. Viele naturschutzwichtige Florenstandorte und Vegetationseinheiten auch außerhalb der Geotope im engeren Sinne wären ohne das Riesereignis nicht (in dieser edaphisch-morphologisch-lokalklimatischen Form) vorhanden (Feucht- und Streuwiesen, Niedermoore, Flugsandfelder, extrem gefällsarme und breite Wiesenauen mit außerordentlich weitem Überflutungsraum). Diese spezielle Bedingtheit verleiht ihnen einen hohen erdgeschichtlichen Weiserwert. Das Ries und sein Umfeld ist ein vorzügliches Lehrbeispiel, daß der erdgeschichtliche Anschauungswert keineswegs über vereinzelte Naturdenkmäler, sondern nur durch die Erhaltung und Pflege eines landschaftsüberspannenden Biotop-/Geotop-Systems bewahrt werden kann. Eine Geotop-System-Strategie deckt sich weitgehend mit einer aus landschafts- und populationsökologischen Gründen notwendigen Flächenverbundstrategie.

3. Die durch das Riesereignis und seine Folgeentwicklung geschaffene Groß-Topographie hat die pflanzenklimatischen Verhältnisse, die pflanzlichen Ausbreitungsbahnen (entlang der steilhangreichen Riesumrahmung, der Malmschollen und Griesbuckel, entlang der Eger- und Wörnitzniederung usw.) und auch die Flüchtigkeit sowie Lagezuordnung (Konfiguration) bestimmter Biotope (z.B. Magerrasen) wesentlich geprägt. Xerotherme Florenelemente sind im Riesraum deutlich vollzähliger vertreten als etwa im Wellheimer Tal und angrenzenden Jura.

4. Offensichtlich war die Riesniederung aufgrund ihrer topographischen, klimatischen, hydrologischen und edaphischen Sonderentwicklung im Postglazial eines der bedeutendsten mittel- und nordbayerischen Refugien für subarktisch-nordische "Eiszeitpflanzen" (Karlszepter, Himmelsleiter, Bleiche Weide u.a.). Diese bezeichnen Kaltluft- und Vermoorungsstandorte, die zwar für sich keine eigenen Geotope darstellen, aber den ökologischen Gesamtcharakter des großen Meteoritenkessels verstehen helfen.

5. Da durch den Einschlag z.T. das Unterste (Grundgebirge) nach oben gekehrt wurde, sind eine Reihe saurer, für den Großnaturraum höchst ungewöhnli-

cher Sonderstandorte für säureliebende bzw. -ertragende Pflanzenarten entstanden.

Im folgenden wird keine den geotopbezogenen Rahmen sprengende Gesamtdarstellung der Flora und Vegetation des Riesbereichs gegeben, sondern

- 1) einige florengeographische Charakteristika landschaftsbezogen interpretiert,
- 2) auf einige Pflanzengesellschaften und Vegetationskomplexe ausgewählter Geotoptypen hingewiesen.

Dabei ist zu differenzieren zwischen der auf den Geotopen i.e.S. wachsenden Flora und dem Pflanzenleben auf Standorten, die nur indirekt mit dem Katastropheneignis in Zusammenhang stehen (z.B. auf den Alluvionen der Riesebene).

#### H.1.4.1 Florenregionale Besonderheiten des Riesbereiches

In den morphologisch außerordentlich bewegten Heiden, Felsfluren und lichten Gebüsch des Riesrandes, der parautochthonen Schollen, der Griesbuckel und des Wörnitztrichters, also auf impaktverlagerten oder -gestörten Standorten, finden sich eine lange Reihe xerothermophiler Pflanzenarten. Kennarten primärer Xerothermkomplexe, Xerothermwälder, primärer Felsheiden und Trockengebüsche wie *Festuca pallens*, *Allium montanum*, *Carex humilis*, *Thlaspi montanum*, *Achillea nobilis* (aktuell nicht mehr nachgewiesen), *Coronilla coronata*, *Geranium sanguineum*, *Aster linosyris*, *Aster amellus*, *Cotoneaster integerrima*, *Achillea pannonica*, *Buglossoides purpuro-carulea*, *Dictamnus albus*, *Veronica austriaca ssp. dentata* siedeln schwerpunktmäßig auf Steilhängen und felsigen Gesimsen der Ries-Randschollen und deren Prallhängen.

Auf dem östlichen Riesboden mit seinen Flugsanddecken und Schwemmsanden finden sich nach FISCHER (1980) heute noch, wenn auch anthropogen verändert, Sternmieren-Eichen-Hainbuchenwälder (STELLARIO-CARPINETUM).

#### Innerer Kristalliner Wall

Auf den postriesisch gebildeten Kalkhauben des Kristallinen Walles breitet sich z.T. die im Ries so bezeichnete "Jura-Heide" aus: Kalkmagerrasen, Wacholderheidebestände und z.T. Felsheidevegetation. So gedeiht z.B. auf dem mäßig steilen, stärker reliefierten Südhang des Adlerbergs ein Kalkmagerrasen, der im Sommer und Frühherbst einen blütenreichen Aspekt bietet, u.a. mit Taubenskabiose (*Scabiosa columbaria agg.*), Silberdistel (*Carlina acaulis*) und Sonnenröschen (*Helianthemum nummularium agg.*). Auf den offenen Felspartien am Südhang und besonders auf der Hügelkuppe (Malmgries) breitet sich Felsheidevegetation aus: reichlich Mauerpfeffer (*Sedum acre*, *Sedum album*), Schafschwingel (*Festuca ovina agg.*), Thymian (*Thymus pulegioides*). Diese thermophile Vegetation profitiert hier sowohl vom Gestein als auch von der Exponiertheit und dem Relief des Untergrundes. Flächen, die nicht mehr regelmäßig beweidet werden, zeigen

häufig Altgrasfluren und/oder lockere Strauchvegetation.

Die unwirtschaftlichen Böden werden z.T. aufgeforstet. Eine standortfremde Aufforstung zeigt sich am Bergkegel des Steinbergs mit Kiefer, Lärche und Ahorn. Vereinzelt sind auch kleinflächige Fichtenforste oder Fichten-Mischwälder auf dem Inneren Kristallinen Wall anzutreffen.

Auf dem Wennenberg findet sich eine noch weitgehend naturnahe Vegetation: Dort wird die Kuppe und der SW-Abhang des ca. 60 m hoch über die Umgebung ragenden Rieshügels von einem gut gestuften Wald eingenommen, der forstlich bewirtschaftet wird. In der Baumschicht sind dort aber neben standortgerechten Buchen, Hainbuchen und Stieleichen wegen der höheren Rentabilität auch vermehrt Kiefern, daneben Eschen und Ahorn eingebracht. Der Waldsaum (Schlehe, Liguster) und die Strauchschicht sind recht dicht ausgebildet. An trockenen, flachgründigen Stellen kommen auch thermophile Arten, wie das Immenblatt (*Melittis melissophyllum*), vor. Die weniger steilen Hangabschnitte mit Braunerden des Kristallin sind überwiegend ackerbaulich genutzt. Nur als Streifen zwischen den Äckern bestehen hier noch ruderalisierte Magerrasenreste und thermophile Altgrasfluren.

#### Kraterrand

Auf und zwischen offenen Felsköpfen des Kraterrands finden sich Mauerpfeffergesellschaften mit Mauerraute (*Asplenium ruta-muraria*), Feldbeifuß (*Artemisia campestris*) und Ohrlöffelleimkraut (*Silene otites*). Auf skelettreichen, geringmächtigen Syrosemern oder Rendzinen auf steileren Hangabschnitten haben sich Trocken- und Halbtrockenrasen (XERO- und MESOBROMIUM) entwickelt, die im Ries "Jura-Heide" genannt werden. Die nur mit geringer Bodendecke ausgestatteten steilen Malmhänge tragen teilweise auch Kalkmagerrasen, wie z.B. am östlichen Ortsrand von Huisheim.

An sonnigen Hängen mit reichlich Kalkschutt stockte ursprünglich thermophiler, baumartenreicher Eichenwald (CLEMATIDO-QUERCETUM; vgl. FISCHER 1980), der aber durch intensive anthropogene Nutzung (Ackerbau, Beweidung) verdrängt wurde. Wegen der nachlassenden Landwirtschaft auf diesen Standorten setzt allerdings schon wieder die Verbuschung ein. Auf stärker reliefierten, eher schattigen Hängen kommen mesophile Waldreste mit Feldahorn, Rotbuche, Stieleiche in der Baumschicht, Rotem Hartriegel, Hasel, Pfaffenhütchen, Schlehe, Wolligem Schneeball und Holunder in der Strauchschicht sowie Hecken-Kälberkropf (*Chaerophyllum temulum*), Weichem Hohlzahn (*Galeopsis pubescens*), Stinkendem Storchschnabel (*Geranium robertianum* agg.), Gefleckter Taubnessel (*Lamium maculatum*) und Waldziest (*Stachys sylvatica*) vor.

Auf Rendzinen aus Jurakalken findet sich in nördlicher Exposition auch der typische Platterbsen-Rotbuchenwald (LATHYRO-FAGETUM TYPICUM).

Als "Spezialität" der Riesflora sind die Vorkommen von Tannen-Bärlapp (*Huperzia selago*) und Spros-

sendem Bärlapp (*Lycopodium annotinum*) im Riesrandbereich zu bewerten. Bärlappe gelten im allgemeinen als kalkmeidende Gewächse. Dennoch liegen die Fundorte beider Arten auf den Malmkalken der Schwäbischen Alb. Dieses ungewöhnliche Phänomen läßt sich nur aus der Geologie des Rieses vermuten: Der während des Meteoriteneinschlages auf einige Jurabereiche ausgeschleuderte Lehm begünstigte durch Kalkauswaschung die Bildung eines schwach sauren Bodens. Dieser wiederum ermöglichte die Ansiedlung von Kalkmeidern inmitten einer für sie "feindlichen Umgebung" (JOHN, in SCHUTZGEM. WEMDINGER RIED 1990).

#### Bunte Trümmerrassen

Da sich trotz der Reliefumkehr der Auswurfmassen vor allem die zunächst unteren, verwitterungsresistenteren Kalke und Dolomite des Jura erhalten konnten, bestehen die stärker substratgeprägten Frühstadien der Vegetation auf den Bunten Trümmerrassen besonders aus Kalkmagerrasen und kalkliebenden Trocken- und Halbtrockenrasen, die sich in degradierter Form oft als Altgrasbestände darstellen.

Der Kristallinanteil in den Bunten Trümmern sorgt für das (kleinflächige) Auftreten von bodensauren Magerrasen.

Silikathaltige Ausgangsgesteine verursachen auch in der Albumgebung des Rieses botanische "Ausreißer": Am Hang des Rothenberger Hofes (Gde. Fünfstetten) ist in einem kleinen alten Steinbruch kristalline Auswurfmasse angeschnitten, wodurch sich Silikatarten, wie Bergsandglöckchen (*Jasione montana*) und Ackerklee (*Trifolium arvense*), ansiedeln konnten.

HÖHENBERGER (in: SCHUTZGEM. WEMDINGER RIED 1990) entdeckte an einigen Granit- und Suevitstandorten im Ries das Vorkommen kalkmeidender Moosgesellschaften, u.a. aus der Klasse der CERATODONO-POLYTRICHETEA PILIFERI, der Erdmoosgesellschaften.

Stark verwürgte Trümmerrassen verursachen die Ausbildung von quelligen Böschungen, wie östlich Markhof (Gde. Huisheim) oder westlich Sonderhof (Gde. Harburg) mit Flachmoor- und Streuwiesenbeständen.

Die Riesumgebung wird stark ackerbaulich genutzt. Nur auf stark verarmten Böden, beispielsweise über kalkarmen Lehmen, Quarzsanden der Oberen Süßwasser-Molasse, Riesauswurfmassen und Eisensandstein mit seinen podsolierten Braunerden, finden sich Waldbestände. Diese mehr oder minder stark anthropogen beeinflusste Vegetation auf den Trümmerrassen des Rieses setzt sich im fortgeschrittenen Stadium (Waldbestände) wie folgt zusammen:

Die Hochflächen und Hänge östlich Mündling sind mit ihrer Vielzahl an Böden über Alblehmbedeckung und Bunter Breccie Verbreitungsgebiet des aus dem westlichen Ries bekannten Waldlabkraut-Hainbuchen-Mischwalds (GALIO-CARPINETUM FICARIETOSUM, hier mit dem Scharbockskraut).

Auf den in Südhängen eingeschnittenen Tälern und in der Nähe konvexer Hangknicke oder auf Dolomit-

kuppen ist nach FISCHER (1980) der Orchideen-Buchenwald verbreitet (Standort mit reichlicher Sonnenbestrahlung, mäßiger Boden-Luftfeuchte, meist skelettreichen Böden). In der Krautschicht finden sich v.a. xerophytische Pflanzen. Typisch für diese strauchreichen Wälder sind Orchideen (Weißes und Rotes Waldvögelein *Cephalanthera damasonium* und *Cephalanthera rubra*), Seggen (Bergsegge *Carex montana* und Blaugrüne Segge *Carex flacca*).

Auf Südhängen mit reichlich Kalkschutt stocken wärmeliebende Eichenwälder (Steppen-Waldreben-Eichenwälder).

Auf stark degradierten und dann meist pseudovergleyten, nährstoffärmeren Braunerden mit schlechterem Bodenwasserhaushalt aus Bunten Trümmern um Harburg, Monheim bis Donauwörth ist der Seegras- (*Carex brizoides*)-Hainbuchen-Mischwald ausgebildet, in dem alle anspruchsvolleren Pflanzen verschwinden oder unterdrückt werden.

Einige herausragende Felsköpfe von **Malmschollen** tragen bei Nordexposition Mauerpfeffergesellschaften mit Kalkfarnen, z.B. Mauerraute (*Asplenium rutamuraria*) und Zerbrechlichem Blasenfarn (*Cystopteris fragilis* agg.). Auf flacheren Südexpositionen dieser Felsköpfe fehlen die Farne, dafür tritt aber der Steinquendel (*Acinos arvensis*) häufig auf.

Die geringmächtigen und skelettreichen Böden der als Geotop wertvolleren steilen Schollen tragen häufig Trocken- und Halbtrockenrasen und auch Felseiden. In den sonnenexponierten Lagen der Trümmernmassen, insbesondere der Schollen, wo die Schafbeweidung seit langem rückläufig ist und auch die Ackernutzung geringer wird, stellen sich allmählich wieder Buschformationen und lockere Baumbestände ein. Diese "Verbuschung" und Wiederbewaldung geht aber infolge der Nährstoffarmut und geringen Bodentiefe sehr langsam vor sich. Besonders eindrucksvoll fällt diese Wacholderheide-Vegetation um Harburg-Hoppingen sowie in der Umgebung von Demmingen im südlichen Vorries auf.

Malmschollen enthalten oft Kieselknollen. Infolge des Meteoriteneinschlags liegen viele dieser "sauren Flecke" an exponierten Stellen und tragen daher meist keine Bodendecke. Allein durch diese Felsfreilegung ist es möglich, daß sich hier verschiedene Silikatflechten finden, ähnlich wie am Riegelbergzug (SCHUTZGEM. WEMDINGER RIED 1989).

### H.1.5 Tierwelt

Es können keine Tierarten benannt werden, die in direkter Abhängigkeit von den einzelnen Geotopformen des Rieses stehen. Allerdings sind Verflechtungen des Artenbestandes mit der geotopspezifischen Vegetations- und Bodendecke, die sich aus der geologischen Entstehungsgeschichte der Form ableitet, ersichtlich.

Von den Standort- und Vegetationsverhältnissen profitieren im allgemeinen xero- und thermophile Arten, besonders aus der Reihe der Insekten. RASCH (o.J.) beschreibt die große Artenzahl der Tagfalter am südlichen und westlichen Riesrand, wo

wärmebedürftige Arten auf den Steppenheiden, an Waldrändern und auf Lichtungen gute Lebensbedingungen vorfinden.

Als besondere Wärmeinseln locken die Hügel, welche die Riesebene überragen, nicht nur zahlreiche Insektenarten, sondern auch Reptilien an. Auf dem Adlerberg (Teil des Inneren Kristallinen Walls) mit seinen mageren, trockenen und sonnenexponierten Hängen wurde beispielsweise die Schlingnatter (*Coronilla austriaca*) nachgewiesen, die als häufigste Natterart im Ries gilt (SCHUTZGEM. WEMDINGER RIED 1989).

Die Standortvielfalt im Bereich des Meteoritenkraters, besonders der Bunten Trümmernmassen, birgt ebenso zahlreiche Nischen für hydrophile Arten.

Ein Beispiel für die "negative Auswirkung" einer Geotopform im Ries bietet der Rollenberg. Dieser Hügel wird an schönen Tagen bevorzugt als Ausgangsort für die Modellfliegerei genutzt und von einer entsprechenden Personenzahl aufgesucht. Die anhaltenden Störungen durch den starken Besucherandrang sowie die Lärmbelästigungen durch die Modellflugzeuge trugen zum fast vollständigen Verschwinden des Steinschmätzers (*Oenanthe oenanthe*) bei, der früher noch in größeren Scharen am Rollenberg brütete. Auch für das Vorkommen der Heidelerche (*Lullula arborea*), die früher noch häufig im Ries anzutreffen war, kann seit einigen Jahren kein Nachweis mehr erbracht werden (GREINER 1993, mündl.).

Als eher sporadisch ist das Brutgeschehen der Nachtigall (*Luscinia megarhynchos*) zu bezeichnen, die in manchen Jahren bevorzugt auf den Sonnenhügelseiten bei Lierheim und Erolldingen zu beobachten ist. Für das Ries stellt diese Art eine Besonderheit dar, da ihr eigentlicher Siedlungsraum eher im Fränkischen liegt (GREINER 1993, mündl.).

### H.1.6 Verbreitung

Die heutige Verbreitung der Rieszeugen und v.a. deren Massenverteilung entspricht selbstverständlich nicht mehr der ursprünglichen. Das heutige Verteilungsmuster allerdings bietet Aufschluß über die Vorgänge in der Zeitspanne nach dem Ereignis (siehe auch Kap. H.1.3, S. 480).

Die Reste des **Inneren Kristallinen Walls** sind heute als im Norden bis Nordosten offener Ring sichtbar, der aus einzelnen Erhebungen besteht. Die höchsten Erhebungen sind der Wennenberg (469 m NN), Alerheimer Schloßberg (455 m NN), Steinberg (496 m NN) und Hahnenberg (466 m NN) bei Appetshofen, der Schloßberg bei Lierheim (430 m NN), der Adlersberg (468 m NN), Stoffelsberg (482 m NN) und Galgenberg bei Nördlingen (ca. 475 m NN) (Abb. H/5, S. 487).

Der morphologische **Kraterrand** wird durch den anstehenden Malm als richtige Hangkante bei Gosheim (südöstlicher Rand), Christgarten (südsüdwestlicher Rand) und Schaffhausen (südsüdöstlicher Rand) sowie besonders bildhaft südlich Mönchsdeggingen und Hohenaltheim (südlicher Rand) ausgeprägt.





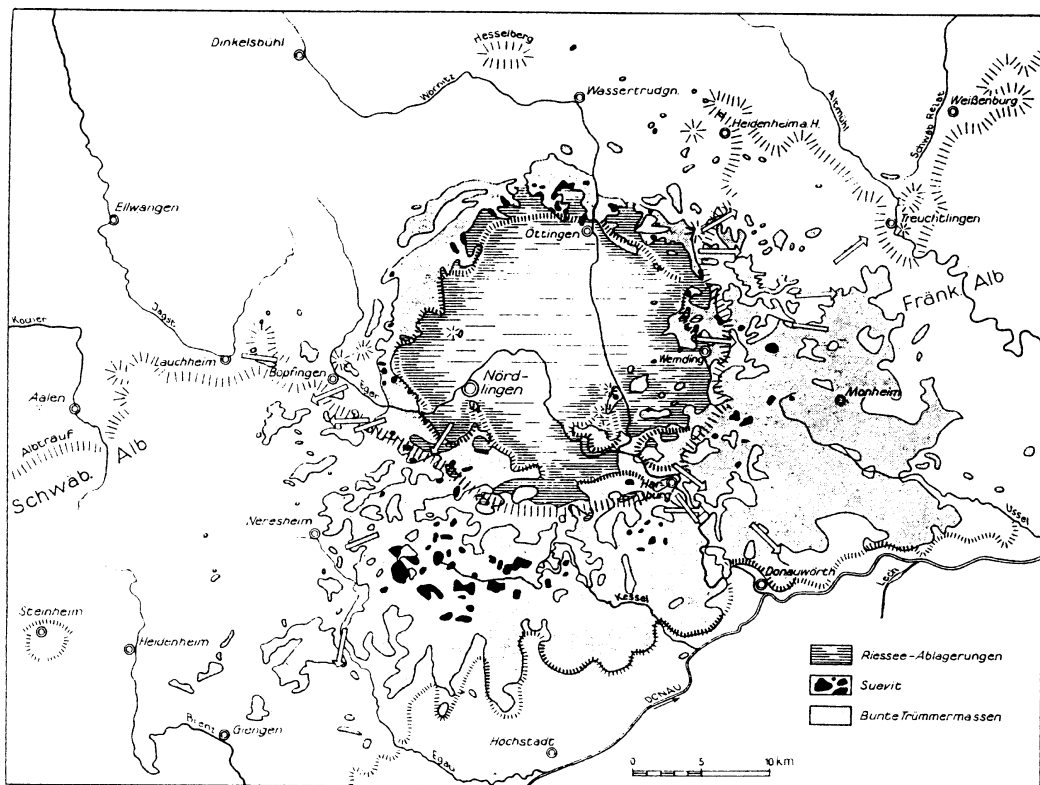


Abbildung H/6

Verteilung der Bunten Trümmersmassen innerhalb und außerhalb des Rieskraters (nach HÜTTNER 1974)

Meter großen Blöcke eines meist mittelkörnigen, quarzitisches verfestigten, sehr harten Sandsteins liegen in der Umgebung von Döckingen (Fränkische Alb) und fallen als ausgesprochene Fremdkörper auf. Weitere Rieszeugen sind die sog. "Brockhorizonte" in der Aichacher Gegend mitten in der Molasse, die sich durch ihren Ammonitenreichtum auszeichnen.

Die Vorkommen von **Schollen** beschränken sich zum überwiegenden Teil auf die gleichnamige, ca. 5-7 km breite Schollenzone. Vor allem die parautochthonen (also nur wenig verlagerten), i.d.R. nachgebrochenen und gekippten Schollen am Kraterand erzeugen eine stark reliefierte Landschaft. Besonders markante Beispiele von Schollen innerhalb des Kraters liegen in der südöstlichen Schollenzone: der steil aufragende Rollenberg, die steil gestellte Kaufertsberg-Scholle bei Lierheim und die stark gekippte Scholle bei Katzenstein. Im Anstehenden finden sich auch Suevit und Bunte Breccie.

Außerhalb des Kraterands sind nur wenige Schollen bekannt: z.B. der Geiselberg bei Mündling oder die Scholle bei Ebermergen, die dort eine Talflanke bildet. Als ca. 30 m hoch aufragender Felsen ist sie weit über das Wörnitztal sichtbar. Der Geiselberg ist eine Malmscholle, die ebenfalls ein Nebeneinander von mehreren Standorten beherbergt: Im Nordwesten wird in der Biotopkartierung ein "kleiner saurer

Fleck" beschrieben. Nach Untersuchungen von MATTERN (in: SCHUTZGEM. WEMDINGER RIED 1989) über den Riegelberg läßt sich schließen, daß solche sauren Flecken auf anderen Malmschollen auch als Kieselknollenvorkommen im Kalk zu deuten sind.

**Griesbuckel** treten auf bayerischer Seite bei Ebermergen westlich der Wörnitz (z.B. der Eichbühl) auf. Kleine Grieskuppen finden sich auch in der westlichen bis nordwestlichen Kraterandzone zwischen Trochtelfingen und Minderoffingen-Geislingen bis Fremdingen.

Der **Suevit** bildet zwar im Kraterinneren eine vermutlich geschlossene Decke, hat dort aber keinen Anteil an der Bildung des Reliefs. Außerhalb des Inneren Kristallinen Walls kommt der Suevit nach CHAO et al. (1978) eher kleinflächig (max. 1 km<sup>2</sup>) und bis 32 km vom Kraterzentrum entfernt vor.

Suevitaufschlüsse können an verschiedenen Orten studiert werden. Die Abbauwände in Otting zeigen eindrucksvoll Entgasungserscheinungen und Absonderungsformen. Der kleine aufgelassene Steinbruch bei Oberringen ist wegen seiner schönen säuligen Absonderungen beachtenswert. Weitere, oft aufgesuchte Suevit-Lokalitäten sind bei Polsingen (Geologischer Lehrpfad), Zipplingen, Altenbürg, Amerdingen, Seelbronn südlich Aufhausen und nördlich Oettingen zu finden.

### H.1.7 Bedeutung für Naturschutz und Landschaftspflege

Welche Bedeutungs- und Sicherungsverpflichtungen erwachsen dem Naturschutz aus den oben geschilderten geologischen und geomorphologischen Besonderheiten im Ries und Umgebung? Inwieweit ist die Biotop- und Artenausstattung auch geotopgeprägt?

Die Bedeutungsinhalte entsprechen dem in diesem Band und im ganzen LPK durchgehaltenen Schema. In den Mittelpunkt gerückt werden jene Aspekte, die nicht ohne die spezifische astrogeologische Bildungsgeschichte dieser eigenartigen Landschaft verständlich sind.

#### H.1.7.1 Flora und Fauna

Auf den ersten Blick enthält der Riesbereich "nur" die für die südliche Frankenalb und Schwabenalb typischen Arten und Artengemeinschaften, vermehrt um einige dem bayerischen Jurabogen in dieser Form und Ausdehnung sonst fehlende Feuchtgebiets- und Sandflurtypen des Riesbeckens. Analysiert man das Artenspektrum genauer, so fallen drei biogeographische Sondermerkmale ins Auge:

- Elemente einer azidophilen/-toleranten, "naturraumfremden Sonderflora" auf silikatischen Eratika der Auswurfmassen, z.B. Siebenstern (*Trientalis europaea*), Nordischer Streifenfarn (*Asplenium septentrionale*), verschiedene Silikatflechtenarten;
- stärkere Beteiligung submediterraner und subkontinentaler Floren- und Faunenelemente als in den umliegenden Jura- und Albvorlandbereichen (kontinentale Klimatönung des Riesbeckens);
- Verbreitungsschwerpunkte für sogenannte "Stromtalarten" wie Brenndolde (*Cnidium dubium*), Kantenlauch (*Allium angulosum*), Sibirische Schwertlilie (*Iris sibirica*), Röhriiger Wasserfenchel (*Oenanthe fistulosa*) in den Feuchtgebieten des Riesbodens und der Wörnitzniederung; Brückenfunktion für diese Artengruppe zwischen Donau und den mittelfränkischen Niederungsgebieten.

Die steilen Hänge der Geotope und ihre mageren Standorte, die bisher von intensiver Nutzung verschont blieben, bilden nun häufig Refugien für bedrohte Tier- und Pflanzenarten. Hier sind v.a. die Heideflächen auf den Bunten Trümmermassen - besonders den Schollen - auf den Resten des Inneren Kristallinen Walls und an Steilanstiegen des Kraterlands zu nennen.

Die Pflanzen der Felsritzen verlören zahlreiche Standorte, wenn die karge Heidevegetation verschwände. Viele nur gering aus der Erde schauende Felsblöcke oder -köpfe würden im aufkommenden Waldschatten untergehen.

Ähnliche Vegetationsstandorte finden sich auch auf den Albhochflächen, d.h. die kalkgebundenen Geotop-Biotope sind nicht einzigartig in diesem Naturraum und den benachbarten Naturräumen, können

aber als "Trittsteinbiotope" fungieren. Die silikatgebundenen Biotopinseln der Riesgeotope dagegen sind einzigartig auf weite Entfernungen (siehe Geologische Karte von Bayern).

Auf den Standorten der Geotope sind nach der Biotopkartierung und verschiedenen Kartierungen der SCHUTZGEM. WEMDINGER RIED folgende Arten der Roten Liste gefunden worden (Tab. H/2, S. 490;

#### H.1.7.2 Lebensgemeinschaften

Geotop und Biotop koinzidieren im Riesbereich auf eine besonders eindrucksvolle Weise. Naturnah bewirtschaftete Flächen, wie die sog. Rieser Jura-Heiden, begünstigen auch eine naturnahe Ausprägung angrenzender Biotope, auch deren Säume mit Magerrasen-Gemeinschaften. An diesen Rändern, an denen häufig auch dornige Büsche entwickelt sind, können dann sogar nicht-weidefeste Orchideen blühen, wie z.B. das Kleine Knabenkraut (*Orchis morio*) und das Brandknabenkraut (*Orchis ustulata*).

Die ökologisch positive Verzahnung trifft man häufig auf Südseiten stark ausgeprägt an, da hier die rasche Austrocknung des kargen Bodens kaum eine andere Nutzung als die Beweidung zuließ.

Ackerwildkräuter-Gemeinschaften können durch die Nachbarschaft zu diesen Extensivweiden bestehen. Die zahlreichen kleinen Ackerflächen, z.B. auf dem Riegelbergzug (Baden-Württemberg), ermöglichen so derart wertvolle Säume (vgl. SCHUTZGEM. WEMDINGER RIED e.V. 1989): Venuskamm (*Scandis pectenvenensis*), Haftdolde (*Caucalis platycarpos*), Spatzenzunge (*Thymelaea passerina*), Gelber Günsel (*Ajuga chamaepitys*), Kleinfüchtiger Leindotter (*Camelina microcarpa*), Kleiner Frauenspiegel (*Legousia hybride*), Gewöhnlicher Frauenspiegel (*Legousia speculum-veneris*) und Unechtes Tännel-Leinkraut (*Kickxia spuria*).

#### H.1.7.3 Landschaftsbild und Erholung

Der ganze Komplex des Meteoritenkraters mitsamt seinen Folgeerscheinungen prägt ein einzigartiges Landschaftsbild. Besonders der südwestliche bis östliche Kraterland, die Trümmermassen der Schollenzone und der sekundär entstandene, nahezu ebene Kraterboden stellen den Rahmen für dieses Bild dar. Besonders betont werden die Reliefbildner aus durch ihren sich von der nächsten Umgebung unterscheidenden **Bewuchs**: Die Einzelerhebungen werden oft durch Waldkuppen zusätzlich herausgehoben oder fallen durch ihre Wacholderheidebestände auf. Auch die größeren Heckenvorkommen im Ries sind meist an diese Erhebungen gebunden.

Die Umgebung der Kraterhohlform wird durch die **Auswurfmassen**, besonders nahe um den Kraterland, reliefiert und durch dichte Waldbestände auch über ihren Bewuchs optisch herausgehoben. Im Osten ist der riesnahe Teil der Frankenalb stark vom Meteoriteneinschlag geprägt. Bunte Trümmermassen, Suevit, zertrümmertes Grundgebirgskristallin, allochthone und parautochthone Schollen mesozoi-

Tabelle H/2

**Rote-Liste-Pflanzenarten auf Geotopen (Biotopkartierung Stand 1988 und verschiedene Kartierungen der SCHUTZGEM. WEMDINGER RIED)**

die Ziffern der Roten Liste kennzeichnen den Gefährdungsgrad der entsprechenden Arten; die Ziffern der Geototypen bedeuten: 1 = Innerer Kristalliner Wall, 2 = Kraterrand, 3 = Bunte Trümmernmassen, 3.1 = Schollen, Griesbuckel).

	RL-Bayern	RL-BRD	Fundort auf Geotyp
<i>Alyssum montanum</i>	1; 3	2	3.1
<i>Aster amellus</i>	3	-	2; 3
<i>Aster linosyris</i>	3	-	3; 3.1
<i>Carex davalliana</i>	3	3	3
<i>Carex hostiana</i>	3	3	3
<i>Carlina acaulis</i>	-	3	1; 2; 3; 3.1
<i>Consolida regalis</i>	3	-	3
<i>Cornus mas</i>	4	-	3; 3.1
<i>Cotoneaster tomentosus</i>	-	4	3.1
<i>Dictamnus albus</i>	3	3	3; 3.1
<i>Epipactis palustris</i>	3	3	3
<i>Eriophorum latifolium</i>	3	3	3
<i>Gentiana verna</i> agg.	3	3	3; 3.1
<i>Gentianella ciliata</i>	-	3	2; 3; 3.1;
<i>Gentianella germanica</i> agg.	-	3	3; 3.1
<i>Globularia punctata</i>	-	3	1; 3; 3.1
<i>Ilex aquifolium</i>	3	-	1
<i>Iris sibirica</i>	3	2	3
<i>Legousia speculum-veneris</i>	3	3	3.1
<i>Linum austriacum</i>	3	-	3
<i>Lithospermum officinale</i>	3	-	3; 3.1
<i>Melampyrum cristatum</i>	3	3	3.1
<i>Minuartia hybrida</i>	2	3	3
<i>Orchis morio</i>	3	2	3
<i>Orchis ustulata</i>	3	2	3
<i>Orobanche caryophyllacea</i>	3	3	1
<i>Orobanche lutea</i>	3	3	1
<i>Parnassia palustris</i>	-	3	3
<i>Pinguicula vulgaris</i>	3	3	3
<i>Potentilla heptaphylla</i> agg.	-	3	3
<i>Potentilla thuringiaca</i>	3	2	3.1
<i>Pulsatilla vulgaris</i> agg.	-	3	3.1
<i>Rosa gallica</i>	-	3	3.1
<i>Silene otites</i> agg.	3	3	2; 3; 3.1
<i>Sorbus torminalis</i>	3	-	3; 3.1
<i>Thalictrum simplex</i>	2	2	1; 3
<i>Thesium linophyllum</i>	3	3	1; 3
<i>Trifolium rubens</i>	3	-	3.1
<i>Triglochin palustre</i>	3	3	3
<i>Trollius europaeus</i>	3	3	3

scher (= aus dem Erdmittelalter stammender) Sedimente über dem anstehenden Weißjura gestalten ein kuppiges Relief, das von Bächen, die zum Ries bzw. zur Würnitz fließen, zerschnitten worden ist. Diese Landschaft erstreckt sich vom Riesrand bis Brünnssee, Fünfstetten, Wolferstadt und Döckingen. Östlich davon wird die Verbreitung der Bunten Trümmersmassen und des Grieses geringer.

Westlich bis südwestlich des Riesrandes erhebt sich die Kesseltal-Kuppenalb, deren Oberflächenformen stark von den Auswurfmassen des Rieses geprägt werden. Geomorphologisch stellt die Kesseltalalb eine weitgespannte Mulde dar mit meist flachen Hängen. Riestrümmersmassen sind hier flächenhaft verbreitet. Während das obere Kesseltal eine sanftere Griesbuckellandschaft mit kleinflächigen, pedimentartigen Bildungen ist, hat sich die Kessel in ihrem weiteren Flußlauf tief in die Auswurfmassen eingegraben, wobei die ehemaligen Mäanderschlingen sich bis auf den heutigen Talgrund durchgepaust haben. So sind an den Talflanken Bunte Trümmer aufgeschlossen, deren Kuppen häufig von Suevit überdeckt werden.

Die steilen, scharf geformten, oben felsigen Rieshügel wirken viel höher, als sie in Wirklichkeit sind. Gerade derartige kantige Formen sollten daher von jeglicher Formveränderung oder stärkerer vegetativer Überdeckung verschont bleiben.

Die Meteoriteneinschlagform kann also nicht durch ihre Bedeutung für das Landschaftsbild beschrieben werden, sie ist das Landschaftsbild.

Gewisse Bedeutung kommt den Erhebungen im Rieskessel als Naherholungsziel zu. So laden die zahlreichen Kuppen und Hügel nicht nur zum Spazierengehen oder Wandern ein, sondern stellen auch ideale Standorte für Modell- oder Drachenflieger dar. Die Bevölkerung nutzt dieses Angebot reichlich aus, so daß bereits Nachweise von der Beeinträchtigung der Tierwelt durch den starken Besucherandrang vorliegen (siehe Kap. H.1.5, S. 486).

#### H.1.7.4 Erd- und Heimatgeschichte

Das Nördlinger Ries bezeugt als einzige Großform in Bayern den Einschlag eines Meteoriten im Erdmittelalter. Zwar stellt es verständlicherweise nicht mehr den Urzustand der Verhältnisse unmittelbar nach der Katastrophe dar, zeigt aber dennoch ganz deutlich die Veränderungen, die sich für die Landschaft im Impaktbereich und in den umliegenden Gebieten im Laufe der Zeit ergeben haben. Durch die Einzigartigkeit seiner Erscheinung ist das Ries als "exotischer" Bestandteil der bayerischen Landschaft zu werten.

Das Ries gehört zu den weltweit am besten und intensivsten untersuchten Meteoritenkratern. Seine Bedeutung als Vergleichsobjekt für Einschlagkrater auf extraterrestrischen Körpern, wie dem Mond und

den inneren Planeten, wurde besonders hervorgehoben, als die NASA 1970 Astronauten ins Ries schickte, um ein geologisches "field-training" zu absolvieren. Hier sollten sie mit den Besonderheiten der Gesteine eines Meteoritenkraters vertraut werden und die Entnahme von Gesteinsproben üben. Für diesen Zweck eignete sich das Ries hervorragend, um so mehr, als sein Gesteinsmaterial große Ähnlichkeit mit jenem des Mondes aufweist.

Weitere erdgeschichtliche Bedeutung erreicht das Ries, indem es mit seinen emporgehobenen und von der Stoßwelle\* stark beanspruchten Kristallgesteinen, die sonst nur im tieferen Untergrund zu finden wären, den einzigen natürlichen Tiefenaufschluß Bayerns im versenkten Bereich des ehemaligen Festlandes aus variszischer\*\* Zeit bildet (KAVASCH 1967).

Die frühesten menschlichen Besiedlungsspuren aus dem Ries stammen aus dem Mittelpaläolithikum (Jäger und Sammler, z.B. in den Ofnet-Höhlen). Aufgrund der naturräumlichen Bedingungen (höhere Durchschnittstemperaturen und allgemeine Klimabegünstigung gegenüber den Jurahöhen, Bodenvielfalt) wurde das Ries zu einem bevorzugten Siedlungsraum während der neolithischen Bauernkulturen. Das Süd- und Westries zog u.a. wegen seiner Reliefkleinteiligkeit schon früh viele Menschen an. Die Siedlungsstandorte befanden sich vor allem auf den Grenzsäumen zwischen den trockeneren, löblehmbedeckten Terrassen und den feuchteren Niederungen. Auch am nördlichen Riesrand wurden einige Siedlungsplätze nachgewiesen (Ehingen und bei Fremdingen). Aus dem Jungneolithikum sind auffallend viele Siedlungsplätze bekannt. Zahlreiche Anhöhen des Rieses tragen Spuren der Siedlungstätigkeit, vielfach mit Befestigungswällen. Das Rieszentrum blieb zunächst siedlungsfrei, wohl wegen der schwer zu bearbeitenden tonigen Böden. Isolierte Bergkegel, besonders auch Reste des Inneren Kristallinen Walls, größere Auswurfmassen und schräg gestellte Megablöcke wurden als Höhengestaltung und als Kultstätte genutzt (z.B. Rollenberg und Burgberg bei Heroldingen).

Aus der Hallstattzeit finden sich Siedlungsreste auf allen Erhebungen des Rieses. Die mit Wällen befestigten Höhenburgen waren vor allem Herrscherplätze sowie Markt- und Fluchtplätze für die Bevölkerung des Umlandes. Aus dieser Epoche stammen auch große Grabhügelfunde, die sich vor allem am Riesrand wegen der dauernden Waldbedeckung halten konnten. Die größte zusammenhängende Grabhügelgruppe hat sich ca. 2,5 km südlich von Belzheim erhalten: ca. 180 Hügel liegen hier sehr dicht beieinander. Dieses einst gemeindeeigene Weideland wurde im Zuge der Flurbereinigung zum Schutz der Grabhügel aufgeforstet. Eine ca. 100 Hügel umfassende Gruppe bei Hochaltingen wurde

\* Stoßwelle = enorm hohe und schlagartige Energiezufuhr.

\*\* Variszisch = zur Zeit der variszischen Gebirgsbildung vor 370 bis 225 Mio. Jahren vorkommend.

nicht durch derartige Schutzmaßnahmen gesichert, sondern durch ackerbauliche Nutzung bereits stark eingeebnet.

Auch in der folgenden Latène-Zeit wurden mehrere Höhensiedlungen, u.a. auf Resten des Inneren Kristallinen Walls oder isoliert liegenden, exponierten Auswurfmassen, von den Kelten weiterbenutzt, z.B. der Hahnenberg bei Lierheim und der Rollenberg. Durch den Meteoriteneinschlag wurden die autochthonen Juraränder zu guten Aussichtsplattformen über die tiefergelegte Kraterschüssel und bekamen dadurch strategische Vorteile, was auch die Römer zu nutzen wußten. Sie legten Kastelle auf den Albhöhen an. Die nachhaltigste Hinterlassenschaft der römischen Besiedlungszeit ist der Name "Ries", der sich von dem römischen Provinznamen "Raetia" herleitet. Im Mittelalter schließlich wurden die Reste des Inneren Kristallinen Walls oft als Burgstellen genutzt (FISCHER 1980).

### H.1.8 Gefährdung

Eine aktuelle Gefährdung der Kraterand-Geotope besteht im Gesteinsabbau. Früher wurden vor allem Riesseekalke genutzt. Aufgrund ihrer leichten Verwitterbarkeit werden sie heute jedoch kaum mehr verwendet. Damit sind für Geotope mit Riesseekalkhauben (Hügel des Inneren Kristallinen Walls, Trümmer und Schollen) bestandsbedrohende Auswirkungen durch Abbau weitgehend gebannt.

Anders sieht es bei den durch den Meteoritenaufprall zerrütteten und zerkleinerten Festgesteinen

aus, die sich sehr gut zur Schottergewinnung eignen und in entsprechendem Ausmaße durch Abbau dezimiert werden. Solange sich diese Abbaue jedoch soweit in Grenzen halten, daß sie landschaftlich nicht zu sehr ins Auge fallen und den Formenschatz nur geringfügig reduzieren, besteht für die sehr zahlreich vorhandenen Trümmersmassen keine existentielle Gefährdung. Große und rasche Abbaue, wie etwa der Ziswinger Steinbruch (z.T. vergriest, in der Schollenzone), sind dagegen als Wunden in der Landschaft und als Geotopgefährdung ersten Grades zu bewerten. Umgekehrt sind die für manche Geotope (vor allem für die Bunten Trümmersmassen) bedeutenden Aufschlüsse durch Verfüllung gefährdet.

Insgesamt sind die exponierten Geotope durch Aufforstungen gefährdet. Dies geschah bereits auf zahlreichen Erhebungen der Bunten Trümmersmassen, beispielsweise am Hahnenberg bei Balgheim, wo ehemalige Juraheide aufgeforstet wurde, und zum Teil auch am Kleinen Hühnerberg (bei Kleinsorheim).

Der exponierte Wallersteiner Felsen gilt als beliebtes Ausflugsziel und wird an schönen Tagen von zahlreichen Besuchern bestiegen. Die typische Vegetation des Felsens und auch die Fauna ist damit zum größten Teil zerstört. Der Innere Kristalline Wall hat dadurch "Kratzer" erlitten, ist aber in seinem Bestand nicht direkt gefährdet.

Der Zustand der herausstechenden Heidevegetation vieler Geotope bereitet Sorge. Vergrasung, Verkrautung und Verbuschung sind die Probleme.

## H.2 Möglichkeiten für Pflege und Entwicklung

Voraussetzung für jede Pflege- oder Entwicklungsmaßnahme ist zunächst die Erfassung aller Riesgeotope auf Kreisebene.

Die Geotope als Bauform sind nur wenig gefährdet. Um das Verständnis für diese erdgeschichtlichen Zeugen zu fördern, wäre es durchaus denkbar, kleine Aufschlüsse gezielt anzulegen und zu pflegen: Falls die Erschließung und geologische Bedeutung es erlauben, könnte dies an den Nordexpositionen der Geotop-Erhebungen erfolgen, sofern die als Biotop kostbareren Expositionsseiten anderen Naturschutzzielen zugeführt werden sollen. Diese Aufschlüsse, in denen der typische Aufbau beispielsweise eines Hügel des Inneren Kristallinen Walls oder die Zerrüttung einer Malmscholle erkennbar sind, sollten durch gelegentliches Abstecken der Wände gepflegt werden. Höherwüchsige Vegetation wäre zu entfernen.

Geotoppflege ist nahezu ausschließlich als Pflege der Landschaftsformen zu verstehen. Dennoch kann sich diese Ausrichtung durchaus mit den Zielen des Arten- und Biotopschutzes decken.

Hinsichtlich der Heidepflege gehen die Maßnahmen mit dem Geotopschutz konform. Die niedrig gehaltene Vegetationsschicht der Heiden läßt den Blick auf die Geotopform frei und kontrastiert durch ihr

eigenständiges Aussehen mit der Umgebungsnutzung.

Die dünne Bodenaufgabe schützt das Gestein vor Insolationsverwitterung, die v.a. bei sonnenexponierten Steinen und Felsen mit verschiedener (v.a. verschiedenfarbiger), grobkörniger Mineralzusammensetzung durch ihre unterschiedlichen Ausdehnungskoeffizienten (z.B. Granit, Suevit, Bunte Breccie) wirksam wäre.

Die Organisation extensiver Hutungen auf den Riesgeotopen bietet sich hier als naturverträgliche Pflegemethode an. Dazu ist die Wiedereinrichtung von geotopverbindenden Trieben nötig, die wiederum Ansatzpunkte für wertvollere Biotopausbildungen darstellen können.

Dieses Pflegekonzept entspricht auch in optimaler Weise einem Biotopvernetzungs-konzept. Selbstverständlich können/sollten hier auch Nicht-Geotop-Heiden miteinbezogen werden (z.B. die sog. Tieflandheiden, wie etwa auf dem Seebuck bei Bettendorf).

Die ohnehin landwirtschaftlich oft nur schwer zu bearbeitenden (da zu mager, zu steil oder zu stark reliefiert) Geotopflächen könnten durch Extensivierungsprogramme auf lange Sicht in Magerstandorte umgewandelt werden.

Neben der Beweidung ist allerdings auch von Zeit zu Zeit eine mechanische Entbuschung nötig. Es gilt: Je radikaler die Maßnahme, um so dauerhafter ist die Wirkung der Störung und Schäden im Ökosystem. Deshalb ist eine sorgfältige Beobachtung oder Nachpflege nach stärkeren Pflegemaßnahmen zur Beseitigung evtl. übersehener Austriebe erforderlich. Wichtig ist, daß das Gesamtbild am Ende keine baum- und strauchlose Steppe ergibt, sondern sehr wohl noch zum Heidebild gehörende Arten wie Wacholder, Rosen, Feldahorn, Weißdorn, Schlehen, Mehlbeere, Elsbeere, Berberitze und Kreuzdorn einzeln oder in kleinen Gruppen enthält. Allerdings braucht nicht jeder Magerstandort in eine Hutung umgewandelt zu werden, auch Mahdflächen sind wünschenswert.

Besonders die Geotope innerhalb des Rieskraters sind auf ihre Nutzung und optische Heraushebung aus der Umgebung durch andersartige Vegetationsbedeckung zu überprüfen. Wie sich unterschiedliche Vegetationsbilder auf die optische Wirksamkeit einer erdgeschichtlich relevanten Erhebung auswirken, soll die Bilderreihe (Abb. H/7, S. 494f) verdeutlichen.

Wichtig bei gezielter Gestaltung des Bewuchses oder allgemein der Bedeckung der Geotop-Erhebungen ist die Orientierung an den Blickbeziehungen für das räumliche Erleben der meteoritischen Form:

- Es ist darauf zu achten, daß sich die restlichen Hügel des Inneren Kristallinen Walls von einem Aussichtspunkt auf jedem dieser Erhebungen gut erkennen lassen. Hinderliche Vegetation könnte entsprechend reduziert werden.
- Wichtig ist auch das Freihalten eines größeren Abschnitts der Kraterrand-Geotope von höherwüchsiger Vegetation, also besonders dort, wo der Kraterrand als Schichtkante der autochthonen Mittelgebirgsumgebung erlebt werden kann. Dabei ist auf beiden Seiten des Aussichtsplatzes ebenfalls nur lockere oder allgemein niedrige Vegetation geeignet, damit die Form des Kessels erkennbar wird/bleibt.
- Allgemein dient eine Grenzziehung mit kontrastierender Vegetation an den Geotopumrissen auch der Betonung der Zeugenform. Bei einem älteren Kalkbuchenwald wird niemand eine Rodung zugunsten der optischen Freilegung eines Restes des Inneren Kristallinen Walls fordern. Jedoch sollten Waldbestände mit standortgerechtem Waldsaum am Hangfuß begrenzt werden, um damit eine klare Linie zur anschließenden Nutzung zu gestalten. Auch Heckenpflanzungen können geeignet sein, den Geotop zu betonen.
- Die günstigste Lösung hinsichtlich der optischen Betonung des Inneren Kristallinen Walls wäre die Hervorhebung der nahezu kreisrunden Form mittels auffälliger Hecken- oder Alleebänder an ihrem Fuß.

### H.3 Situation und Problematik der Pflege und Entwicklung

Zur Pflege oder Förderung der Geotop-Morphologie ist bisher aus der **Praxis** nichts bekannt. Die indirekte Pflege der niedrigen oder einfach sich von der Umgebung unterscheidenden Vegetation (sprich Heidepflege) wird dagegen schon lange betrieben:

Die Bezirksstelle für Naturschutz bemüht sich seit ca. 25 Jahren um die Erhaltung der Heiden durch Aufklärung über den Wert und die Bedeutung dieser Standorte und zahllose Pflegeeinsätze, die auch in großem Maß von den verschiedenen Naturschutz-

verbänden in ehrenamtlicher Tätigkeit geleistet werden. Auch im Fall der meteoritischen Formen wäre eine extensive Beweidung die beste Pflege für die oft hervorstechende Geotop-Vegetation.

Im öffentlichen und auch wissenschaftlichen **Meinungsbild** sind bisher die Aufschlüsse als Zeugen des Meteoriteneinschlags am wichtigsten und werden auch dementsprechend gepflegt. Kaum Berücksichtigung finden dagegen die zurückgelassenen Reliefzeugen des Meteoriteneinschlags.

### H.4 Pflege- und Entwicklungskonzept

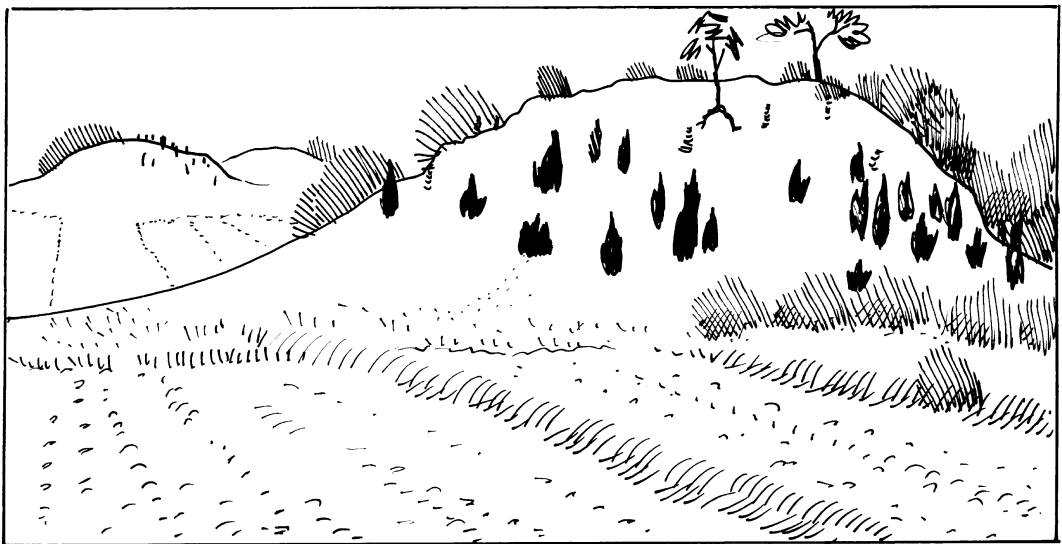
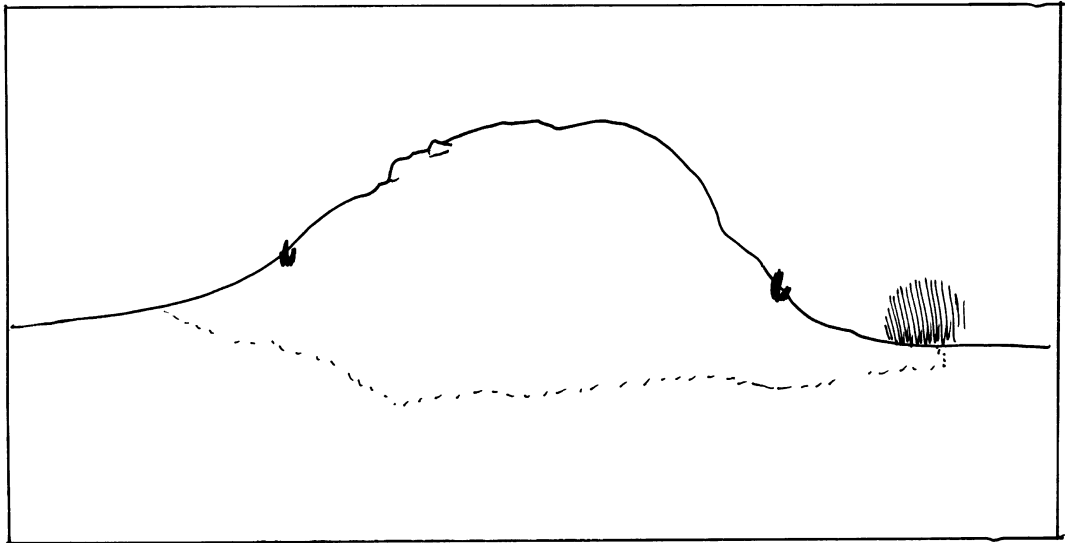
Ein Pflege- und Entwicklungskonzept für die morphologischen und lebensräumlichen Hinterlassenschaften des Riesereignisses ist im Grunde nichts anderes als ein Raumordnungs- und Landschaftsplanungskonzept für den nordwestlichen Landkreis Donau-Ries (Altlandkreis Nördlingen) und den Nordsaum des Landkreises Dillingen.

Denn hier erinnern nicht nur einzelne Aufschlüsse und Formen, sondern der gesamte Landschaftsaufbau an dieses gewaltige erdgeschichtliche Ereignis.

Der gesamte Nachfolgebereich des Einschlagkraters und die von Auswurfmassen geprägte morphologisch bewegte Peripherie sind gewissermaßen ein einziger Groß-Geotop.

Spezifische Leitbilder und Maßnahmen für "meteoritische Phänomene" gibt es nicht. Alle besonders bemerkenswerten Ries-Elemente sind im Grunde über die Behandlungsvorschläge für "Aufschlüsse" und "Steinbrüche" (vgl. Suevit und Kristallinbrüche, Bunte Breccie, Kleinbrüche in zergrusten Malmkal-



**Abbildung H/7****Optimalzustand von Griesbuckeln im Riesbereich****oben:**

Kahlheide, relativ stark beweidet; Lebensraum für Berghexe (*chazara briseis*), Ödlandschrecken usw.

**unten:**

Wachholderheide mit einzelnen Sukzessionsflecken; Hänge teilweise mit Feldgehölzen aus Sukzession bestockt. Schaftriften verbinden die einzelnen Griesbuckel miteinander. Das Magerrasenverbundsystem der Riesumrandung stellt auch eine optische Verknüpfung der Einzelerhebungen innerhalb der Trümmergesteinszone her. Dieses Verbundsystem ist neben den Lechheiden die wichtigste Zone für xerothermophile Arten in Schwaben.

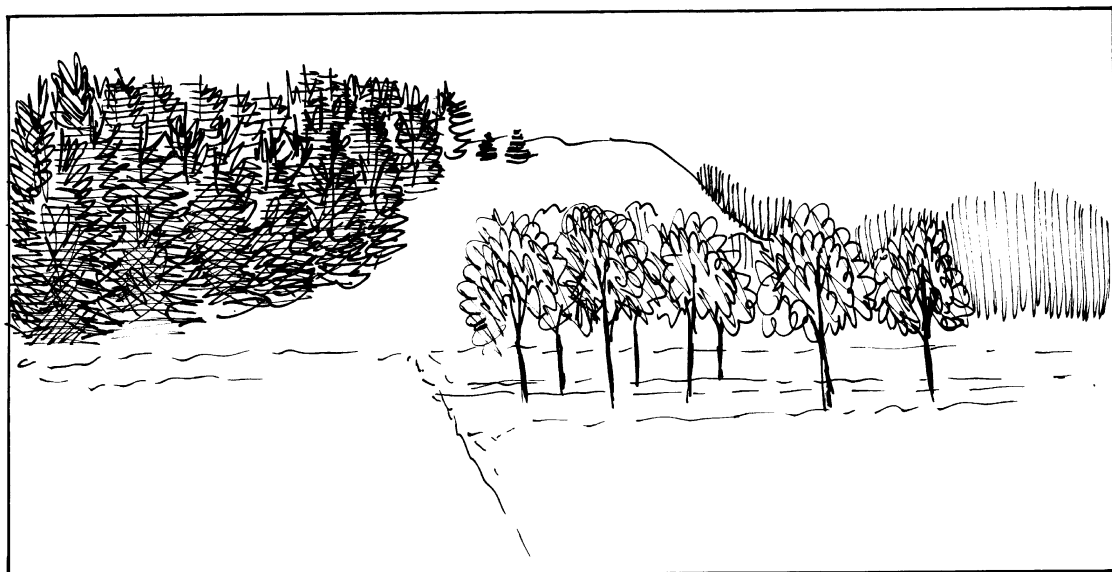
die notwendige Vorfeld-Pufferzone (Vordergrund) enthält auch Ackerwildkrautreservate (extensiver, durch Brache- und Weidephase unterbrochener Ackerbau).

**Bild rechts oben:**

An vielen Stellen im südwestlichen, südlichen und östlichen Riesrandbereich haben falsch plazierte Aufforstungen u. Verbauungen den Verbundcharakter der meteoritischen Formen gestört. Angesichts der weltweiten einmaligkeit dieser Landschaft sollte Zug um Zug eine Rückentwicklung zum Leitbild begonnen werden.

Dazu bedarf es einer flexiblen Flächenumlegung, entschiedener Erstpflegemaßnahmen, einiger Rodungen und der Wiedereinrichtung stationärer Hüteschäfereien.

Baden-Württemberg und Bayern sollten dabei eng zusammenarbeiten.



zu Abb. H/7

ken und in Süßwasserkalken des Riessees), für "Karbonatfelsen", "Härtlingskuppen" und Kalkheiden (Innerer Kristalliner Wall, Griesbuckel, Flußdurchbrüche in Zerrüttungszonen, "Kraterrandzone" usw.) abgedeckt. Sogar bestimmte Feuchtwiesen- und Kalkniedermoorformationen könnten als Folgeerscheinungen des Riesereignisses gelten (verdichtete, wasserstauende Bunte Trümmermassen).

Soweit die Auswurfzone mit ihren Malm-Megashollen und Griesbuckeln sowie der süßwasserkalküberkleidete Innere Kristalline Wall Kalkmagerrasen aufweisen, gelten die Basisleitlinien des LPK-Bandes II.1 "Kalkmagerrasen", nach dem sämtliche noch pflugefähigen Halbkulturformationen nach Möglichkeit auch erhalten werden sollten. Eine für erdkundliche Präsentationszwecke bessere Vegetations- und Gestaltungsform als eine weitgehend offene Kalkheide ist schlechterdings nicht vorstellbar.

Die spezielle Verpflichtung für die Landschaftspflege liegt also nicht in einem riesspezifischen Maßnahmenbündel, sondern in der gesamt-räumlichen Anordnung der Maßnahmenflächen.

#### H.4.1 Grundsätze und Ziele

##### (1) Dokumentation aller meteoritischen Formen in den betroffenen Landkreisen!

Der Riesbereich und seine Peripherie ist eine nicht nur deutschland-, sondern weltweit einzigartige Erscheinung. Seine fachspezifische und landschaftliche Ausstrahlung hängt davon ab, ob der gesamte, zentrifugal aufeinanderfolgende Formenschatz bis in eine Entfernung von teilweise bis zu 40 km erkennbar bleibt. Für den Anlieger sind bestimmte Buckel, Lesesteine oder Griessteinbrüche nichts Besonderes, eher zu Beseitigendes oder Aufzufüllen-

des. Von überörtlicher Warte aus ist jedes dieser Elemente ein unersetzbares Puzzleteil im erdgeschichtlichen Gesamtgebilde. Bei den Landbewirtschaftern und Planungsverantwortlichen muß die Mitverantwortlichkeit im jeweils eigenen Zuständigkeitsbereich gesteigert werden. Dazu bedarf es einer allgemein zugänglichen Feinbestandsaufnahme aller wichtigen Elemente in jedem der betroffenen Landkreise AN, DLG, DON, eventuell auch A, EI, GZ, KEH.

##### (2) Abbau-Beschränkung für das "minimale Formengerüst" des Riesbereiches!

Das Gesamterscheinungsbild, die tektonische und morphogenetische Architektur der meteoritischen Landschaft steht und fällt mit einer mehr oder weniger geschlossenen konzentrischen Anordnung bestimmter Elemente. Hier kann jeder weitere Abbau dem geologisch-landschaftlichen Gesamtbau schaden. Besonders exponierte oder aus der Umgebung herausstechende Auswurfmassen sollten von einem vollständigen formverändernden wirtschaftlich orientierten Abbau verschont werden. Sie stellen wichtige und für die Wissenschaft unwiederbringliche Landschaftsmarken dar. Abbaufestlegungen durch Regionalpläne und Flächennutzungspläne bedürfen im Riesbereich einer besonders präzisen und vorausschauenden Vorgehensweise. Dasselbe gilt natürlich für überbauende Eingriffe.

##### (3) Wald-Freiflächen-Grenzen mit besonderer Sorgfalt festlegen!

Vor allem über eine sorgsame Erhaltung und Ausgestaltung der Waldverteilung lassen sich erdkundliche Charakterzüge verdeutlichen. Die Hauptideologie der Rieslandschaft gibt auch Bewaldungsspielräume vor. Der Riesboden sollte wie eh und je als intensiver, relativ gehölzreicher Agrar-

raum, in den östlichen Niederungen und entlang der Wörnitz mit einem hohen Feuchtwiesenanteil bewirtschaftet werden. Stark reliefierte Hügellandschaften der Trümmersmassen vertragen nur unwesentliche Verwaltungszunahmen.

**(4) Alle geologischen Höhepunkte besonders extensiv nutzen!**

Stark reliefierte Offenlandbereiche sollten im Ries(umland), vor allem im südlichen Riesrandbereich, an der Eingangs- und Ausgangspforte der Wörnitz, an den Inneren Wällen und im Kesseltalbereich als zunehmend extensives Dauergrünland bis hin zum Magerrasen entwickelt werden. Der noch hohe Kalkmagerrasenanteil in diesen Zonen verpflichtet zu einer umfassenden Ermutigung und Förderung der Hüteschafhalter.

**H.4.2 Handlungs- und Maßnahmenkonzept**

Wie bereits eingangs zu Kap. H.4 betont, sind riesenspezifische Ausführungsvorschläge entbehrlich. Ein besonderer Akzent ist auf die Offenhaltung kleiner, extensiv genutzter Steinbrüche zu legen, da sie weltweit klassische Aufschlüsse vermitteln. Die bei der Ackerbestellung laufend anfallenden "Flädle" sollten keinesfalls als Abraum irgendwo verschüttet werden, sondern in unmittelbarer Nähe als Lesesteinhaufen und -wälle auch einer bescheidenen Biotopstrukturierung der weitgehend ausgeräumten Ackerlandschaft dienen.

Bemerkenswerte meteoritische Formen könnten - das Einverständnis der Grundbesitzer und Nutzer vorausgesetzt - durch eine Nutzungsumwidmung um mindestens eine Extensivierungsstufe vom normal weitergenutzten Umland abgehoben werden. Dies bedeutet z.B. Dauergrünland/Acker, Magerrasen/Dauergrünland. Aufforstungsgenehmigungen sind naturschutzfachlich sorgfältig zu prüfen. Zur Organisation extensiver Beweidung ist eine kartographische Erfassung der zu beweidenden Flächen nötig. Anschließend sollten diese Flächen nach der

Häufigkeit, Dringlichkeit und dem besten Zeitpunkt ihrer Beweidung bewertet werden. Die Anzahl und Größe der Herden ist auf diese Belange abzustimmen. Die Wiedereinrichtung von Schaftrieben kann entlang von kleinen Straßen oder den ohnehin relativ breiten Flurbereinigungswegen erfolgen. Die rundumgeleitete Anlage von Hutungen über die kreisförmig angeordneten Riesgeotope könnte die dortigen Heiden sinnvoll untereinander verbinden. Auch einige Querverbindungen sind vorzusehen, um die Beweidung flexibler gestalten zu können. Die relativ geringe Straßendichte im Norden des Rieses läßt dies sicher leichter zu als im Süden und Südwesten.

Die Magerstandorte auf den Auswurfmassen außerhalb des Kraters wären im Bestfall auch über extensive Beweidung zu pflegen. Aber auch einmalige Mahd mit Abräumen des Mähguts kann bei geschicktem Mähzeitpunkt den Magerstandort auf lange Sicht erhalten. Auch außerhalb des Rieses in stark landwirtschaftlich genutzter Umgebung gilt der Grundsatz der Absetzung der Geotope durch die Vegetation. Im randnahen Bereich sind die stark reliefierten Auswurfmassen größtenteils von Wald bedeckt.

**Aufgaben einzelner Landkreise bei der Umsetzung**

Von der Umsetzung der oben beschriebenen Pflege- und Anlagemaßnahmen sind folgende Landkreise hinsichtlich der verschiedenen Geotope betroffen:

**Lkr. DON**

Innerer Kristalliner Wall, Kraterrand, Bunte Trümmersmassen innerhalb und außerhalb des Kraterlands (Schollen, Griesbuckel), Steinbrüche mit Schliff-Flächen.

**Lkr. WUG**

Kraterrand, Bunte Trümmersmassen (zu sehr geringen Anteilen innerhalb und relativ geringen Anteilen außerhalb des Kraters).

# I Dünen

## I.1 Grundinformationen

Mit dem Begriff "Dünen" assoziiert der Laie vor allem zunächst die Sandaufwehungen der Wüsten und Küsten. Aber auch in Bayern finden sich diese äolischen Akkumulationsformen\*, die hier allerdings rezent fast gänzlich von Vegetation bedeckt sind.

Die Binnendünen und Flugsandfelder Mittel- und Nordbayerns sind als markante Zeugnisse eiszeitlicher Morphodynamik, als Schwerpunktbereiche für die Erhaltung und Wiederherstellung von Sandfluren und Sandheide-Kiefernwäldern sowie als Reliktstandorte für Arten östlicher Steppengebiete von erheblicher Bedeutung. Über den LPK-Band II.4 "Sandrasen" sind sie deshalb nicht abgedeckt, weil viele der bayerischen Dünenformen durch Landnutzungsveränderungen ihren schutzwürdigen Pflanzen- und Tierbestand (ihren 6d 1)-Charakter) eingebüßt haben und somit zunächst als Objekte des erdkundlichen Naturschutzes zu betrachten sind.

### I.1.1 Charakterisierung

#### Grundzüge der Entstehungsgeschichte

In der Geomorphologie werden zwei Formen der äolischen Sandablagerung unterschieden: Flugsandfelder und Dünen.

Die mehr oder weniger ebenen bis flachwelligen **Flugsandfelder** oder **Flugsanddecken** sind durchschnittlich mehrere Dezimeter bis zu 3 m mächtig. Sie können ihrerseits als Liefergebiet für Dünenbildung fungieren. In Bayern treten sie vielfach vergesellschaftet mit Dünen auf; oft sind sie der "geologische Ort", dem die Dünen aufsitzen oder eingelagert sind.

Als **Dünen** werden vom Wind geschaffene, sandige Feinsedimentablagerungen bezeichnet, die in Abhängigkeit von der Windrichtung und -stärke, der Materialart und -zulieferung sowie der Untergrundbeschaffenheit und Vegetationsbedeckung ein vielfältiges Formenspektrum zeigen. Im Grundriß sind sie gerade oder gekrümmt, oval bis elliptisch.

Dünensand stammt häufig aus der Verwitterung von Quarzsandsteinen, aus lockeren marinen und jungen Landbildungen, aus kristallinen Massengesteinen oder oft auch aus Fluß- und Seeablagerungen (MACHATSCHEK 1973). Die wichtigsten Liefergebiete für Bayerns Dünen sind die triassischen Sandsteine und die miozänen Sande des Molassetroges sowie die glazifluvialen Schwemmsandebenen des Donau- und Maingebietes.

Allgemein unterscheidet man zwei Typen der Dünenentstehung:

- Dünen bilden sich häufig an Hindernissen. Vor größeren Hindernissen erfolgt die Akkumulation an deren Luvseite, bei kleineren im Lee. Zunächst bildet sich ein schildförmiger Sandhaufen, aus dem dann durch weitere Windformung allmählich eine Düne entstehen kann. Als Keim der Dünenbildung kann selbst eine vernähte Bodenstelle dienen, an der der Flugsand haften bleibt, der damit zum Hindernis für die weitere Sandanwehung wird. In Bayern sind viele Dünenfelder mit Feuchtstellen oder -gebieten assoziiert (z.B. Talranddünen der Regnitz-, Abens-, Donauaue, Schwalbaldünen neben dem Wemdinger Ried/DON, Randdünen des Donaumooses).
- Freie Dünen entstehen ohne sichtbares Hindernis auf vegetationslosen Flächen entweder längs zur herrschenden Windrichtung (Strichdünen) oder quer dazu (Walldünen). Auch die gebogenen Parabeldünen gehören in diese Kategorie. Ihre Bildung wird in engem Zusammenhang mit dem steten, strich- und stoßweisen Wehen des Windes aus einer Hauptwindrichtung gesehen, das als erste Ursache für die Sandablagerungen gelten kann. Bayerns Binnendünen sind zwar vorherrschend natürlichen Ursprungs, d.h. Relikte aus den vegetationsarmen und stürmischen Kältesteppen der Würmeiszeit und unmittelbaren Nacheiszeit. Wie in Norddeutschland wirkten aber auch subrezente anthropogene Einflüsse bei ihrer endgültigen Ausformung mit (durch starke Beweidung und Waldverwüstung ausgelöste Sandumlagerung).

Die Flugsande wurden im Spät- und Postglazial aus den Kies- und Schotterfeldern ausgeweht. Die ältesten noch erhaltenen Dünen entstammen einer Kaltphase des Spätglazials. In Kaltphasen war die Vegetationsdecke stark reduziert, die Landschaft glich einer Kältesteppe, und Winde konnten den ungeschützten Boden leicht verwehen. In vorausgegangenen Warmphasen mit viel Regen, Abschmelzen großer Eismassen und starker physikalischer, chemischer und biologischer Verwitterung war viel Festgestein bis zur Sandkorngröße (2 - 0,063 mm) und darunter zerkleinert worden, so daß nun reichlich Material für die Auswehungsvorgänge zur Verfügung stand. Aufgrund der vorherrschenden westlichen Windrichtungen kam es meist östlich der Flußläufe zu Sandablagerungen, wie es am deutlichsten der Flugsandstrang östlich Rednitz-Regnitz

\* Äolische Akkumulation = Aufschüttung durch den Wind.

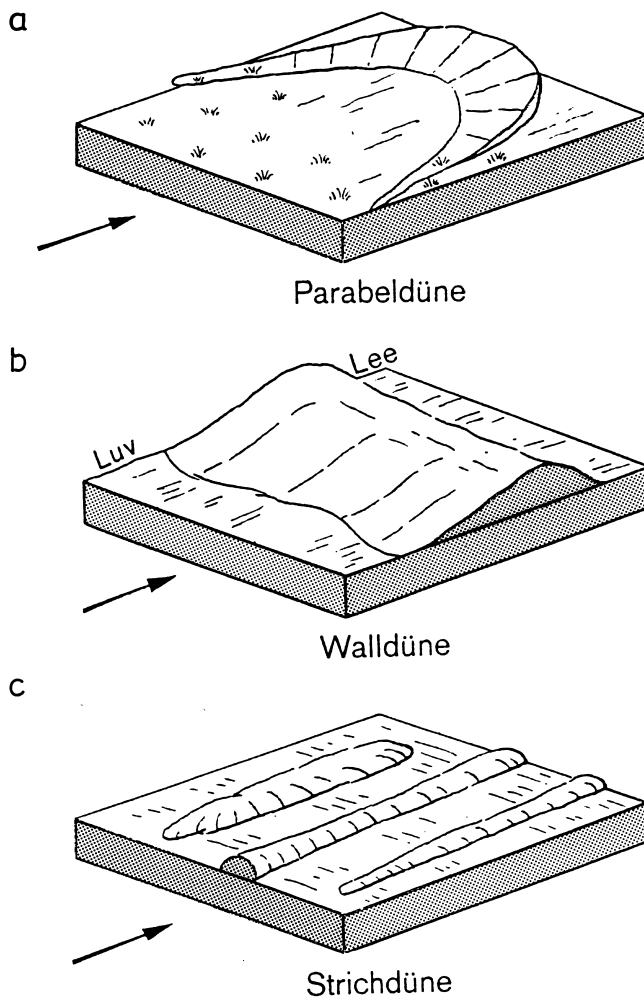


Abbildung I/1

Schematische Darstellungen der Dünenformen (WILHELMY 1981a) (die Pfeile geben die Hauptwindrichtung an.)

(Neumarkt-Altendorf-Schnaittach), die vorwiegend ostseitigen Flugsande des mittleren Maingebietes sowie die Ries-Sande östlich der Wörnitz zeigen.

In nachfolgenden Warmphasen mit erhöhten Niederschlägen bewachsen sich die Binnendünen allmählich. Ihre Dynamik und Mobilität nahm ab und sie wurden damit zu fossilen Dünen.

Allerdings ist die Dünenbildung keineswegs auf glaziale oder periglaziale Verhältnisse beschränkt, sondern konnte und kann unter geeigneten, anthropogenen Bedingungen (Rodungen) auch in jüngster Zeit vonstatten gehen. Bei Zerstörung oder vollständiger Entfernung der schützenden Vegetationsdecke, wie es beispielsweise im Zuge der umfangreichen mittelalterlichen Rodungsperioden geschah, gerät der Sand erneut in Bewegung und verursacht die Wiederbelebung der Sandauswehung und der Dünenbildung. Die Dünen im Raum Abensberg-Siegenburg, Schrobenhausen und ansatzweise auch in den nordbayerischen Flug- und Terrassensandgebieten sind dementsprechend ausnahmslos anthropogen.

Für den nordbayerischen Raum bilden v.a. die Main-sande das Liefergebiet für die Dünen: Sande aus

Frankenwald, Fichtelgebirge, Fränkischer Alb und dem Keupergebiet, die vorwiegend im Lee von Geländeformen (besonders an Flußtälern) zur Ablagerung kamen.

Die wichtigsten, in Bayern vorkommenden Dünenformen zeigt die Abb. I/1 (S. 498) :

- **Parabeldüne:** Zur Luvseite hin gekrümmte Düne. Die Flügel werden z.B. durch Bewuchs, seitlich hereinwachsende Vegetation oder größere Bodenfeuchte festgehalten (Abb. I/1a, S. 498).
- **Querdüne (Walldüne):** liegt quer zur Windrichtung mit sanfter Luvseite und steilerer Leeseite. Der Kulminationsbereich ist leicht gewölbt. In Walldünenfelder sind häufig Parabeldünen eingeschaltet (Abb. I/1b, S. 498).
- **Längsdüne (Strichdüne):** parallel zur Windrichtung angeordnet; in Bayern bis über 1 km lang (Abb. I/1c, S. 498).

Durch Umformung oder Zusammenwachsen einzelner Dünen entstehen vielfältige Hybridformen der vorgenannten Typen. Häufig sitzen größeren Einzeldünen kleine "Huckepackdünen" auf, die dann mehrere Dünengenerationen zeigen und eine sanftwellige Oberfläche der Großdüne erzeugen.

### I.1.2 Wirkungsbereich

Als Geotope im engeren Sinn werden hier zwar die Dünenformen herausgegriffen. Zum Wirkungsbereich der Landschaftspflege gehört in der Regel aber auch der umgebende Flugsandablagerungsbereich, weil er

- eine Biotopeinheit mit den Dünen bildet (trockene Sandkiefernwälder, offene Sandfluren, sowohl offene als auch beschattete Teillebensräume nutzende Tierarten);
- das optisch-morphologische Vorfeld darstellt, von dem aus aufsitzende Dünenformen erlebbar werden;
- zusammen mit den Dünen einen wichtigen Grundwasserbildungsraum ergibt, der das seitliche Zuflußwasser von Flüssen und Bächen bestimmt (die wichtigsten fränkisch-oberpfälzischen Dünengebiete sind Tälern angelagert oder bilden sogar Quell- bzw. Bachursprungsgebiete, wie etwa in der Schlierferheide/NM).

Dünen- und Flugsandterrassen sollten also - ebenso wie die fluvialen Terrassensandfluren - besonders sorgfältig von potentiell grundwassergefährdenden Nutzungen freigehalten werden. Sie sind Zonen erhöhter Empfindlichkeit gegenüber land- und forstwirtschaftlicher Intensivierung.

Da Dünen und ihre vorgelagerten Sandfluren sowohl morphogenetisch als auch pflanzensoziologisch und zoozönotisch zusammenhängende Zonationen und Sukzessionsabfolgen bilden, kann es nicht angehen, lediglich die dünenartigen Erhabenheiten zu schützen und zu pflegen, deren Zwischen- und Vorfeldräume ("Matrix") aber dem freien Spiel der Nutzungskräfte zu überlassen. Die in den großmaßstäbigen geologischen Karten eindeutig ausgewiesenen Sandfelder sind wichtige Schongebiete für die Bodennutzungen, für Siedlung und Gewerbe, Verkehrsausbau und Bodenabbau. Sowohl in querschnittsorientierte Planungen (Landschaftsrahmenpläne, Raumordnungspläne, Landschafts- und Flächennutzungsplanung) als auch Standortplanungen einzelner Nutzungen sollte der Naturschutz einbringen, daß

- die eigentlichen Dünen als immer seltener werdende Zeugen vergangener Klimaperioden von formverändernden Eingriffen freizuhalten sind;
- die landschaftliche Wirkung und lebensräumliche Funktion von Einzeldünen nur im Verband mit Nachbardünen und zwischengeschalteten Flugsandbereichen erhalten oder wiederhergestellt werden kann.

### I.1.3 Morphologie und Standortverhältnisse

Ein typisches Merkmal der meisten Dünenformen ist ihr asymmetrischer Querschnitt. Abgesehen von den Längsdünen sind Luv- und Leeseite meist unterschiedlich steil (siehe [Abb. I/1](#), S. 498).

- Parabeldünen: Die flache Luvseite mit einem Böschungswinkel von 5-12° steht einer steilen Leeseite mit einer Neigung von 30-35° gegenüber;

- Walldünen: 3-12° geneigte Luvseiten, 25-40° steile Leeseiten;
- Längsdünen: beidseitig durchschnittlich 10° steil.

Die höchsten Dünen in Bayern erreichen eine Höhe von etwa 20 m (Dünengebiet östlich Gräfenneuses/KT), ausnahmsweise auch etwa 40 m (Dünen bei Altdorf/LAU), jedoch liegt der Durchschnitt wesentlich niedriger bei etwa 2-3 m. Die Flugsande bei Abensberg bilden unzählige Dünen, die meist nicht mehr als 3-4 m Höhe, ausnahmsweise bis 15 m Höhe (Dünen im östlichen Offenstetter Seeholz und beim Frauenberg) erreichen (WEBER 1978).

Die Anordnung der Dünen im Gelände ist charakteristisch für die einzelnen Flugsandregionen Bayerns. Es treten

- mehrere 100 ha große, viele Wallzüge bündelnde Dünengebiete (z.B. Abensberg-Offenstetten/KEH, Kitzinger Forst, Alzenauer Forst/AB);
- gewässersäumende Talranddünen (z.B. Daßfeld/KEH);
- wie eine erstarrte Meerdünung anmutende Kleindünenfelder (z.B. Gröbern/PAF, Schwalbental bei Wending/DON);
- stark vereinzelte Dünen (z.B. Schwebheimer Forst/SW, Kahl/AB, Haid/KT, Neustadt-Mühlhausen/KEH, Parkstetten/SR)

und manch andere Muster in Erscheinung. Damit korreliert die Zuordnung der trockenen Sandfluren zu anderen Biotopen der Landschaft, damit auch die Habitateigenschaften der Dünenkomplexe und die Ökotonbildung. Beispielhaft seien die Durchdringung kleiner Kalksanddünen mit Niedermoorstandorten (z.B. Oberulsham/KEH), der Kontakt Talfeuchtwiesen/Talranddünen (z.B. Regnitztal bei Erlangen, Abenstal/KEH), die pflanzensoziologisch hochbedeutsame Verknüpfung mit Jura-Durchtragungen (z.B. Hutberg/R, Offenstetten/KEH) oder Gipsstandorten (z.B. Unkenbachniederung/SW) erwähnt.

Die Substrateigenschaften der Dünenstandorte sind hochspezifisch. Windtransportable Fein- bis Mittelsande (0,1 - 0,5 mm) herrschen vor (WEBER 1978). Dünensande weisen im unverwitterten Zustand eine hellgelbgraue bis graugelbe Färbung auf. Sie enthalten Glimmer, normalerweise aber nur geringe Karbonatanteile. Lediglich die untermainischen Sande, punktuell auch Flugsande des nordwestlichen Tertiärhügellandes, können kalkreicher sein. Durch den fehlenden Kiesgehalt, der losen Lagerung und die Vergesellschaftung mit Dünenzügen unterscheiden sie sich leicht von den anstehenden Molassesanden.

Im Hinblick auf ihre Mineralstoff- und Basengehalte bieten die Sandfluren in Bayern ein uneinheitliches, stark regionenspezifisches Bild. Das Spektrum erstreckt sich von den kalkreichen, feinkörnigen Terrassensanden des mittleren Maingebietes bis hin zu extrem nährstoff- und basenarmen Flugsanden des östlichen Regnitzbeckens oder Quarz-Grobsanden in der Oberpfalz. Mischtypen mit Anteilen kiesiger Komponenten finden sich in Bereichen abwechselnder äolischer und fluvialer Umlagerung. Der Kalkan-



teil nimmt zu den Mainsanden hin allmählich zu. Beimengungen von Glimmer und damit günstigere Adsorptionsverhältnisse kennzeichnen die Abensberger Sande bei Kelheim.

Unterschiedliche Herkunftsgesteine variieren die pflanzenökologisch wichtigen Kenngrößen der Sande. Keupersande sind nährstoffarm und praktisch kalkfrei (Quarzsande). Bei Abensberg/KEH treten glimmerführende Sande auf (HOHENESTER 1960). Die **pH-Werte** der unterfränkischen Dünen sande liegen meist im sauren Bereich bei 3,7 - 5,3 (KURZ 1988, SAGE 1991). Allerdings können die kalkreichen Sande am Untermain auch neutrale bis basische Bodenreaktion erreichen.

Auf älteren Dünen entstanden Podsole, die auf jüngeren Dünen zunehmend schwächer ausgeprägt sind. Braunerden entwickelten sich als Produkt des letzten Klimaoptimums (Atlantikum), einer Zeitspanne ungestörter Bodenentwicklung. Mehrschichtenböden sind auf Dünen allenfalls als Podsol-Braunerden ausgeprägt, aber nicht sehr häufig anzutreffen (SCHEUERER 1993, mündl.). Die Beweidung und intensive Streunutzung der Wälder auf den Dünen führte zur Ausbreitung von *Calluna vulgaris* und zusammen mit hohen Niederschlägen zur Auswaschung von Basen und zur Versauerung des Substrats.

In Mikroklima und Wasserhaushalt heben sich vor allem die noch relativ offenen Sandfelder aus der übrigen Landschaft heraus. Temperaturextreme an der Oberfläche, äußerste Austrocknung und sehr geringe Bodenwasserspeicherung, Sandstrahlgebläse und Sandumlagerung schaffen einen nur für Spezialisten mit hochangepaßten Strategien besiedelbaren Sonderstandort (vgl. LPK-Band II.4 "Sandrasen").

Das Niederschlagswasser dringt aufgrund der hohen Permeabilität in der Regel sehr rasch als Sickerwasser bis ins Grundwasser vor, so daß es an der Oberfläche und in den oberflächennahen Schichten der Dünen bald zur Austrocknung (besonders an den Luvseiten) kommt. Nur sehr geringe Mengen bleiben als pflanzenverfügbares Haftwasser zurück. Für die Wasserspeicherung fehlen die feinen Poren oder Kapillaren und dazu die Tone, die Wasser und Nährstoffe zu speichern vermögen. Einen gewissen Ausgleich bewirkt die Humusanreicherung im Laufe der Sukzession. Die tieferen Schichten bzw. das Düneninnere zeichnen sich andererseits als gute Wasserspeicher aus, da wegen der Grobporigkeit der Sande die Kapillarkontakte zu den schnell austrocknenden oberflächennahen Schichten leicht abreißen.

Nicht selten sind Dünen verknüpft mit feuchten bis temporär wassererfüllten Dellen, Dünenwannen oder Auswehungsmulden, die entweder durch einfache Grundwasserüberstauung oder durch Einschwemmungs- und Einwehungsverdichtung des feinkörnigen Dünenmaterials entstanden sind.

#### I.1.4 Pflanzenwelt

Vegetation und Flora der bayerischen Dünengebiete sind weitgehend bereits im LPK-Band II.4 "Sandrasen" berücksichtigt. Dieses Kapitel konzentriert sich deshalb auf Bestände außerhalb der eigentlichen Sandrasen.

Die meisten noch erhaltenen Dünengebiete Bayerns sind heute waldbedeckt (s. Foto 19 im Anhang). Auf sie konzentrieren sich einige der gefährdeten lichten Trockenwaldtypen. Auf basenreichen, jedoch nährstoffarmen, festgelegten Sanden ist dies insbesondere der Wintergrün-Steppenkiefernwald (PYROLO-PINETUM) einschließlich des Haarstrang-Kiefernwaldes (PEUCEDANO-PINETUM), den WALENTOWSKI et al. (1990) zu den am stärksten bedrohten Waldtypen Bayerns überhaupt rechnen. Eine für Kiefernwälder sehr artenreiche Bodenschicht enthält eine Reihe seltener Arten mit extremem Rückgang in den letzten Jahrzehnten - so etwa das Doldenwinterlieb (*Chimaphila umbellata*) in den Siegenburger Dünengebieten, bei Haid/FO, am Wolfsberg bei Dietfurt/NM, das Grünliche Wintergrün (*Pyrola chlorantha*), die Frühlingsküchenschelle (*Pulsatilla vernalis*) sowie gefährdete Flachbärlapparten, wie *Diphasium complanatum s.str.* und *Diphasium tristachyum*. Artenhilfsprogramme für gefährdete sandtypische Pflanzenarten in Niederbayern, der Oberpfalz und Franken konzentrieren sich nicht umsonst auf Dünengebiete (vgl. SCHEUERER et al. 1991). Die letzten Standorte der Fingerküchenschelle (*Pulsatilla patens*) außerhalb der Garching Heide befinden sich vielleicht heute noch auf einigen kiefernüberschirmten Dünenkuppen bei Neustadt/KEH, wenn sie nicht durch Raffineriebau ausgelöscht worden wären (vgl. NECKER & MERGENTHALER 1962).

Der **Gabelzahn- und Weißmoos-Kiefernwald** ist ein lichter Kiefern-Eichenwald auf basenarmen, mehr oder minder sauren Sanden mit sehr artenarmer Krautschicht. Sind die Bestände noch sehr licht, kann sich in der Nachbarschaft von *Calluna*-Sträuchern sogar die Frühlings-Küchenschelle noch behaupten. Der typische Weißmoos-Kiefernwald (LEUCOBRYO-PINETUM) braucht sehr saure Standorte und kommt daher nur auf Quarzsanden oder sehr hohen Dünen vor, die schon eine Basenauswaschung erfahren haben und bei denen keine Aufkalkung vom Untergrund her mehr möglich ist. Dabei ist eine Zonierung zu beobachten: *Leucobryum* befindet sich dabei weiter unten am Hangbereich, der Baumbestand dagegen ausschließlich auf der trockenen, mageren Dünenkuppe. Ebenfalls oft dünenpezifisch ist der **Flechten-Kiefernwald** (CLADONIO-PINETUM). Auffallend ist ein beträchtlicher Reichtum an Moosen und Flechten in den Dünen- und Flugsandkiefernwäldern. Unter den 24 Moos- und 34 Flechtenarten, die BRESINSKY & EINHELLINGER (1987) aus dem Offenstettener und Siegenburger Dünengebiet dokumentieren, finden sich auch eine Reihe regional und überregional bedeutsamer Funde.

Offene Dünenfluren setzen sich aus verschiedenen Sukzessionsstadien der Sandrasen (Silbergrasflu-

Art	Gefährdungsstufe
<i>Aira caryophyllea</i> (Gemeiner Nelkenhafer)	2
<i>Aira praecox</i> (Früher Schmielenhafer)	2
<i>Alyssum montanum</i> subsp. <i>gmelinii</i> (Gmelins Steinkraut)	1
<i>Androsace elongata</i> (Langstieliger Mannsschild)	1
<i>Androsace septentrionalis</i> (Nordischer Mannsschild)	1
<i>Armeria maritima</i> subsp. <i>elongata</i> (Sandgrasnelke)	3
<i>Chimaphila umbellata</i> (Doldiges Winterlieb)	2
<i>Corynephorus canescens</i> (Silbergras)	3
<i>Dianthus armeria</i> (Rauhe Nelke)	3
<i>Diphasium complanatum</i> (Flachgedrückter Bärlapp)	2
<i>Eryngium campestre</i> (Feld-Mannstreu)	3
<i>Festuca duvalii</i> (Rauhblatt-Schwengel)	2
<i>Filago lutescens</i> (Graugelbes Filzkraut)	2
<i>Filago minima</i> (Kleines Filzkraut)	3
<i>Filago vulgaris</i> (Gewöhnliches Filzkraut)	1
<i>Goodyera repens</i> (Kriechstendel)	3
<i>Helichrysum arenarium</i> (Sandstrohblume)	2
<i>Jurinea cyanoides</i> (Silberscharte)	1
<i>Mibora minima</i> (Zwerggras)	1
<i>Myosotis sparsiflora</i> (Armlütiges Vergißmeinnicht)	1
<i>Ornithopus perpusillus</i> (Vogelfuß, Mäusewicke)	3
<i>Orobancha arenaria</i> (Sand-Sommerwurz)	2
<i>Pulsatilla patens</i> (Finger-Küchenschelle)	1
<i>Pulsatilla vernalis</i> (Frühlings-Küchenschelle)	2
<i>Pyrola chlorantha</i> (Grünliches Wintergrün)	3
<i>Scleranthus annuus</i> subsp. <i>polycarpus</i> (Einjähriger Knäuel)	3
<i>Scorzonera humilis</i> (Niedrige Schwarzwurzel)	3
<i>Silene otites</i> (Ohrlöffel-Leimkraut)	3
<i>Spergula morisonii</i> (Frühlings-Spark)	3
<i>Teesdalia nudicaulis</i> (Bauernsenf)	3
<i>Thymus serpyllum</i> (Sand-Thymian)	3
<i>Veronica dillenii</i> (Dillenius' Ehrenpreis)	3
<i>Veronica verna</i> (Früher Ehrenpreis)	3
<i>Vicia lathyroides</i> (Platterbsen-Wicke)	3
<i>Viola rupestris</i> (Sand-Veilchen)	3

ren, Grasnelken-Schwengel-Fluren, Frühlingspörgel-Pionierfluren), Besenheide- und Kleinginstersäumen zusammen (vgl. LPK-Band II.4 "Sandrasen"). Kennzeichnend ist an den wenigen, noch teilweise unbestockten Dünen eine Vegetationszonierung, die teilweise eine zeitliche Entwicklungsreihe widerspiegelt.

Durch die Brille des Botanikers gesehen, präsentieren sich die noch intakten Dünenbereiche als Konzentrationszonen gefährdeter Gefäßpflanzen und Kryptogamen. Subsummiert man die unterschiedlichen Florengelände vom Untermain bis zum Schrobener Sandgebiet, so ergibt sich eine illustre Reihe an Rote-Liste-Arten, wie oben zu sehen ist.

Sogar erheblich durch Sandabbau oder Erholungsaktivitäten geschädigte Dünengebiete können noch regional bedeutsame Floren tragen. Beispielsweise findet sich im weitgehend degradierten Schwalb-Dünengebiet/DON immerhin noch Frühlingsspark

(*Spergula morisonii*), Sandglöckchen (*Jasione montana*), Sandhornkraut (*Cerastium semidecandrum*) und Silbergras (*Corynephorus canescens*).

### I.1.5 Tierwelt

Die spezifische Fauna offener bis schütter bewachsener Sandstandorte, lichter Saumbereiche in Sandgebieten und aufgelichteter Sandkiefernwälder besitzt wichtige Stützpunkte in den letzten noch licht bis halblüch bewachsenen Dünengebieten. Eine ausführliche Besprechung erübrigt sich an dieser Stelle, weil der LPK-Band II.4 "Sandrasen" hierüber Auskunft gibt.

Artenschutzwichtige Lokalfaunen können sich entwickeln aufgrund

- der hohen Erwärmbarkeit und Insolation;
- der Substratporosität und Lockerheit (Grabbarkeit, Luftdurchlässigkeit, Wohnröhren, Erdnester,

Fangtrichter u.a.m. im lockeren Sand, die als Wohnstätte, der Fortpflanzung, der Nahrungsbeschaffung, dem Schutz vor hohen Temperaturen oder dem Erreichen von Wasser in tieferen Bodenschichten dienen. Grabend aktiv sind Sandbienen, Sandwespen, Erdwanzen und Ameisenlöwe);

- eines kleinräumigen Wechsels zwischen sonnigen Dünen und absonnigen, z.T. wechselfeuchten Mulden und Dünentälchen;
- eines engen Kontakts zu Feuchtbiotopen (Talranddünen).

Für sandgebietstypische Vögel (z.B. Heidelerche *Lullula arborea*, Brachpieper *Anthus campestris*, Ziegenmelker *Caprimulgus europaeus*), Reptilien (z.B. Zauneidechse *Lacerta agilis*, Kreuzotter *Vipera berus*), Amphibien (z.B. Knoblauchkröte *Pelobates fuscus*, Kreuzkröte *Bufo calamita*) und Heuschrecken (z.B. Sandschrecke *Sphingonotus caeruleus*, Ödlandschrecke *Oedipoda caerulescens*, Keulenschrecke *Myrmelcotettix maculatus*) bilden Bindendünen heute bestenfalls einen lokal nutzbaren Zusatzlebensraum neben Sandgruben, Truppenübungsplätzen und Ödländereien.

Zahlreiche bodenbewohnende Hymenopteren, v.a. Sandbienen und Grabwespen, benötigen den trockenen Sand der Dünen als Bauplatz für Nist- und Wohnröhren. Bodenfeuchte brächte die Gefahr von Brutfäule mit sich. Bevorzugt werden dabei die etwas kalkhaltigeren Sande, da diese sich besser verkitten lassen. (Daher nutzen einige Arten auch Löß, besonders als Sandgrubenwand.) Sehr günstig für die pollensammelnden Insekten und deren Schmarotzer ist eine enge Verbindung halbgeschlossener und geschlossener, blütenreicher Sandmagerrasen (optimal: Sandstrohblumen-Karthäusernelken-Sandgrasnelken-Schwingelrasen bei noch nicht ganz geschlossener Grasnarbe) mit offenen Sandstellen.

Etlche Wildbienenarten finden auf Sanden oftmals ihre letzten Rückzugsgebiete. Es handelt sich dabei meist um bayernweit rückläufige Arten.

Als Flugsand- und Dünenspezialisten können gelten (nach WESTRICH 1989):

- Die in Bayern vom Aussterben bedrohte Steppenbienenart *Nomioides minutissimus* nutzt als Hauptpollenquelle den Sand-Thymian (*Thymus serpyllum*), der ein überlebenswichtiges Habitaelement darstellt. Nester werden ausschließlich in vegetationsarmen oder -freien Sandflächen mit Tiefen von 15-22 cm angelegt.
- *Andrena chrysopus* benötigt als einzige Pollenquelle den Wildwachsenden Spargel (*Asparagus officinalis*). Kulturspargel kann von dieser Wildbiene wegen seiner späteren Blütezeit nicht genutzt werden. Die Anlage der Nester erfolgt in Flugsanden und Dünen, aber auch in Sandackerbrachen, wenn dort die Futterpflanze vorkommt.
- *Colletes cunicularis* und *Colletes marginatus* zeigen eine Trennung von Brut- und Nahrungshabitat. Obwohl sie auf den Sandflächen nisten, bleiben sie bei ihrer Nahrungswahl streng auf außerhalb der Dünen liegende Futterpflan-

zen, wie Weiden und Schmetterlingsblütler, beschränkt.

- Die Kreiselwespe (*Bembix rostrata*) kommt als sehr wärmeliebende Art in sandigen Trockenrasen vor, wobei sie blumenreiche Stellen deutlich bevorzugt. Sie lebt in Kolonien im Sandboden und gilt als Charakterart von vegetationsarmen Sandgebieten. Die Flugzeit erstreckt sich von Juli bis August. Nester werden im Boden bis in 1 m Tiefe gebaut.
- Die Sandwespe (*Ammophila sabulosa*) bevorzugt warme, sandige Standorte mit spärlichem Bewuchs. Die Verbreitung ist nur inselartig. Die Flugzeit reicht von Mai bis September. Als Nahrungspflanze dient u.a. der Thymian.
- Die Knotenwespe (*Cerceris arenaria*) findet sich in inselartiger Verbreitung auf Sandböden mit spärlicher Vegetation und starker Sonneneinstrahlung. Sie nistet meist kolonieweise auf sandigen Plätzen und Wegen, gerne in der Nähe von Kiefernkulturen. Charakteristisch sind die aufgeworfenen Sandhaufen am Einflugloch des Nistganges. Da die als Nahrung eingetragenen Rüsselkäfer häufig schädlichen Arten angehören, wird die Knotenwespe auch als Nützling bezeichnet (SEDLAG 1986).
- Vollkerfe der Heuschrecken-Sandwespe (*Sphex maxillosus*) zeigen sich nur in den Mittagsstunden auf Thymian. Die Nester werden nur wenige cm tief im Sandboden, meist in Waldnähe, angelegt. Larven benötigen bis zur Verpupung ca. fünf Laubheuschrecken.

Als Charaktertiere offener und auch kleinflächiger Sand- und Dünengebiete erreichen die Ameisenjungfern (eine Familie der Netzflügler) eine besondere Bedeutung. In den Dünen bei Siegenburg und Offenstetten/KEH kommen mehrere Arten vor, darunter auch die vom Aussterben bedrohte Dün-Ameisenjungfer (*Myrmeleon bore*).

Die als "Ameisenlöwen" bekannten Larven leben räuberisch im Sand und legen Fangtrichter (gerne unter Überhältern wie Sträuchern, Bäumen) an, an dessen Grund sie verborgen auf Beute lauern. Die Trichterfalle weist einen Umfang von bis zu 8 cm und eine Tiefe von ca. 5 cm auf.

Einige Dünengebiete beherbergen eine Reihe bemerkenswerter Wanzenarten (HETEROPTERA), so z.B. die südwestmediterranen *Stictopleurus pictus* und *Phytocoris insignis* in den Abensberger Dünen (ABSP-Landkreisband KEH).

### I.1.6 Verbreitung

Eine Grobübersicht der Flugsanddecken und Dünengebiete in Bayern vermittelt Abb. 1/2 (S. 503). Innerhalb dieser Zonen konzentrieren sich die geomorphologisch prägnanten Dünen meist in einzelnen Waldgebieten oder entlang von Talrändern. Innerhalb dieser erdkundlich bedeutsamen Bereiche wiederum sind heute nur wenige Teilabschnitte von aktuell hoher Bedeutung für den Arten- und Biotopschutz. Landschaftspflegerischer Handlungsbedarf besteht aber auch in den übrigen Dünengebieten (Nutzungsoptimierung zwecks besserer Hervorhe-

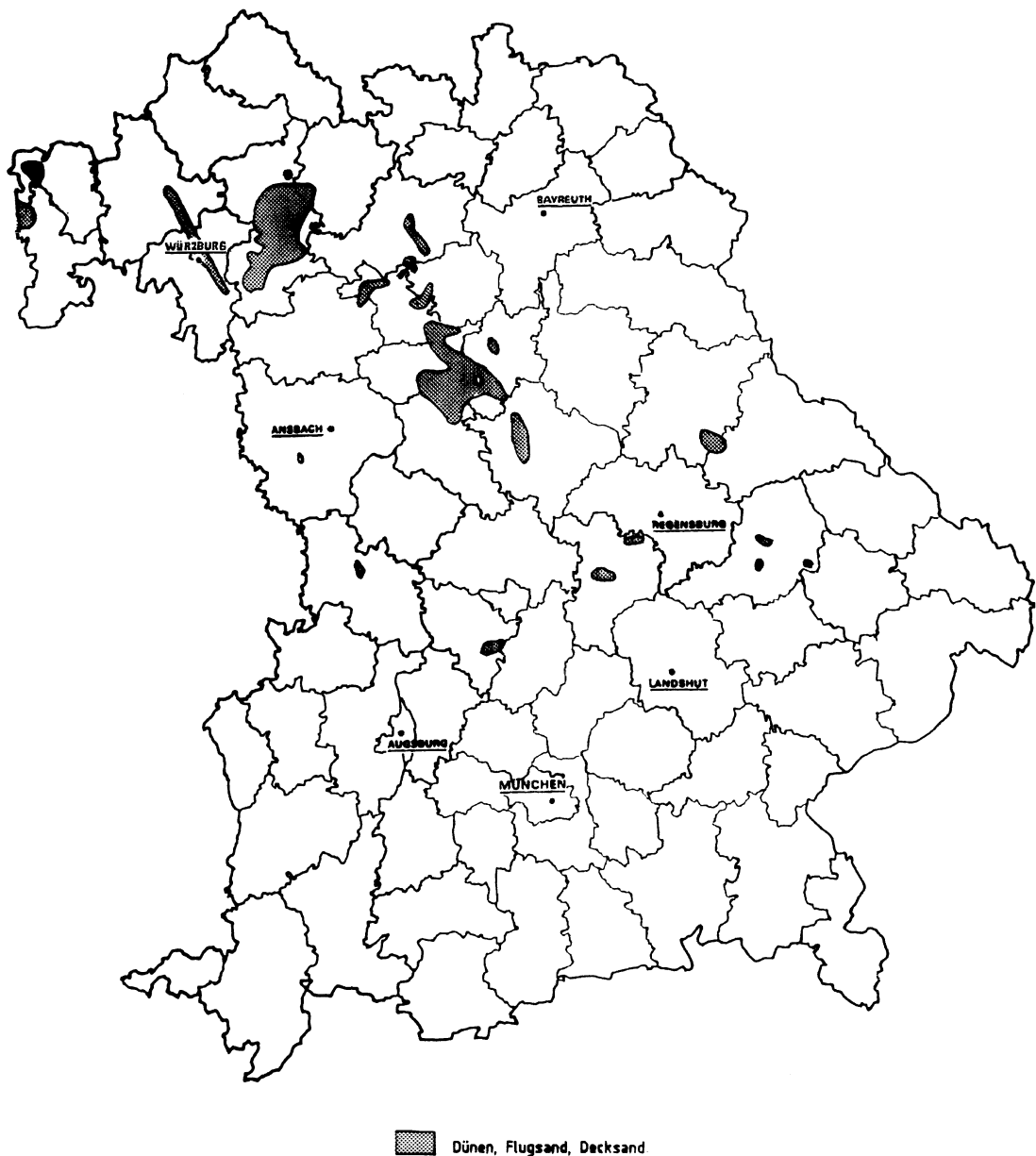


Abbildung I/2

### Die Verbreitung von Dünen und Flugsanddecken in Bayern

bung des eindrucksvollen Formenschatzes, Wiederherstellung der Lebensraumqualität für die sandbewohnende Flora und Fauna, Regelung des Sandabbaues und anderer reliefschädigender Maßnahmen). Deshalb seien im folgenden einige der wichtigsten Vorkommen, ggf. mit bemerkenswerten Ausstattungsmerkmalen, aufgelistet.

#### Unterfranken

- Bei Alzenau/AB und Kahl: morphologisch sehr vielfältig, z.T. auffallend steile Dünenkämme, Einzeldünen außerhalb der Forsten meist vernichtet oder stark degeneriert;
- zwischen Miltenberg und Kahl sowie bei Wertheim: Flugsanddecken bis zu 2 m Mächtigkeit;
- Dünen westlich von Aschaffenburg/AB;
- bei Gädheim/SW, HAS;
- im Waldstück Spessart westlich Dimbach/KT: imposante Einzeldünen;
- zwischen Marktbreit/KT und Schweinfurt/SW;
- Dünen auf kiesigen Terrassensanden des Mains/MIL;
- östl. des Mains zwischen Gemünden/MSP und Ochsenfurt/WÜ;

## Oberfranken

- bei Sandhof nördlich Bamberg/BA: flache Dünenschleier;
- zwischen Itzmündung in den Main/BA und dem südlichen Mittelfränkischen Becken um Roth und Hilpoltstein: entlang von Regnitz/Rednitz das ausgedehnteste, +/- zusammenhängende Terrassensand- und Flugsandgebiet Bayerns;
- um Eltmann/HAS und Lichtenfels/LIF: Flugsande; bei Hirschaid/BA: Dünenwälder;
- Waldabteilung Fünfwundenschlag im Hauptmoorwald bei Bamberg/BA: große Parabeldüne;
- bei Bamberg/BA: Längsdünen südlich der Geisfelder Straße, Waldabteilung Kessel bis zur Oberjägers Marter und am Sendelbach zwischen Waldabteilung Roßdorfer Höhe und Waldabteilung Kessel im Hauptmoorwald;

## Mittelfranken

- bei Feuchtwangen/AN;
- bei Wilburgstetten/AN: Reste der Wörnitz-Terrassensande mit Sanden aus dem Keupereinzugsgebiet;
- bei Altdorf und Allersberg/LAU: Dünen mit Weißmoos-Kiefernwäldern;
- Großraum Nürnberg, Dreieck Rednitz, Pegnitz/ERH, Nürnberg, insbesondere zwischen Weißenbrunn und Röthenbach/LAU: größere Sandvorkommen mit extrem reinen Flugsanddünen;
- Aischtal/ERH: wichtige Flugsandvorkommen;
- in Teilen des östl. Steigerwalds/BA, FO, ERH;
- zwischen Harrlach und Sperberslohe/RH: ausgedehnte bewaldete Dünen sandgebiete mit großen Sandgrubenkomplexen;
- Regnitz-Fürth-Erlangen-Möhrendorf: Talranddünen;

## Oberpfalz

- Schlierfer Heide und Sulztal südlich Neumarkt /Opf./NM;
- Bodenwöhrer Senke/SAD;
- Flugsande im Sulztal/NEW mit Schwerpunkt vorkommen von Sandrasen;
- Flugsande zwischen Grafenwöhr und Weiden/Opf.;

## Niederbayern

- Dünengebiete bei Abensberg, Offenstetten und Siegenburg/KEH;
- Düne bei Daßfeld/KEH (siehe Foto 20 im Anhang);
- Flugsande bei Herrnsaal, Lengfeld südwestlich Bad Abbach, Sandharlanden und Ulrain/KEH;
- Donautal bei Parkstetten, Aiterhofen/SR: Tal-Kleindünen, stark bedroht;

## Oberbayern

- Dünenreste im Raum Schrobenhausen-Sandzell-Gröbern-Hohenwart/ND; reine Flugsanddünen bei Sandhof, Haid a. Rain und Gröbern (östl. Schrobenhausen/ND);

## Schwaben

- Westausläufer der Dünen sande um Schrobenhausen reichen bis nach AIC;
- Fortsetzung der Flugsandzone des westlichen Albvorlandes im Ries/DON;
- kleinste Restvorkommen im Schwalbtal bei der Mathesmühle im Wemding Ries/DON.

### I.1.7 Bedeutung für Naturschutz und Landschaftspflege

Die meisten bayerischen Dünen gebiete liegen zwar unbeachtet in Wäldern versteckt. Für den Naturschutz signalisieren sie aber eine Reihe wichtiger schonungs- und förderungsbedürftiger Funktionen, die im folgenden nach Arten- und Biotopschutz, abiotischem Ressourcenschutz (Naturgüter), Landschaftsbild sowie Erd- und Heimatgeschichte aufgeli edert sind.

#### I.1.7.1 Arterhaltung, Lebensgemeinschaften

Bis ins 20. Jh. hinein gehörten die Flugsand- und Binnendünenfelder zu den nutzungsabweisendsten und dynamischsten Standorten der gesamten Kulturlandschaft. Die Konkurrenz mesophiler, wenig spezialisierter Arten war gering. Relikte aus längst vergangenen Klimaperioden konnten auf diesen Sonderstandortinseln z.T. bis heute überleben. In Dünen gebieten konservierten sich Arten, die einst auf den eiszeitlichen Schwemmsandebenen weit verbreitet waren, aber durch die nacheiszeitliche Bewaldung wieder in ihre östlichen und südöstlichen Herkunftsgebiete zurückgedrängt wurden. Aber auch südwestmediterrane, nördlich-kontinentale und subatlantische Arten finden bis heute in einigen Flugsandgebieten des Maintales, des Regnitzbeckens und des Übergangsbereiches Jura/Tertiärhügelland ein letztes Refugium (vgl. Kap. I.1.4, S. 500).

Noch nicht forstlich und agrarisch überprägte Restdünenfelder sind heute unersetzliche Artenreservoir für die Besiedlung möglicher Sekundärstandorte in den Sandgruben. Gleichzeitig können sie als bayernweit herausstechende Konzentrationsgebiete für Sandrasen und Trockenkiefernwälder gelten.

Durch Sandgrubenlebensräume sind Dünenbiotope nur teilweise oder gar nicht ersetzbar, weil nur letztere

- eine herpeto- und entomofaunistisch bedeutsame geschlossene Zonation aus offenen Sandfluren, "Graudünen" ("initiale Silbergrasfluren", flechtenreiche Silbergrasfluren), "Braundünen" (quendel- und zwergstrauchreiche Stadien) und Dünenkiefernwäldern bieten;
- relativ beständige Lebensbedingungen aufweisen.

Von den vielen, in Bayern ausschließlich in Dünen- und Flugsandfeldern vorkommenden Arten seien nur die Siebenscharte (*Jurinea cyanoides*), der Nördliche Mannsschild (*Androsace septentrionalis*), die Steinkresse (*Alyssum gmelini*), die Sandbie nen *Nomioides minutissimus* und *Andrena chryso-*

*pus* hervorgehoben (vgl. auch [Kap. I.1.4](#), S. 500 und I.1.5, S. 501).

Die sorgfältige Pflege und Rehabilitierung der "Dünenzentren" ist eine der entscheidenden Voraussetzungen zur Wiederherstellung funktionsfähiger Sandökosysteme (vgl. LPK-Band II.4 "Sandrasen"). Dünengebiete sind die verpflichtenden Ausgangspunkte einer umfassenden Verbundstrategie zur Rettung der hochbedrohten sandgebundenen Lebenswelt.

### I.1.7.2 Naturgüter

Flugsand- und Dünenfelder sind für die Grundwasserbildung in den niederschlagsarmen Regionen Mittel- und Nordbayerns von erheblicher Bedeutung. Hohe Durchlässigkeit, einsickerförderliches Muldenrelief und relativ geringe Verdunstung (spärliche, sehr wasserhaushälterisch "arbeitende" Vegetation) begünstigen die Grundwassereinspeisung, die insbesondere in Verbindung mit unterlagernden Wasserstauern (z.B. Feuerletten im Regnitz- und Sulztalgebiet) zumindest lokal bedeutsame Vorräte hervorrufen kann. Mehrere Trinkwassergewinnungsbereiche befinden sich in Flugsandzonen (z.B. Schlierfer Heide/NM).

Einen wegen der geringen Fläche bescheidenen Beitrag leisten Dünengebiete zur Wasserrückhaltung infolge ihres geringen Oberflächenabflusses und Muldenrückhaltes (Buckel und Tälchen).

Talrandliche Sand- und Dünenfelder begünstigen Seitenwasserzuströme in die Bach- oder Flußauen (z.B. Regnitz, Rednitz, Pegnitz).

### I.1.7.3 Landschaftsbild

Auch bei geringer Massenerhebung und vollständiger Bewaldung prägen Dünenformen das landschaftliche Erscheinungsbild. In den meist lichten, unterholzarmen Sandkiefernwäldern lassen sich die hintereinandergestaffelten Dünenzüge gut verfolgen. Wo das Flugsandrelief herausragende Formen und beträchtliche Höhenunterschiede annimmt (z.B. westlich Kahl, im südöstlichen Reichswald), gehört es neben bestimmten Ausschnitten des glazialen und des Karstformenschatzes zu den geomorphologisch eindrucksvollsten Landschaften Bayerns.

In Verebnungslandschaften können schon niedrige Einzeldünen, überhöht durch Kiefernscöpfe, prägende Akzente setzen (z.B. Taldüne Weidhofen bei Schrobenhausen, Oberulrain/KEH, Einzeldünen bei Alzenau/AB).

Dünen bieten ein seltsam fremdartiges Erscheinungsbild, da ihre Entstehung an paläoklimatische, nicht mehr aktuelle Klimabedingungen geknüpft ist. Dies verleiht ihnen gewissermaßen eine Art "exotischen" Reiz. Heidekiefernwälder erinnern in ihrer Ausprägung an südliche, meeresnahe Regionen und unterstreichen damit die fremdländische Atmosphäre innerhalb eines ansonsten typisch bayerischen Gebietes.

### I.1.7.4 Erd- und Heimatgeschichte

Dünenfelder und Flugsanddecken sind bedeutende Zeugen der landschaftsformenden Kräfte aus der jüngeren erdgeschichtlichen Vergangenheit. Sie informieren über paläoklimatische Verhältnisse während ihrer Entstehungszeit. Aus dem Neigungssinn der Sandschichtung kann die Bewegungsrichtung und damit die Hauptwindrichtung abgeleitet werden.

Bodenbildung auf den Dünen zeigt stationäre Klimagezeiten an, in denen die Sandumlagerung gebremst war. Beispielsweise sind die Braunerden auf den Sanden der letzten (bronzezeitlichen) Verwehungsphase mit dem letzten holozänen Klimaoptimum (Atlantikum) zu parallelisieren (BRUNNACKER 1959, zit. in KURZ 1988). Podsolierungserscheinungen dieser jüngsten Flugsande sind eine Folge des sich verschlechternden Klimas seit dem Atlantikum. Sporadisch erinnern auch angedeutete fossile Bodenhorizonte an die wechselvolle Ablagerungs-, Klima- und Nutzungsgeschichte.

Wie kaum bei einem anderen Geotop läßt sich hier die Landschaftsgeschichte eines begrenzten Umfeldes so konkret "begreifen". Der besondere Reiz für die Heimatgeschichte liegt darin, daß es sich - wie bei archäologischen Funden - um in ihrer Struktur im wesentlichen "originalgetreue" Phänomene handelt, die heute in dieser Form gar nicht mehr entstehen könnten.

Dünen können teilweise auch als Zeugnisse historischer "Raubbaunutzungen" und Begrenzungen agrarischer Kulturtätigkeit interpretiert werden. Flugsandverwehungen richteten besonders im Mittelalter beträchtlichen Schaden an Kulturland und Siedlungen an: So mußten beispielsweise Äcker nach Sandüberwehungen erst wieder freigeschaufelt werden. BLÜM (1989) beschreibt Sandwälle an Ackerrändern bei Rüdern/KT, die dort wohl als Schutz vor weiteren Verwehungen aufgehäuft worden waren. Auf den Westseiten wirkten diese aber auch als Materiallieferanten für neue Verwehungen.

Das Vorkommen von Dünen läßt u.a. auf bestimmte Bewirtschaftungsmethoden in historischer Zeit schließen (Rodungen, intensive Streunutzung, Waldweide etc.), die im Mittelalter und z.T. noch bis ins 19. Jh. bei uns sehr verbreitet waren. Die letzte große (anthropogen bedingte) Sandverwehungsphase konnte BRUNNACKER (1959, zit. in KURZ 1988) durch Keramikfunde auf die ausgehende Bronzezeit datieren. Allerjüngste Flugsandverlagerungen sind noch aus den 30er Jahren bekannt (CRAMER 1964): Am westlichen Rand des Klosterforstes/KT erfolgte nach größeren Rodungen eine stärkere Sandverwehung.

Fotos aus den 20er Jahren belegen für das Offenstetter Dünengebiet/KEH einen noch weitgehend waldarmen Weidezustand, in dem immer wieder Sandumlagerungen erfolgten.



### I.1.8 Gefährdung, Rückgang, aktueller Zustand

Dünen erlitten in den letzten Jahrzehnten von allen, in diesem Band behandelten Geotoptypen die größten Verluste und Beeinträchtigungen. Sie sind heute stark gefährdet. Dies resultiert im wesentlichen aus drei Faktoren:

- hohe Attraktivität für den Sandabbau;
- geringe Resistenz gegenüber technisch unterstützten, reliefnivellierenden Nutzungen (z.B. Straßenbau, maschinengestützte landwirtschaftliche Intensivierung);
- Lage in Expansionszonen von Siedlungen, z.T. in der Peripherie von Ballungsgebieten (z.B. Frankfurt-Aschaffenburg, Nürnberg-Erlangen) und inmitten von wirtschaftlichen Entwicklungachsen.

Die wichtigsten Verlust- und Gefährdungspotentiale mit ihren charakteristischen Folgen im Bereich der Flugsandgeotope und -biotop werden im folgenden kurz umrissen.

#### Bodenabbau

Die größte und radikalste Bedrohung ist der Abbau der Dünen zur Sandgewinnung. Für die Herstellung hochbelastbarer Betonsorten sind möglichst reine Quarzsande erforderlich. Diese Sandqualitäten finden sich in abbauwürdiger Menge in erster Linie im Bereich von Binnendünen sowie von Terrassensanden mit hohem Anteil an umgelagerten Flugsanden. Wegen der verbreiteten Folgenutzungen wie Verfüllung mit Fremdmaterial, Aufforstung oder landwirtschaftlicher Nutzung zählt der Sandabbau zu den Nutzungsformen mit der stärksten flächenreduzierenden Wirkung von Sandlagerstätten (siehe auch LPK-Band II.4 "Sandrasen" und II.18 "Kies-, Sand- und Tongruben").

Im Landkreis Kitzingen waren 1988 nach Schätzungen von KURZ (1988) ca. 40 Dünen, also ein Sechstel aller Dünen im Landkreis, schon zerstört. Der Anteil des Sandabbaus an der Zerstörung der Dünen lag bei etwa 50 %.

Der Fortbestand der bis zu 40 m mächtigen, weiträumigen Sanddünen aus feinstem Flugsand nördlich Altdorf ist sicherlich allein dem Umstand zuzuschreiben, daß sie das Kerngebiet einer Wassergewinnungszone des Ballungsraumes um Nürnberg darstellen.

Im Alzenau-Kahler Flugsandgebiet/AB fielen einige der prägnantesten Dünen dem Abbau und diversen Folgenutzungen (Gewerbefläche, Siedlung, Sportgelände) zum Opfer. Wesentliche Teile des einzigen nordschwäbischen Dünengebietes bei der Mathesmühle/DON, der Schliefer Heide bei Neumarkt und der Gröberner Kleindünenlandschaft/PAF sind ebenfalls in Sandgruben verschwunden. Kleine Dünenabbau zogen Müll- und Abraumverfüllung mit nachfolgender Eutrophierung nach sich. So verschwand z.B. das östlichste Vorkommen der Silberscharte auf der Einzeldüne bei Haid/KT (MEIEROTT, mündl.).

### Aufforstung, Forstdüngung

Großräumige Aufforstungen der Dünen und Flugsandfelder erfolgten bereits in historischer Zeit, um den durch die menschliche Nutzung (mittelalterliche Rodungen) verursachten erneuten Wandertendenzen der Flugsande wieder Einhalt zu gebieten. Die ersten Aufforstungsbemühungen, mit der Kiefer als bevorzugter Baumart, setzten im Nürnberger Raum bereits im ausgehenden 15. Jh. ein, fanden auch in anderen Sandgebieten rege Nachahmung und wurden bis weit in das 19. Jahrhundert fortgesetzt.

Selbst in der jüngsten Vergangenheit (nach 1950) fielen noch zahlreiche offene Sandflächen den weiträumigen Aufforstungen mit Kiefern zum Opfer. In erster Linie betroffen waren dabei unrentable und brachliegende landwirtschaftliche Flächen, Ödlandreste besonders in Waldrandlage und erschöpfte Abbaugruben. Beispiele dafür gibt es im Nürnberger Reichswald, im Sulztal/Opf., im Raum Neumarkt/Opf. und im Abensberger Dünengebiet/KEH.

"Umforstung" von Dünenformen unterband den Windzutritt und damit die rezente Sandumlagerung. Gehölzsukzessionen auf den umwaldeten Kuppen und Kämmen wurden auch durch den nunmehr erhöhten Kiefersamendruck und die unaufhaltsame Auflagehumusbildung der nadelstreuübersäten Sande gefördert (Beispiele: Regnitz-Taldünen, Siegenburger Sande).

Offensichtlich begünstigten landwirtschaftliche Stoffeinträge den Unterwuchs von Einzeldünen im Kulturland und verwischten damit die ursprünglich auch bei lockerer Kiefernüberschirmung noch erkennbare Hügelkontur (z.B. Weidhofen bei Hohenwart/PAF).

In einzelnen geringwüchsigen Kiefernforstgebieten ist damit zu rechnen, daß auch die Forstdüngung die Erlebarkeit des Kleinreliefs im Wald durch Krautschicht- und Unterwuchsverdichtung mindert und oligotrophente Trockenwaldvegetation beeinträchtigen kann (z.B. Talsande bei Teublitz/SAD).

#### Naherholung

Da zahlreiche Dünen- und Flugsandgebiete in der Nähe von großen Ballungszentren liegen, dienen sie als beliebtes Naherholungsziel. Jedoch kann ein ungelentker Freizeittourismus (die Palette reicht von Spaziergängern und Joggern über Reiter bis hin zu Mountain-Bikern und Motocross-Fahrern) im Bereich der Sandablagerungen zu Schädigungen oder Beeinträchtigungen der Dünenvorkommen führen. So gilt die Erholungsnutzung heute als die zweitwichtigste Ursache des allgemeinen Artenrückgangs der Sandrasen in Deutschland (siehe auch LPK-Band II.4 "Sandrasen"). Einige Beispiele sollen dies verdeutlichen:

Die gut erhaltenen Dünen östlich Gräfenneuses/KT und bei Albertshofen/KT werden durch eine Vita-Parcours-Anlage geschädigt. Hier wird das Dünenerelief zur Bereicherung des Parcours benutzt. Quer über die Dünenkämme verlaufende Jogging-Wege tiefen Schneisen ein, und aufgestellte Geräte verur-

sachen zusätzliche Tretmulden in ihrer Umgebung. Ähnliche mechanische Schäden sind auf der Einzeldüne am Alzenauer Forst/AB festzustellen.

Die Anlage von Reitwegen in Dünengebieten ist zwar eine relativ seltene, aber dennoch eine geotopgefährdende Nutzung. Da sich die Reiter meist nicht an die vorwiegend in den Dünentälchen verlaufenden Wege halten, sondern gern querfeldein über die Dünenkämme reiten, werden dort Trampelpfade eingeschnitten, die Erosionsansätze bieten. Als Beispiel sei das bewaldete Dünengebiet zwischen Altdorf und Leinburg im Osten des Nürnberger Reichswaldes genannt. Hier verwandelt der tiefe Tritt der schweren Tiere schmale Saumpfade und autobreite Fahrwege in grundlose Lockersandstreifen, die in ganzer Breite auf 20 bis 30 cm Tiefe staubig getreten werden, ohne daß die Flächen sich zwischendurch wieder konsolidieren können. Dies führt fast zum vollständigen Ausfall der betroffenen Sandwege als Siedlungsraum für sandbewohnende Tiere (Grabwespen, Wildbienen, Sandlaufkäfer und Ameisenlöwen). Ebenso erfolgt eine Störung der an den Waldrändern brütenden Ziegenmelkerpopulationen. Als Todesfalle erweisen sich die berittenen Lockersandwege für die im Gebiet reichlich vorkommenden Kreuzkröten, die sich gerne solche Wege als Tagesversteck zum Eingraben aussuchen und oft genug als zertretene Kadaver enden. Eine Gefahr für die Dünenform besteht auch bei Moto-Cross-Betrieb. Zudem muß von einer Zerstörung der Pflanzen bzw. der Aufschreckung von Tieren durch Motorräder und Mountainbikes ausgegangen werden. Für die wertvolle Flora und Fauna sind zwar vegetationsfreie Sandflächen äußerst wichtig, sie sollten aber besser durch Pflegemaßnahmen hergestellt werden, die u.a. auf Blüh- und Brutzeiten Rücksicht nehmen.

### **Intensivierung der Landwirtschaft, agrarische Eutrophierung**

Eine der dominanten Rückgangsursachen ist die Ausweitung der landwirtschaftlichen Kulturlächen bis in vormals nicht bzw. nur extensiv genutzte nährstoff- und basenreiche Feinsandflächen. Sandterrassen und Flugsandgebiete wurden nahe der rasch expandierenden Ballungsräume immer mehr in Sonderkulturen umgewandelt: Gemüse- und Salatbau im Böstig im Norden von Bamberg und im Knoblauchsland nördlich von Nürnberg und Fürth, Tabakanbau im Raum Erlangen-Nürnberg-Schwabach sowie Hopfenanbau bei Spalt und Abensberg. Den größten Aufschwung erfuhr jedoch der Spargelanbau innerhalb der letzten Jahrzehnte: Spargel gedeiht fast ausschließlich auf lockeren, tiefgründigen Sandböden und gewann besonders in den sandigen Tallandschaften eine immer größere Bedeutung. In einigen Gegenden Bayerns (z.B. bei Schrobhausen/ND, KEH) sind die dort relativ niedrigen Dünen durch die Sonderkulturnutzung gefährdet bzw. schon stark degeneriert. Auch der rapide Rückgang der Kalksand-Dünen in der Schwetzingen Hardt ist wohl auf die Einführung der Spargelkulturen zurückzuführen.

Bayernweit sowohl als Biotop wie als Geotop praktisch ausgelöscht wurden die dezimeter- bis ca. 2 m hohen Kleinwalldünen der stromtalnahen Auen- und Niedermoorlandschaften. Meliorationsarbeiten in den 30er bis 50er Jahren, z.T. durch die staatliche Moorwirtschaft unterstützt, und (Tief-)Pflugarbeit ließen reizvolle Sandwälle und Flugsandrüppeln nach und nach verschwinden. Lediglich leicht erhöhte, hell gefärbte Sandlinsen in den oft anmoorigen Ackerbreiten künden noch von einem einst botanisch-zoologisch hoch schutzwürdigen Lebensraummosaik (Beispiele: Baumannshof-Feilenforst bei Ingolstadt, südlich Neustadt/KEH, Unkenbachniederung/SW, KT, Maintal bei Haßfurt/HAS).

Schlagvergrößerungen durch frühere Flurbereinigungen verschmolzen kleine Dünenparzellen mit dem umgebenden Ackerland und leisteten damit der Kleinreliefnivellierung Vorschub. An sich noch erhaltene Dünen- und Flugsandbiotope im unmittelbaren Ackerkontakt zeigen in der Regel deutliche Eutrophierungs- und Ruderalisierungssymptome infolge indirekter Düngung (z.B. Astheimer Sande/KT, Pettstätter Sande/BA, Düne bei Sandizell/ND).

### **Baulandausweisung und Verkehrswegeplanung**

Die landwirtschaftlich wenig ertragreichen Sande wurden schon frühzeitig als willkommenes Bauland genutzt. So baute man beispielsweise die Dünen am Stolzenbühl in Erlangen/ERH als Bausand ab und ebnete sie zu Bauland ein (HAARLÄNDER 1966). Davon war u.a. auch eine ca. 8 m hohe Einzeldüne betroffen, die noch bei KRUMBECK (1952) als beispielhafter Dünenkörper erwähnt wird. Südöstlich von Volkach fanden auf einem größeren Dünengelände Baumaßnahmen zur Errichtung der Mainfrankenkasernen statt (KURZ 1988).

Mit dem höheren Bedarf an Verkehrswegen wurden die Trassen neuer Ortsverbindungsstraßen und Autobahnen nicht selten durch Flug- und Terrassensand-Gebiete geplant, um aus wirtschaftlicher Sicht wertvollere Agrarland auszuweichen. Aufgrund ihrer großen Längenausdehnung sind dabei vor allem Strich- oder Längsdünen von der Zerschneidung durch Straßen- und Wegebau gefährdet. Erst in jüngerer Zeit nutzt man die Chance, wenigstens die Straßenböschungen als Refugien und Verbindungsachsen für Pionierarten und trockenheits- oder wärmeliebende Lebensgemeinschaften zu belassen, um zumindest einen Ansatzpunkt für den Biotopverbund herzustellen.

### **Militärische Nutzung**

Die wenig ertragreichen Sandböden wurden z.T. schon frühzeitig zu Truppenübungsplätzen umgewidmet. Die militärische Nutzung, vor allem das Befahren mit Panzern, führt zur völligen Zerstörung der Dünen. Ein gelegentlich durchgeführter Übungsbetrieb mit Kettenfahrzeugen kann jedoch auch dazu beitragen, die Sandflächen offenzuhalten und sie vor der Verbuschung oder Bewaldung zu bewahren. Beispiele sind der Klosterforst bei Kitzingen, Teile des Böstig bei Bamberg und der Tenenloher Forst/ERH.

## I.2 Möglichkeiten für Pflege und Entwicklung

Was läßt sich grundsätzlich für Flugsandformen und davon abhängige Biotope tun? Wie sind diese Alternativen aus der Sicht verschiedener Zielebenen der Landschaftspflege zu beurteilen?

Das Spektrum reicht von bescheidenen Offenhaltungsmaßnahmen in Silbergrasdünen bis zum "Nachbau" abgetragener Großdünen, von der Abschirmung gegenüber Motocross bis zur großräumig dünenschonenden Abbaurahmenplanung. Vieles davon ist umstritten, muß aber trotzdem an dieser Stelle geprüft werden, weil es beispielsweise im Rahmen von Eingriffsregelungen immer wieder vorgeschlagen oder bereits jetzt punktuell probiert wird. Zur Disposition stehen u.a.:

### A Pflegemaßnahmen für noch bestehende Dünenbiotope

- A 1 bedarfsweise Offenhaltung
- A 2 den schütterten Vegetationscharakter erhaltende Pflege (Beweidung, Trift, Grasrupfen, Plagen, Mahd usw.)
- A 3 einmalige Beseitigung von Fremdstoffablagerungen und Sanierung ruderalisierter Bereiche (Abschieben auf Teilflächen usw.)

### B Wiederherstellung des Biotop- (6d 1)-Charakters von Dünengeotopen

- B 1 radikale Waldöffnung
- B 2 zurückhaltend-schrittweise Waldauflichtung
- B 3 Ausmagerung und Beweidung von Dünenwäldern

### C Rekonstruktion zerstörter Flugsandformen

- C 1 imitierende Aufschüttung auf der natürlichen Sockelfläche
- C 2 imitierende Nachmodellierung im Zuge der Sandgrubenrenaturierung

### D Wiederherstellung von Flugsanddynamik, die neue Dünenbildungen ermöglicht

- D 1 Liegenlassen stillgelegter windexponierter Sandäcker

D 2 Verzicht auf Bestandesbegründung in Großkahlschlägen (evtl. Begünstigung der Windausblasung durch Beweidung und Bodenverwundung)

D 3 Liegenlassen größerer Schneebrüche und Windwürfe in Flugsandgebieten

D 4 Belassen von Sandverwehungen in großen Abbaustellen, u.U. auch im Lee dieser Gruben

### E Abschirmung dünenschädigender Aktivitäten

E 1 Umlenkung von Erholungsaktivitäten (Trimm-dich-Rundkurse, Motocross usw.)

E 2 von geomorphologisch schutzwürdigen Flugsandgebieten fortweisende Abbaurahmenplanung

Schon aus Artenschutzgründen sinnvoll und notwendig erscheinen die Maßnahmen A 1, A 2, A 3, B 1, B 2, B 3, D 1 und D 2, wenn Mangelbiotypen der Sandfluren und regional bis landesweit gefährdete Arten dadurch gefördert werden können. Schwerer zu bestimmen ist die Grenze sinnvollen Handelns, wenn nur noch rein erdkundlich-geomorphologische Beweggründe angeführt werden können (C 1, C 2).

Gegen primär geomorphologisch motivierte Rekonstruktionsversuche sprechen mehrere Gesichtspunkte:

- "Originale" Geländeneiveaus, die einen höhenrichtigen Anschluß an noch verbliebene Restdünen ermöglichen würden, sind in den verfügbaren Restitutionsflächen (fast immer Sandgruben) meist nicht mehr herstellbar, da flugsandähnlicher - oder entsprechender - Abraum zur Wiederanhebung der Abbausohlen im Regelfall nicht zur Verfügung steht.
- Formen "um der Form" willen, also losgelöst vom Originalsubstrat, womöglich unter Verwendung von kiesigem Abraum, kann kein seriöses Naturschutzziel sein ("musealer Etikettenschwindel").
- Im Sinne einer "menschheitsgeschichtlichen Ehrlichkeit" sollten Spuren der Umgestaltung der Erdoberfläche nicht kaschiert, sondern der Nachwelt überliefert werden.

## I.3 Situation und Problematik der Pflege und Entwicklung

Was passiert bisher zur Erhaltung und Optimierung bayerischer Flugsandformen?

Konfliktlösungen zwischen Dünenschutz und Sandabbau werden zwar allgemein angestrebt, schlagen aber derzeit noch nicht wirksam durch. Eine konsequente Aussparung geomorphologisch schonbedürftiger Flugsandgebiete in den Abbaurahmenplanungen und Genehmigungsverfahren ist bisher noch nicht erreicht. Aufgrund früherer Freigaben fallen auch gegenwärtig und in naher Zukunft noch Altdünen dem Bagger zum Opfer (z.B. südöstlicher

Reichswald, Mathesmühle/DON). Die abbaunattraktive große Schichtmächtigkeit in den Dünenbereichen hat in der Vergangenheit zu einer heute kaum lösbaren Zielüberlagerung Abbaubauindustrie / geomorphologischer Naturschutz geführt. Beispiele praktischer Landschaftspflege sind:

- Punktuelle Dünenoffenhaltungs- und Artenhilfsmaßnahmen (vgl. z.B. SCHEUERER et al. 1991);
- Wiederaufnahme kleinflächiger Waldweide (im Abensberger Sandgebiet projektiert);

- erdbauliche Schaffung technogener "Flugsandformen" in ausgebeuteten Sandgruben;
- Abschieben eutrophierter Oberflächensande (z.B. Astheimer Sande/KT);
- Trennung wertvoller Sandrasen vom Erholungsbereich (z.B. Fahrer Sande/KT);
- Anlagerung stillgelegter Sandäcker zu Sandflurfragmenten (z.B. Pettstätter Sande/BA, Astheimer Sande/KT);
- Biotopverbundkonzepte für fragmentierte Sandökosysteme, derzeit aber noch nicht durchschlagend realisiert (z.B. Alzenauer Sande; RITSCHEL-KANDEL, mündl.).

## I.4 Pflege- und Entwicklungskonzept

Was von den in Kap. 2 diskutierten Handlungsmöglichkeiten sinnvoll erscheint, wird im folgenden präzisiert und in konkrete Empfehlungen umgesetzt. Das Darstellungsschema entspricht allen anderen Geototypen und - verkürzt - dem LPK-Grundschemata.

### I.4.1 Grundsätze zur Pflege und Wiederherstellung

#### (1) Weit fortgeschrittene Verluste zwingen zu entschiedener Erhaltung des Restbestandes an Flugsandgeotopen!

In den geomorphologisch meist recht einförmigen Sandgebieten sind die Flugsandakkumulations- und Ausblasungsformen hervorstechende gestalterisch-erdkundliche Höhepunkte. Glaziale und frühholozäne Gestaltwerdung der Landschaft läßt sich in den Nichtvereisungsgebieten Bayerns nirgendwo unmittebar erkennen. Die Zeugenfunktion solcher Erscheinungen steht und fällt mit der Erhaltung der Dünengebiete in ihrer regionalen und überregionalen Gesamtverbreitung. Die irreversible Zerstörung hat empfindliche Lücken geschlagen. Es ist darauf hinzuwirken, sämtliche Restvorkommen in ihrer Vielfalt vor weiteren Eingriffen zu bewahren.

#### (2) Mit der Pflege und Schonung von Einzeldünen ist es nicht getan. Der landschaftspflegerische Wirkungsbereich muß Dünenfelder einschließen!

Äolische Prozesse werden nicht an Einzelformen, sondern nur an der räumlichen Gesamtfiguration der Hohl- und Vollformen, an den Konturen, die sich in der Vergesellschaftung unterschiedlicher Einzelelemente erkennen lassen, nachvollziehbar. Deshalb muß bei allen Sicherungs-, Pflege- und Optimierungsbestrebungen der jeweilige Gesamtverband an Flugsandformen im Auge behalten werden. Unscheinbare Rand- oder Zwischendünen gehören ebenso hierzu wie spektakuläre Großdünen.

Solche Pflege- und Optimierungseinheiten sind also die gesamte Dünengesellschaft z.B. des Klosterforstes, des Dimbacher Forstes oder Offenstettener Forstes etc.

#### (3) Restitution sollte sich sinnvollerweise auf die Neuschaffung ökologisch entsprechender Verhältnisse ohne "originalgetreuen" Nachbau beschränken!

Originalgetreue Duplizierung ist bei Dünen prinzipiell unerreichbar, da zumindest die entstehungsgeschichtlichen Voraussetzungen und Substrat-

charakteristika nicht reproduzierbar sind. Denkbar sind dagegen "zeitgemäß" anfallende Sekundärbiotope, die für wertbestimmende Dünenbiozönosen und sandflurtypische Arten besiedelbar sind (vorwiegend durch Verzicht auf Rekultivierung von Sandgrubenlebensräumen).

#### (4) Dünenpflege auf Artenschutz-Vorranggebiet konzentrieren!

Oft recht aufwendige Offenhaltungs- und Öffnungsmaßnahmen lassen sich am ehesten in solchen Flugsandgebieten rechtfertigen, wo landkreis- oder regional bedeutsame Arten der trockenen Sandfluren noch zumindest in kleinen Restbeständen nachweisbar sind (z.B. Flachbärlappe *Diphysium* div. spec., Ohrleimkraut *Silene otites*, Bauernsenf *Teesdalia nudicaulis*, Winterlieb *Chimaphila umbellata*, Fragmente lichtliebender Sandboden-Flechtenvereeine).

Wo gefährdete, an offene Sandfluren gebundene Arten nur mehr an randlichen Sekundärstandorten (z.B. Ödland- und Sandschrecke, Ameisenlöwen oder Kreiselwespe in Sandgruben oder breiten, offenen Sandwegsäumen) vorkommen, sollten unterschiedene, nicht zu kleinflächige Öffnungsmaßnahmen auch auf die höheren Dünenkuppen ausgedehnt werden, um die Populationen sicherer zu machen.

#### (5) Öffnungsmaßnahmen nicht auf Dünenkiefernwälder ausdehnen!

Dünen- und Flugsandvorkommen sind Rückzugsstandorte nicht nur für Sandsteppenrelikte, sondern auch für autochthone Trockenkiefernwaldtypen (z.B. Haarstrang-, Kopfgeißklee-, Flechten-Weißmoos-Kiefernwälder). Solche durchaus kiefernforstähnlichen Bestände erfordern eine sorgfältige Analyse und Kartierung; davon bedeckte Dünengebiete bedürfen einer die Naturschutzziele besonders berücksichtigenden Waldnutzung und im Regelfall keiner Pflegemaßnahmen.

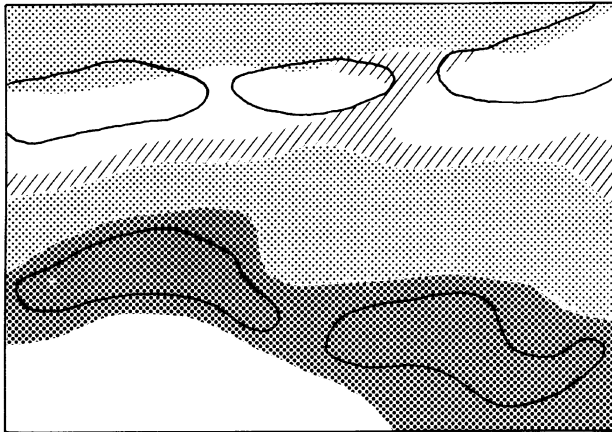
### I.4.2 Handlungs- und Maßnahmenkonzept

Aus den Grundsätzen und der Diskussion des [Kap. I.2](#) ergeben sich gewisse Leitvorstellungen für den künftigen Zustand der Flugsandgeotope ([Kap. I.4.2.1](#)), dessen Herbeiführung die im darauffolgenden [Kap. I.4.2.2](#) (S. 511) umrissenen Maßnahmen voraussetzt.

VORHER



NACHHER






-  autochthone Sandkiefernwälder  
(Berghaarstrang-, Geißklee-Kiefernwald u. a.)
-  Kiefernforst
-  stark aufgelichteter Randbestand

Abbildung I/3

Gestaltungsvorschlag für Dünenfelder im Forst (Grundriß)

#### I.4.2.1 Leitbilder und Pflegeziele für Flugsandformen

Zwei Grundsituationen werden unterschieden: Dünenformen im Freiland und im Wald.

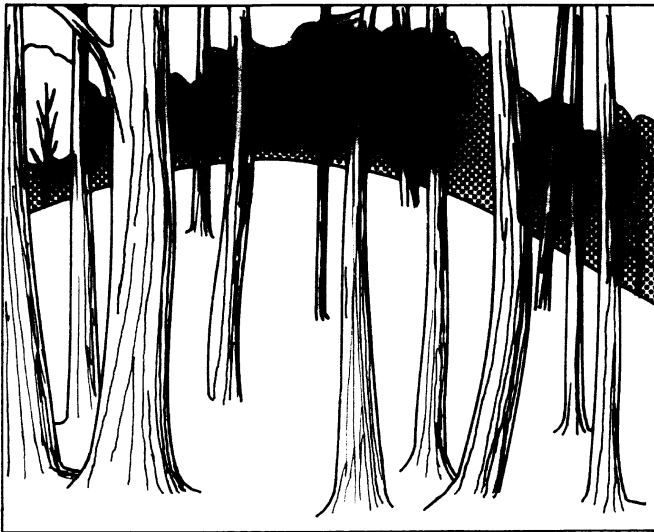
Abb. I/3 (S. 510) zeigt ein Idealbild für eine **Dünenlandschaft im Kiefernforst**. Restbestände mit hoher Wahrscheinlichkeit autochthoner Trockenkiefernwälder sollten in ihrer charakteristischen Lichtstellung weiter erhalten werden. Markante Dünenzüge in Altersklassen-Kiefernforsten (Stangenhölzer, "Steckerleswald") sollten Zug um Zug aufge-

lockert und zumindest im Sonnhangbereich wenigstens partiell freigestellt werden. Schwerpunkt der Auflichtungsmaßnahmen ist das Umfeld noch vorhandener offener Sandfluren.

Der Übergangsbereich zwischen Forst und Offendüne sollte fließend sein. Noch vorhandene Hutföhren aus Zeiten früherer Waldweide sollten wieder zur Wirkung kommen.

Abb. I/4 (S. 511) illustriert einen Endgestaltungsvorschlag für diesen **Dünen/Forst-Verzahnungsbereich**. Die Öffnung der Dünenkuppe begünstigt

## VORHER



## NACHHER

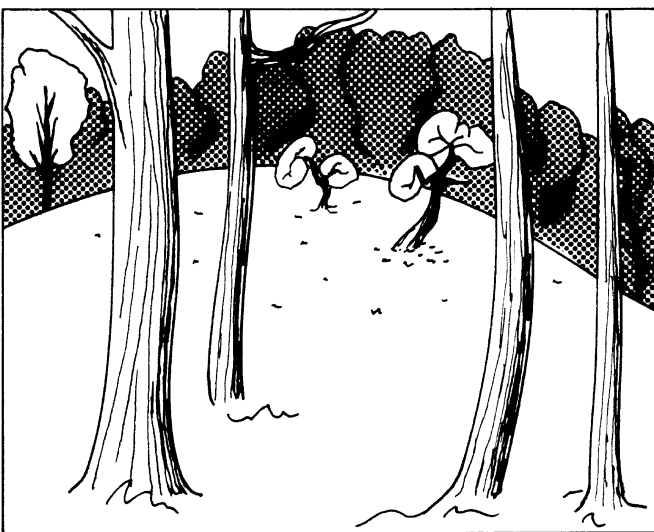


Abbildung I/4

Gestaltungsvorschlag für den Dünen-Forst-Übergang

die Windverblasung der lockeren Streuschicht. Das Weiß der Dünenande leuchtet wieder durch den Forst. Nur allmählich lichtet sich der dichte Bestand.

Eine optisch-geomorphologische Verdeutlichung und Situationsverbesserung xerothermer Dünenbesiedler bringt die Umgestaltung von **Einzeldünen im Freiland** (Abb. I/5, S. 512).

Die unter zunehmender Verwaldung verschwindende Düne wird durch kräftige Schwendung und Einzelbaumrodung wieder hervorgehoben. Ein lockerer Restbestand windstabiler Kiefern wird belassen. Austrocknung und Windzutritt sind nicht mehr behindert.

#### I.4.2.2 Pflege- und Entwicklungsmaßnahmen

Die bayerischen Binnendünen "wirken" optisch nur im unbewaldeten, gering bestockten oder locker bewaldeten Zustand. Ihr hochspezifisches Biotop- und Artenpotential bedarf ebenfalls einer möglichst weitgehenden Lichtstellung.

Dünen im Freiland (z.B. Sandhof bei Schrobenshausen, westlich Alzenau, Ulrain/KEH, Daßfeld/KEH) sollten als Sandrasen erhalten bzw. wiederhergestellt werden. Dies erfordert in nahezu allen Fällen:

- Entbuschungsmaßnahmen (in Abstimmung mit dem Waldbesitzer und Forstamt);



VORHER



NACHHER

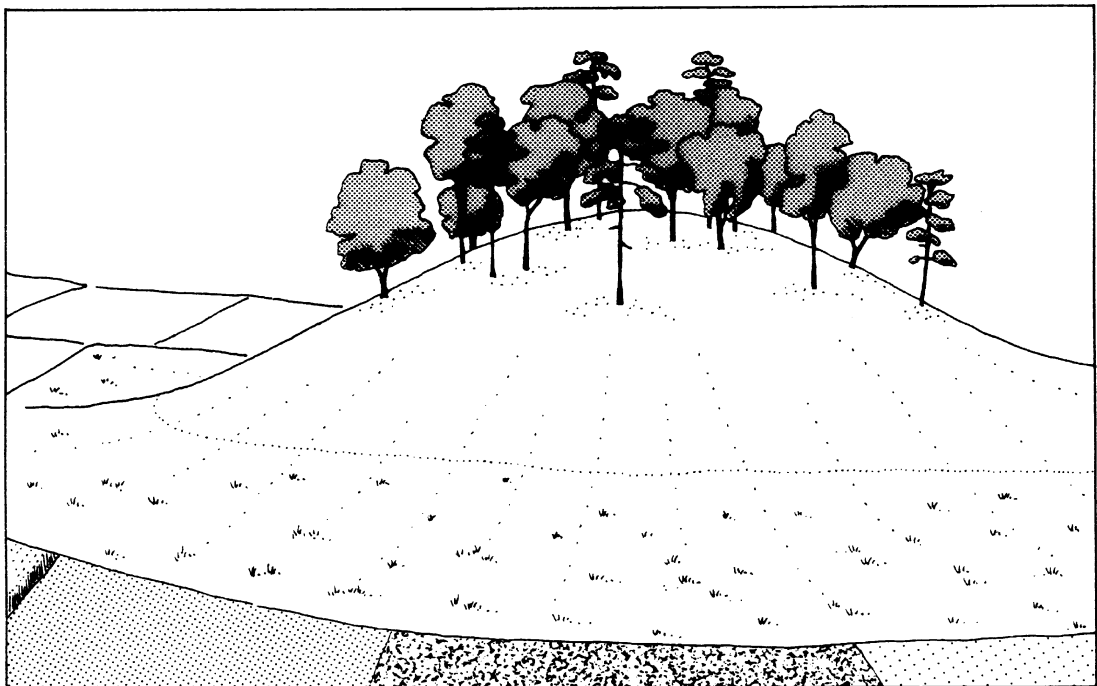


Abbildung I/5

Umgestaltungsvorschlag für stark verbuschte Einzeldünen im Kulturland

- entschiedene Ausmagerung der aufgedüngten Weidekoppeln und Wiesen (mehrmaliger Schnitt, eventuell durch einen Weidegang ergänzt);
- Beseitigung der Fremdstoffablagerungen aller Art;
- Sicherung einer sehr extensiven Folgebeweidung, die allerdings zur kurzfristigen Erhöhung der Verbiß- und Trittdensität auch phasenweise komprimiert werden sollte.

Als Entbuschungstechnik bietet sich neben dem Freischnitt im Frühsommer vor allem die Einkoppelung von Ziegen mit (kurzfristigen) Weidedichten nicht unter drei Alttieren/ha an. Intensive Nachweide mit hohem Verbißeffekt ist vor allem nach der Rodung polykormonbildender und stockausschlagfähiger Dünengehölze vonnöten (Faulbaum, Birke, Weiden, Schlehen usw.). Hüteschafhalter können durch kurzfristig sehr hohe Weidedichten und dem auf Sand wirksamen "Rupfeffekt" der Schafe und Ziegen zur Auflockerung der Rasendecke und beschleunigten Einstellung sandflurähnlicher Zustände beitragen. Nachtpferche sind natürlich von Dünenstandorten fernzuhalten.

Einige der floristisch hochwertigsten Dünen (z.B. bei Haid/KT, Sandhof/ND) sind stark durch Unratablagerungen in ehemaligen Kleinabbaustellen, landwirtschaftliche Kleingebäude, Ernteabfälle und Altmistlagerung beeinträchtigt bzw. eutrophiert. Wo die Geländeform dies noch erlaubt, ist hier an flachgründigen Aushub der ruderalisierten Abschnitte und die Schaffung von Sandpionierassen zu denken.

Die pflegliche Behandlung der Dünen im Wald obliegt den Forstbehörden und Waldbesitzern. Von gezielten Unterbauungsmaßnahmen ist abzusehen. Die waldbauliche Behandlung ist auf die Konservierung der hier oft autochthonen Föhrenrassen abzustellen. Natürliche Bestockungen sind hier in der Regel von der Kiefer dominiert und können durchaus einem strukturarmen Kiefernforst ähneln.

In floristisch herausragenden Kleindünenlandschaften in Kiefernforstgebieten sowie in Waldabschnitten mit geschwächten Reliktexemplaren (regional) bedrohter Arten, wie Frühlingsküchenschelle *Pulsatilla vernalis*, Flachbärlapparten *Diphysium complanatum s.l.* oder Steppenleinkraut *Silene otites*, sollten die Kiefernbestockungen entschiedener aufgelockert und bei geringen Stammzahlen weiterbewirtschaftet werden.

In begründeten Sonderfällen sollte auch phasenweise Waldweide geprüft werden. Dies setzt eine zuverlässige Abtrennung von umgebenden Waldbeständen voraus. Für diese Art des Managements besonders prädestiniert sind kleine dünenprägte Waldstücke, die sich mit angrenzenden Grünlandflächen zu Beweidungseinheiten zusammenschließen lassen (z.B. bei Gröbern/PAF und Schwalbtal/DON).

Offensandige oder sekundär geöffnete Dünen freier werdender militärischer Übungsplätze (z.B. im Lkr. Kitzingen) sollten nach Möglichkeit weiterhin gehölzarm gehalten werden.



# J Anhang

## J.1 Literaturverzeichnis

- ABELE, G. (1953): Zum Quartär der Alpen und des Alpenvorlandes.- *Geologica Bavarica* 19: 1-345.
- (1974): Bergstürze in den Alpen - Ihre Verbreitung, Morphologie und Folgeerscheinungen.- *Wissenschaftliche Alpenvereinshefte* 25, Hrsg. Deutscher und Österreichischer Alpenverein, München, Habilitationsschrift, Univ. Karlsruhe, Fakultät für Bio- und Geowissenschaften, 230 S.
- (1981): Trockene Massenbewegungen, Schlammströme und rasche Abflüsse.- *Mainzer Geogr. Studien* 23: 1-102.
- AD-HOC-ARBEITSGRUPPE GEOTOPSCHUTZ (1996): *Geotopschutz in Deutschland - Leitfaden der Geologischen Dienste der Länder.- Angew. Landsch.-ökol.* 9, 105 S., Bonn (Bundesamt f. Naturschutz).
- AHNERT, F. (1960): Zur Frage der rückschreitenden Denudation und des dynamischen Gleichgewichts bei morphologischen Vorgängen.- *Erdkunde* VIII.
- AIGNER, D. (1910): Das Tölzer Diluvium.- *Mitt. Geogr. Ges. München* 5: 1-159.
- (1913): Das Murnauer Diluvium. Geographisch-geologische Untersuchungen auf dem Gebiete der oberbayerischen Glazialablagerungen in der Umgebung von Murnau-Weilheim-Starnberg.- *Landeskundliche Forschungen* 17.
- AKADEMIE FÜR NATURSCHUTZ UND LANDSCHAFTSPFLEGE (Hrsg.) (1982): *Laufener Seminarbeiträge* 7/82.
- ALBERS, H.J., BURGHARDT, O. CLAUSEN, C.D. & DINTER, W. (1982): Bald mehr Schutzmöglichkeit für Zeugen der Erdgeschichte.- *LÖLF-Mitteilungen* (1): 7-15, Recklinghausen.
- ALPENINSTITUT (Hrsg.) (1990): *Untersuchung für die Erarbeitung eines Landschaftspflegekonzepts im Vorfeld des Nationalparks Bayerischer Wald.- Unveröff. Gutachten am LfU*, 382 S., München.
- AMMER, U. & SAUTER, U. (1985): Überlegungen zur Erfassung der Schutzwürdigkeit von Auebiotopen im Voralpenraum.- *Ber. ANL* 5: 99-137.
- AMMON, L.v. (1894): *Die Gegend von München.- Sonderdruck aus der Festschrift der Geograph. Gesellschaft in München zur Feier ihres 25jährigen Bestehens*, München, 151 S.
- (1911): *Bayerische Braunkohlen und ihre Verwertung.- München*.
- ANDRES, G. (1951): Die Landschaftsentwicklung der südlichen Frankenalb im Gebiet Hofstetten-Gaimersheim-Wettstetten nördlich von Ingolstadt.- *Geologica Bavarica* 7.
- ANL = Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege
- ANONYMUS (1960): *Fichtelgebirge und die Münchberger Gneismasse.- Der Aufschluß* 8, Sonderband, Heidelberg.
- (1965): *Der Landkreis Wolfratshausen.- München*.
- (1980): *Rudolfstein ist geschütztes Naturdenkmal.- Der Siebenstern* 49 (1): 18.
- (1984): *Felsgruppen, Blockbilder und Schluchten im Spessart.- Spessart* 76/1.
- ANTONI, W. (1979): Zur Gefährdung der Fledermäuse in Bayern.- *Jb. Ver. Sch. Bergwelt* 44: 171-190.
- ARNDT, H. (1927): *Geologische Wanderungen im Hofheimer Gau.- Fränkische Heimat* (2): 48-51, (3): 85-91, Nürnberg.
- ARNOLD, F. (1858 - 1885): *Die Lichenen des fränkischen Jura.- Flora* 41-68, Regensburg.
- (1891-1901): *Zur Lichenenflora von München.- Ber. Bayer. Bot. Ges.* 1-8.
- ASMUS, U. (1987): *Die Vegetation der Fließgewässerränder im Einzugsgebiet der Regnitz.- Hoppea* 45: 23-276.
- ASSMANN, O. et al. (1997): *Erholungsbezogenes Konzept für die Ammer.- Unveröff. Gutachten, Reg. v. Obb.*
- ATTENBERGER, J. (1964): *Die Eiben im Wald von Paterzell.- Jb. Ver. Schutze Alpenpfl. u. -tiere* 29: 61-68.
- AUGST, U. (1990): *Eine Bestandsanalyse zum Krähenbeerenvorkommen im Elbsandsteingebiet.- Natursch. arb. Sachsen* 32: 45-52.
- AUGUSTIN, H. (1991): *Die Waldgesellschaften des Oberpfälzer Waldes.- Hoppea* 51: 5-315.
- AUMANN, G. (1960): *Brachychirotherium coburgense* n.sp., eine neue Saurierfährte aus dem Mittleren Keuper von Löbelstein bei Coburg.- *Geol. Bl. NO-Bayern* 10, Erlangen.
- AUVERA, H. (1966): *Die Rebhügel des mittleren Maingebietes, ihre Flora und Fauna.- Abh. Naturwiss. Ver. Würzburg* 7: 5-59.

- AUWECK, F. (1982): Ökologische Auswirkungen von Flurbereinigungsmaßnahmen auf Kleinstrukturen.- *Natur und Landschaft* 57 (4): 120-127.
- BADER, E. (1936): Zur Stratigraphie und Bildungsgeschichte des Unteren Keupers zwischen Ost-Württemberg und Unterfranken.- *Abg. Geol. Landesunters. Bayer. Oberbergamt* 24, München.
- BADER, K. v. & JERZ, H. (1978): Die glaziale Übertiefung im Kler- und Alpeetal (Oberes Allgäu).- *Geol. Jb. A* 46: 25-45.
- BAIER, A. & HOCHSIEDER, T. (1989): Zur Stratigraphie und Tektonik des Südost-Randes der Münchberger Gneismasse (Oberfranken).- *Geol. Bl. NO-Bayern* 39: 179-220 Erlangen.
- (1990): Der Druidenhain bei Wohlmannsgesees/Oberfranken - Eine vermutete Kultstätte unter dem Aspekt klufttektonischer und bodenkundlicher Untersuchungen.- *Geol. Bl. NO-Bayern* 40 (1-2): 35-72, Erlangen.
- BANZHAF (1987): Vegetation der Toteislöcher in Oberschwaben.- *Veröff. Naturschutz Landespflege Baden-Württemberg* 62: 493-516, Karlsruhe.
- BAUBERGER, W. (1957): Über die "Albitpegmatite" der Münchberger Gneismasse und ihre Nebengesteine.- *Geologica Bavarica* 36, München.
- (1969): Geologischer Strukturplan der Oberpfalz.- *Geologica Bavarica* 60: 45-51, München.
- BAUCHHENSS, E. (1988): Neue und bemerkenswerte Spinnenfunde in Aufsammlungen aus Bayern.- *Senckenbergiana* 68 (4/6): 377-388.
- BAUCHHENSS, E., DEHLER, W. & SCHOLL, G. (1988): Bodenspinnen aus dem Raum Veldensteiner Forst.- *Ber. naturwiss. Ges. Bayreuth* 19.
- BAUER, J. (1993): Das Wertachtal bei Altdorf.- *Mitt. Naturwiss. AK KE* 32(2): 1-10.
- BAYBERGER, E. (1882): Der Inngletscher von Kufstein bis Haag.- *Peterm. Geogr. Mitt.: Ergänzungsheft* 70.
- BAYER, H.J. (1980): Dolinenschutz - eine dringende Notwendigkeit.- *Rund um den Herwartstein, Königsbronner Wbl.* 29(33): 3-4.
- BAYERISCHES GEOLOGISCHES LANDESAMT (Hrsg.) (1956): Beiträge zur Geologie von Nordbayern.- *Geologica Bavarica* 25, München.
- (1964): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1: 500.000.- 2. Aufl., 344 S., München.
- (1968): Führer zu geologisch-petrographischen Exkursionen im Bayerischen Wald, Teil II: Aufschlüsse im Westteil: Regensburger Wald.- *Geologica Bavarica* 59, München, 88 S. u. Karte.
- (1978): Lagerstätten in Bayern, Erze, Industriemineralien, Salze und Brennstoffe.- *Geologica Bavarica* 77, München.
- (1981): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:500.000.- 3. Aufl., 168 S., München.
- (1989/90): Geoschob-Kartierungen von Oberbayern, Niederbayern und Schwaben, München, (unveröff.).
- (1993): Geowissenschaftlich schutzwürdige Objekte in Oberbayern - Ergebnisse einer Erstaufnahme.- München, 168 S.
- BAYERISCHES LANDESAMT FÜR UMWELTSCHUTZ (Hrsg.) (1975): Naturschutzgebiete, Landschaftsschutzgebiete, Nationalparke, Naturparke in Bayern.- Gesamtausgabe, München.
- (1986): Meldung der Naturdenkmäler und geschützten Landesteile durch die unteren Naturschutzbehörden.- unveröff., München.
- (1988): Klettergutachten Altmühltal - Besprechung am 7.9.1988 im Landratsamt Kelheim, Abdruck des Protokolls.
- BAYERISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR LANDESENTWICKLUNG UND UMWELTFRAGEN (Hrsg.) (1981): Gutachten zur Erhaltung und Gestaltung der Isarauen.- *Materialien* 4, 72 S., München.
- (1982): Landschaftsgliederung, nutzungsspezifische Empfindlichkeitsanalyse und Naturschutzkonzept für die Region Südostoberbayern (Region 18).- *Materialien* 33, München.
- BECHT, M. (1989): Neue Erkenntnisse zur Entstehung pleistozäner Talverfüllungen.- *Eiszeitalter u. Gegenwart* 39.
- BECKER-PLATEN, J. (1982): Zur Kartierung schutzwürdiger geowissenschaftlicher Objekte in Niedersachsen.- *Lauf. Sem.beitr.* 7/82: 44-57.
- BECKER-PLATEN, J. et al. (1979): Geowissenschaftliche Karte des Naturraumpotentials von Niedersachsen und Bremen.- Braunschweig-Hannover.
- BECKMANN, H. (1957/58): Struktur Kastl-Gen-dorf.- *Ztschr. Dt. Geol. Ges.* 109, Hannover.
- BEIERKUHNEIN, C., FEULNER, J., FÖRSTER, D. & RUPPERT, O. (1992): Artenschutzkonzept und Entwicklungsziele für die Fledermauspopulation im Naturpark Frankenwald.- *Mat. I/92 Ökol. Bild.stätte Mitwitz*: 84 S.
- BERGER, K. (1952): Untersuchungen im Doggersandstein des Hahnbacher Sattels.- *Geol. Bl. NO-Bayern* 2, Erlangen.
- (1962): Die Uranvorkommen im Burgsandstein Mittelfrankens.- In: ABELE, G.; BERGER, K.

- & SALGER, M. (1962): *Geologica Bavarica* 49, München.
- BEURLEN, K. (1950): Neue Fährtenfunde aus der Fränkischen Trias.- N. Jb. Geol. Paläontol. 10, Stuttgart.
- BFN (=BUNDESAMT FÜR NATURSCHUTZ) (1996): Arbeitsanleitung Geotopschutz in Deutschland; Angewandte Landschaftsökologie H. 9, Bonn-Bad Godesberg.
- BINDER, H. (1963): Gewinnung von Montmilch und Höhlendünger und andere Arten der Höhlennutzung in alter und neuer Zeit.- Jh. Karst- und Höhlenkunde 4: 347-355, München.
- BINDER, W. (1996): Neue Wege zur Renaturierung von Bächen und Flüssen.- Der Bürger im Staat (Landeszent. Polit. Bild. Bad.-Württ.) 46 (1): 46-50.
- BIRZER, F. (1935): Ein Beitrag zur Kenntnis der obermiocänen Süßwasserkalke in Mittelfranken.- Jb. Mitt. Oberrh. Geol. Ver., N.F. 24, Stuttgart.
- (1939): Verwitterung und Landschaftsentwicklung in der südlichen Frankenalb.- Ztschr. Dt. Geol. Ges. 91, Berlin.
- (1980): Der Schwarzach Brückkanal (Gsteinach Klamm).- Geol. Bl. NO-Bayern 30: 196-202, Erlangen.
- BISCHOF, H. (1978): Odenwald.- Ferienreiseführer, Pforzheim.
- BLANCK, E. & OLDERSHAUSEN, E.v. (1936): Über rezente und fossile Roterdebildung, insbesondere im Gebiet der nördlichen Frankenalb, des Altmühltals.- Chemie der Erde 10: 1-66.
- BLEIBRUNNER, H. (1968): Die Felsensprengungen bei Abbach in den Jahren 1791-1797.- Mitt. Geogr. Ges. München 53: 353-361.
- BLÜM, M. (1989): Alter und Überformung der Dünen im Stufenvorland, in der Stufe und auf der Hochfläche des Steigerwaldes am Flächenpaß von Geiselwind und ihre geomorphologische Umgebung.- Dipl.-Arbeit, Geographisches Institut Univ. Würzburg, 143 S. (unveröff.).
- BLÜTHGEN, J. & HÖHL, G. (1956): Vergleichende Studie über Steigerwald und Haßberge.- Geographische Rundschau 8: 181-192, Braunschweig.
- BOCK, W. (1970): Felsen und Mauern als Diatomenstandorte.- Diatomaceae 2: 395-441 (Lehre).
- BODECHTEL, J. (1965): Die Südlichen Osterseen bei Iffeldorf in Oberbayern.- Erdkunde 19.
- BODEN, K. (1935): Geologisches Wanderbuch für die Bayerischen Alpen.- Stuttgart, 458 S.
- BÖGLI, A. (1960): Kalklösung und Karrenbildung.- Intern. Beitr. Karstmorph., Suppl. 2: 4-21.
- (1978): Karsthydrographie und Speläologie.- 292 S. Berlin.
- BÖHM, A. (1987): Von Goethes Reisen in das Fichtelgebirge: Wald und Forstwirtschaft bewahren Naturdenkmäler.- Allgemeine Forstzeitung 28: 184-18.
- BOURBOLIS, A. (1970): Geologische Untersuchungen im Gebiet zwischen Eltmann und Kirchlauter (Südliche Haßberge).- Diplomarbeit, Univ. Erlangen.
- BRAITSCH, O. (1957): Zur Petrographie und Tektonik des Biotitgneises im südlichen Vorspessart.- Abh. Hess. Landesamt Bodenforsch. 18, Wiesbaden.
- BRASSLER, K. (1959): Die Bienenfauna des Mangfallgebietes; mit Anhang: Historischer Abriss der heimischen Imkerei.- Der Mangfallgau, Heimatkundl. Jb. für den Lkr. Bad Aibling, Hrsg. Historischer Verein für Bad Aibling und Umgebung 3: 85-112.
- BRAUN, H. (1955): Marktredwitz; Geschichte, Lebens- und Raumbild einer bayerischen Grenzstadt.- Schriftenreihe des Volksbildungswerkes der Stadt Marktredwitz (4).
- BRAUN, W. (1961a): Die Pflanzengesellschaften des NSG "Eggstätt-Hemhofer Seenplatte".- Zulassungsarbeit LMU-München (unveröff.).
- (1961b): Der Felsberg im Odenwald.- Heidelberger Geogr. Arb. 6.
- BRAUN, W. & MICHLER, G. (1977): Das Herrschinger Moos zwischen Ammersee und Pilsensee (Oberbayern).- Mitt. Geogr. Ges. München 62: 41-74.
- BRENNER, K. (1987): Spuren vergessener Groß-Industrie im Südjura. Die Doline "Wasserklingen" bei Hemau auf dem Tangrintel.- Archaeopteryx 5: 89-107, Eichstätt.
- BRESINSKY, A. (1959): Die Vegetationsverhältnisse der weiteren Umgebung Augsburgs.- Ber. Naturforsch. Ges. Augsburg 65: 1-8, 113-219.
- (1965): Zur Kenntnis des circumalpinen Florenelements im Vorland nördlich der Alpen.- Ber. Bayer. Bot. Ges. 38: 5-67.
- (1991): Flora und Vegetation der ältesten Schutzgebiete im Umkreis von Regensburg.- Hoppea 50: 121-151.
- BRESINSKY, A. & EINHELLINGER, A. (1987): Pilze, Flechten und andere Pflanzen aus Flugsandgebieten Südbayerns.- Hoppea 45: 413-460.
- BRINKMANN, R. (1948): Die Mitteldeutsche Schwelle. Geologische Rundschau 55: 56-66. Stuttgart.



- BRONNER, G. (1984): Dolinen als schützenswerte Landschaftselemente.- Schwäb. Heimat 1984 (4): 337-339.
- (1988): Schutz von Karstformen in Baden-Württemberg.- Veröff. Natursch. Landsch.pfl. Bad.-Württ. 63: 9-49.
- BROWN, J. & KREIG, R.A. (1983): Guidebook to Permafrost and related features.- IV. International Conference on Permafrost, Fairbanks (USA).
- BRUNGUBER, A. (1921): Die geologischen Verhältnisse von Regensburg und Umgebung.- 2. Aufl., Regensburg.
- BRUNNACKER, K. (1953a): Die bodenkundlichen Verhältnisse der würmeiszeitlichen Schotterfluren im Illergebiet.- *Geologica Bavarica* 18: 113-130, München.
- (1953b): Der würmeiszeitliche Löß in Südbayern.- *Geologica Bavarica* 19: 258-265, München.
- (1956): Würmeiszeitlicher Löß und fossile Böden in Mainfranken.- *Geologica Bavarica* 25: 27-43, München.
- (1957): Die Geschichte der Böden im jüngeren Pleistozän in Bayern.- *Geologica Bavarica* 34, München.
- (1959): Zur Kenntnis des Spät- und Postglazials in Bayern.- *Geologica Bavarica* 43: 74-150, München.
- (1962): Reliktböden im östlichen Mittelfranken.- *Geol. Bl. NO-Bayern* 12: 183-190, Erlangen.
- (1982): Äolische Deckschichten und deren fossile Böden im Periglazialbereich Bayerns.- *Geol. Jb.* 14: 15-25.
- BRUNNACKER, K. & STRAUCH, F. (1985): Beiträge zur Flußgeschichte im Holozän Mitteleuropas.- *Geol. Bl. NO-Bayern* 34/35: 503-515, Erlangen.
- BRUNNACKER, K. u.v.a. (1956): Beiträge zur Geologie von Nordbayern.- *Geologica Bavarica* 25, München.
- BRUNNER, G. (1959): Das Reichentalloch bei Hirschbach (Opf.).- *Eiszeitalter u. Gegenwart* 10, Öhringen.
- BUCH, M.W. (1987): Spätpleistozäne und holozäne fluviale Geomorphodynamik im Donautal östlich von Regensburg - ein Sonderfall unter den mitteleuropäischen Flußsystemen?- *Ztschr. Geomorph. N.F., Suppl.* 66: 95-111, Berlin/Stuttgart.
- BUCH, W., HEINE, K. (1988): Klima- oder Prozeß-Geomorphologie.- *Geogr.Rundschau* 40(5):16-26.
- BÜCKING, H. (1916a): *Geologischer Führer durch die Rhön.*- Berlin.
- (1916b): Tertiärablagerungen.- *Jb. Königl. Preuß. Geol. Landesamt* 35, Teil II, 1914, Berlin.
- BÜDEL, J. (1937): Eiszeitliche und rezente Abtragung und Verwitterung im ehemals nicht vereisten Gebiet Mitteleuropas.- *Petermanns Geogr. Mitt., Ergänzungsband* 229, Gotha.
- (1977): *Klimageomorphologie.*- Stuttgart.
- BUNZA, G. (1976): *Geologisch-morphologische Grundlagen der Wildbachkunde.*- Schriftenreihe der Bayerischen Landesstelle für Gewässerkunde 11: 1-84, München.
- BURZ, J. (1956): *Deltabildung im Ammersee und Chiemsee.*- Veröff. Arb.ber. Bayer. Landesst. Gewässerkunde, München.
- BUSCH, K. (1967): *Der Keuper im Steigerwald bei Gerolzhofen.*- *Abh. Naturwiss. Ver. Würzburg* 8: 37-52.
- BÜTTNER, H. (1976): *Geologische Besonderheiten im Raume Oberleinleiter.*- *Hollfelder Blätter* 1: 12-16.
- BÜTTNER, R. (1961): *Das NSG Kahleberg.*- *Natursch. arb.Sachsen* 3 (2): 36-41.
- CARLE, W. (1961): *Das Alaun-Vitriol-Werk in Crailsheim.*- *Jh. Geol. Landesamt Baden-Württemberg* 4, Freiburg.
- CHALINE, J. & JERZ, H. (1984): *Arbeitsergebnisse der Subkommission für Europäische Quartärstratigraphie - Stratotypen des Würm-Glazials (Berichte der SEQS 6).*- *Eiszeitalter u. Gegenwart* 35: 185-206.
- CHANG, T.-P. (1994): *Algenmatten auf einer von Regenwasser überrieselten Felswand.*- *Ber. Bay. Bot. Ges.* 64: 57-60.
- CHANG, T.-P. & CHANG-SCHNEIDER, H. (1991): *Algen in 4 süddeutschen Höhlen.*- *Ber. Bay. Bot. Ges.* 62: 221-229.
- CHAO, E.T.C., HÜTTNER, R. & SCHMIDT-KALER, H. (1978): *Aufschlüsse im Ries-Meteoriten-Krater.*- Bayer. Geolog. Landesamt (Hrsg.), München.
- CHATTERJEE, N.D. (1959): *Die Lamprophyre des Spessarts und das Lamprophyreproblem.*- *Nachr. Akad. Wiss. Göttingen, II. Math.-Phys. Kl.* 59.
- CHINTA, R. (1983): *Alte Abbaugelände für Braunkohle im Fichtelgebirge und in der Nördl. Oberpfalz.*- *Geol. Bl. NO-Bayern* 3/33-4: 186-191, Erlangen.
- CONWENTZ, H. (1904): *Die Gefährdung der Naturdenkmäler und Vorschläge zu ihrer Erhaltung.*- *Denkschr. Berlin.*
- CRAMER, H. (1932): *Über die Bildung der Schlüsselsteine auf den Kalminzen der Frankenalb.*- *Die Fränk. Alb* 19: 37-41, Fürth.

- (1939): Zur Geologie der fränkischen Karstdolinen.- N. Jb. Mineral., Geol. Paläont. Abt. B 81: 298-326.
- CRAMER, P. (1938): Die Störungszonen im Osten der Rhön.- Jb. Preuß. Geol. Landesamt 58, 1937, Berlin.
- (1964a): Perm, Buntsandstein, Tektonik und Tertiäre Sedimente in der Rhön.- Erl. z. Geologischen Karte 500 v. Bayern 1:500 000, 2. Aufl.: 55-69, 69-81, 162-177, 215-220, München.
- (1964b): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:25.000, Bl.-Nr. 6227 Iphofen.- 132 S., München.
- CVICIC, J. (1901): Morphologische und glaziale Studien aus Bosnien, der Herzegowina und Montenegro.- Abh. Geogr. Ges. Wien 3: 1-85.
- CZAJKA, W. & KLINK, H.-J.: Die naturräumlichen Einheiten auf Blatt 174 Straubing, Geographische Landesaufnahme 1:200.000.- Naturräumliche Gliederung Deutschlands, Hrsg. Inst. für Landeskunde, Bundesforschungsanstalt für Landeskunde und Raumordnung, Selbstverlag: Bad Godesberg.
- CZUDEK, T., DEMEK, J., MARVAN, P., PANOS, V. & RAUSER, J. (1964): Verwitterungs- und Abtragungsformen des Granits in der Böhmisches Masse.- Petermanns Geogr. Mitt. 108: 182-192, Gotha.
- DANSGAARD, W., WHITE, J.W.C. & JOHNSON, S.J. (1989): The abrupt termination of the Younger Dryas climate event.- Nature 339: 532-533.
- DEHM, R. (1961): Über neue tertiäre Spaltenfüllungen des süddeutschen Jura- und Muschelkalk-Gebietes.- Mitt. Bayer. Staatssammlg. Paläont. Hist. Geol. 1: 27-56, München.
- DILL, H. (1979): Der Formenschatz des Quartärs zwischen Untersteinach und Weidenberg östlich Bayreuth.- Geol. Bl. NO-Bayern 29: 61-76, Erlangen.
- DIMROTH, E. (1960): Stratigraphie, Tektonik und Metamorphose im südwestlichen Fichtelgebirge.- Der Aufschluß 8, Sonderband, Heidelberg.
- DIMROTH, E. et al. (1965): Erläuterungen zur Geologischen Karte v. Bayern TK 25: 6038 Waldershof.- München: GLA, 126 S.
- DISTLER, C., DISTLER, H., HOFMANN, A. (1993): Ökol.Gesamtkonzept Bayer.Pfahl. Schr.R. 125 Bayer. Landesamt f. Umweltsch., 146 S.
- DOBAT, K. (1963): Die Fauna der Gutenberger Höhlen.- Jh. Karst- und Höhlenkunde 5: 287-301.
- (1969): In memoriam Regierungsrat Dr. F. Morton.- Die Höhle (Wien), 20 (4): 132-141.
- (1976): Die Höhlenfauna der Fränkischen Alb.- Ber. Naturwiss. Ges. Bayreuth VI: 11-240.
- (1977): Zur Ökogenese und Ökologie der Lampenflora deutscher Schauhöhlen.- in: FREY, W., HURKA, H., OBERWINKLER, F.: Beiträge zur Biologie der niederen Pflanzen, S. 177-215, Stuttgart.
- DOBEN, K. (1970): Geologische Karte von Bayern 1:25.000, Erläuterungen zum Blatt Nr. 8241 Ruhpolding.- Hrsg. Bayer. Geol. Landesamt, München, 156 S.
- (1973): Geologische Karte von Bayern 1:25.000, Erläuterungen zum Blatt Nr. 8242 Inzell.- Hrsg. Bayer. Geol. Landesamt, München.
- DOBEN, K. & FRANK, H. (1983): Geologische Karte von Bayern 1:25.000, Erläuterungen zum Blatt Nr. 8333 Murnau.- Hrsg. Bayer. Geol. Landesamt, München, 151 S.
- DONGUS, H. (1980): Die geomorphologischen Grundstrukturen der Erde.- B.G. Teubner: Stuttgart, 200 S.
- DONIG, G. (1988): Zur geomorphologischen Kartierung des Reliefs am nördlichen Alpenrand mit einem MC-Bild - Vergleich von monoskopischer und stereoskopischer Auswertung.- Diplomarbeit, Univ. München, Inst. für Geographie.
- DOPPELBAUR, H. (1966): Pflanzensoziologische Karte des Illasberggebietes.- Ber. Naturforsch. Ges. Augsburg 18.
- DÖRR, E. (1978): Bemerkenswerte Pflanzenfunde im Allgäuer Raum.- Ber. Bayer. Bot. Ges. 49: 199-201.
- DÖRRER, I. (1971): Der Steigerwald in neuerer morphologischer Sicht.- Mitt. d. Fränk. Geogr. Ges. 18: 190-212, Erlangen.
- DRACHENFELS, O.v. (1982): Grundlagen eines Hilfsprogrammes für Wildbienen etc.- Dipl.arb. Univ. Hannover, Landschaftspflege.
- DRESCHER-KADEN, F.K. (1930): Zur Genese der Diorite von Fürstenstein.- N. Jb. Mineral. 60, Beil.-Bd., Abt. A, Stuttgart.
- DREXLER, O. & EMMERT, U. (1985): Schotteruntersuchungen zur plio-pleistozänen Landschaftsentwicklung im Fichtelgebirgsvorland.- Jber. Mitt. Oberrhein. Geol. Ver. N.F. 67: 243-263, Stuttgart.
- DRYGALSKI, E.v. (1912): Die Entstehung der Trogtäler zur Eiszeit.- Petermanns Geogr. Mitt. 58 (2): 8-9, Gotha.
- DÜLL, R. (1963): Über einige Moose der Höhle "Steinernes Haus" bei Westerheim.- Jh. f. Karst- und Höhlenkunde 4: 245-250, München.
- DUNK, K. von der (1972): Moosgesellschaften im Bereich des Sandsteinkeupers in Mittel- und Oberfranken.- Ber. Naturwiss. Ges. Bayreuth 14: 7-100.

- (1973): Bemerkenswerte Moosgesellschaften am Eib- und Plansee.- Jb. Ver. Schutze Alpenpfl. u. -tiere 38: 80-94.
- (1980): Algen und Moose bauen einen Aquädukt aus Tuff.- Mikrokosmos 69: 50-55.
- DUNK, K. v.d. & BRACKEL, W. (1997): Nachweise von Moos- und Flechtenvorkommen im Schwarzaachtal.- Ber. Bay. Bot. Ges. 66/67: 213-218.
- DUPHORN, D. (1960): Die pliozänen und pleistozänen Ablagerungen im Sulzbachtal zwischen Haselbach und Sülzfeld im östlichen Rhönvorland.- N. Jb. Geol. Paläont. Mh., Stuttgart.
- EBERL, B. (1930): Die Eiszeitenfolge im Alpenvorland.- Augsburg: Filser, 427 S.
- EBERS, E. (1926): Das Eberfinger Drumlinfeld.- Geognostische Jahreshefte 39: 47-85.
- (1931): Unvollendete Drumlinlandschaften des Inngletschers und was sie vom Bildungsvorgang der Drumlins berichten.- Sonderabdruck aus: Centralblatt f. Min. Abt. B 1: 28-34.
- (1934): Die Eiszeit im Landschaftsbilde des bayerischen Alpenvorlandes.- München.
- (1935): Ein Gletschergarten an der deutschen Alpenstraße im Becken von Weißbach bei Bad Reichenhall.- Bl. für Naturschutz (2).
- (1937a): Erdgeschichtlich bedeutungsvolle Oberflächenformen als zu schützende Landschaftsteile etc.- Bl. f. Natursch. 20 (3): 110-112.
- (1937b): Die Entstehung der Drumlins als Stromlinienkörper.- N. Jb. Mineral. 78, Beil., Abt. B: 200-240.
- (1937c): Buckelwiesen.- Bl. f. Naturschutz u. Naturpfl. 20 (1): 10.
- (1938): Inschutznahme von 8 ha Buckelwiesen im Allgäu.- Bl. Natursch. 21: 24-25.
- (1939): Aufgaben der Geologie heute in Naturschutz und Landschaftspflege.- Zt. dt. geol. Ges. 91: 152-160.
- (1939a): Die diluviale Vergletscherung des bayerischen Traungebietes.- Veröffentlichungen der Gesellschaft f. Bayerische Landeskunde 13/14, 55 S.
- (1939b): Die Kultivierung der Buckelwiesen bei Mittenwald.- Naturschutz 22: 4.
- (1952): Der Gletschergarten an der Deutschen Alpenstraße.- Forschungen zur deutschen Landeskunde 75, 39 S.
- (1957): Vom großen Eiszeitalter.- Verständl. Wiss. 66: 138 S., Berlin-Göttingen-Heidelberg: Springer.
- (1959a): Eiszeitliches Wander- und Wunderbüchlein fürs Bayerische Alpenvorland.- Veröff. Ges. Bayer. Landeskde. München: 136 S.
- (1959b): Die Buckelwiesen - nicht Eiszeitalter, sondern Gegenwart.- Eiszeitalter u. Gegenwart 19, Öhringen.
- (1960): Drumlinkerne, ältere Würmschotter und das Würm-Interstadial-Profil von Hörmating/Obb.- Eiszeitalter u. Gegenwart 11: 64-76.
- EBERS, E., WEINBERGER, L. & DEL NEGRO, W. (1966): Der pleistozäne Salzachvorlandgletscher.- Veröff. der Ges. Bayer. Landeskunde 19-22, München, 216 S.
- ECKERT, M. (1902): Das Gottesackergebiet, ein Karrenfeld im Allgäu.- Wiss. Erg. H. Dt. u. Österr. Alpenver. I 3.
- EDLINGER, G. v. (1959): Zur Schichtlagerung und Stratigraphie des Keuper-Lias-Gebietes nördlich Bamberg (unter Auswertung zahlreicher Tiefbohrprofile).- Geol. Bl. NO-Bayern 9, Erlangen.
- EICHHORN, E. & F. (1956): Naturschutz im Altmühltal.- Bayerland 58: 256-259, München.
- EICHLER, H. (1977): Gestein und Struktur des Odenwaldes im Spiegel seiner Fluß- und Talnetze.- Beiträge zur Erforschung des Odenwaldes und seiner Randlandschaften II: 37-58, Breuberg-Neustadt.
- (1986): Die Bedeutung der Flechten für die geowissenschaftliche Ökosystemforschung.- Heidelb. Geowiss. Abh. 6: 81-98.
- EIGENFELD, R. (1933): Prävariskische Glieder der sächsisch-fichtelgebirgischen kristallinen Schiefer: II. Die Kulmkonglomerate von Teuschnitz im Frankenwalde.- Abh. Sächs. Akad. Wiss. 42/I, Leipzig.
- EIGENFELD, R. & FICKE, B. (1963): Tertiärer Vulkanismus der Rhön.- Fortschr. Mineral. 41, Stuttgart.
- EIGNER, G. (1905): Der Schutz der Naturdenkmäler.- Sonderabdr. Naturwiss. Zt. Land- u. Forstwt. 1905, H. 9-11: 43 S., Stuttgart: Ulmer.
- ELBORG, A. (1957): Geologie des Bauersberges bei Bischofsheim v.d. Rhön. Ein Beitrag zum Vulkanismus der Rhön.- Diss., Univ. Freiburg/Br.
- ELLENBERG, H. (1986): Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen.- 3. Aufl., Ulmer: Stuttgart.
- EMMERT, U. (1953): Ein Beitrag zur Flußgeschichte des Frankenwaldes und seines Vorlandes im Bereich des Kartenblattes Stadtsteinach. - Geol. Bl. f. NO-Bayern, Bd. 3, H. 1, S. 36 - 42, Erlangen.
- (1962): Ein Keuper-Profil zwischen Lehrbergschichten und Unterem Burgsandstein.- Geol. Bl. NO-Bayern 12: 153-159, Erlangen.

- (1964): Muschelkalk, Keuper.- Erl. z. Geologische Karte 1: 500000 v. Bayern, 2. Aufl.: 81-90, 91-120, München.
- (1969): Erläuterungen zur Geolog. Karte von Bayern 1:25.000, Blatt Nr. 6428, Bad Windsheim.- Selbstverlag, 172 S., München.
- (1986): Bruchschollentektonik im Fichtelgebirgsvorland, insbesondere auf dem Kartenblatt 6063 Weidenberg.- *Geologica Bavarica* 89: 209-218, München.
- (1987): "Geköpfte" Täler, Wanderschutt und Flugsand mit Dünen am Rand des Steigerwaldes (Franken), Zeugen der plio-pleistozänen Landschaftsentwicklung.- *Naturw. Jb. Schweinfurt* 5: 1-16.
- EMMERT, U. & WEINELT, W. (1962): Geologische Karte von Bayern 1:25.000, Blatt Nr. 5935 Marktschorgast.- Hrsg. Bayer. Geol. Landesamt, München.
- ENDERS, G. (1979): Theoretische Topoklimatologie.- Forschungsbericht 1, Nationalpark Berchtesgaden.
- ENGELSCHALK, W. (1971): Alpine Buckelfluren - Untersuchungen zur Frage der Buckelwiesen im Bereich des eiszeitlichen Isargletschers.- *Regensburger Geogr. Schriften* 1, 167 S.
- ERGENZINGER, P. (1965): Morphologische Untersuchungen im Einzugsgebiet der Ilz (Bayerischer Wald).- *Berliner Geogr. Abh.* 2, Diss., FU Berlin, Math.-Naturwiss. Fakultät, 48 S.
- (1967): Die eiszeitliche Vergletscherung des Bayerischen Waldes.- *Eiszeitalter u. Gegenwart* 18: 152-168, Öhringen.
- EROL, Ö. (1968): Geomorphologische Untersuchungen über das Zungengebiet des würm-eiszeitlichen Leitzachgletschers und die Terrassen des oberen Leitzachtales.- *Münchner Geogr. Hefte* 33: 7-69.
- ERZ, W. (1980): Naturschutz - Grundlagen, Probleme, Praxis.- In (Buchwald, K. & Engelhardt, W.): *Handbuch. Planung, Gestaltung, Schutz der Umwelt*, Bd.3, München-Wien-Zürich: BLV, S. 560-637.
- FALKNER, G. (1992): Rote Liste gefährdeter Schnecken und Muscheln (MOLLUSCA) Bayerns.- *Schriftenreihe des Bayerischen Landesamtes für Umweltschutz, Beiträge zum Artenschutz* 15 (111): 47-55, München.
- FAUST, J., IRLACHER, C., RITTER, G. et al. (Bearb.) (1990): Die Auswirkungen des Kletterns auf die Tier- und Pflanzenwelt außerhalb des alpinen Bereiches in Bayern.- *Abschlußbericht, Alpen-Institut, München*, 256 S.
- FEHN, H. (1953/1959): Niederbayerisches Hügelland, Dungau und Bayerischer Wald.- *Handbuch der Naturräumlichen Gliederung Deutschlands*, Remagen.
- (1955): *Der Landkreis Starnberg.- Kallmünz.*
- FEHN, H. & FISCHER, K. (1970): Ausschnitt aus dem Bayerischen Wald und dem Dungau L 7142 Deggendorf.- *Geogr.-landeskundl. Erläuterungen zur topogr. Karte 1:50.000*: 133-152.
- FEHN, H. & HERMANN, K. (1967): Ausschnitt aus den Nördlichen Kalkalpen und dem Alpenvorland - L 8332 Murnau, L 8532 Garmisch-Partenkirchen.- *Geogr.-landeskundl. Erläuterungen zur topogr. Karte 1: 50.000*: 143-169.
- FELS, E. (1929): Das Problem der Karbildung in den Ostalpen.- *Petermanns Geogr. Mitt., Suppl.* 202, Gotha, 85 S.
- FERSTL, H. (1951): Die geologischen Verhältnisse des Labergebietes westlich Velburg.- *Geol. Bl. NO-Bayern* 1, Erlangen.
- FEUERER, T. (1978): Zur Kenntnis der Flechtengattung *Rhizocarpon* in Bayern.- *Ber. Bayer. Bot. Ges.* 49: 59-135.
- FINK, M.H. (1973): Mehrsprachiges Lexikon der Karst- und Höhlenkunde. Entwurf. ISU, Int. Speleol. Union.
- FINSTERWALDER, S. (1886): *Geologische Skizze des Inntales von Kufstein bis Rosenheim.- Rosenheim.*
- FISCHER, G. (1925): Zur Kenntnis der Entstehung der Steinmergel im fränkischen Bunten Keuper.- *N. Jb. Mineral.* 51, Beil.-Band, Stuttgart.
- (1930): Die Gabbroamphibolitmasse von Neukirchen a. Hl. Blut und ihr Rahmen.- *N. Jb. Mineral.* 60, Beil.-Bd., Abt. A, Stuttgart.
- (1939): *Der Bayerische und der Böhmerwald. Die Entwicklung seiner Landschaft im Laufe der geologischen Geschichte.- Jb. Preuß. Geol. Landesanst.* 59: 55-82, Berlin.
- FISCHER, G. & TROLL, G. (1973): Bauplan und Gefügeentwicklung metamorpher und magmatischer Gesteine des Bayerischen Waldes.- *Geologica Bavarica* 68: 7-44, München.
- FISCHER, H. (1933): *Geol. Naturdenkmale des Allgäu und ihr Pflanzenkleid.- Bl. Natursch. Naturpflege* 16(1): 44-52.
- (1966): *Der alte Lech.- Ber. Naturforsch. Ges. Augsburg.* 18: 73-104.
- FISCHER, K. (1965): *Murkegel, Schwemmkegel und Kegelsimse in den Alpentälern.- Mitt. Geogr. Ges. München* 50: 127-159, München.

- (1980): Das Nördlinger Ries und seine Nachbarlandschaften.- Rieser Kulturtage, Dokumentation III: 379-398.
- (1983): Die Reliefentwicklung im Osten des Rieses.- Rieser Kulturtage: Dokumentation 4: 564-588, Nördlingen.
- (1985): Das Funtensee-Uvala im Steinernen Meer.- Nationalpark Berchtesgaden, Forsch.ber.7: 23-36.
- (1989): Zu den Grundlagen einer Landschaftsökologie des Nördlinger Rieses.- Rieser Kulturtage: 664-682, Dokumentation Bd.7/1988, Nördlingen.
- FLEGEL, R. (1962): Über die Bodenerosion durch Wasser.- Intern. Ztschr. Landwirtschaft. 6: 41-45, Berlin.
- FLÖRKE, O. W., FLUX, S. & SCHRÖDER, B. (1985): Hyalith vom Steinwitzhügel bei Kulmain (Westteil des Egertalgrabens).- N. Jb. Miner. Abh. 151: 87-97, Stuttgart.
- FÖRSTER & FRANZ (1993): in BEIER-KUHNLEIN et al. (1992).
- FORSTMAYER, A. & SCHNITZER, W. A. (1974): Windschliffe an Malmkalken, Donauschottern und Windkantenhorizonte in Flugsanden des Altmühltales.- N. Jb. Geol. Paläont. Mh. 11: 675-684, Stuttgart.
- FÖRTSCH, G. (1981): Das Skythenloch bei Freienfels.- Hollfelder Blätter 6: 11-14.
- FRANK, H. (1963): Ergebnisse der Fledermausberingung im Gebiet der mittleren Schwäbischen Alb.- Jh. Karst- u. Höhlenkunde (4): 303-315, München.
- (1979): Glazial übertiefte Täler im Bereich des Isar-Loisach-Gletschers.- Eiszeitalter u. Gegenwart 29: 77-99.
- FRANKE, W. (1983): Variszischer Deckenbau im Raume der Münchberger Gneismasse.- Habil.-Schrift, Univ. Göttingen.
- (1984): Variszischer Deckenbau im Raume der Münchberger Gneismasse - abgeleitet aus der Fazies, Deformation und Metamorphose im umgebenden Paläozoikum.- Geotekt. Forsch. 68: 1-253.
- FRANZ, D. (1990): Der Wanderfalke segelt im Aufwind.- Vogelschutz 3/1990: 4-6.
- FREIMOSER, M. (1972): Zur Stratigraphie, Sedimentpetrographie und Faziesentwicklung der Südostbayerischen Flyschzone und des Ultrahelvetikums zwischen Bergen/Obb. und Salzburg.- Geologica Bavarica 66: 7-91, München.
- FREY, G. (1961): Wird die Breitachklamm zugemauert?.- Jb. Ver. Schutze Alpenpfl.u.-tiere 26: 122-128.
- FREY, W. & PROBST, W. (1974): Morphologische und vegetationsanalytische Untersuchungen an rezenten Kalktuffen im Keupergebiet des südlichen Schönbuch.- Beitr. natur. Forsch. SW-Dtl. 33: 59-79, Karlsruhe.
- FREYBERG, B. v. (1940): Der Werdegang der Kreide-Erzbecken von Auerbach/Oberpfalz.- Ztschr. Dt. Geol. Ges. 92: 400-416, Berlin.
- (1948): Bericht über neue Forschungsergebnisse aus der mittleren Fränkischen Alb.- Mitt. Dt. Ges. Karstforsch. 2, Nürnberg.
- (1951): Rettet unsere Aufschlüsse!- Geol. Bl. NO-Bayern 1:74-75.
- (1952): Die Vilsecker Mulde als artesisches Becken.- Geol. Bl. NO-Bayern 2, Erlangen.
- (1953): Tektonische Entwicklung der Erzdoline von Großenfalz bei Sulzbach (Opf.).- Geol. Bl. NO-Bayern 3, Erlangen.
- (1954a): Der Blasen- und Semionotensandstein im oberfränkischen Randgebiet.- Geol. Bl. NO-Bayern 4, Erlangen.
- (1954b): Die Randfazies des Gipskeupers, insbesondere der Benker Sandstein in Franken.- Erlanger Geol. Abh. 11, Erlangen.
- (1956): Geologie der Mulde von Kirchenlambach.- Erlanger Geol. Abh. 20, Erlangen.
- (1961): Bergrutsch bei Ebermannstadt.- Geol. Bl. NO-Bayern 11, Erlangen.
- (1962a): "Warhafftige Historia" des Bergrutsches am Klingsberg vom Jahre 1561.- Geol. Bl. NO-Bayern 12: 49-56.
- (1962b): Die Malm Gamma/Delta-Grenze bei Staffelstein.- Geol. Bl. NO-Bayern 12, Erlangen.
- (1963): Nachweis einer Verwerfung im Regnitztal am Südrand von Nürnberg.- Geol. Bl. NO-Bayern 13, Erlangen.
- (1964): Erdgeschichtliches Profil des Walzenbruchs (Eltmanner Sandstein, Keuper der Haßberge).- Geol. Bl. NO-Bayern 14, Erlangen.
- FRICKE, U. (1985): Praktischer Höhlenschutz durch Verschlüsse sowie begleitende Maßnahmen.- Mitt. Verb. dt. Höhlen- und Karstforsch. 31 (3): 50-64, München.
- FRITZ, G. (1979): Ermittlung und Berücksichtigung umweltempfindlicher Räume im Hinblick auf die Bundesfernstraßenplanung.- Natur u. Landschaft 54 (10): 331-332.
- FUGGER, E. (1880): Der Untersberg, wissenschaftliche Beobachtungen und Studien.- Zeitschr. d. deutsch. u. österr. Alpenvereins, 335 S., Wien.

- FURRER, E. (1961): Über Windlöcher und Kälteflora am Lauerersee.- Ber. Geobot. Inst. ETH Zürich 32: 83-96.
- (1966): Kümmerfichtenbestände und Kaltluftströme in den Alpen der Ost- und Innerschweiz.- Schweiz. Zt. Forstwesen 1966: 720-733.
- FURRER, G. (1955): Die Strukturformen der Alpen.- Geographica Helvetica, Bern.
- GAGGERMEIER, H.J. (1986): *Carex michelii* Host., eine für die BRD neue kontinentale Segge. Ber. Bay. Bot Ges. 57: 5-15.
- (1988): Exkursionber. Xerothermhänge Bayer.Wald.- Der Bayer.Wald (Mitt. Naturkd. Kr. Bayer. Wald), Grafenau: Morsak.
- (1991): Die Waldsteppenpflanze *Adenophora liliifolia* in Bayern.- Hoppea 50: 287-323.
- (1995): Läßt sich das Vorkommen von pflanzlichen Glazialrelikten in der Arberseewand mit Hilfe der Theorie der anemo-orographischen Systeme erklären?.- Der Bayer. Wald 9/1 NF: 12-25.
- GAGGERMEIER, H.J., MOSANDL, J., REITER, F. & SCHMIDT, A. (1992): Botanische Neufunde an wasserüberrieselten Felswänden des Arbergebietes.- Der Bayer. Wald 28: 8-10.
- GALL, H. (1974): Braunjura- Geröllrelikte über unterem Lias Weiltingen - ein Beitrag zur Landschaftsentwicklung im Vorland der südlichen Frankenalb.- Mitt. Bayer. Staatsang. Paläont. Hist. Geologie 14: 63-79, München.
- GALL, H. & MÜLLER, D. (1976): Ein lößbedeckter Rest Urmain-Hauptterrasse (Villafrancium) im Altmühltal bei Solnhofen.- Geol. Bl. NO-Bayern 26: 117-135, Erlangen.
- GALL, H., MÜLLER, D. & STÖFFLER, D. (1975): Verteilung, Eigenschaften und Entstehung der Auswurfmassen des Impaktkraters Nördlinger Ries.- Geologische Rundschau 64 (3): 915-947, Stuttgart.
- GAMS, H. (1928): Der Bergsturz von Balder schwang im Allgäu.- 46. Bericht d. Naturwiss. Ver. Schwaben und Neuburg e.V.: 66-81, Augsburg.
- GAMS, I., NICOD, J., SAURO, M., JULIAN, E. & ANTHONY, U. (1994): The nature of Karst aquifers and their susceptibility of pollution.- in WILLIAMS et al., a.a.O.
- GANDL, J. (1981): Exkursion in das Paläozoikum des Frankenwaldes.- Jber. Mitt. Oberrhein. Geol. Ver. N.F. 63: 63-73, Stuttgart.
- (1986): Exkursion in das nichtmetamorphe Paläozoikum des Frankenwaldes im nördlichen Randbereich der Münchberger Gneismasse.- Dt. Geol. Ges. 138. Hauptversammlung in Würzburg, Exkursionsführer: Nördl. Süddeutschland: 49-79, Würzburg.
- GANDL, J., FRIEDRICH, T. & HAPPEL, M. (1986): Zur Stratigraphie des nichtmetamorphen Paläozoikums am Südrand der Münchberger Gneismasse.- Geologica Bavarica 89: 77-93, München.
- GANSS, O. (1967): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:25.000, Blatt Nr. 8240 Marquartstein.- Hrsg. Bayer. Geol. Landesamt, München, 267 S.
- (1975): Geologische Übersicht von Oberbayern.- Schriftenreihe Naturschutz u. Landschaftspflege 6, München.
- (1989): Geologische Karte von Bayern 1:25.000, Erläuterungen zum Blatt Nr. 8239 Aschau i. Chiemgau.- Hrsg. Bayer. Geol. Landesamt, München, 184 S.
- GANSS, O. & GRÜNFELDER, S. (1973): Geologie der Berchtesgadener und Reichenhaller Alpen.- Karlstein: Grünfelder, 142 S.
- GANSS, O. & SCHMIDT-THOME, P. (1955): Die gefaltete Molasse am Alpenrand zwischen Bodensee und Salzach.- Ztschr. Dt. Geol. Ges. 105: 403-495, Hannover.
- GAREIS, J. (1978): Die Toteisfluren des Bayerischen Alpenvorlandes als Zeugnis für die Art des spätwürmzeitlichen Eisschwundes.- Würzburger Geogr. Arb. 46.
- GÄRTNER, H.R. (1942): Die Schichtgliederung der Phyllitgebiete in Thüringen und Nordbayern und ihre Einordnung in das stratigraphische Schema.- Jb. Reichsst. Bodenforsch. 62: 54-86, Berlin.
- GAUCKLER, K. (1938): Steppenheide und Steppenheidewald der Fränkischen Alb.- Ber. Bayer. Bot. Ges. 23: 5-134.
- (1954): Serpentinvegetation in Nordbayern.- Ber. Bayer. Bot. Ges. 30: 19-26, Regensburg.
- (1957): Die Gipshügel in Franken.- Abh. d. Naturhist. Ges. Nürnberg 29 (1).
- (1963): Die Verbreitung montaner, kontinentaler, mediterraner und lusitanischer Tiere in nordbayerischen Landschaften.- Mitt. Fränk. Geogr. Ges. 10.
- (1964): *Arabis turrita*, die Turm-Gänsekresse, ein isolierter Vorposten südlicher Flora in Franken.- Ber. Naturforsch. Ges. Bamberg 49: 39-44.
- (1970): Einstrahlungen der Alpenflora in der Fränkischen Alb.- Jb. Ver. Schutze d. Alpenpfl. u. Tiere 35: 36-47.
- GAWLIK, J. (1955): Geologie des Vorlandes der Fränkischen Linie zwischen Goldkronach und Neuenmarkt.- Erlanger Geol. Abh. 18.
- GEIGER, R. (1961): Das Klima der bodennahen Luftschicht.- Vieweg Verlag: Braunschweig, 646 S.



- GEOGRAPHISCH-KARTOGRAPHISCHES INSTITUT MEYER (Hrsg.) (1978): Schülerduden: Die Geographie, 420 S.- Bibliographisches Institut (BI): Mannheim/Wien/Zürich.
- GERMAN, R. (1973): Gesteinsabbau, Auffüllung und Landschaftspflege in Baden-Württemberg.- Veröff. Landesst. Natursch. Landsch.pfl. Bad.-Württ. 41: 159-165.
- (1974): Das mittelfristige Programm zum Schutz geologisch wichtiger Naturdenkmale in Baden-Württemberg.- Veröff. Landesst. Natursch. Landsch.pfl. Bad.-Württ. 42: 85-92.
- (1975): Schädigung unserer Landschaft durch Gesteinsabbau.- Umschau 19: 599-603, Frankfurt/Main.
- (1979): Probleme bei der Zusammenarbeit von Naturschutz und Flurbereinigung - Jb. für Naturschutz und Landschaftspflege 29: 97-104, Greven.
- (1980a): Die Dolinenkartierung.- Veröff. Naturschutz u. Landschaftspflege Bad.-Württ. 51/52: 201-205, Karlsruhe.
- (1980b): Felsen der Schwäbischen Alb und die Bedeutung natürlicher und künstlicher Felswände für Naturschutz und Landschaftspflege.- Veröff. Naturschutz u. Landschaftspflege Bad.-Württ. 51/52 (1): 167-182, Karlsruhe.
- (1982): Naturschutz und Landschaftspflege. Eine Einführung unter besonderer Berücksichtigung erdwissenschaftlicher Belange.- Stuttgart.
- GERMAN, R., BRONNER, G. & HAASE, C. (1983): Zum Stand der Dolinenkartierung.- Veröff. Naturschutz u. Landschaftspflege Bad.-Württ. 57/58: 19-32, Karlsruhe.
- GERNDT, S. (1972): Unsere bayerische Landschaft.- Verlag Alfred Beron: München, 351 S.
- GERSTBERGER, P. (1988): Zur Kenntnis von *Aethusa cynapium* ssp. *cynapioides* in der BRD.- Tuxenia 8: 3-12.
- GEYER, O. F. (1955): Über die Morphogenetik der Dolinen mit besonderer Berücksichtigung von Südwestdeutschland.- Zt. Dt. Geol. Ges. 108, 2. Tl.: 260-261, Hannover.
- GILCHER, S. (1993): Vegetationskundliche Studien am Teichelberg.- Hoppea 54: 455-482.
- GIM = GEOGRAPHISCH-KARTOGRAPHISCHES INSTITUT MEYER
- GIMPL, A. & PITSCHEKA, B. (1986): Exkursion in den Sandsteinkeuper Unterfrankens 2.-4.10.1986 in Würzburg.- Exkursionsführer: Nördl. Süddeutschland: 117-145, Würzburg.
- GLA = Bayerisches Geologisches Landesamt
- GLANDT, D. L. (1983): Artenhilfsprogramm Zauneidechse.- Naturschutz praktisch. Merkblätter Biotop- und Artenschutz der LÖLF Nordrhein-Westfalen 30, Recklinghausen, 4 S.
- GLASSL, R., SCHIEBER, M. (1989): Die Tuffkaskade "Hoher Brunnen" bei Berching.- Acta Albertina Ratisbon. 46: 199-225.
- (1990): Die Tuffrinne von Erasbach.- Archaeopteryx 8: 127-139.
- GLÜCKERT, G. (1973): Toteisgebiet zwischen Rimsting und Eggstätt an der Naht des Inn- und Chiemsee-Vorlandgletschers (Oberbayern).- Mitt. Geogr. Ges. München 58: 45-51.
- (1974): Mindel- und rißeiszeitliche Endmoränen des Illervorlandgletschers.- Eiszeitalter u. Gegenwart 25: 97-106.
- (1979): Eisrandlagen am Samerberg bei Nußdorf am Inn (Oberbayern).- Geologica Bavarica 80: 73-78, München.
- GÖRNER, M. (1978): In Felsen, Steinbrüchen und Lockergesteinswänden Thüringens brütende Vögel.- Orn. Jber. Mus. Hein. (Halberstadt) 3: 43-62.
- (1988): Bewahrung von Felsen, Höhlen und Lockergesteinswänden als Lebensräume für Tiere und Pflanzen.- Veröff. Mus. Gera Naturwiss. R. H. 15: 115-119.
- GÖTZ, J. (1986): Reaktivierung fossiler Karsterscheinungen am Beispiel der Auerbacher Erdfälle.- Die Höhle, Zt.Karst-u.Höhlenkde. 37(4):177-181.
- GRABER, H.v. (1933): Die Diorite des Passauerwaldes.- Geologische Rundschau 24, Berlin.
- GRADMANN, R. (1898): Das Pflanzenleben der Schwäbischen Alb, 2 Bände.- Stuttgart: 407 und 449 S.
- (1931): Süddeutschland. Erster allgemeiner Teil.- Engelhorn: Stuttgart: 1-215.
- (1939): Die Steppenheidetheorie.- Geogr.-Zt. 39.
- GRAU, W. (1978): Das Nördlinger Ries und seine Entstehungstheorien.- Geographische Rundschau 30 (4): 144-147, Braunschweig.
- GRAUL, H. (1977a): Exkursionsführer zu Oberflächenformen des Odenwaldes.- Selbstverlag d. Geogr. Inst., Univ. Heidelberg.
- (1977b): Zur postglazialen Geschichte voralpiner Flüsse.- Erdwissenschaftl. Forschung XIII: Dendrochronologie und postglaziale Klimaschwankungen in Europa: 176-180, Wiesbaden.
- (1983): Die Paläogeographie des Eiszeitalters.- In: MÜLLER-BECK, H. (Hrsg.): Urgeschichte in Baden-Württemberg: 33-64, Stuttgart.

- GRAUL, H. & SCHAEFER, I. (1953): Zur Gliederung der Würmeiszeit im Illergebiet.- *Geologica Bavarica* 18, München.
- GREILING, L. (1962): Das Silur und Devon des Schübelberges bei Elbersreuth - Bayerische Fazies des Frankenwaldes.- *N. Jb. Geol. Paläontol., Mh., Stuttgart*.
- GROISS, J. T. (1981): Eine quartäre Spaltenfüllung im Steinbruchgebiet Wintershof bei Eichstätt.- *Geol. Bl. NO-Bayern* 31: 165-188, Erlangen.
- GROTTENTHALER, W. (1984): Almwirtschaft und Erosion.- *Lauf. Sem.beitr.* 4/84: 18-23.
- (1985): Geologische Karte von Bayern 1:25.000, Erläuterungen zum Blatt Nr. 8036 Otterfing u. 8136 Holzkirchen.- Hrsg. Bayer. Geol. Landesamt, München.
- GRUBE, A. (1993a): Die "World Heritage List" der UNESCO.- *Mat. I Ökol. Bild.stätte Mitwitz*: 25-33.
- (1993b): Geotopschutz in Hamburg.- *Mat. I Ökol. Bild.stätte Mitwitz*: 51-61.
- (1993c): Geotopschutz im Kr. Stormarn.- *Mat.I/93 Ökol.Bild.stätte Mitwitz (Geotopschutz)*: 175-182.
- GRÜNINGER, W. (1965): Rezente Kalktuffbildung im Bereich der Uracher Wasserfälle.- *Abh. Karst- und Höhlenkunde, Reihe E (2)*, 113 S., München.
- GRÜNWARD, M. (1990): Beitrag zur Kenntnis von Landasseln der Donauhänge.- *Der Bayer. Wald* 24: 19-23.
- GUDDEN, H. (1955): Geologische Karte von Bayern 1:25.000, Erläuterungen zum Blatt Nr. 5834 Kulmbach.- Hrsg. Bayer. Geol. Landesamt, München.
- (1956): Geologischer Bau und Entwicklung der Störungszone und der Eisenerzlagerstätten von Sulzbach-Rosenberg/Opf.- *Erzmetall* 9, Stuttgart.
- GÜMBEL, C.W. v. (1879): Über die Bildung von Höhlen in Bayern.- *Beitr. Anthropol. Urgesch. Bayerns* 2: 191-194, München.
- (1891): Geognostische Beschreibung der Fränkischen Alb (Frankenjura) mit den anstoßenden Keupergebieten.- *Kassel*.
- (1893): Die Amberger Eisenerzformation.- *S.-Ber. math.-phys. Kl. Bayer. Akad. d. Wiss.* 23, München.
- HAAG, M. & HELB, H.-W. (1993): Zur Bedeutung von Bunker-Ruinen für den Arten- und Biotopschutz.- *Mitt. Dtsch. es. Allg. Angew. Ent., H. 8*: 383-386, Giessen.
- HAARLÄNDER, W. (1938): Bericht über einige Funde aus dem mittelfränkischen Keuper.- *Jber. Mitt. Oberrh. Geol. Ver., N.F.* 27, Stuttgart.
- (1966): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:25.000.- *Bl.-Nr. 6432, Erlangen-Süd*, 146 S., München.
- HAAS, A. (o.J.): Das Klima des Rieses. Das Ries. Gestalt und Wesen einer Landschaft. Ein Heimatbuch.- *Lieferung 1*: 55-62, Oettingen.
- HAAS, B. (1984): Vegetation von Toteislöchern im Lkr. Ebersberg.- *Dipl.arb. FH Weihenstephan*, 75 S.
- HAASE, G., DIEMANN, R., MANNSFELD, K. & SCHLÜTER, H. (1985): Richtlinie für die Bildung und Kennzeichnung der Kartierungseinheiten der "Naturraumtypenkarte der DDR im mittleren Maßstab".- Hrsg. Inst. für Geographie und Geoökologie der Akad. d. Wiss. der DDR, Leipzig.
- HABBE, K.A. (1988): Zur Genese der Drumlins im süddeutschen Alpenvorland - Bildungszeiten, Bildungsbedingungen.- *Ztschr. Geomorph. N.F., Suppl.* 70: 33-50.
- (1989): Der Karst der Fränkischen Alb. Formen, Prozesse, Datierungsprobleme.- *Schriften des Zentralinstituts für Fränkische Landeskunde und allgemeine Regionalforschung an der Universität Erlangen-Nürnberg*: 35-76, Neustadt/Aisch.
- HABBE, K.A. & REGER, P. (1985): Zur holozänen Formungsdynamik im Einzugsgebiet der mittleren Pegnitz.- *Geol. Bl. NO-Bayern* 34/35: 537-546, Erlangen.
- HABERDA, H. (1982): Fundbericht über Kieselhölzer aus den Donauschottern im Landkreis Deggendorf/Ndb.- *Naturwiss. Ztschr. f. Niederbayern* 29: 10-13, Landshut.
- HÄBERLE, D. (1915): Die gitter-, netz- und wabenförmige Verwitterung der Sandsteine.- *Geologische Rundschau* 6: 264-285, Berlin.
- (1933): Wannens-, schüssel-, napf- und kesselförmige Verwitterungserscheinungen im Buntsandsteingebiet des Pfälzerwaldes.- *Geologische Rundschau* 23 a: 167-186 (= Salomon-Calvi-Festschrift), Berlin.
- HACKEL, H. (1984): Die Pimpernuß im Lkr. Unterallgäu.- *55*: 131-133.
- HACKER, H., DIERK-SCHNIEDER, S., FETZ, R., PRÖSE, H. & SCHREIER, H.-P. (= Arbeitsgemeinschaft Nordbayerischer Entomologen e.V., Staffelstein) (1985): Die nachtaktiven Schmetterlinge (LEPIDOPTERA) und Köcherfliegen (TRICHOPTERA) des Naturschutzgebietes "Lange Rhön" in Unterfranken.- *Ber. Naturforsch. Ges. Bamberg* 60: 131-172.
- HAFFNER, P. (1941): Pflanzengeographische Untersuchungen in der Moränenlandschaft des Tölzer Gletschers.- *Ber. Bayer. Bot. Ges.* 25: 38-79, Regensburg.

- HAGN, H., HEISSIG, K. & SCHLEICH, H. (1990): Die jungtertiäre Molasse zwischen Vilshofen und Passau.- *Der Bayerische Wald* 23: 25-30.
- HALLER, R. (1993): *Der Silberberg in Bodenmais*.- Grafenau: Morsak.
- HALFMANN, J. (1991): Die Struktur der Vegetation auf periglazialen Basaltblockhalden des Hessischen Berglandes.- *Diss. Bot.* 168, Berlin-Stuttgart.
- HÄNDEL, D. (1993): Geowissenschaftlicher Naturschutz in Sachsen.- *Mat. I/93 Ökol. Bild.st. Mitwitz*: 147-155.
- HÄSSLEIN, L. (1958): Die einstige Molluskenbesiedlung des Illasberges.- *Ber. Naturf. Ges. Augsburg* 8: 58 S.
- HANSBAUER, G. (1987): Bestandssituation und Schutzmaßnahmen für in Felshöhlen und Stollen überwinternde Fledermausarten in den Bayerischen Alpen.- *Dipl.arb. FH Weihenstephan*, 187 S.
- (1997): Flora und Fauna: Beobachtungen im Angerlloch.- in: VERB. DT. HÖHLEN- U. KARSTFORSCHER E.V. MÜNCHEN 1997.
- HANTKE, R. (1980): *Eiszeit*.- Bd. 2, Basel.
- (1983a): Die westlichen Ostalpen bis zum Inn-Durchbruch.- *Eiszeitalter* 3: 15-78.
- (1983b): *Eiszeit*.- Bd. 3, Basel.
- HARMS Handbuch der Geographie. Physische Geographie und Nachbarwissenschaften (1979).- Studienausgabe, 9. Aufl., 424 S., Paul List: München.
- HARTLIEB, M. (1992): Untersuchungen zum Schwermetallhaushalt verschiedener Serpentinpflanzen der Wojaleite bei Wurlitz, Lkr. Hof/Ofr.- *Ber. Bay. Bot. Ges.* 63: 37-60.
- HASERODT, K. (1965): Untersuchungen zur Höhen- und Altersgliederung der Karstformen in den nördlichen Kalkalpen.- *Münchener Geogr. Hefte* 27: 1-114 (Karte im Anhang).
- HAUG, M. (1995): *Der Lusen*.- *Der Bayer. Wald* 9/1 NF: 21-24.
- HAUG, M. & MÜLLER, D. (1995): Besonders "herausragend": Das Künische Gebirge.- *Der Bayer. Wald* 9: 3-13.
- HAUNER, U. (1979): Eiszeitliche Formen und Ablagerungen.- *Schr.R. "Nationalpark Bayerischer Wald" H.5*: 198 S.
- (1980): Untersuchungen zur klimagesteuerten tertiären und quartären Morphogenese des Inneren Bayerischen Waldes (Rachel-Lusen) unter besonderer Berücksichtigung pleistozän-kaltzeitlicher Formen und Ablagerungen.- *Regensburger Geogr. Schriften* 14, 198 S.
- (1985): Kleinformen von Strukturböden in den Hochlagen des Bayerischen Waldes.- *Eiszeitalter u. Gegenwart* 35: 205-210.
- HEDGES, J. (1969): Opferkessel.- *Ztschr. Geomorph. N.F.* 13: 22-55.
- HEGEMANN, F. (1932): Tektonik und Entstehung dioritähnlicher Gesteine im nordwestlichen Bayerischen Wald.- *N. Jb. Mineral.* 65, Beil.-Bd., Abt. A, Stuttgart.
- (1937): Über die Migmatitstockwerke des Bayerischen Waldes.- *Fortschr. Mineral., Krist. u. Petrogr.* 21, Berlin.
- HEIM, F. (1936): Sandsteine des Keupers.- Hrsg. Bayer. Oberbergamt: Die nutzbaren Mineralien, Gesteine u. Erden- *Bay.* II: 152-217.
- HEINDL, J. (1985): Erläuterungen zur GMK 1: 25.000 der Bundesrepublik Deutschland: GMK 25 Blatt 19 6137 Kemnath.- Berlin.
- HELBIG, K. (1965): Asymmetrische Eiszeittäler in Süddeutschland und Ostösterreich.- *Würzburger Geogr. Arbeiten., Diss., Univ. Würzburg, Naturwiss. Fakultät*.
- HELLER, F. (1930a): Eine Forest-Bed-Fauna aus der Sackdillinger Höhle (Oberpfalz).- *N. Jb. Mineral.* 63, Beil.-Bd., Abt. B, Stuttgart.
- (1930b): Jungpleistozäne Knochenfunde in der Moggaster Höhle (Fränk. Schweiz).- *Cbl. Mineral., Stuttgart*.
- (1930c): Geologische Untersuchungen im Bereich des fränkischen Grundgipses.- *Abh. Naturhist. Ges. Nürnberg* 23, Nürnberg.
- (1952): Reptilfährten-Funde aus dem Ansbacher Sandstein des mittleren Keupers von Franken.- *Geol. Bl. NO-Bayern* 2, Erlangen.
- (1958): Neue Fährtenfunde aus dem Mittleren Keuper bei Haßfurt a. M.- *Geol. Bl. NO-Bayern* 8, Erlangen.
- (1960): Das Diluvialprofil in der Jungfernhöhle bei Tiefenellern.- *Erlanger Geol. Abh.* 34.
- HELLER, H. (1971): *Exkursionen in Franken und Oberpfalz*.- Erlangen.
- HEMP, A. (1990): Pflegekonzept Dolomitkuppenalb bei Neuhaus.- *Landratsamt Nürnberger Land*.
- (1996): Ökologie, Verbreitung und Gesellschaftsanschluß ausgewählter Eiszeitrelikte in der Pegnitzalb.- *Ber. Bay. Bot. Ges.*
- HEMP, C. (1997): Blockschutthalden als Lebensraum bedrohter Heuschreckenarten.- *Ber. Naturwiss. Ges. Bayreuth* 24.

- HEMP, C. & HEMP, A. (1997): *Podisma pedestris* in der Hersbrucker Alb.- Ber. d. ANL 20.
- HEMPEL, L. (1952): Studien über Verwitterung und Formenbildung im Buntsandstein.- Göttinger Geogr. Abh. 11.
- (1955): Studien über Verwitterung und Formenbildung im Muschelkalk.- Göttinger Geogr. Abh. 18.
- HENNINGSEN, D. (1986): Einführung in die Geologie der Bundesrepublik Deutschland.- Enke Verlag: Stuttgart, 132 S.
- HENNINGSEN, D. & KATZUNG, G. (1992): Einführung in die Geologie Deutschlands.- 4. Aufl., 228 S., Enke: Stuttgart.
- HEPP, K. (1983): "Kunsthörstbauten" für Wanderfalken in Baden-Württemberg.- Veröff. Natursch. Landschaftspfl. B.-W. 55/56: 22-36.
- HERINGER, J.K. (1980): Wert und Bewertung landschaftlicher Eigenart.- Ber. ANL 4: 60-75.
- HERM, D. (1979): Die süddeutsche Kreide - Ein Überblick.- Symposion der Dt. Kreide, Aspekte der Kreide Europas, J.U.G.S. Serie A 6: 85-106, Stuttgart.
- HERRMANN, A. (1985): Geologischer Aufbau und Oberflächenformen.- Kreisbuch Kitzingen 1985: 26-35.
- HERRMANN, A., DAVID, B. et al. (1982): Zur Rekultivierung von Gipssteinbrüchen.- Zement-Kalk-Gips 29 (6): 263-268.
- HERTEL, E. (1974): Epilithische Moose und Moosgesellschaften im nordöstlichen Bayern.- Beihefte zu den Ber. Naturwiss. Ges. Bayreuth 1, 489 S.
- (1978): Felsmoose im Bereich von Burgruinen.- Ber. Naturwiss. Ges. Bayreuth 16: 249-255.
- (1988): Kartierung der Moose und Flechten am Epprechtstein und an 2 beispielhaften Felsbildungen als Bestandteil eines Pflege- und Entwicklungsplanes.- Unveröff. Gutachten beim Naturpark Fichtelgebirge.
- HERTEL, H. (1981): Die Flechte *Tuilia albocae-rulescens* in Südbayern.- Ber. Bayer. Bot. Ges. 52: 225-226.
- HEUSINGER, G. (1988): Heuschreckenschutz im Rahmen des Bayer. Arten- und Biotopschutzprogrammes. Erläuterungen am Beispiel des Landkreises Weißenburg-Gunzenhausen.- Schriftenreihe Bayer. Landesamt für Umweltschutz 83: 7-31.
- HIEMEYER, F. (1967a): Über die Fluren einer kleinen Auen- und Heidefläche an der Wertach.- Ber. Naturwiss. Verein Schwaben: 14-17.
- (1967b): Nochmals: Die Königsbrunner Heide.- Ber. Naturwiss. Verein Schwaben: 69-73.
- HIRTLEITER, G. (1992): Spät- und postglaziale Gletscherschwankungen im Wettersteingebirge und seiner Umgebung.- Münch. Geogr. Abh., Reihe B: 154 S.
- HOERNES, R. (1875): Die Fauna des Schliers von Ottmang.- Jb. k.kgl. Geol. Reichsanst. 25, Wien.
- HOFMANN, S. (1959): Landkreis Schongau.- München.
- HOFMANN, W. (1961): Photogrammetrische Aufnahme und kartographische Darstellung des Gletscherschliffes von Fischbach.- Mitt. Geogr. Ges. München 46: 45-85.
- HOHENESTER, A. (1960): Grasheiden und Föhrenwälder auf Diluvial- und Dolomitsanden im nördlichen Bayern.- Ber. Bay. Bot. Ges. 33: 30-85, Regensburg.
- HÖHENBERGER, G. (1989): Moosflora des Nördlinger Rieses und Härtsfeldes.- Ber. Naturwiss. Ver. Schwaben Sonderber. 1989/1: 1-77.
- HÖHL, G. (1968): Südliche und mittlere Haßberge und Haßbergvorland.- Topographischer Atlas Bayern, Hrsg. Landesvermessungsamt, München.
- HOHL, R. (1981): Die Entwicklungsgeschichte der Erde.- 5. Aufl., Hanau/Main.
- HÖLDER, H. (1953): Erosionsformen am Trauf der Schwäbischen Alb.- N. Jb. Geol. Paläont. Abh. 97: 345-378, Stuttgart.
- HÖLLERL, H. (1981): Das graue Gold. Die Steinhauerei in Steigerwald und Haßbergen.- Der Steigerwald I: 84/85.
- (1982): Wandern in Unterfranken.- Hrsg. OVA Hof.
- HOLLFELDER, K.A. (1976): Die Doline im "Krügenland", Flur Neuhaus.- Hollfelder Blätter 1: 40-42.
- HÖLZEL, N. (1990) Vegetationsentwicklung auf Erosionsstandorten einer pleistozänen Talverfüllung im Lainbachtal.- Dipl.arb.Inst.Geogr.LMU
- HÖLZINGER, J. (1987): Die Vögel Baden-Württembergs - Gefährdung und Schutz, Artenhilfsprogramme.- Avifauna Baden-Württ., Landesamt für Umweltschutz Baden-Württemberg (Hrsg.), Ulmer: Stuttgart.
- HÖNES, E.-R. (1986): Kultur- und Naturdenkmalpflege.- Natur und Recht 8: 225ff., Hamburg.
- HORSTIG, G.v. & STETTNER, G. (1962): Erläuterungen zur Geologischen Karte 1:25.000, Blatt 5636 Naila.- Bayer. Geol. Landesamt (Hrsg.), München.
- HOTZY, R. (1995): Quellschutz durch Grunderwerb.- Vogelschutz 1/1995: 14-15.

- HÖVERMANN, J. (1954): Die Periglazial-Erscheinungen im Tegernseegebiet.- Göttinger Geogr. Abh. 15: 91-124 (= Studien über die Periglazial-Erscheinungen in Mitteleuropa, Hrsg. H. Poser).
- HUBER, F. (1959): Das Höhlenkataster Fränkische Alb.- Geol. Bl. NO-Bayern 9: 68-81, Erlangen.
- (1967): Die Höhlen des Karstgebietes A Königstein.- Jahreshefte für Karst- und Höhlenkunde 8, 196 S.
- HÜBNER, T. (1986): Artenhilfsprogramm Kreuzkröte.- Merkblätter Biotop- und Artenschutz der LÖLF Nordrhein-Westfalen 71, Recklinghausen, 4 S.
- HUNT, G. & SITT, R. (1981): Cave Gating - A Handbook. Huntsville (USA): NSS.
- HUPPERT, G., BURRI, E., FORTI, P. CIGNA, A. (1994): Effects of tourist development on caves and Karst.- In WILLIAMS et al. a.a.O.
- HÜSER, K. & STINGL, H. (Hrsg.) (1988): Exkursionsführer Oberfranken.- Deutscher Arbeitskreis für Geomorphologie, 15.Tagung in Bayreuth 1988.
- HUTH, R. (1953): Konglomerate im Buntsandstein der Blätter Meeder und Neustadt bei Coburg.- Geologie 2, Berlin.
- HÜTTEROTH, W. (1994): Berggrutsche in der nördl. Fränk. Alb.- Mitt. Fränk. Geogr. Ges. 41: 185-203.
- HÜTTNER, R. (1969): Bunte Trümmersmassen und Suevit.- Geologica Bavarica 61: 142-200, München.
- (1974): Das Ries als geologisches Problem.- Der Aufschluß, 24. Sonderheft: Das Nördlinger Ries: 25-38, Heidelberg.
- (1977): Gliederung der Ries-Gesteine.- Geologica Bavarica, München.
- ILLMANN, R. (1986a): Reaktivierung fossiler Karstformen in der Oberpfälzer Alb.- Jahresmitt. Naturhist.Ges.Nürnberg.: 105-118.
- (1986b): Über die gegenwärtige Erdfalltätigkeit im Speckbachtal bei Auerbach.- Die Höhle - Zt.Karst- u. Höhlenkunde (München) 86 (4): 182-202.
- (1988): Neues vom 2-Bäume-Erdfall und den anderen Auerbacher Löchern.- Mitt.bl.Abt.Karst-u. Höhlenkunde Nat.hist.Ges.Nürnberg. 21 H.31: 16-31.
- IRLACHER, C. (1988): Die Auswirkungen des Kletterns auf die Vegetation im NSG Prunn.- Dipl.arb. FH Weihenstephan.
- ISSEL, W., ISSEL, B. & MASTALLER, M. (1977): Zur Verbreitung und Lebensweise der Fledermäuse in Bayern.- Myotis 15: 19-97.
- JAAG, O. (1945): Untersuchungen über die Vegetation und Biologie der Algen des nackten Gesteins in den Alpen, im Jura und im schweizer. Mittelland.- Beitr. Krypto.flora Schweiz 9(3), Bern.
- JÄGGI, M.N.R. (1983): Alternierende Kiesbänke. Untersuchungen über ihr Auftreten, den Zusammenhang mit der Bildung von Sohlenformen im allgemeinen, sowie ihre Auswirkungen auf Ufererosion und Fließwiderstand.- Diss., ETH Zürich.
- JENIK, J. (1959): Kurzgefaßte Übersicht der Theorie der anemo-orographischen Systeme.- Preslia 31: 337-357.
- JERZ, H. (1979): Das Wolfratshausener Becken - seine glaziale Anlage und Übertiefung.- Eiszeitalter und Gegenwart 29: 63-69.
- (1982): Paläoböden in Südbayern (Alpenvorland und Alpen).- Geol. Jb., Reihe F 14: 27-43.
- (1993): Das Eiszeitalter in Bayern.- Stuttgart: Schweizerbart, 243 S.
- JERZ, H. & MANGELSDORF, J. (1989): Die interglazialen Kalksinterbildungen bei Hurlach nördlich Landsberg am Lech.- Eiszeitalter u. Gegenwart 39: 29-32.
- JERZ, H. & ULRICH, R. (1966): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:25.000.- Blatt Nr. 8533/8633 Mittenwald, München, Bayer. Geol. Landesamt 152 S.
- JERZ, H., SCHAUER, T. & SCHEURMANN, K. (1986): Zur Geologie, Morphologie und Vegetation der Isar im Gebiet der Ascholdingen und Pupplinger Au.- Jb. des Ver. zum Schutz d. Bergwelt 51: 87-152, München.
- JUNG, W. (1987): The Keuper and Lias flora of Franconia.- Guidebook Exkursion 08 XIV, Intern. Botan. Congr. "The Ecology and Evolution of Fossil Floras in W-Germany": 66-78, Berlin.
- KÄDING, K.-Ch. (1978): Die Grenze Zechstein/Buntsandstein in Hessen, Nordbayern und Baden-Württemberg. Jber. Mitt. Oberrh. Geol. Ver. N.F. 60: 233-252, Stuttgart.
- KAISER, B. (1988): Bryologische Studien im Veltensteiner Forst.- Ber. Bayer. Bot. Ges. 59: 137-144, München.
- KAISER, E. (1950): Die Steppenheiden des mainfränkischen Wellenkalkes.- Ber. Bay. Bot. Ges. 28: 125-180.
- KAISER, K.-H. (1960): Klimazeugen des periglazialen Dauerfrostbodens in Mittel- und Westeuropa.- Eiszeitalter u. Gegenwart 11: 121-141.
- KANZ, W. (1983): Zur Stratigraphie und Lithologie der Estheriensichten des Mittleren Keupers in Haßbergen und Steigerwald.- Weltenburger Ak., Erwin-Rutte-Festschrift, Weltenburg.
- KAU, M. & RINGLER, A. (1979): Erhebungen der Buckelfluren im Raum Mittenwald im Rahmen des

- Flurbereinigerungsverfahren.- Projektbericht Alpeninstitut.
- KARL, J. (1972): Naturschutz und Wasserwirtschaft.- spleen, show, chance, Umweltschutz. Lehrschriftenreihe des Deutschen Alpenvereins München: 73-91, München.
- (1989): Erosionsschutz in den Alpen.- Wasser und Boden 41 (8): 463-466, Hamburg/Berlin.
- (1994): Renaturierung und Revitalisierung alpiner Fließgewässer.- Jb.Ver.Schutz Bergwelt 59: 29-65.
- KARL, J. & DANZ, W. (1969): Der Einfluß des Menschen auf die Erosion im Bergland.- Schriftenreihe Bayerische Landesstelle für Gewässerkunde 1.
- KARRASCH, H. (1970): Das Phänomen der klimabedingten Reliefasymmetrie in Mitteleuropa.- Göttinger Geogr. Abh. 56, 299 S.
- KAULE, B. (1979): Die Trockenrasen des Bayerischen Voralpinen Hügel- und Moorlandes.- Jb. Ver. Schutz d. Bergwelt 44: 223-264.
- KAULE, G. & PFADENHAUER, J. (1973): Vegetation und Ökologie eines Hochmoorrandbereiches im NSG Eggstätt-Hemhofer Seenplatte.- Ber. Bayer. Bot. Ges. 44: 201-210.
- KAVASCH, J. (1991): Meteoritenkrater Ries. Ein geologischer Führer.- Auer: Donauwörth, 9. Aufl., 112 S.
- (o.J.): Die Entstehung des Rieses.- Das Ries. Gestalt und Wesen einer Landschaft. Ein Heimatbuch.- Lieferung 1: 1-20, Oettingen.
- KELLER, G. (1952): Beitrag zur Frage der Oser und Kames.- Eiszeitalter und Gegenwart 2: 127-132.
- KEMENY, K. (1986): Dolinen, ihre Folgeformen und Bedeutung für die Landschaft im Landkreis Eichstätt.- Regierung von Oberbayern (Hrsg.): Informationen zu Naturschutz und Landschaftspflege, Nr. 21: 5-18, München.
- KILIAN, P.P. (1949): Das Eggstätt Seengebiet. Limnologisch-morphologische Studie einer Kames-Landschaft.- Diss., Univ. München.
- KILLERMANN, W. (1972): Landschaftsökologische und vegetationskundliche Untersuchungen in der Frankenalb und im Falkensteiner Vorland.
- KIRCHNER, H. (1927): Über die Tierfährten im oberen Buntsandstein Frankens.- Palaeontol. Ztschr. 9, Berlin.
- KLAER, W. (1957): "Verkarstungserscheinungen" in Silikatgesteinen.- Abh. Geogr. Inst. FU Berlin 1957: 21-27.
- KLEBER, A. (1984): Zur jungtertiären Reliefentwicklung im Vorland der südlichen Frankenalb.- Berliner Geograph. Abh. 36: 65-68, Berlin.
- KLEMENT, O. (1950): Zur Flechtenvegetation der Oberpfalz.- Ber. Bayer. Bot. Ges. 28: 1-26, München.
- KLINGER, R. (1982): Geologie und Geographie.- Hrsg. Kreissparkasse Ebersberg: "Der Landkreis Ebersberg, Raum und Geschichte": 8-27.
- KLUG, H. & LANG, R. (1985): Geomorphologische Detailkartierung. Bsp. Südostl. Frankenalb Regensburg.- Regensburger Geogr. Schr. 19/20: 163-181.
- KLÜPFEL, W. (1921): Geologische Notiz über das Vorkommen von Phosphat und Pechkohle bei Amberg (Oberpfalz).- Ztschr. prakt. Geologie 29, Halle/Saale.
- KNAUER, J. et al. (1925): Abriß der Geologie von Bayern r.d.Rh. in sechs Abtheilungen - I. Abteilung: Geologischer Überblick über die Alpen zwischen Tegernsee und Gmunden am Traunsee und das bayrisch-österreichische Tertiärhügelland.- Hrsg. SCHUSTER, M., R. Oldenbourg Verlag: München.
- (1928): Abriß der Geologie von Bayern r.d.Rh. in sechs Abtheilungen - II. Abteilung: Geologischer Überblick über die Alpen zwischen dem Bodensee und dem Tegernsee und ihr Molassevorland.- Hrsg. SCHUSTER, M., R. Oldenbourg Verlag: München.
- KNORR, W. (1981): Geologisch-petrographische Untersuchungen im Raum Donauauf.- Acta Albertina Ratisbonensia 40: 41-70.
- KÖBINGER, A. (1990): Das Geheimnis des Fernbrombergs - Der ungewöhnliche Wasserreichtum der Altmoräne bei Schnaitsee; Topographie und Theorie.- Zeitungartikel vom 3./4.2.1990.
- KOENIGSWALD, G.H.R.v. (1929): Das Rotliegende der Weidener Bucht.- N. Jb. Mineral. 61, Beil.-Bd., Abt. B, Stuttgart.
- KOHLER, E.E.: (1980): Die Glaukonit- und Grünsandablagerungen in Nordwest- und Süddeutschland - Bemerkungen zu ihrer Entstehung und Bedeutung.- Acta Albertina Ratisbonensia 39: 59-80.
- KOPPE, F. (1952): Über die Moosflora von Altötting und Mühldorf.- BBBG 29: 15-37.
- KÖRBER, H. (1963): Entwicklung des Maintales.- Würzburger Geogr. Arb. 10: 1-170.
- KORTENHAUS, W. (1987): Das Naturwaldreservat Friedergries.- Jb. Ver. Schutz Bergwelt 52: 37-70.
- KORTNER, W. (1983): Der Brutbestand der Uferschwalbe (*Riparia riparia*) im Oberen Maintal im Jahre 1983.- Ber. Naturf. Ges. Bamberg 58: 64-65.
- KÖSTER, H.M. & TILLMANN, H. (1975): Kaolin und Tonvorkommen der Oberpfalz.- Der Aufschluß 26: 289-306, Heidelberg.



- KÖSTLER, J.N. (1941): Offenbarung des Waldes. Ein Beitrag zur Frage der künstlerischen Gestaltung deutschen Naturerlebens.- München.
- KRACH, B. (1988): *Tephrosia integrifolia* ssp. *vindelicorum*.- Mitt. Bot. Staatssammlg. München 27: 73-86.
- KRAUS, E. & EBERS, E. (1965): Die Landschaft um Rosenheim.- Quellen u. Darstellungen zur Geschichte der Stadt u. des Landkreises Rosenheim 4, 244 S.
- KRAUS, H. (1986): Dolinen im verkarsteten Jura - Wasserwirtschaft und Naturschutz.- Inf.Nat.sch. Landsch.pfl.Reg.v.Obb. 21: 2-4.
- KRAUS, K. (1986): Dolinen im verkarsteten Jura - Wasserwirtschaft und Naturschutz.- Regierung von Oberbayern (Hrsg.): Informationen zu Naturschutz und Landschaftspflege, Nr. 21: 2-5, München.
- KRAUS, O. (1950): Beobachtungen über Boden-erosion in Bayern.- Heimat 11.
- (1958): Es geht jetzt um die Buckelwiesen.- Jb. Ver. Schutz. Alpenpfl. und -tiere 23: 150-154.
- KRAUSE, R. (1988): Biotoppflege bei Gesteinen und Böden: Kurzbeiträge.- Tagungsbericht "Biotoppflege in thüring. Naturschutzgebieten", Veröff. Museen d. Stadt Gera, Naturwiss. Reihe 15: 121-127.
- KREBS, N. (1919): Morphologische Probleme in Unterfranken.- Ztschr. der Ges. f. Erdkunde zu Berlin, 718.
- KREMPELHUBER, A. v. (1861): Die Lichenen-Flora Bayerns.- Denkschr. k. Bayer. Bot. Ges. Regensburg 4(2): 1-317, Regensburg.
- KRÖGER, J. (1970): Über die Ursachen und den Ablauf von Berggrutschen und anderen natürlichen Bodenbewegungen im bayerisch-österreichischen Alpenrand.- Diss., TU München, Fak. f. Allg. Wiss., 169 S.
- KROMA, J. (1962): Karstmorphologische Beobachtungen im westlichen Unterfranken.- Abh. Naturwiss. Ver. WÜ 3(2): 153-163.
- KRONBERGER, K. (1954): Die Naturschutzgebiete Oberfrankens.- Sonderdr. Naturwiss. Ges. Bayreuth, 59 S.
- (1958/60): Einige bemerkenswerte Naturdenkmale im Regierungsbezirk Oberfranken.- Ber. d. Naturwiss. Ges. Bayreuth 10: 29-70.
- (1960): Der große Berggrutsch am Hasenberg bei Ebermannstadt.- Naturwiss. Ges. Bayreuth 1958/60: 77-80.
- (1961): Ein bemerkenswerter Pilzfundort in der Fränkischen Schweiz.- Ber. Bay. Bot. Ges. 34: 68-71.
- (1967): Steinerne Rinnen, merkwürdige Schöpfungen der Natur.- Ber. Naturforschende Ges. Bamberg 62: 27-29.
- KRUMBECK, L. (1952): Einige Beobachtungen an Dünen in der Umgebung von Erlangen (Mittelfranken).- Geologica Bavarica 14: 16-19, München.
- KRUMBEIN, W. (1963): Über Riffbildung von *Placunopsis ostracina* im Muschelkalk von Tiefenstockheim bei Marktbreit in Unterfranken.- Abh. Naturwiss. Ver. Würzbg. 4 (1): 91-106.
- KUGLER, H. (1974): Das Georelief und seine kartographische Modellierung.- Diss. Luther-Univ. Halle, 517 S.
- KUHLE, M. (1984): Hanglabilität durch Rutschungen und Solifluktion im Verhältnis zum Pflanzenkleid in den Alpen, den Abruzzen und im Himalaya.- Entw. ländl. Raum 19 (3): 3-7.
- (1989): Quantifizierender Reduktionismus als Risiko in der Geographie am Beispiel der Geomorphologischen Karte 1:25.000 der Bundesrepublik Deutschland.- Acta Albertina Ratisbonensia 49: 39-58.
- KUHN, O. (1954): Geologie von Bayern.- München.
- (1956): Eine neue lacertoide Fährte aus dem Sandsteinkeuper Frankens.- N. Jb. Geol. Paläontol. Mh., Stuttgart.
- (1981): Sassendorf bei Bamberg, ein Ort von überregionaler Bedeutung für die Erforschung der Erdgeschichte (Juraformation) - Ber. Naturf. Ges. Bamberg 56: 89-109.
- KÜHNE, I. (1971): Die Haßberge.- Exkursionen in Franken und Oberpfalz, Erlangen.
- KÜHNELT, W. (1933): Kleinklima und Landtierwelt.- Zoogeographica 1: 566-572.
- KUMEROW, E. (1950/51): Die Entstehung unserer Seen und Sölle.- Die Erde 1950/51: 229-235.
- KÜNNE, H. (1969): Laubwaldgesellschaften der Frankenalb.- Diss. Bot. 2, Lehre.
- KÜRSCHNER, H. (1987): Raumverteilungsmuster azidiphiler Felsmoosgesellschaften am Beispiel des Hohen Meißners.- Herzogia 7: 523-542.
- KURZ, J. (1988): Fossile Dünen zwischen Main und Steigerwald. Untersuchungen zur Verbreitung und Genese.- Diplomarbeit, Geogr. Institut Univ. Würzburg, unveröff., 173 S.
- LAATSCH, W. (1972): Typen der Massenverlagerung in den Alpen und ihre Klassifikation.- Forstwiss. Cbl. 91 (6): 309-339.
- LACKERBECK, K. (1991): Zur Bockkäferfauna des Bayerischen Waldes.- Der Bayer. Wald 26: 10-14.

- LAGALLY, U. (1993a): Erdgeschichtliche Naturdenkmäler in Oberbayern.- In. (Ed. H. QUASTEN): Geotopschutz - Probleme der Methodik und der praktischen Umsetzung.- Univ. Saarland, 1. Jahrestag. AG Geotopschutz, 65 S.
- (1993b): Geowissenschaftlich schutzwürdige Objekte, Erfassung - Bewertung - Inschutznahme.- Materialien I/1993: 155-163, Mitwitz (Ökol. Bildungsst. Oberfranken).
- (1994): Grundlagenforschung zum Geotopschutz - eine Aufgabe der geologischen Dienste am Beispiel Bayerns.- in: MATSCHULLAT, J. & MÜLLER, G. (Hrsg.): Geowissenschaften und Umwelt - ein Überblick.- XXIII, 364 S., 164 Abb., 44 Tab., Berlin (Stuttgart).
- (1996): The geotope-database of the Bavarian Geological survey: a contribution to regional planning and nature conservation.- 1. int. congr. reg. geol. cartogr. and inform. systems, proc. 1: 89-91, Bologna (Serv. Cartogr. Geol.).
- (1997): New possibilities of geotope protection in Bavaria using the computer based GEOTOP-KATASTER BAYERN.- 2. congr. geol. and inform. systems, proc., 15-20, Barcelona (Inst. Cartogr. Catalunya).
- LAGALLY, U., KUBE, W. & FRANK, H. (1994): Geowissenschaftlich schutzwürdige Objekte in Oberbayern. Ergebnisse einer Erstaufnahme.- 2. Aufl., Bayer. Geol. Landesamt (Hrsg.), München.
- LANDESOBERBERGAMT NORDRHEIN-WESTFALEN (1990): Sicherung von zutage ausgehenden aufgegebenen und verlassen Grubenbauen mit weniger als 20 gon Neigung.- Rundverfügung vom 7.3.1990 - 18.13.1-9-14, 4 S., Dortmund.
- LANDESVEREIN FÜR HÖHLENKUNDE IN SALZBURG (1975): Salzburger Höhlenbuch Bd. 1 Untersberg, Reiteralm, Lattengebirge, Sonntags-horn.- 335 S. Salzburg.
- (1977): Salzburger Höhlenbuch Bd. 2 Loferer und Leoganger Steinberge, Loferer Alm, Steinernes Meer, Hochkalter, Watzmann.- 348 S. Salzburg.
- (1979): Salzburger Höhlenbuch Bd. 3 Hochkönig, Hagengebirge, Hoher Göll, Tauern.- 487 S. Salzburg.
- LANDRATSAMT CHAM (Hrsg.) (1990): Verzeichnis nach Art. 13 Abs. 2 BayNatSchG über Felsen.
- LANG, M. (1975): Geologische Exkursion der Naturforschenden Gesellschaft Bamberg nach Waischenfeld, in die Umgebung von Burg Rabenstein und ins Ailsbachtal am 21. September 1975.- Ber. Naturf. Ges. Bamberg 50: 3-4.
- (1976): Geologische Exkursion in das Gebiet zwischen Staffelstein, Trimeusel, Banz und Lichtenfels.- Ber. Naturf. Ges. Bamberg 51: 15-16.
- (1977): Geologische Exkursion zum Görauer Anger und ins Bärenental am 9. Oktober 1977.- Ber. Naturf. Ges. Bamberg 52: 5-7.
- LANG, R. (1982): Quantitative Untersuchungen zum Landschaftshaushalt in der südöstl. Frankenalb.- Regensb.Geogr.Schr. 18, 280 S.
- LANGENSCHIEDT, E. (1986): Höhlen und ihre Sedimente in den Berchtesgadener Alpen.- Nationalpark Berchtesgaden, Forsch.ber. 10, 95 S.
- LAUBMANN, H. (1924): Die Minerallagerstätten von Bayern r. d. Rheins.- Verlag Piloty und Löhle: München.
- LEHMANN, H.(1970): Uvala - Westermanns Lexikon Geogr. Bd. 4, Braunschweig.
- LEHNER, C. (1937): Fauna und Flora der fränkischen albüberdeckenden Kreide.- Paläontographika 85 Abt. A: 115-228, Stuttgart.
- LEHNER, L. (1933): Der Neukirchener Ocker.- Zbl. Mineral. B, Stuttgart.
- (1934a): Der Betzensteiner Kreidekalk.- Zbl. Mineral. B, Stuttgart.
- (1934b): Der Hartmannshofer Sandstein.- Zbl. Mineral. B, Stuttgart.
- LEHNERT, M. & FRITZ, K. (1989): Verbreitung und Status der Kreuzotter (*Vipera berus*) im nördlichen Schwarzwald.- Jh. Ges. Naturkd. Württ. 144: 275-281.
- LEHRBERGER, G., PREINFALK, C. & MORTEANI, G. (1988): Historischer Goldbergbau im Oberpfälzer Wald.- Acta Alb. Ratisbon 45: 95-128.
- LEHRSTUHL FÜR LANDSCHAFTSÖKOLOGIE DER TU MÜNCHEN-WEIHENSTEPHAN (Hrsg.) (1977): Biotopkartierung Bayern Blatt L 7146 Grafenau.- Freising.
- LEIPOLD, D. & FISCHER, O. (1986): Untersuchungen der epigäischen Spinnen- und Laufkäferfauna in ausgewählten Habitaten bei Bischofsheim/Rhön.- Bericht an den Naturwiss. Ver. Würzburg, 46 S., Oberaurach.
- LEITZ, F. (1992): Welche Bedeutung haben Steinbrüche und Sandgruben in der geologischen Heimat- und Landeskunde? - In (Hrsg.) WIEDENBEIN, F.W. & GRUBE, A.: Geotopschutz u. geowiss. Naturschutz.- Workshop-Abstracts 43, Univ. Erlangen.
- LEITZ, F. & SCHRÖDER, B. (1981): Exkursion in das oberfränkische Bruchschollenland bei Kronach - (Exkursion C1 und C2 am 23. u. 24. April 1981).- Jber. Mitt. Oberrhein. Geol. Ver. N.F. 63: 15-22, Stuttgart.
- (1985): Die Randfazies der Trias und Bruchschollenland südöstlich Bayreuth. (Exkursion C am

11. und 12. April 1985).- Jber. Mitt. Oberrhein. Geol. Ver. N.F. 67: 51-63, Stuttgart.
- LESER, H. (1976): Landschaftsökologie.- UTB, Ulmer: Stuttgart, 432 S.
- (1984): Zum Ökologie-, Ökosystem- und Ökotopbegriff.- Natur und Landschaft 59 (9): 351-357.
- LESER, H. & PANZER, W. (1981): Geomorphologie.- Westermann: Braunschweig.
- LEUCHS, K. (1921): Die Ursache des Bergsturzes am Rheintalanger (Wettersteingebirge).- Geol. Rundschau 12 (3-5): 189-192.
- LIEBISCH, W. & RYSY, W. (1980): Bemerkenswerte Orchideenfunde in Mittel- und Oberfranken.- Ber. Naturf. Ges. Bamberg 55: 146-151.
- LIEDTKE, H. (1988): Naturräume in der Bundesrepublik Deutschland und ihr Naturraumpotential.- Geographische Rundschau 40: 12-19.
- LIMMER, N. (1986): Naturdenkmäler in Regensburg.- Acta Albertina Ratisbonensia 44: 166-182.
- LINCK, O. (1949): Lebensspuren aus dem Schilfsandstein NW-Württembergs und ihre Bedeutung für die Bildungsgeschichte der Stufe.- Jh. Ver. Vaterländ. Naturkunde Württ.: 97-101, Stuttgart.
- LINHARDT, E. (1983): Zur Geologie des Kemnather Raumes.- Der Siebenstern 52: 73-76, Hof.
- LINHARD, H. & STÜCKL, E. (1972): Xerotherme Vegetationseinheiten an Südhängen des Regen- und Donautales im kristallinen Bereich.- Hoppea 30: 245-279.
- LIPPERT, H. (1975): Die Oberflächenformung des Karstes der Mittleren Frankenalb, unter besonderer Berücksichtigung der Kuppenalb.- Diss. Univ. Erlangen-Nürnberg, 173 S.
- LIPPERT, W. (1966): Die Pflanzengesellschaften des NSG Berchtesgaden.- BBBG 39: 67-122.
- LIPPERT, W., LOTTO, H. & LOTTO, R. (1981): *Veronica fruticulosa* und *V. chamaedrys ssp. micans* in den Ammergauer Alpen.- Ber. Bayer. Bot. Ges. 52: 223-224.
- LIPPERT, W. & MERXMÜLLER, H. (1986): *Galium truniacum* in Bayern.- Ber. Bay. Bot. Ges. 57: 183.
- LOHR, A. (1967): Hydrogeologische Verhältnisse.- In (KUHNERT et al.): Erl.GK 25 Bl. 8432 Oberamergau, Bayer. Geol. Landesamt.
- LOUIS, H. (1978): Morphogenese der Urnaab in der Oberpfalz.- Vortrag Bayer. Akad. Wiss. München.
- (1979): Zur Reliefentwicklung in der Oberpfalz und im Bayerischen Wald.- Sitzungsber. Bayer. Akad. Wiss. Mathemat.-Naturw. Reihe, Jg. 1978: 47-52, München.
- (1984): Relief, Boden, Paläoklima: 3. Zur Reliefentwicklung der Oberpfalz.- Gebr. Borntraeger: Berlin/Stuttgart.
- LOUIS, H. & FISCHER, K. (1979): Allgemeine Geomorphologie.- de Gruyter: Berlin/New York.
- LÜBENAU-NESTLE, R. (1996): Über Grimmiavorkommen im Allgäu.- Mitt. Naturwiss. AK KE 34(2): 53-66.
- LÜTTGE, M. (1967): Zur Flora der Königsbrunner Heide.- Ber. Naturwiss. Verein Schwaben 1967: 5-13.
- LÜTTIG, G. (1993): Der Geotopschutz in der geowissenschaftlichen Kartographie.- Mat.I, Ökol. Bild.stätte Mitwitz: 15-21.
- LUTZ, J. (1932): Gedanken zum Landschaftsschutz im Oberpfälzer Wald.- Unveröff.Mnskr.
- LUTZ, J.L. (1950): Über den Gesellschaftsanschluß oberpfälzischer Kiefernstandorte.- Ber. Bay. Bot. Ges. 28: 64-124, München.
- (1959): Zum Problem der Buckelwiesen bei Mittenwald.- Mitt. Landkultur, Moor- u. Torfwirtschaft 7: 169-203, München.
- LUTZ, J.L. & PAUL, H. (1947): Die Buckelwiesen bei Mittenwald.- Ber. Bayer. Bot. Ges. Erforsch. heim. Flora XXVII: 98-138, Nürnberg.
- MACHATSCHKE, F. (1973): Geomorphologie.- 10. Neubearb. Aufl., B.G. Teubner: Stuttgart, 209 S.
- MÄGDEFRAU, K. (1963): Die Gattung *Voltzia* und *Glyptolepis* im Mittleren Keuper von Haßfurt (Main).- Geolog. Blätter NO-Bayern 13, Erlangen.
- MAIER, P. (1984): Wasserwirtschaftliche Probleme im Bereich des verkarsteten Jura der südlichen Frankenalb.- Archaeopteryx: 61-66, Eichstätt.
- MANSKE, D.-J. (1970): Ausschnitt aus der mittleren Oberpfalz. Ostabdachung der Fränk. Alb und Oberpfälzer Bruchschollenland, L 6536 Amberg: 93-117.
- MARKS, R. (1979): Ökologische Landschaftsanalyse und Landschaftsbewertung als Aufgaben der angewandten physischen Geographie, dargestellt am Beispiel der Räume Zwiesel/Falkenstein (Bayerischer Wald) und Nettetal (Niederrhein).- Materialien zur Raumordnung aus dem Geogr. Inst. der Ruhr-Univ. Bochum XXI.
- MARKTHALER, R. (1937): Die Feuerlettenkonglomerate und das Transgressionsproblem im Mittleren Keuper Frankens.- Abh. Naturhist. Ges. Nürnberg 26.

- MARSTALLER, R. (1994): Die Moosgesellschaften des NSG Kleiner Gleichberg.- Ber. Bay. Bot. Ges. 64: 87-113.
- MATTERN, H. (1983): Mehr Schutz für die Kleinformen der Landschaft. - Blätter des Schwäb. Albvereins 3: 78-80.
- (1993): Dolinen als schutzwürdige Landschaftselemente und Lebensräume - Gefährdung und Schutzmaßnahmen.- Laichinger Höhlenfreund 28 (1): 3-14.
- MATTERN, H. & BUCHMANN, H. (1982): Die Hülsen der nordöstlichen Schwäbischen Alb - Bestandsaufnahme, Erhaltungsmaßnahmen - I. Altbuch und angrenzende Gebiete.- Veröff. Naturschutz und Landschaftspflege Baden-Württ. 55/56: 101-166, Karlsruhe.
- (1987): Die Hülsen der nordöstlichen Schwäbischen Alb - Bestandsaufnahme, Erhaltungsmaßnahmen - II. Härtsfeld.- Veröff. Naturschutz und Landschaftspflege Baden-Württ. 62: 7-139, Karlsruhe.
- MATTHES, S. (1954): Die Para-Gneise im mittleren kristallinen Vor-Spessart und ihre Metamorphose.- Abh. Hess. Landesamt Bodenforsch. 8, Wiesbaden.
- MATTHES, S., & KRÄMER, H. (1955): Die Amphibolite und Hornblendegneise im mittleren kristallinen Vor-Spessart und ihre petrogenetische Stellung.- N. Jb. Mineral. Abh. 88, Stuttgart.
- MATTIG, U. (1993): Rohstoffgewinnung und Geotopschutz.- Mat.I/93 Ökol.Bild.stätte Mitwitz (Geotopschutz): 183-192.
- MAYER, H. (1961): Märchenwald und Zauberwald im Gebirge.- Jb. Ver. Schutz Alpenpflanzen u.-tiere 26: 22-37, München.
- (1964): Bergsturzbesiedlung in den Alpen.- Mitt. a. d. Staatsforstverwaltung Bayern 34: 191-203.
- (1965): Zur Waldgeschichte des Steinernen Meeres (NSG Königssee).- Jb. Verein zum Schutze d. Alpenpflanzen und -tiere 30: 1-20, München.
- (1989): Die Gebirgswälder in den Alpen. Funktion - Entwicklung - waldbauliche Folgerungen.- Inform.-Berichte Bayerisches Landesamt f. Wasserwirtschaft 4: 29-45, München.
- MAYERL, D. (1983): Landschaftspflege - Planungen und Maßnahmen für Natur und Landschaft.- Amtsblatt d. Bayer. Staatsm. f. Landesentwicklung und Umweltfragen 13 (4), München.
- MEDINGER, H. (1953): Geologie der Pegnitzalb um Rupprechtstegen, nebst Untersuchungen über die Dolomitisierung.- Neues Jb. Geol. u. Paläont. Abh. 97, Stuttgart.
- MEIBURG, P. (1993): Geotopschutz und wissenschaftlicher Naturschutz in Hessen.- Mat. I/93, Ökol. Bild.st. Mitwitz: 121-139.
- MEIER, G. (1988): Biotoperhaltende Maßnahmen für Fledermäuse bei Bergsicherungsarbeiten.- Veröff. Mus. Gera Naturwiss. R. 15: 123-124.
- MEIEROTT, L. (1986): Neues und Bemerkenswertes zur Flora Unterfrankens.- Ber. Bay. Bot. Ges. 57: 81-94.
- MEINECKE, F. (1958): Granitvergrusung, Entstehung und Alter der Granitklippen.- Ztschr. Dt. Geol. Ges. 109: 483-498.
- MENSCHING, H. (1957): Geomorphologie der Hohen Rhön und ihres südlichen Vorlandes.- Würzburger Geogr. Arbeiten 4/5, Würzburg.
- (1960): Periglazial-Morphologie und quartäre Entwicklungsgeschichte der Hohen Rhön und ihres östlichen Vorlandes.- Würzburger Geogr. Arb. 7: 5-39, Würzburg.
- MERGENTHALER, O. (1966): Serpentinfarne im Oberpfälzer Wald.- Acta Albertina Ratisbonensia 26: 6-8, Regensburg.
- MERGNER, W. (1959): Die Bodenmühlwand im Landschaftsschutzgebiet "Oberes Maintal".- Naturwiss. Ges. Bayreuth 1957/59: 317-322.
- MERKEL, J. (1982): Die Vegetation der Naturwaldreservate in Oberfranken.- Ber. ANL 6: 135-23, Lauf.
- MEYER, R.K.F., MÜLLER, W. & ÜBELACKER, L. (1987): Die Schwamm- und Begleitfauna eines Schwammriffes des unteren Malm in der Oberpfalz.- Geol. Bl. NO-Bayern 37: 63-88, Erlangen.
- MEYER, R., SCHWARZMEIER, J. & ZIEGLER, J.H. (1982): Erfahrungen bei der Ausweisung von Naturschutzgebieten und erdgeschichtlichen Naturdenkmälern in Bayern.- Lauf. Sem.beitr. 7/82: 81-92.
- MEYNEN, E. (Hrsg.) (1953-59): Handbuch der naturräumlichen Gliederung - 1: 1.000.000.- Beiträge zur dt. Landeskunde, Bad-Godesberg.
- MICHELER, A. (1953): Geologie und Naturschutz im glazialen Alpenvorland beiderseits des Lech.- Geologica Bavarica 19: 370-381.
- (1956): Die Isar vom Karwendel-Ursprung bis zur Mündung in die Donau.- Jb. Ver. Schutze Alpenpfl. u.-tiere 21: 15-47.
- (1957): Das Naturbild des Lkr.EBE.- Kreisheimatbuch des Landkreises.
- (1959): Das Naturbild der Landkreise Oberbayerns.- Unveröff. Mnskr.
- (1960): Der Naturraum des Landkreises Ebersberg.- München.

- (1961): Die Großachen: Naturbild eines tirolisch-bayerischen Grenzflusses.- Jb. Ver. Schutze Alpenpfl.u.-tiere 26: 69-89.
- MILBRADT, J. (1983): *Rosa galliva* - Neufund für den Oberpfälzer Wald.- Ber. Bay. Bot. Ges. 54: 217-218.
- MIOTK, P. (1979): Das Lößwandökosystem im Kaiserstuhl.- Veröff.Natursch.Landsch.pfl.B.-W. 49/50: 159-198.
- MOHR, E. (1961): Die Gstettneralm, der mitteleuropäische "Kältepol".- Jb.Ver.Schutz Bergwelt 26: 38-42.
- MOLEND, R. (1996a): Zoogeogr. Bedeutung kaltfluterzeugender Blockhalden im außeralp.Mitteleuropa.- Verh. Naturwiss. Ver. Hamburg NF 35: 5-93.
- (1996b): Das Ökosystem "Kaltluft erzeugende Blockhalde".- Natur- und Kulturlandschaft, H. 1: 133-136, Höxter.
- MORTENSEN, H. (1932): Blockmeere und Felsburgen in den Deutschen Mittelgebirgen.- Die Erde 7/8: 279-287.
- MORTON, F. (1924/25): Ökologie der Höhlenpflanzen.- Spel.Jb. Österr.Bundesmin.Land-/Forstwt. 576 (3/4): 142-147.
- (1926): Der Einfluß des Höhlenklimas auf den jährl. Entwicklungsgang von *Adoxa moschatellina*.- Flora N.F. 20: 377-379.
- (1960): Wie in Karstdolinen die Pflanzenregionen umgekehrt werden.- Natur u. Volk 90 (11): 366-376.
- (1961): Dolinenklima und Pflanzenwelt.- Wetter u. Leben 13 (7/8): 155-158.
- (1969): Botanische Untersuchungen in Schafberghöhlen. - Die Höhle 20 (4): 128-131.
- MORTON, T. (1989): Cave Restauration.- National Speleological Society-News 2: 32-47, Huntsville (USA).
- MOTTL, M. (1941): Canidenreste von Jagsthausen und von Karlstadt.- Paläontol. Ztschr. 22, Berlin.
- MÜCKENHAUSEN, E. (1982): Einführung zur Inventur der Paläoböden in der Bundesrepublik Deutschland.- Geol. Jb. 14: 5-13.
- MÜHLE, G. (1986): Das LSG in der Naturparkkonzeption.- Lauf. Seminarbeitr. 3/86: 59-63.
- MÜLLER, F. (1984): Bayerns steinreiche Ecke.- Oberfränkische Verlagsanstalt und Druckerei: Hof/Saale.
- MÜLLER, H. (1960): Über Fossilfunde im Lias-Epsilon der Mistelgauer Ziegeleigrube.- Naturwiss. Ges. Bayreuth 1958/60: 91-114.
- MÜLLER, J. (1917): Die diluviale Vergletscherung und Übertiefung im Lech- und Illergebiet- Ein Beitrag zur Frage der Übertiefung.- Berlin.
- MÜLLER, J. & SIGL, W. (1977): Morphologie und rezente Sedimentation des Ammersees.- Neues Jb. Geol. u. Paläont. 154: 158ff.
- MÜLLER, N. (1990): Das Lechtal - Zerfall einer übernationalen Pflanzenbrücke.- Ber. Naturwiss. Ver. Schwaben 94: 26-39.
- (1991a): Veränderungen alpiner Wildflußlandschaften in Mitteleuropa unter dem Einfluß des Menschen.- Augsb. Ökol. Schr. 2: 79-108.
- (1991b): Verbreitung, Vergesellschaftung und Rückgang des Zwergrohrkolbens (*Typha minima*).- Hoppea 50: 323-341.
- MÜLLER, U.G. (1981): Die Schotter im Vorland von Frankenwald und Fichtelgebirge unter besonderer Berücksichtigung der Kieselschiefergerölle.- Diss., Univ. Köln, 125 S.
- MÜLLER-HAHL, B. (1966): Heimatbuch Stadt- und Landkreis Landsberg am Lech.- Landsberg/Lech.
- MÜLLER-MINY, H. (1979): Ausschnitt aus dem Fichtelgebirge und der Münchberger Hochfläche, L 5936 Münchberg.- Geogr.-landeskundl. Erläuterungen zur topogr. Karte 1:50.000, Auswahl B, Mittelgebirgsschwelle: 99-109. Trier.
- MURAWSKI, H. (1954): Bau und Genese von Schwerspatlagerstätten des Spessarts.- Neues Jb. Geol. u. Paläont. Mh., Stuttgart.
- (1983): Geologisches Wörterbuch.- Enke Verlag: Stuttgart, 281 S.
- NAGEL, A. (1991): Schutz winterschlafender Fledermäuse durch Gitterverschlüsse und die Bestandsentwicklung in derart geschützten Quartieren.- Naturschutz Landschaftspf. Niedersachsen 26: 19-23, Hannover.
- NATHAN, H. (1935): Quarz mit Anhydriteinschlüssen im unterfränkischen Keuper.- Abh. Geol. Landesunter. Bayer. Oberbergamt 18, München.
- NECKER, G. & MERGENTHALER, O. (1962): *Anemone patens* L. bei Neustadt/Do.- Hoppea 25: 36.
- NEUMAYR, L. (1971): Moosgesellschaften der südöstlichen Frankenalb und des Vorderen Bayerischen Waldes.- Hoppea 29, Teil I u. II.
- NIEDERBICHLER, C. (1994): Schlußbericht zur Kartierung besonders gefährdeter Pflanzen: *Cochlearia pyrenaica*.- LfU, unveröff.
- NOHL, W. (1990): Zur Rolle des Nicht-Sinnlichen in der landschaftsästhetischen Erfahrung.- Natur und Landschaft 65 (7/8).

- OBERDORFER, E. (1977/78): Süddeutsche Pflanzengesellschaften I/ II.- Stuttgart-New York: Fischer, 311/355 S.
- OCHYRA, R. (1985): Vegetation of the karst sinkholes in the vicinity of Staszow on the Malopolska Upland.- Monogr.Bot. 66: 5-136.
- OESAU, A. & MERZ, H.G. (1988): Naturdenkmale in Rheinland-Pfalz.- Landbuch-Verlag: Hannover, 232 S.
- OHLENDORF, B. (1991): Erfahrungen mit Verschlüssen von Feldermauswinterquartieren im Ostharz und deren Auswirkungen auf das Mikroklima.- Naturschutz Landschaftspfl. Niedersachsen 26: 33-36, Hannover.
- ÖKOLOGISCH FAUNISTISCHE ARBEITSGEMEINSCHAFT (1992): Ökologisches Gesamtkonzept Bayerischer Pfahl.- Hrsg. Bayer. Landesamt für Umweltschutz, München.
- OSTERMAYER, A. (1903): Beiträge zur Kenntnis der Basalte des Haßgaus.- Erlangen.
- OTREMBA, E. (1955): Haßberge.- Handbuch der Naturräumlichen Gliederung Deutschl. Remagen 188 S.
- OTTE, A. (1985): Seltene Ackerwildkräuter in Bayern.- Ber. Bay. Bot. Ges. 56: 85-88.
- PASSARGE, S. (1912): Physiologische Morphologie.- Mitt. Geogr. Ges. Hamburg 26 (2).
- PAUL, H. (1952): Ein neuer Fundort von *Woodisia glabella* etc.- Ber. Bay. Bot. Ges. 29: 55-58.
- PAUL, H. & POELT, J. (1950): Weitere Nachträge und Bemerkungen zur Moosflora Bayerns.- Ber. Bayer. Bot. Ges. 28: 279-289.
- PENCK, A. (1912): Schriffkehle und Taltrog.- Petermanns Geogr. Mitt. 58 (2): 125ff., Gotha.
- PENCK, A. & BRÜCKNER, R.E. (1904/09): Die Alpen im Eiszeitalter.
- PETERSEN, R. (1988): Neue Ergebnisse aus dem Paläozoikum des Frankenwaldes.- Geol. Bl. NO-Bayern 38: 87-92, Erlangen.
- PFADENHAUER, J. (1969): Edellaubholzreiche Wälder im Jungmoränengebiet des bayerischen Alpenvorlandes und in den bayerischen Alpen.- Diss. Bot. 13: 213 S.
- PFAFFENHOFENER KURIER (Eig. Ber.) (1990): Schatzkammer voller Steine. Zwei Lehrpfade geplant.- Ausgabe vom 16./17. Juni 1990.
- PFAFFL, F. (1986): Glazialmorphologische Untersuchungen an d. Lachen im Arbergebiet/Bayerischer Wald.- Geol. Bl. NO-Bayern 36: 269-278, Erlangen.
- (1988): Glazialmorphologische Untersuchungen am Rachel-Nordkar und am Großen Arbersee im Bayerischen Wald.- Geol. Bl. NO-Bayern 38: 7-26, Erlangen.
- (1989): Der Bayerische Wald im Tertiär und Quartär.- Geol. Bl. NO-Bayern 39: 1-38, Erlangen.
- (1993): Die Sturm-Pegmatitgrube bei Arnbruck.- Der Bayer.Wald 7/1 NF: 12.
- PFEFFER, K.-H. (1978): Karstmorphologie.- Wiss. Buchgesellschaft: Darmstadt.
- (1981): Relikte tropischer Karstformen auf der Fränkischen Alb im Pegnitzgebiet. - Sonderveröff. Geol. Inst. Univ. Köln 41: 155-172.
- (1986): Das Karstgebiet der nördlichen Frankenalb zwischen Pegnitz und Vils.- Zt. Geomorph. N.F., Suppl.-Bd. 59: 67-85, Berlin/Stuttgart.
- (1993): Die Mineralien des Bayerischen Waldes.- Grafenau: Morsak, 4.Aufl.
- (1995a): H. Kollmer und A. Robl und ihr Quarz-Bergbau.- Der Bayer. Wald 9: 16.
- (1995b): Firneismulden im Vogelsang-Hirschenstein-Gebiet.- Der Bayer. Wald 9: 6-8.
- (1996): Die Mineralien der Sulfidzerlagerstätten im Bayer.Wald.- Der Bayer.Wald 10/1 N. F.: 8-13.
- PFEUFFER, E. (1996): Bestandsentwicklung der Tagfalterfauna am Unteren Lech seit 100 Jahren.- Jb.Ver.Schutz Bergwelt 61: 13-41.
- PFLAUMANN, U. & STEPHAN, W. (1968): Geologische Karte von Bayern 1:25.000, Erläuterungen zum Blatt Nr. 8237 Miesbach.- Hrsg. Bayer. Geol. Landesamt, München.
- PFLEIDERER, J. & WINKLER, S. (1991): Beziehungen zwischen Krustenflechten und Schnecken auf Kalkfelsen im Ulmer Raum.- Jh. Ges. Naturkde. Württemberg 146: 89-113, Stuttgart.
- PLACHTER, H. (1985): Faunistisch-ökologische Untersuchungen auf Sandstandorten des unteren Brombachtals (Bayern) und ihre Bewertung aus der Sicht des Naturschutzes.- Ber. ANL 9: 45-92, Laufen.
- (1986): Die Fauna der Kies- u. Sandschotterbänke dealpiner Flüsse und Empfehlungen zu ihrem Schutz.- Ber.ANL 10:119-147.
- PLACHTER, H. & PLACHTER J. (1988): Ökologische Studien zur terrestrischen Höhlenfauna Süddeutschlands.- Zoologica Bd. 47, H. 139, 67 S., Stuttgart.
- POELT, J. (1950): Beiträge zur Flechtenflora Bayerns.- Ber. Bayer. Bot. Ges. 28: 276-279.



- (1954): Moosgesellschaften im Alpenvorland - I und II.- Sitz.ber. Österr. Akad. Wiss., math.-naturwiss.Kl. I, 163: 495-534.
- (1966): Zur Flechtenflora des Bayerisch-Böhmischen Waldes.- *Hoppea* 26: 5-96.
- (1972): Ein zweiter Beitrag zur Flechtenflora des Bayer.-Böhm. Waldes bayerischen Anteils.- *Hoppea*: 30: 111-144.
- (1993): Ökologie und Diversität bei den Flechten.- Rundgespr.-Komm. Ökol. Bay. Akad. Wiss. 6: 49-53.
- POLL, K.G. (1985): Ergebnisse der Erlanger Quartär-Arbeiten im Regnitztal zwischen Nürnberg und Bamberg.- *Nachr. Dt. Geol. Ges.* 10: 28-36, Hannover.
- POLL, K. & WEICHEN, H.M. (1976): Quartär-Untersuchungen im Bereich der Pegnitz-Oberterrasse in Erlangen-West/Mittelfranken.- *Geol. Bl. NO-Bayern* 26: 25-46, Erlangen.
- POSCHINGER, A. (1989): Georisk - Erhebungen und Untersuchungen von Massenbewegungen im Bayerischen Alpenraum. Kartieranleitung zur Aufnahme von Massenbewegungen im Bayerischen Alpenraum.- Hrsg. Bayer. Geol. Landesamt, München.
- (1990): Hangbewegungen im Bayerischen Alpenraum; Erfassung, ingenieurgeologische Untersuchung, Bewertung.- Sonderdruck aus den *Mitt. Geogr. Ges. München* 75.
- (1993): Geotechnische Hinweise.- in: BAYER. GEOLOGISCHES LANDESAMT: Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:25.000, Blatt Nr. 8343 Berchtesgaden West.
- POSCHLOD, P. (1987): Geobotanische Bestandsaufnahme von Steinbrüchen im Lkr.WUG.- TU-Weihenstephan, unveröff.
- POSER, H. & MÜLLER, T. (1951): Studien an den asymmetrischen Tälern des Niederbayerischen Hügellandes.- *Nachr. Akademie d. Wiss. Göttingen, Math.-Phys. Kl. IIB*: 1-32.
- PRAGER, L., SCHUWERK, H. & SCHUWERK, R. (1986): *Anthriscus sylvestris* ssp. *alpina* - neu für die Fränkische Alb.- *Ber. Bay. Bot. Ges.* 57: 180-181.
- PREY, S. (1953): Streiflichter zum Problem der "Scherlinge" in der Flynchzone.- *Verh. Geol. Bundesanst. Wien* (2): 138-145.
- PRIEHÄUSSER, G. (1927): Der Bayerische Wald im Eiszeitalter. I. Glaziale Spuren in der Umgebung des großen Arbersees.- *Geogr. Jh.* 40, München.
- (1934): Über Kare und Karseen des Bayerischen Waldes.- *Bayerland* 32: 65-71.
- (1938): Eiszeitliche Toteisbildung im Bayerischen Wald.- *Zt. f. Gletscherkunde* 26: 97-111.
- (1953): Ortsfremde Gesteinsblöcke im diluvialen Schotter der Donaulandschaft bei Straubing.- *Geologica Bavarica* 19: 281-296, München.
- (1961): Felsfreistellungen, Blockmeere, Blockströme und Blockstreuungen im Bayerischen Wald.- *Geol. Bl. NO-Bayern* 11 (3): 123-132, Erlangen.
- PRÖSE, E. (1993): Die Schmetterlings- und Netzflüglerfauna im Lkr. Hof.- Unveröff. Gutachten LRA Hof.
- QUINGER, B. (1987): Zur Wiederentdeckung von *Calamagrostis stricta* (Timm) Koeler in Bayern.- *Ber. Bay. Bot. Ges.* 58: 7-22.
- (1991): Gutachtliche Stellungnahme zu dem geplanten Abbau des Gebietes C im Nordwesten des Langen Köchels im Murnauer Moos durch das Hartsteinwerk Werdenfels.- i.A. des Landratsamtes Garmisch-Partenkirchen / Untere Naturschutzbehörde, 17 S.
- RAAB, B. (1990): Leben unter fränkischen Balmen.- *Vogelschutz* (3): 7.
- RAAB, B., HOTZY, R. (1994): Konzept zur Erhaltung dealpiner Flußlandschaften.- *Vogelschutz* 2/1994: 19-21.
- RASCH, E. (o.J.): Die Tagfalter im Ries. Das Ries. Gestalt und Wesen einer Landschaft.- *Lieferung* 2 und 3: 179-195, Oettingen.
- RATHJENS, C. (1939): Geomorphologische Untersuchungen in der Reiteralm und im Lattengebirge im Berchtesgadener Land.- *Mitt. Geogr. Ges. München* 32: 15-88.
- (1952): Asymmetrische Täler in den Niederterrassen des nördlichen Alpenvorlandes.- *Geologica Bavarica* 14: 140-150.
- (1957): Geomorphologische Beschreibung der Karte 1: 100.000 der Eiszerfall-Landschaft von Seon.- *Landeskdl. Forschg.* 37: 16-23ff.
- (1985): Fragen der geomorphologischen Detailkartierung im hohen Steilrelief (GMK 100) - Geomorphologische Karte Rosenheim.- *Ber. dt. Landeskunde* 59 (2): 443-460.
- REICH, H. (1953): Die Vegetationsentwicklung der Interglaziale von Großweil, Ohlstadt und Pfefferbichl im Bayerischen Alpenvorland.- *Flora* 140, Jena.
- REICHARDT, E. (1980): Einige bemerkenswerte Diatomeenfunde aus Bayern.- *Ber. Bay. Bot. Ges.* 51: 117-122.
- (1985): Diatomeen an feuchten Felsen des Südlichen Frankenjura.- *Ber. Bay. Bot. Ges.* 56: 167-187.

- (1994): Zur Diatomeenflora tuff-abscheidender Quellen und Bäche im Südl. Frankenjura.- Ber. Bay. Bot. Ges. 64: 119-133.
- (1995): Die Kieselalgenflora des Wachsenden Steins von Usterling.- Ber. Bay. Bot. Ges. 65: 87-92.
- REIF, A. & LEONHARDT, A. (1991): Die Wald- und Forstgesellschaften im Fichtelgebirge.- Hoppea 50: 409-452.
- REIF, A. & PRZYBILLA, M. (1995): Zur Regeneration der Fichte in den Hochlagen des NP Bayer. Wald.- Hoppea 56: 467-515.
- REIFF, W. (1974): Einschlagkrater kosmischer Körper auf der Schwäbischen und Fränkischen Alb.- Der Aufschluß, 24. Sonderheft: Das Nördlinger Ries: 12-24, Heidelberg.
- REISCH, L. (1979): Ein mittel- bis jungpleistozänes Hangschutt-Löß-Profil bei Altessing im unteren Altmühltal.- Quartär 29/30: 49-75, Bonn.
- REUTER, L. (1927): Abriß der Geologie von Bayern rechts des Rheins.- München.
- RICHARD, J.L. (1972): La vegetation des cretes rocheuses du Jura.- Ber. Schweiz. Bot. Ges. 82: 68-112.
- RICHTER, A. (1985): Geologie und Paläontologie. Das Mesozoikum der Frankenalb. Vom Ries bis ins Coburger Land.- 224 S., Kosmos: Stuttgart.
- RICHTER, D. (1980): Allgemeine Geologie.- 2., bearb. und erw. Aufl., de Gruyter: Berlin/New York, 370 S.
- (1984): Allgäuer Alpen.- Sammlung geol. Führer 77, 3. Aufl., Gebr. Borntraeger: Berlin/Stuttgart, 253 S.
- (1986): Zum Auftreten von Gold im nordost-bayerischen Grundgebirge.- Geologica Bavarica 89: 49-65, München.
- RICHTER, D. & VILLWOCK, R. (1961): Die Rotliegend-Vulkanite am Westrand des Fichtelgebirges.- N. Jb. Mineral. Abh. 95, Stuttgart.
- RIEDEL, C. (1984): Kartierung, Beschreibung, Bewertung von Toteislöchern im Lkr.EBE.- Dipl.-arb. FH Weihenstephan, 82 S.
- RIESS, W., SCHLUMPRECHT, W. u.a. (1995): ABSP-Grundband.- BayStMLU, unveröff.
- RINGLER, A. (1976): Verlustbilanz nasser Kleinbiotop in Moränengebieten der Bundesrepublik Deutschland.- Natur u. Landschaft 51 (7/8): 205 - 209.
- (1979a): Toteiskessel, Kleinsümpfe und Flurtümpel, auch in Südbayern bedroht.- Ber. ANL 3: 84-88.
- (1979b): Gutachten zur Landschaftsrahmenplanung in der Planungsregion 18.- BayStMLU, mehrere Text- und Kartenbände, unpubl.
- (1980a): Arten - und Biotopschutz im Alpenvorland.- Jb. Ver. Schutz d. Bergwelt 45: 77-123.
- (1980b): Toteiskessel bei Wasserburg, die exemplarische Zerstörung eines Ökosystems.- Nationalpark 4/80: 6-10.
- (1982a): Landschaftsgliederung, nutzungsspezifische Empfindlichkeitsanalyse und Naturschutzkonzept für die Region Südostoberbayern (18).- BayStMLU, Mat. 33, 225 S.
- (1982b): Verbreitung, Standort, Vegetation und Landschaftshaushalt von Buckelfluren in Südbayern.- Lauf. Sem.beitr. 6/82: 21-36.
- (1987): Gefährdete Landschaft - Lebensräume auf der Roten Liste.- BLV: München, 195 S.
- (1993): Biotopverluste als Kriterium für eine Rote Liste Biotop.- Schr.R. Landsch.pfl. Natursch. (Bonn-Bad Godesberg) 38: 179-235.
- (1994): Dörfer: Rahmensetzende Eigenart der Landschaft.- Lauf. Sem.beitr. 1/94: 77-93.
- (in Vorbereitung): Wo stehen wir im Biotopverbund? (Landschaftspflege tag Ansbach (1997).- Ber. d. ANL 21 (1997).
- RINGLER, A. et al. (1979): Landschaftsgliederung, Empfindlichkeitsanalyse und Naturschutzkonzept für die Planungsregion 18.- Unveröffent. Projektbericht beim StMLU, München.
- RINGLER, M. (1972): Die Welt der Pflanzen zwischen Wendelstein und Chiemsee.- Verlag Schönberg: Gstadt, 93 S.
- RITSCHHEL, G. (1976): Beitrag zur Kartierung calciphiler epigaeischer Flechten im nordbayerischen Raum.- Herzogia 4: 47-54.
- (1977): Verbreitung epiphytischer Flechten in NW-Bayern.- Bibliotheca Lichenol. 7, Cramer: Vaduz.
- ROB (=Regierung von Oberbayern) (1986): Informationen zu Naturschutz und Landschaftspflege der Regierung von Oberbayern.- Nr. 21.
- RODI, D. (1967): Silbergrasfluren in Bayern.- Mitt. flor.-soz. Arb.gem. N.F. 11/12: 11-31.
- (1974): Trockenrasengesellschaften des nordwestlichen Tertiärhügellandes.- Ber. Bayer. Bot. Ges. 45: 151-172.
- (1975): Die Vegetation des nordwestlichen Tertiärhügellandes.- Schr.R. Veg.kde. 8: 21-78.
- ROLL, A. (1934): Form, Bau und Entstehung der Schwammstotzen im süddeutschen Malm.- Ztschr. Paläontol. 16, Berlin.

- ROTHPLETZ, A. (1917): Die Osterseen und der Isar-Vorlandgletscher.- Mitt. Geogr. Ges. München 12.
- RÜCKERT, G. (1972): Erläuterungen zur Bodenkarte von Bayern 1: 25.000 Blatt Nr. 5737 Schwarzenbach a.d. Saale.- München.
- RÜCKERT, L. (1933): Zur Flußgeschichte und Morphologie des Rednitzgebietes.- Heimatkundl. Arb. Geogr. Inst. der Univ. Erlangen 4.
- RUDOLPH, E. (1975): Naturschutz in Oberbayern. Grundlagen, Schutzgebiete und Naturdenkmäler.- Schriftenreihe für Naturschutz und Landschaftspflege 6, 160 S., München, Hrsg. Bayer. LfU.
- RUDORFF, E. (1892): Der Schutz der landschaftlichen Natur und der erdgeschichtlichen Denkmäler Deutschlands.- Berlin.
- RUNGE, F. (1981): Die Pflanzengesellschaften des Staffelbergs bei Staffelstein/Oberfranken.- Ber. Naturf. Ges. Bamberg 56: 187-195.
- RUTTE, E. (1954): Zur Geologie des Kitzinger Landes.- Würzburg 1954
- (1957): Einführung in die Geologie von Unterfranken.- Würzburg.
- (1958): Die Fundstelle altpleistozäner Säugtiere von Randersacker bei Würzburg.- Geol. Jb. 73, Hannover.
- (1962): Der Hauptmuschelkalk am Maintalhang von Köhler.- Abh. Naturwiss. Ver. WÜ 3(2):181-195.
- (1981): Bayerns Erdgeschichte. Der geologische Führer durch Bayern.- 1. Aufl., München, 266 S.
- RUTTE, E. & WILCZEWSKI, N. (1983): Mainfranken und Rhön.- Sammlung geol. Führer 74: 171-179, Stuttgart.
- RUZICKA, V., KOPECKY, J. (1993): Spiders of pseudokarst caves in NE Bohemia.- Boll. Acc. Gioia Sci. Nat. 26 (345): 299-309.
- RUZICKA, V., HAJER, J., ZACHARDA, M. (1995): Arachnid population patterns in underground and cavities of a stone debris field.- Pedobiol. 39: 42-51.
- SAGE, M. (1991): Flugsand und Dünen im Hauptmoorwald bei Bamberg.- Diplomarbeit, Geogr. Inst. Univ. Würzburg, 201 S., unveröff.
- SAHLE, E. v.d. (1942): "Härtlingszüge" - Morphologische Studien aus deutschen Mittelgebirgen.- Berliner Geogr. Arbeiten 21, 113 S.
- SALGER, M. & SCHMIDT-KALER, H. (1988): Die jüngere Geschichte des Wellheimer Trockentales anhand des Profils der Wasserbohrung Wellheim I.- Geol. Bl. NO-Bayern 38: 1-6, Erlangen.
- SCHAEFER, I. (1953): Die donauzeitlichen Ablagerungen an Lech und Wertach.- Geologica Bavarica, München.
- (1969): Der Drumlin von Hörmating in Oberbayern.- Eiszeitalter u. Gegenwart 20: 175-195.
- (1975): Die Altmoränen des diluvialen Isar-Loisachgletschers.- Mitt. Geogr. Ges. München 60: 115-153.
- SCHAUER, Th. (1984): Der Wandel des Gewässerlaufes und des Vegetationsbildes im Mündungsgebiet der Tiroler Achen seit 1810.- Jb. Ver. Schutz Bergwelt 49: 87-114.
- SCHERZER, H. (1927): Geologisch-Botanische Wanderungen durch die Alpen 1: Das Berchtesgadener Land.- München, 218 S.
- (1930): Geologisch-Botanische Wanderungen durch die Alpen 2: Das Allgäu.- München, 356 S.
- (1936): Geologisch-Botanische Wanderungen durch die Alpen 3: Oberbayerische Alpen.- München, 419 S.
- SCHERZINGER, W. (1991): Biotoppflege oder Sukzession?- Garten und Landschaft 2/91: 24-28.
- SCHEUERER, M. (1989): Vegetationskundliche Untersuchungen am Scheuchenberg als Grundlage für den Naturschutz.- Hoppea 47: 91-147.
- (1991): Flora und Vegetation des NSG "Kleiner Arbersee".- Hoppea 50: 233-286.
- (1993a): Zum Gesellschaftsanschluß von *Arnoseris minima*.- Hoppea 54: 501-509.
- (1993b): *Cladonia stellaris* am Bayerischen Pfahl.- Hoppea 54: 565-573.
- SCHEUERER, M., EICHER, M. & HERRE, P. (1991): Bestandssituation, Standortansprüche und Maßnahmen zur Erhaltung ausgewählter, stark gefährdeter Arten auf Sanden im Lkr. Kelheim unter Einbeziehung von Standorten in der Oberpfalz.- Beitr. Artensch. 13: 47-60.
- SCHIECK, H. (1966): Zur Talgeschichte der Altmühlalb.- Diss., Univ. München.
- SCHIMECZEK, W. (1958): Morphographie der Schichtstufe in den Haßbergen.- Zulassungsarbeit, Univ. Würzburg.
- SCHINDLER, I. (1995): Flora und Vegetation der Dolinen im Kelheimer Forst.- Dipl.arb. Univ. Regensburg.
- SCHIRMER, W. (1978): Exkursion durch die Jura-Ablagerungen am Obermain.- Naturwiss. Ges. Bayreuth 1976/78: 263-287.
- (1980): Geologie des Maintales.- Exkursionsführer zum Symposium Franken der INQA-Euroibirischen Subkommission für Holozän 24.-31. Au-

- gust 1980, Holozäne Talentwicklung: Methoden und Ergebnisse, Düsseldorf, 210 S.
- (1981): Holozäne Mainterrassen und ihr pleistozäner Rahmen (Exkursion G am 25.4.1981).- Jber. Mitt. Oberrhein. Geol. Ver. N.F. 63: 75-87, Stuttgart.
- (1984a): Moenodanuvius - ein uralter Fluß auf der Frankenalb.- Hollfelder Blätter 9: 29-32.
- (1984b): Die Aufseß fließt im fremden Tal.- Hollfelder Blätter 9: 47-54.
- (1984c): Moenodanuvius und Aufseß.- Hollfelder Blätter 9: 67-74.
- (1985a): 100 Jahre flußgeschichtliche Forschung in Oberfranken.- Hollfelder Blätter 10: 63-70.
- (1985b): Ein altes Tal auf dem Alten Berg südlich Drosendorf.- Hollfelder Blätter 10: 25-32.
- SCHMAGER, P. (1985a): Die Enzianarten (*Gentiana*, *Gentianella*) in der Umgebung von Neuburg/Donau.- Ber. Naturwiss. Ver. Schwaben 89: 45-47, Augsburg.
- (1985b): Die Wuchsorte der *Epipactis muellerii* (Müllers Stendelwurz) bei Neuburg/Donau.- Ber. Naturwiss. Ver. Schwaben 89: 32-35, Augsburg.
- SCHMALZ, K. L. (1979): Ein Jahr des Findlings-schutzes.- Mitt. Naturforsch. Ges. Bern N.F. 36: 93-97.
- SCHMEER, D. (1953): Leverrierit in zwei niederbayerischen Weißerdevorkommen.- *Geologica Bavarica* 17, München.
- SCHMEISSNER, R. (1975): Das Rätsel der "Opfersteine".- Die Oberpfalz 63: 175-183, Kallmünz.
- SCHMIDT, A. (1966): Bergrutsche in der Umgebung von Regensburg.- *Acta Albertina Ratisbonensia* 26: 133-138.
- SCHMIDT, R.D. & STREUMANN, C. (1964): Verzeichnis der geographischen Zeitschriften, periodischen Veröffentlichungen und Schriftenreihen Deutschlands und der in den letzteren erschienen Arbeiten.- Ber. dt. Landeskunde, Sonderheft 7, Hrsg. Bundesanstalt f. Landeskunde u. Raumforschung, Bad Godesberg, 303 S.
- SCHMIDT-KALER, H., TREIBS, W. & HÜTTNER, R. (1970): Exkursionsführer zur Geologischen Übersichtskarte des Rieses 1:100.000.- München (GLA).
- SCHMIDT-THOMÉ, P. (1943): Karrenbildung in kristallinen Gesteinen.- *Ztschr. Dt. Geol. Ges.* 95: 53-56.
- SCHMIDTILL, E. (1953): Dogger-G bis Dogger-E in der mittleren und nördlichen Frankenalb auf Grund neuer Aufschlüsse.- *Geologica Bavarica* 16, 158 S., München.
- SCHMITHÜSEN, J. (1948): Fliesengefüge der Landschaft und Ökotope.- *Ber. dt. Landeskunde* 5.
- SCHMITZ, H.-H. (1985): Der ehemalige Steinbruch an der Groppenmühle - ein historischer Aufschluß an der Grenze der moldanubischen zur assyn-tischen Baustufe in NE-Bayern.- *Geol. Bl. NO-Bayern* 34/35: 303-332, Erlangen (= Gedenkschrift B. v. Freyberg).
- SCHNEIDER, A. (1992): Kartierung und Bewertung von Karstformen für den geomorphologischen Naturschutz am Beispiel des Raumes Markt Wiesental.- *Dipl.arb. Geogr. Inst. Univ. Saarland*.
- SCHNEIDER, U. (1994): Die Scheidenkronwicke in der Nördl. Frankenalb.- *Hoppea* 55: 505-510.
- SCHNITTMANN, F.X. (1960): Die Versteinerungen der Steinbrüche im Dolomit des südlichen Frankenjuras zwischen Ingolstadt und Neustadt.- *Acta Albertina Ratisbonensia* 1: 36-41.
- SCHNITZER, W.A. (1956): Die Landschaftsentwicklung der südlichen Frankenalb im Gebiet Denkendorf-Kösching nördlich von Ingolstadt.- *Geologica Bavarica*, 28, München.
- (1957): Die Quarzkornfarbe als Hilfsmittel für die stratigraphische und paläogeographische Erforschung sandiger Sedimente.- *Erlanger Geol. Abh.* 23.
- (1985): Uranführende Kieselhölzer in den Mainschottern Unterfrankens (Vorkommen, Genese, Herkunft).- *Geol. Bl. NO-Bayern* 34/35: 333-346, Erlangen (= Gedenkschrift B. v. Freyberg).
- SCHNITZER, W.A. & FORSTMAYER, A. (1984): Zur Genese von Beckensintern in Höhlen der Fränkischen Alb und ihrer Verhärtung in Abhängigkeit von der Zeit.- *Natur und Mensch, JM d. Nat.hist. Ges. Nürnberg*: 65-70.
- SCHOLZ, H. (1984): Der Gletscherschliff von Greggenhofen.- *Ber. Naturwiss. Ver. Schwaben* 88: 19-24.
- SCHOLZ, H. & SCHOLZ, U. (1981): Das Werden der Allgäuer Landschaft - Eine kleine Erdgeschichte des Allgäus.- Verlag für Heimatpflege: Kempten, 152 S.
- SCHÖNFELDER, P. (1967): Das GALEOPSISIETUM ANGUSTIFOLIAE Bükler 1942 - eine Kalkschuttpioniergesellschaft Nordbayerns.- *Mitt. Florist.-Soziol. Arbeitsgemeinschaft N.F.* 11/12: 5-10.
- (1970): Südwestliche Einstrahlungen in der Flora und Vegetation Nordbayerns.- *Ber. Bayer. Bot. Ges.* 42: 17-100, München.

- SCHÖNHALS, E. (1959): Der Basalt-Tuff von Kärlich als Leithorizont des Würm-Hochglazials.- Fortschr. Geol. Rheinld. u. Westf. 4, Krefeld.
- SCHOTT, C. (1931): Die Blockmeere in den deutschen Mittelgebirgen.- Forsch. dt. Landes- u. Volkskunde 29 (1), Stuttgart.
- SCHRAMM, S. (1989): Naturwanderungen im Münchner Alpenvorland.- Oreos Verlag: Schaf-lach.
- SCHREPFER, H. (1924): Das Maintal zwischen Spessart und Odenwald.- Forsch. deutsch. Landes- u. Volkskunde 23, Stuttgart.
- SCHRETZENMAYR, M. (1950): Sukzessionsverhältnisse der Isarauen südlich Lenggries.- Ber. Bayer. Bot. Ges. 28: 16-63.
- SCHRÖDER, B. (1958): Stratigraphie und Tektonik vor der Fränkischen Linie bei Kemnath-Pressath/Opf. und die tektonische Lage der Basaltdurchbrüche.- Erlanger Geol. Abh. 27, Erlangen.
- (1961): Benkersandstein und Estherienstufe nördlich und östlich Grafenwöhr an Hand neuer Aufschlüsse.- Geol. Bl. NO-Bayern 11, Erlangen.
- (1962): Liaseinschlüsse in den Basalten der Heldburger Gangschar.- Geolog. Bl. NO-Bayern 12: 190-202, Erlangen.
- (1965): Tektonik und Vulkanismus im Oberpfälzer Bruchschollenland und fränkischen Grabfeld.- Erlanger Geol. Abh. 60, Erlangen.
- (1970): Fränkische Schweiz und Vorland.- Sammlung geol. Führer 50: 54-56, Stuttgart.
- (1974): Aufschlüsse im Übergang Muschelkalk-Keuper auf Blatt 5734 Wallenfels.- Geol. Bl. NO-Bayern 24: 296-300, Erlangen.
- SCHRÖDER, B. & WELZEL, E. (1966): Exkursionsführer im Keuper der Haßberge.- Geol. Bl. NO-Bayern 16: 139-152, Erlangen.
- SCHUBERT, R. & KLEMENT, O. (1961): Die Flechtenvegetation des Brocken-Blockmeeres.- Archiv f. Naturschutz u. Landschaftsforschung 1 (1): 18-38.
- SCHUBERTH, H. (1935): Botanisch-Geologischer Führer durch das Fichtelgebirge mit Frankenwald und seine fränkischen Randgebiete.- Kohler, Frankenwald: Wunsiedel, 373 S.
- SCHUHWERK, F. (1985): Geobot. Gutachten zum Scheuchenberg.- Reg. Opf., unveröff.
- SCHUHWERK, F. & LIPPERT, W. (1991): Vorläufiger Bestimmungsschlüssel für die Hieracien des Bayerisch-Böhmischen Waldes.- Hoppea 50: 343-409.
- SCHULTZE, J.H. (1932): Zur Morphologie Nordfrankens.- Jenaer Zeitung für Naturwissenschaften 66, N.F. 59: 109-118.
- SCHULTZE-NAUMBURG, P. (1916): Die Gestaltung der Landschaft durch den Menschen VII.- Callwey: München, 323 S.
- SCHULZ, W. (1972): Zur Inventur der Findlinge als Naturdenkmale in den Bezirken Potsdam, Frankfurt/Oder und Cottbus.- Naturschutzarbeit in Berlin und Brandenburg 8 (2): 44ff.
- SCHUSTER, H.-J. (1980): Analyse und Bewertung von Pflanzengesellschaften im nördlichen Frankens-jura.- Diss. Bot. 53, Vaduz.
- SCHUSTER, M. (Hrsg.) (1924): Abriß der Geologie von Bayern r. d. Rh. - V. Abteilung.- Verlag Oldenbourg: München.
- (1940): Der Schönborn-Sprudel und andere alte Solequellen bei Bad Kissingen.- Mitt. Reichsst. Bodenforsch. 36, München.
- SCHUSTER & MATTHEUS (Hrsg.) (1928): Abriß der Geologie von Bayern r.d.Rh. in sechs Abtheilungen.- Verlag R. Oldenbourg: München.
- SCHUTZGEMEINSCHAFT WEMDINGER RIED e.V. & VEREIN FÜR NATURSCHUTZ UND LANDSCHAFTSPFLEGE IM RIES e.V. (Hrsg.) (1985): Natur und Naturschutz im Ries, Naturkd. Mitt. (1), 44 S., Nördlingen/Wemding.
- (1986): Jahresbericht.- 138 S., Nördlingen/Wemding.
- (1987): Natur und Naturschutz im Ries, Naturkd. Mitt. (3), 44 S., Nördlingen/Wemding.
- (1989): Natur und Naturschutz im Ries, Naturkd. Mitt. (4), 48 S., Nördlingen/Wemding.
- (1990): Natur und Naturschutz im Ries, Naturkd. Mitt. (5), Nördlingen/Wemding.
- SCHWAN, W., POLL, K. & OPITZ, W. (1968): Exkursionsführer für das mittlere Nordostbayerische Variszikum.- Geol. Bl. NO-Bayern 18: 67-98, Erlangen.
- SCHWICKERATH, H. (1944): Das Hohe Venn und seine Randgebiete.- Pflanzenso. (Jena) 6: 278 S.
- SEDLAG, U. (1986): Insekten Mitteleuropas.- Enke: Stuttgart, 408 S.
- SEEBACH, H. (1929): Die Dolinen der fränkischen Schweiz.- Arb. Sektion Heimatforsch. d. Nat.hist. Ges. Nürnberg, Sonderheft, 35 S.
- SEEBAUER, H. (1984): Tourismus und Höhlenschutz in der Fränkischen Schweiz.- Die fränkische Schweiz 2: 57-60, Ebermannstadt.
- SEIBELS, S. (1991): Kartierung und Bewertung von Karstformen im Hinblick auf geomorpho-

- logischen Naturschutz anhand von Beispielen aus der Fränkischen Schweiz (Raum Pottenstein). - Diplomarbeit, Geogr. Inst. Univ. Saarbrücken, 67 S., unveröff.
- SEIBERT, P. (1958): Die Pflanzengesellschaften im NSG "Pupplinger Au".- Landsch.pfl. u. Veg.kde. 1: 1-79, München.
- (1962): Die Auenvegetation an der Isar nördlich von München und ihre Beeinflussung durch den Menschen.- Landsch.pfl. u. Veg.kde. 3: 1-123.
- (1968): Übersichtskarte der natürlichen Vegetationsgebiete von Bayern 1:500.000 mit Erläuterungen.- Schriftenreihe für Vegetationskunde 3, Bad Godesberg, 84 S.
- SEIDL, F. (1978): Aegopinella ressmanni in ihrem nördlichsten Verbreitungsgebiet.- Mitt. Zool. Ges. Braunau 3(5/7).
- SEILER, K.-P. (1979): Glazial übertiefte Talabschnitte in den Bayerischen Alpen.- Eiszeitalter u. Gegenwart 29: 35-48.
- SEITZ, F. (1974): "Die steinerne Wand" bei Solln-griesbach (Kalktuff an Ornatenton-Quellen).- Die Oberpfalz 62: 367, Kallmünz.
- SEMMELE, A. (1985): Periglazial-Morphologie.- Erträge der Forschung 231, Wiss. Buchgesellschaft: Darmstadt.
- SEUSS, E. (1977): Das Steinachtal in naturkundlicher Sicht.- Frankenwald 2: 35-37, Helmbrechts/Ofr.
- SHARPE, G.F.S. (1960): Landslides and Related Phenomena. A Study of massmovements of soil and rock.- Number II of the Columbia Geomorphic Studies.
- SIEGHARDT, A. (1957): Ebermannstädter Berg-rutsch anno 1625.- Heimatbote, Mon. beil. Fränk. Presse Bayreuth Nr. 3.
- (1959): Bayerischer Wald.- Landschaft - Geschichte - Kultur - Kunst.- Glock und Lutz: Nürnberg, 536 S.
- SMETTAN, H.W. (1981): Die Pflanzengesellschaften des Kaisergebirges.- Jubil.ausg. Ver. Schutz d. Bergwelt, 191 S.
- SÖLLNER, K. (1960): Der Olivinnephelinit vom Teichelberg bei Großschlattengrün (Fichtelgebirge).- N. Jb. Min. Abh. 93: 324-388, Stuttgart.
- SONNE, V. & STÖHT, W. (1959): Bimsvorkommen im Flugsandgebiet zwischen Mainz und Ingelheim.- Jb. u. Mitt. Oberrhein. Geol. Ver., N.F. 41, Stuttgart.
- SOTHMANN, L. (1996): Die Grubenfelder Leonie.- Vogelschutz 3/96:16-17.
- SOYEZ, D. (1982a): Geowissenschaften und Naturschutz - ein historischer Rückblick.- Lauf. Sem.beitr. 7/82: 9-20.
- (1982b): Zur Problematik der Erfassung und Bewertung von Landformen für den geomorphologisch orientierten Naturschutz.- Lauf. Sem.beitr. 7/82: 21-43.
- SPÄTH, H. (1973): Morphologie und morphologische Probleme in den Haßbergen und im Coburger Land.- Würzburger Geogr. Arb., Würzburg.
- (1976): Die Reliefgeneration der Haßberge und des Coburger Landes.- Ztschr. Geomorph., N.F. 20, Berlin/Stuttgart.
- SPERBER, H. (1979): Geologisch-botanische Streifzüge durch Nordostbayern.- Oberfränkische Verlagsanstalt und Druckerei: Hof/Saale.
- SPERLING, T. (1990): Neue Mineralien aus dem Pegmatit - Stanzen bei Eck im Bayerischen Wald.- Der Bayerische Wald 23: 5-9.
- SPITZLBERGER, G. (1980): Gefährdete Natur- und Geschichtsdenkmäler in Ostbayern - Steinkart und Lugenzen als Beispiel ganzheitlicher Landschaftskunde.- Naturwiss. Ztschr. Niederbayern 28: 38-59, Landshut.
- SPÖCKER, R.G. (1930): Topographischer Höhenatlas von Franken.- Nürnberg.
- (1937): Ein Beitrag zum Dolinenproblem der Frankenalb.- Zentralbl. f. Mineralogie: 175-184, Stuttgart.
- (1952): Zur Landschaftsentwicklung im Karst des oberen und mittleren Pegnitzgebietes.- Forschungen zur deutschen Landeskunde 58: 1-53, Regensburg.
- SPRINGER, S. (1991): SEDO-SCLERANTHETEA-Gesellschaften und andere Bestände auf Rohböden im Landkreis Altötting.- Ber. Bayer. Bot. Ges. 62: 159-163.
- (1993): Verbreitung und Gefährdung von Magerrasen im Lkr. Altötting.- Hoppea 54: 351-392.
- STÄBLEIN, G. (Hrsg.) (1984): Regionale Beiträge zur Geomorphologie.- (Vorträge des Ferdinand v. Richthofen-Symposiums Berlin 1983) Berliner Geogr. Abh. 36, Berlin.
- STAHL, P. (1971): Die Laufveränderungen der Donau etc.- Zulass.arb. Univ.WÜ, unveröff.
- STEIER, A. (1919): Zur Flechtenflora der Rhönbasalte.- Kryptogamische Forschungen 1: 263-273.
- STEPHAN, W. & HESSE, R. (1966): Geologische Karte von Bayern 1:25.000, Erläuterungen zum Blatt 8236 Tegernsee.- Hrsg. Bayer. Geol. Landesamt, München.



- STEPP, R. (1953): Zur Talgeschichte der mittleren Iller.- *Geologica Bavarica* 19: 169-185, München.
- STETTNER, G. (1959): Die Lagerstätten des Specksteins von Gopfergrün - Thiersheim im Fichtelgebirge. *Geologica Bavarica* 42, München.
- (1960): Über Bau und Entwicklung der Münchberger Gneismasse.- *Geolog. Rundschau* 49: 350-375, Stuttgart.
- (1975): Zur geologisch-tektonischen Gliederung des Oberpfälzer Grundgebirges.- In (Hrsg.) STRUNZ, H.: *Zur Mineralogie und Geologie der Oberpfalz.- Der Aufschluß, Sonderbd.* 26: 11-38.
- (1980): Zum geologischen Aufbau des Fichtelgebirges.- *Aufschluß* 31: 391-403, Heidelberg.
- STINN, I. (1910): Die Muren.
- STIRN, A. (1963): Kalktuffe der Schwäbischen Alb und ihre Entstehung.- *Jh. Karst- und Höhlenkunde* 4: 259-269, München.
- STOIBER, E. (1988): Beantw. - Landtagsanfr. 20/67739.
- STÖCKER, G. (1965): Vegetationskomplexe auf Felsstandorten, ihre Auflösung und Systematisierung der Komponenten.- *Feddes Repert.* 142: 222-236.
- STRÄTZ, C. (1996): Erfassung und Auswertung faunistischer Grundlagen (Schwerpunkt Landschnecken) für eine Konzepterstellung zur Fels- und Hangfreistellung im Naturpark Veldensteiner Forst; im Auftrag der Reg. v. Oberfranken, Höhere Naturschutzbehörde.
- STREBEL, O. (1961): Tertiäre Bodenbildungen und Verwitterungsreste im Frankenwald.- *Geol. Jb.* 78: 609-620.
- STREMEL, F. (1934): Burgsandsteinfelsen um Nürnberg.- *Blätter f. Natursch. u. Naturpfl.* 17 (1), Hrsg. Bund Naturschutz in Bayern.
- STROHWASSER, P. (1984): Das Durchbruchstal der Wertach im Allgäuer Alpenvorland.- *Jb. Ver. Schutz Bergwelt* 49: 115-162.
- STROHWASSER, R. (1993): Abschlußbericht zum Artenhilfsprogramm *Cochlearia bavarica*.- LfU, unveröff.
- STRUNZ, H. (1952): Mineralien und Lagerstätten in Ostbayern.- Ein Mineralogisch-Geologischer Übersichtsführer.- *Acta Albertina Ratisbonensia, Sonderheft* 20 (2): 81-203, Regensburg.
- (1955): Oberpfälzer Granite und ihre Zusammensetzung.- *Acta Albertina Ratisbonensia* 21: 63-69.
- STÜCKL, E. (1976): Relikte der Pseudogley-Landoberfläche bei Regensburg.- *Geol. Bl. NO-Bayern* 26: 105-116, Erlangen.
- (1979): Altnaabschotter in der südlichen Oberpfalz.- *Geol. Bl. NO-Bayern* 29: 223-231, Erlangen.
- STÜCKL, E. & TILLMANN, W. (1980): Quartäre Terrassenstapelung im Naab-Tal bei Regensburg.- *Geol. Bl. NO-Bayern* 30: 20-35, Erlangen.
- STÜRM, B. (1993): Geotop - Grundzüge der Begriffsentwicklung und Definition.- *Mat.I Ökol. Bild.stätte Mitwitz*: 13-15.
- SUCK, B. & SUCK, R. (1983): Pflanzengesellschaften des Friesener Albraufs bei Bamberg.- *Ber. Naturf. Ges. Bamberg* 52, Beiheft.
- TENNYSON, C. (1983): Granat von bayerischen Fundstätten.- *Aufschluß* 34: 275-285, Heidelberg.
- TEUSCHER, E.O. (1952): Die Kalksilikatfelse der Nördlichen Oberpfalz.- *Geologica Bavarica* 14: 7-15, München.
- THALER, K. & PLACHTER, H. (1983): Spinnen aus Höhlen der Fränk.Alb.- *Senckenberg. biol.* 63 (3/4): 249-263.
- THANNHEISER, D. & LEYDAG, G. (1984): Exkursionsführer 4: Fichtelgebirge und Frankenwald, Teil 1: Landeskundlicher Überblick.- Hrsg. Inst. für Geogr. und Wirtschaftsgeogr. Hamburg.
- THAUER, W. (1954): Morphologische Studien im Frankenwald und Frankenwaldvorland.- *Mitt. Fränk. Geogr. Ges.* 1: 1-244, Erlangen.
- (1955): Die asymmetrischen Täler als Phänomen periglazialer Abtragungsvorgänge, erläutert an Beispielen aus der mittleren Oberpfalz.- *Mitt. Fränk. Geogr. Ges.* 2: 135-173, Erlangen.
- THIELE, K. (1978): Vegetationskundliche und pflanzenökologische Untersuchungen im Wimbachgries.- *Schr.R. "Aus den Naturschutzgebieten Bayerns"* (LfU), H.1, 69 S.
- THORN, K. (1958): Die dealpinen Felsheiden der Frankenalb.- *Sitzungsber. Phys.-Med. Sozietät Erlangen* 78.
- THUM, B. (1988): Topoführer Fichtelgebirge und Steinwald.- Selbstverlag: Nürnberg.
- THÜRACH, H. (1901): Beiträge zur Kenntnis des Keupers in Süddeutschland.- *Geogn. Jh.* 13, 1900, München.
- TILLMANN, H. (1952): Neue Aufschlüsse in der Trias des Bodenwöhrer Beckens (Oberpfalz).- *Geologica Bavarica* 14: 31-40, München.
- (1968): Der Keilberg bei Regensburg und seine tektonische Stellung.- *Geologica Bavarica* 59: 17-23, München.
- TILLMANN, W. (1977): Zur Geschichte von Urmain und Urdonau zwischen Bamberg, Neuburg/

- Donau und Regensburg.- Sonderveröff. des Geol. Inst. der Univ. Köln.
- (1980): Zur pleistozänen Flußgeschichte von Donau und Main in Nordostbayern.- Jber. Mitt. Oberrhein. Geol. Ver. N.F. 62: 199-205, Stuttgart.
- (1986): Die quartäre Talverschüttung im Raum Weißenburg.- *Geologica Bavarica* 89: 235-239, München.
- TITZE, P. (1981): Zustandserfassung Naturschutzgebiet "Großer Pfahl und Pfahlriegel St. Anton".- Hrsg. LfU, München.
- (1982a): Zustandserfassung Naturschutzgebiet "Pfahlruine, Schwärzenberg".- Hrsg. LfU, München.
- (1982b): Zustandserfassung Naturschutzgebiet "Pfahl s. Fuhrn".- Hrsg. LfU, München.
- (1982c): Zustandserfassung Naturschutzgebiet "Moosbacher Pfahl".- Hrsg. LfU, München.
- (1982d): Zustandserfassung Naturschutzgebiet "Hofpfahl".- Hrsg. LfU, München.
- (1984): Zustandserfassung Naturschutzgebiet "Pfahl bei Weißenstein".- Hrsg. LfU, München.
- TRAUB, F. (1964): Gips und Anhydrit im Gipskeuper von Bad Windsheim/Mfr.- *Geologica Bavarica* 53, München.
- TREIBS, W. (1962): Das Laubensteingebiet im Chiemgau, seine Landschaft, seine Höhlen und seine Karsterscheinungen.- Jahreshefte f. Karst- u. Höhlenkunde 18 (3), München, 338 S.
- TRIMMEL, H. (1965): Speläologisches Fachwörterbuch.- Jahresheft 1964 für Karst- u. Höhlenkunde d. Verbandes deutscher Höhlen- u. Karstforscher, Wien, 109 S.
- TROLL, C. (1924): Der diluviale Inn-Chiemsee-Gletscher.- *Forsch. dt. Landes- u. Volkskunde* 23, Stuttgart, 121 S. u. eine geol.-morpholog. Karte 1:100.000.
- (1926): Die jungglazialen Schotterfluren im Umkreis der deutschen Alpen.- *Forsch. dt. Landes- und Volkskunde* 24 (4), Bad Godesberg.
- (1936): Die sogenannte Vorrückungsphase der Würm-Eiszeit und der Eiszerfall bei ihrem Rückgang.- *Mitt. Geogr. Ges.* 29: 1-38, München.
- (1957): Tiefenerosion, Seitenerosion und Akkumulation der Flüsse im fluvioglazialen und periglazialen Bereich.- *Ergänzungsheft Petermanns Geogr. Mitt.* 262: 213-226, Gotha.
- (1977): Die "fluvioglaziale Serie" der nördlichen Alpenflüsse und die holozänen Aufschotterungen.- *Erdwissenschaftl. Forschung* XIII: 181-189.
- TROLL, G. (1964): Das Intrusivgebiet von Fürstenstein.- *Geologica Bavarica* 52, München.
- TÜRK, W. (1994): Das Höllental im Frankenwald etc..- *Tuexenia* 14: 17-52.
- UHLICH, D. & HOLYNSKI, O. (1991): Erfolgreiche Bienenfresserbrut im Lkr.WÜ.- *Vogelschutz* 4/91: 27.
- UHLIG, H. (1954): Die Altformen des Wettersteingebirges mit Vergleichen in den Allgäuer- und Lechtaler Alpen.- *Forsch. dt. Landeskd.* 79, Regensburg.
- ULBRICH, R. (1956): Tektonik und Grundwasserführung in ihren Beziehungen zueinander auf Grund geologischer Aufnahmen in der Umgebung von Würzburg.- *Geologica Bavarica* 25: 51-89, München.
- ULLMANN, I., WÖRZ, A., ZEIDLER, H. (1983): Waldsümpfe und Waldmoore im Mittelmaingebiet.- *BBBG* 54: 169-186.
- URBAN, R. (1988): Vergl. veg.kdl.Untersuchungen der alpinen Pfl.gesellschaften im NSG Ammergebirge.- *Dipl.arb. Univ.Regensburg*.
- USINGER, H. & WIGGER, A. (1961): Vegetationskundliche Beobachtungen im Lechlager.- *Jb. DJN* 1960/61: 57-69, Hamburg.
- VALETON, I. (1956): Fossile Bodenbildungen an der Sohle des Maintals - Ein Beitrag zur Flußgeschichte des Mains.- *Geologica Bavarica* 25: 44-50, München.
- VERBAND DER DEUTSCHEN HÖHLEN- U. KARSTFORSCHER E.V. MÜNCHEN (1997): Das Estergebirge - Eine Karstlandschaft in den Bayerischen Voralpen. - *Karst und Höhle* 1996/96, München.
- VEREIN FÜR HÖHLENKUNDE IN MÜNCHEN (Hrsg.) (1982): Münchner Höhlengeschichte - Drei Jahrzehnte Verein für Höhlenkunde in München e.V., 218 S., München.
- VEREINIGUNG DER FREUNDE DER MINERALOGIE UND GEOLOGIE E.V. (Hrsg.) (1960): Fichtelgebirge und die Münchberger Gneismasse.- 8. Sonderheft der Zeitschrift "Der Aufschluß", Heidelberg.
- (1967): Zur Mineralogie und Geologie der Oberpfalz.- 16. Sonderheft der Zeitschrift "Der Aufschluß", Heidelberg.
- VILLINGER, E. (1975): Trockentäler und Quellpositionen im Karst.- *Mitt. Verb.dt.Höhlen-u.Karstforscher* 21: 7-17.
- VOGEL, F. (1961): Erläuterungen zur Bodenkundlichen Übersichtskarte Karte von Bayern 1:500.000.- Hrsg. Bayer. Geol. Landesamt: München.

- VOGEL, J.C. (1990): Kartierung der Serpentinstandorte im Regierungsbezirk Oberfranken.- Textteil, Erfassungsbögen, Vegetationstabellen, Photodokumentation, i.A. der Reg. von Oberfranken.
- VOGEL, J.C. & BRECKEL, S.-W. (1992): Über die Serpentin-Streifenfarne und ihre Gefährdung und Verbreitung in Bayern.- Ber. Bayer. Bot. Ges. 63: 61-79.
- VOGELLEHNER, D. (1963): Zur Pflanzenwelt um die Lampen in einigen Schauhöhlen der Schwäbischen Alb.- Jh. Karst- und Höhlenkunde 32 (4): 229-244, Nürnberg/München.
- VOGGENREITER, V. (1970): Geobotan. Untersuchungen in der Cham-Further Senke.- Hoppea 28: 69 S.
- VOIGTLÄNDER, W. (1966): Die "Steinerne Rinne" bei Wolfsbronn.- Geol. Bl. NO-Nayern 1966: 50-55.
- (1967): Eine "Steinerne Rinne" auf der Baualm.- Jb. Ver. Sch. Alpenpfl. u.-tiere 32.
- (1968): Der wachsende Stein in Usterling.- Bericht d. Naturwissenschaftl. Vereins Landshut 25: 9-26, Landshut.
- (1976): Erdgeschichtliche Wanderungen im Isarwinkel.- Bad Tölz, 75 S.
- (1984): Schotter, Moore und Moränen - Erd- und Landschaftsgeschichte westlich der Landeshauptstadt München.- Erläuterungen zum gleichnamigen Vortrag, 2., unveränd. Aufl., Selbstverlag, Olching, 24 S.
- VOLLMANN, F. (1907): Neue Beobachtungen über die Phanerogamen- und Gefäßkryptogamenflora von Bayern. II.- Ber. Bayer. Bot. Ges. 11: 176-236.
- VOLLRATH, H. (1957): Die Pflanzenwelt des Fichtelgebirges und benachbarter Landschaften in geobotanischer Schau.- Ber. Naturw. Ges. Bayreuth 9: 5-25.
- (1961/63): Der Grundgebirgsabschnitt des Inn von Schärding bis Passau unter besonderer Berücksichtigung der Vornbacher Innenge.- Ber. Naturwiss. Ges. Bayreuth 9: 359-392.
- (1965): Das Vegetationsgefüge der Itzaue als Ausdruck hydrologischen und sedimentologischen Geschehens.- Landsch.pfl. u. Veg.kde. 4.
- (1974): Flora und Vegetation des Helmberges N Straubing.- Hoppea 33: 1-98.
- (1976): Grundzüge einer Typisierung und Systematisierung der Flußauen nach Beispielen aus Bayern.- Die Erde 107 (4): 273-299, Berlin.
- (1980-1982): Verwitterungs- und Abtragungsformen des Granits im Fichtelgebirge.- "Der Siebenstern", 1. Teil: 49 (2): 68-79; 2. Teil: 49 (4): 120-126; 3. Teil: 50 (1): 7-11; 4. Teil: 50 (3): 92-98; 4. Teil, Forts.: 50 (4): 120-126; 5. Teil: 51 (2): 72-81 u. (4): 134-140, Wunsiedel, Hof/Saale.
- WAGNER, G. (1950): Rund um Hochifen und Gottesackergebiet - Eine Einführung in die Erd- und Landschaftsgeschichte des Gebietes zwischen Iller und Bregenzer Ach.- Verlag der Hohenlohe'schen Buchhandlung F. Rau: Öhringen.
- (1957): Findling als Urkunde.- In: Allgäuer Molasseberge, Allgäuer Heimatkalender, Kempten.
- (1960): Einführung in die Erd- und Landschaftsgeschichte - mit besonderer Berücksichtigung Süddeutschlands.- 3., erg. u. verb. Aufl., Verlag der Hohenlohe'schen Buchhandlung F. Rau: Öhringen, 694 S.
- WALDERT, R. (1990): Die Fauna des Lechtals etc..- Schr. R. Bayer. LfU 99: 41-47.
- WALENTOWSKI, H., RAAB, B. & ZAHLHEIMER, W. (1990): Vorläufige Rote Liste der in Bayern nachgewiesenen oder zu erwartenden Pflanzengesellschaften. Teil I: naturnahe Wälder und Gebüsche.- Beih. Ber. Bot. Ges. 61, 62 S.
- WALLNER, J. (1934): Über die Beteiligung kalkablagernder Pflanzen bei der Bildung südbayerischer Tuffe.- Bibl. Bot. 110 (Stuttgart).
- WALTENBERGER, E. (1877): Die Gebirgsgruppe des Hohen Ifen.- Zt. DÖAV 1877: 14-44.
- WALTER, E. (1976): Farne und Blütenpflanzen an Höhleneingängen der Nördlichen Frankenalb.-Ber. Nat.forsch. Ges. Bayreuth: 161-245.
- (1984): Farne und Blütenpflanzen an Höhleneingängen der Nördlichen Frankenalb II - Meßtischblatt 5933 Weismain.- Ber. Nat.forsch. Ges. Bamberg 59: 83-109.
- (1988): Wildpflanzen in der Fränkischen Schweiz und im Veldensteiner Forst.- Hof: Hoermann, 252 S.
- WEBER, D. (1992): Einführung in die Biospeläologie mit Schwerpunkt Deutschland.- Mitt. d. Höhlenforschergemeinschaft Karlsruhe, Typoskript, H. 11, 124 S., Karlsruhe.
- WEBER, K.-H. (1978): Geologische Karte von Bayern 1:25.000. Erläuterungen zum Blatt Nr. 7137 Abensberg.- Bayer. Geol. Landesamt (Hrsg.), München.
- WEBER, R. et al. (1988): Naturschutz im Kr. Plauen.- Rat des Kr. Plauen, 92 S.
- WEBER, W. (1963): Zur Algenflora einiger Höhlen der mittleren Schwäb. Alb.- Jh. Karst- und Höhlenkunde (4): 251-257, München.

- WEIDEMANN, H.J. (1988): Tagfalter Band II. Biologie, Ökologie, Biotopschutz.- Neumann-Neudamm: Melsungen, 372 S.
- WEINELT, W. (1955): Beiträge zur Paläogeographie und Lithogenese der Bleiglanzbank des Mittleren Keupers im Raume zwischen Klettgau und Coburg.- Diss., Univ. Würzburg.
- WEINSCHENK, E. (1914): Bodenmais-Passau.- Petrographische Exkursionen im Bayerischen Wald. München.
- WEISE, O. (1983): Das Periglazial. Geomorphologie und Klima in gletscherfreien, kalten Regionen.- Gebr. Borntraeger: Berlin/Stuttgart, 199 S.
- WEISMANTEL, L. (1914): Die Haßberge. Landesnatur, Bevölkerung und Wirtschaftskultur.- Würzburg.
- WELTE, A. (1931): Morphologische Studien in Nordfranken (Ein Beitrag zur Entwicklungsgeschichte des Flußsystems der fränkischen Saale).- Mitt. Geogr. Ges. Würzburg 5/6, Würzburg.
- WERNECK, B. (1989): Ergebnisse karsthydrologischer Untersuchungen an Dolinen und Quellen im Landkreis Forchheim. - Abschlußbericht der Tätigkeit für die Bund-Naturschutz-Kreisgruppe Forchheim, 74 S. (unveröff.).
- WESTHUS, W. (1983): Veränderungen von Flora und Vegetation einer Blockhalde im NSG "Großer Inselsberg".- Hercynia N.F. 20: 385-391, Leipzig.
- WESTRICH, P. (1989): Die Wildbienen Baden-Württembergs, Allgemeiner und Spezieller Teil.- Stuttgart, 972 S.
- WETEKAMP, W. (1898): Rede im Preuß. Abgeordnetenhaus am 28.3.1898.
- WIEDENBEIN, F.W. (1993a): Zielsetzung des Geotopschutzes in Deutschland.- Ökol. Bild.stätte Mitwitz, Mat.I: 9-13.
- (1993b): Die Bedeutung des Geotopschutzes für Freizeit und Fremdenverkehr.- Mat. Ökol. Bild.stätte Mitwitz: 193-196.
- WILHELM, F. (1972): Verbreitung und Entstehung von Seen in den Bayerischen Alpen und im Alpenvorland.- Wasser-Abwasser 113: 393-444.
- WILHELM, H. (1974): Geomorphologie in Stichworten - Bd. IV. Klimageomorphologie.- 1. Aufl., Verlag Ferdinand Hirt: Kiel, 376 S.
- (1975): Geomorphologie in Stichworten - Bd. I. Endogene Kräfte, Vorgänge und Formen.- 1. Aufl., Verlag Ferdinand Hirt: Kiel, 104 S.
- (1981a): Geomorphologie in Stichworten - Bd. II. Exogene Morphodynamik.- 2. Aufl., Verlag Ferdinand Hirt: Kiel, 224 S.
- (1981b): Geomorphologie in Stichworten.- Bd. III. Exogene Morphodynamik, 2. Aufl., Verlag Ferdinand Hirt: Kiel, 184 S.
- WILLIAMS, P.W. (ed.) (1995): Karst Terrains - Environmental Changes and Human Impact.- Advances in Geocology, Catena Suppl. 25: 268 pp., Reiskirchen.
- WILLIBOLD, H. (1982): Erratische Blöcke - Ihre Entstehung und ihr Schicksal.- Jb. Ver. Schutz d. Bergwelt 47: 229-239.
- WINTERHOLLER, M. (1983): Die Vegetation der Ammerschlucht zwischen Scheibum und Sojermühle.- Ber. Bayer. Bot. Ges. 62/63: 113-126.
- WIRTH, V. (1969): Zur Floristik mitteleuropäischer Flechten: Bayerisch-Böhmischer Wald und Rhön.- Herzogia 1: 337-343.
- (1972): Die Silikatflechtengemeinschaften im außeralpinen Zentraleuropa.- Dissertationes Botanicae 17.
- (1991): Zeigerwerte von Flechten.- In: ELLENBERG, H. et al.: Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa, Scripta Geobotanica 18: 215-237.
- WIRTH, V. & FUCHS, M. (1980): Zur Veränderung der Flechtenflora in Bayern.- Schr. R. Natursch. u. Landsch.pfl. 12: 29-44.
- WITTMANN, O. (1982): Paläoböden in Nordbayern und im Tertiärhügelland.- Geol. Jb. F 14: 45-62.
- (1989): Der Bodenkataster Bayern.- Materialien 59: 4-22, Hrsg. Bayerisches Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen, München.
- (1991): Standortkundliche Landschaftsgliederung von Bayern - Übersichtskarte 1: 1.000.000 - und Abhängigkeitsbeziehungen der Bodennutzung.- GLA Fachberichte 5: 5-48, 2., erw. Aufl., München.
- WITTY, S. (1988): Die Vegetation der Dolomittfelsen im Wiesental. Dipl.Arb. Univ. Bayreuth.
- WOLF, H.W. (1986): Wälder - zu Stein erstarrt.- Kosmos 82 (10): 26-30, Stuttgart.
- WOLFF, H. (1973): Geologische Karte von Bayern 1: 25.000, Erläuterungen zum Blatt Nr. 8238 Neubauern.- Hrsg. Bayerisches Geologisches Landesamt, München.
- WUNDER, J., MÖSELER, B.M. (1996): Kaltluftströme auf Basaltblockhalden und ihre Auswirkungen auf Mikroklima und Vegetation.- Flora 191: 1-10.
- WUNDERLICH, E. (1913): Eibsee- und Fernpaßbergsturz und ihre Beziehungen zum Lermooser Becken.- Mitt. Deutsch. u. Österr. Alpenvereins 29: 333-334.

- WURM, A. (1956): Beiträge zur Flußgeschichte des Mains und zur diluvialen Tektonik des Maingebietes.- *Geologica Bavarica* 25: 1-26, München.
- (1961): *Geologie von Bayern Bd. I: Frankenwald, Münchberger Gneismasse, Fichtelgebirge, Nördlicher Oberpfälzer Wald.*- 2. Aufl., Verlag Gebr. Borntraeger: Berlin.
- (1962): *Frankenwald, Fichtelgebirge und Nördlicher Oberpfälzer Wald.*- Sammlung geol. Führer 41, Gebr. Borntraeger: Berlin.
- ZACKER, W. (1973): Das Helvetikum zw. Rhein und Iller.- *Geotekt. Forsch.* 44, Stuttgart.
- ZAHLHEIMER, W. (1979): Vegetationsstudien in den Donauauen zwischen Regensburg und Straubing als Grundlage für den Naturschutz.- *Hoppea* 38: 3-398.
- (1986): Auswahl bemerkenswerter Gefäßpflanzen-Neufunde im Inn-Chiemsee-Hügelland.- *Ber. Bayer. Bot. Ges.* 57: 57-69.
- ZANKL, H. (1961): Der Bergsturz am 6./7. Februar 1959 im Wimbachtal (Berchtesgadener Land), ein Beispiel für Bewegungsablauf und Erscheinungsform glazialer Bergstürze.- *Ztschr. Gletscherkde u. Glazialgeol.* 4: 207-214.
- ZECH, W. & WÖLFEL, U. (1974): Untersuchungen zur Genese der Buckelwiesen im Kloaschautal.- *Forstwiss. Cbl.* 93.
- ZEIDLER, H. & STRAUB, R. (1967): Waldgesellschaften mit Kiefer in der heutigen potentiellen natürlichen Vegetation des mittleren Maingebietes.- *Mitt. flor.-soz. Arb. Gemeinsch. N.F.* 11/12, Todemann ü. Rinteln.
- ZETTLER, L. (1981): Kulturlandschaft zwischen Nutzung und Mißbrauch.- *Augsb. Sozialgeogr. H.* 7, 198 S.
- ZIEGLER, J.H. (1980): Zur Erd- und Landschaftsgeschichte des Regensburger Raumes - Ein Überblick.- *Acta Albertina Ratisbonensia* 39: 51-58.
- ZIEGLER, R. (1981): Beobachtungen zum unauffälligen Leben der Moose im fränkischen Muschelkalkgebiet.- *Abh. Naturw. Ver. Würzburg.* 21/22: 200-218.
- ZIELONKOWSKI, W. (1973): Wildgrasfluren der Umgebung Regensburgs.- *Hoppea* 31: 150 S.
- ZIELONKOWSKI, W., PREISS, H. & HERINGER, J. (1986): Natur und Landschaft im Wandel.- *Ber. ANL* 10, Sonderdr. 72 S.
- ZITZMANN, A. (1985): Blatt Bayreuth 1: 200.000 - die geologische Übersichtskarte von Nordost-Bayern.- *Geol. Bl. NO-Bayern* 34/35: 449-500, Erlangen.
- ZÖBELEIN, H.K. (1961/62): Über die Bausteinschichten in der Subalpinen Molasse des westlichen Oberbayerns.- *Ztschr. Dt. Geol. Ges.* 113, Hannover.
- ZÖTTL, H. (1951): Die Vegetationsentwicklung auf Felsschutt in der alpinen und subalpinen Stufe des Wettersteingebirges.- *Jb. Ver. Schutze Alpenpfl. u. Tiere* 16: 10-74.
- ZÜRL, K. (1980): Rutschungen im Ornatenton der Frankenalb.- *LGA Rundschau* 80 (1): 14-19, Hrsg. Landesgewerbeanstalt Bayern, Nürnberg.

## J.2 Karten

- KREUZER, K. & FOERST, K. (1978): Forstliche Wuchsgebietgliederung Bayerns 1: 1.000.000, München.
- VOGEL, F. & BRUNNACKER, K. (1955): Bodenkundliche Übersichtskarte von Bayern 1: 500.000.- Hrsg. Bayerisches Geologisches Landesamt, München.
- WITTMANN, O. (1983): Standortkundliche Landschaftsgliederung von Bayern - Übersichtskarte 1: 1.000.000.- Materialien 21, Hrsg. Bayer. Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen, München.
- Geologische Karte von Bayern: versch. Maßstäbe, versch. Blätter; mit Erläuterungen.
- Geologische Karte 1:25.000 (GK 25):  
Blatt 5834 Kulmbach.- München 1955.  
Blatt 5835 Stadtsteinach.- München 1960.  
Blatt 5935 Marktschorgast.- München 1962.  
Blatt 6137 Kemnath.- München 1966.  
Blatt 6237 Grafenwöhr.- München 1966.
- Standortkundliche Bodenkarte von Bayern: einige Blätter, Maßstäbe 1: 25.000 und 1: 50.000.
- Bodenschätzungs-Übersichtskarte (GLA), ca. 450 Blätter: Maßstab 1: 25.000 (Archiv des GLA).

### J.3 Mündliche / briefliche Mitteilungen

Herr Dipl.-Geogr. M. FÜSSL, Reg. v. Oberfranken,  
Bayreuth

Herr Dr. H. GREINER, Augsburg

Herr Dr. A.T. GRUBE, Sektion Geowissenschaften  
der Universität Kiel

Herr Prof. Dr. L. MEIEROTT, Gerbrunn

Herr Dr. H. REBHAHN, Reg. v. Oberfranken, Bay-  
reuth

Frau Dr. G. RITSCHEL-KANDEL, Reg. v. Unter-  
franken, Würzburg

Herr W. van SCHEIK, Geretsried

Herr M. SCHEUERER, Nittendorf

Herr Dr. G. STETTNER, Bayerisches Geologisches  
Landesamt München

Herr Dr. J. STÖTTER, Geographisches Institut der  
Universität München

Herr Dr. R. WILD, Staatl. Museum für Naturkunde,  
Stuttgart

Herr Dr. V. WIRTH, Staatl. Museum für Naturkun-  
de, Stuttgart.





## Bildteil

Sämtliche Fotos: A. Ringler,  
wenn nichts anderes vermerkt.

## Block B Aufschlüsse

**Foto 1:** Mit die großartigsten Naturaufschlüsse liefern die Klammen und Flußdurchbrüche, hier das "Entenloch" der Tiroler Ache/TS (vergl. auch Teil D). Schichtserien werden dort durch den Angriff des fließenden Wassers in seltener Vollständigkeit aufgeschlossen. Die Bedeutung für den Arten- und Biotopschutz steht natürlich nicht hinter der geologisch-landschaftsästhetischen Bedeutung zurück (vergl. Teil D 1.9) "Pflege" ist hier i.d.R. überflüssig und unangemessen.

Forstwirtschaftliche Beeinträchtigungen der natürlichen Felshangbestockungen sollten rückgängig gemacht werden.

(Foto: A. Micheler, 1959)

**Foto 2:** Das Problem der Erhaltung des erdwissenschaftlichen Informationsgehaltes von Lockergesteinsabbaustellen ist im Grunde noch ungelöst. Auch dieser Mehlsand-Aufschluss bei Lanzing/ Salzachhügelland ist inzwischen zugewachsen. (vergl. LPK-Band 19 Kiesgruben...) •

(Foto: A. Micheler, 1963)

**Foto 3:** Ungeachtet ihrer geowissenschaftlichen Bedeutung nehmen auch die Hohlwegaufschlüsse ständig ab. Auch dieser 1964 wegen seines Lias-Fossilienreichtums attraktive und lehrreiche Albraufhohlweg bei Scheßlitz/BA ist heute verwachsen. Auch hier zeigt sich eine Interessengleichheit zwischen Geotopschutz, Biotopschutz und kulturhistorischem Landschaftsschutz.

(Foto: A. Micheler, 1960)

**Foto 4:** Auch in wertvollen Aufschlüssen aus tonig-mergeligen, veränderlich-festen Gesteinen (hier im Gipskeuper bei Gastenfelden/AN) hängt die Aufschlußwirkung von einer gelegentlichen Materialentnahme im kleinen Maßstab ab.

**Foto 5:** Großartiger Steinbruchaufschluß des Flossener Schalengranits/NEW. Solche Einblicke in die innere Struktur des kristallinen Gebirges bieten uns fast nur künstliche Aufschlüsse.



1



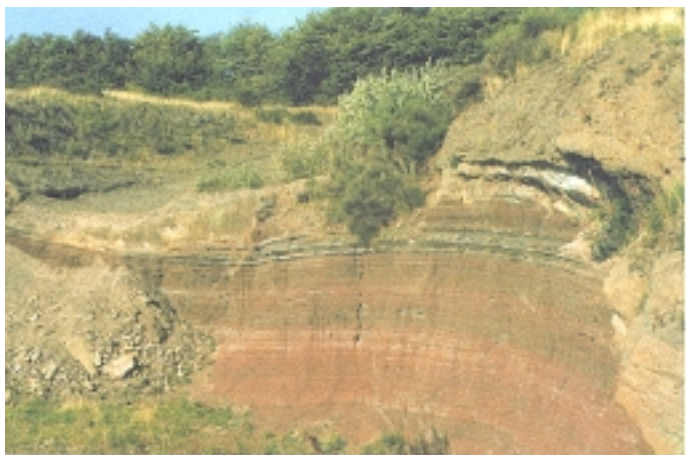
2



3



5







6



7



8



9

## Block C Denkmäler der Eiszeit

**Foto 6 und 7:** Markante Eiszeitformen wie z.B. in Bild 6 dieser "Tumulus" bei Pähl/WM und in Bild 7 bei Unteralling/FFB bedingen die Unverwechselbarkeit des Alpenvorlandes, schaffen spannende Kulissen für die Erholungsuchenden, bewahren gefährdete Biotope (hier ein Kalktrockenrasen mit umgebendem Flachmoor) vor der Intensivierung und verursachen Wohlfahrtswirkungen im Landschaftshaushalt (wie z.B. Rückhaltung von Schmelzwasser und Starkregen in der Tumulusumgebenden Rinne). (Bild 6 ist identisch mit Abb. C/19)

**Foto 8:** Gletscherfindlinge und glaziale Sturzblöcke, hier ein Riesenblock aus Dachsteinkalk beim Ort Königssee/BGL, sind nicht nur rätselhaft-urweltliche Erlebniselemente mit Überraschungsmoment, sondern häufig mit regional seltenen Blütenpflanzen, Kryptogamen und Flechten besetzt. Aufsitzende oder nebenstehende Baum- oder Gebüschgruppen, manchmal sogar Fragmente naturnaher Waldgesellschaften, erhöhen die optische Wirkung und die biotische Trittsteinfunktion. (Foto: A. Micheler)

**Foto 9:** Im periglazialen Klima entstandene Buckelfluren sind auch dann erhaltungswürdig, wenn die ursprünglich einmündige Heidevegetation (im Bildbeispiel bei Klais/GAP noch vorhanden) durch Aufdüngung verschwunden ist. Die Kleinteiligkeit dieser auf Bruchteile ihres Vorkedgsvorkommens reduzierten Standorte bewirkt auch innerhalb von Wirtschaftsgrünland noch eine faunistische und botanische Bereicherung.

**Foto 10:** Leider werden Erdpyramiden durch weiterwirkende Wind- und Wassererosion immer wieder zum Einsturz gebracht. Auch diese durch einen erosionsbremsenden Gletscherblock abgedeckte Pyramide aus eiszeitlichen Seekreiden und Grundmoränen am Isarhorn bei Krün besteht nicht mehr. Der großartige Aufschluß eiszeitlicher Prozesse am Isarprallhang sollte ungeschmälert bleiben: mit jeglichem Verzicht auf Prallufer- und Hangverbauung, ein Akt des abiotischen Prozessschutzes. (Foto: A. Micheler)



10

## Block C

### Der Mensch nivelliert das Relief: Beispiel Endmoränenlandschaft

Alle Fotos: Lucia Karrer und Archiv Karrer



**Foto 11 und 12:** Jungmoränen und Toteiskesselfelder bei Bodenstätt/MÜ vor und nach der 1977 erfolgten großflächigen (6,5 Tagwerk) Planierung. Großflächige Einebnungen zur Erleichterung der Landwirtschaft sind zwar heute seltener geworden. In vielen "kleinen Dosen" vollzieht sich jedoch weiterhin und unaufhaltsam durch Abpflügen, private Planien, Verfüllungen und technische Überformung ein gewaltiger Prozess der landschaftlichen Nivellierung, dem durch Geotop- und Formenschutz begegnet werden sollte. (Standpunkt heute einige Meter tiefer, weil der Hügel von 1977 nicht mehr existiert)



**Foto 13 und 14:** Weiteres Planierungsgebiet in der Garser Jungmoräne vor und nach den Maßnahmen. Extensives Grünland mit artenreichen Steilhängen wurde dadurch ackerfähig. Markante Toteislöcher sind dadurch völlig von der Bildfläche verschwunden. (Standpunkt heute einige Meter tiefer)



**Foto 15:** Planierungsarbeit im Jungmoränengebiet 1977 bei Bodenstätt/MÜ. Derartige Aktivitäten konzentrierten sich nach dem Erscheinen großer Erdbaugeräte auf die jungglazialen Landschaften.







16



17



18



19

## Block D Fließwasserformen, Täler

**Foto 16:** Markante Trockentäler, hier das Ingenrieder Tal/WM, OAL, erfordern besondere Rücksichten in der Landschafts- und Landnutzungsplanung: möglichst extensive Talbodenutzung zum Schutz der (periodischen) Abflüsse und Grundwasserströme, Pflege der oft brachgefallenen Heide- und Magerwiesenböschungen (links vorne), keine Minderung der visuellen und biotischen Durchgängigkeit durch falsch plazierte Aufforstung.

**Foto 17:** Wichtige Zeugnisse fossiler Flußsysteme und Talniveaus sind die oft gesimsartigen Hohlkehlenfels (Abriss) im Weißjura, hier bei Schirradorf/LIF. Sie bilden mit dem vorgelagerten Trockentalgrünland und den Felsheiden bzw. Trockenkiefernwäldern an den oberen Talhangkanten eine Pflegeeinheit.

Ein Zuwachsen sollte durch geeignete Vorfeldbewirtschaftung im Regelfall vermieden werden.

**Foto 18/19:** Als Geotope bisher wenig beachtet, trotzdem eine schutzwürdige Bereicherung des Kleinreliefs und des Biotopmosaiks, sind (fossile) Abtrags- bzw. Aufschüttungsformen an den Hängen von Eiszeittälern (Bild 18: Maisinger Tal S Söcking/STA), häufiger noch in den Flußauen (Bild 19: Außendeichsgrünland der Isar bei Grüneck/FS). Solche z.T. wohl schon im periglazialen Permafrost ausgeformten (Bild 18) Rinnen und Rücken differenzieren Magerrasenbiotop, prägen das Feuchtestufen- und Bodenmuster und geben Arten der historischen Extensivwiesen letzte Heimstatt (Bild 19).

Ein "Reliefschwerniszuschlag" sollte die letzten noch unplanierten Zonen dieser Art vor Umwandlung in Ackerland und Abraumverfüllung sichern helfen.

**Bild 20:** Wo sich Flüsse und Bäche in geologischen Hebungsperioden in den Fels eingetieft haben, entstanden die spektakulärsten aller Fließwasserformen: Klammern und Felschluchten. Hier der Steinach-Durchbruch eines vulkanischen Quarzkeratophyrchlotes im Frankenwald bei Waffenhammer/KULI.



20



## Block E Karstelemente

**Foto 21:** Zinnen, Felsnadeln und Abbruchsspalten kennzeichnen viele Plateau- und Talränder unserer Karstgebiete (Walberla/F0). Hier verschmelzen Biotoptyp- und Geotopschutz zur Handlungseinheit. Nachdem unzählige Karstfelsen der Frankenalb bereits zugewachsen sind, gilt es die optische Dominanz der noch freistehenden durch Umgebungspflege zu erhalten.

**Foto 22:** Leider nur noch selten werden Dolinenfelder von den Landwirten so pfleglich behandelt und respektiert wie hier bei Maierhofen/KEH. Modell einer naturschutzgerechten Pflege von Offenlanddolinolen: Ausmähen mit Kleingeräten, Düngeverzicht, keine Ablagerung von Fremdmaterial, Hinzunahme eines Grünlandpuffers außerhalb des Dolinenränder.

**Foto 23:** Karstwasseraustritte schütten z.T. nur periodisch, besonders im Frühjahr. Hier ein Hungerbrunnen in der Riesalb bei Altheim. Die landschaftspflegerische Sorgfaltspflicht erstreckte sich hier nicht nur auf den Quellbereich, sondern das gesamte oberhalb anschließende Trockental und die Karstwasser einsickerungsbereiche.  
(Foto: A. Micheler 1961)

**Bild 24:** Noch bedrohter und seltener als im Jura sind Karsthohlformen im übrigen Schichtstufenland. Muschelkalk- und Gipskeupererdfälle und Auslaugungssenken. Nur selten sind sie in Schutzgebieten gesichert und in einem naturnahen Zustand (wie hier bei Ahlstadt/CO), sondern überwiegend verfüllt, vermüllt, in Wochenend-Teichanlagen umgewandelt zu.

**Bild 25:** Dorfsorgungs-dolinolen wie hier in Maierhofen/KEH können bei hohem Wasserandrang regelrecht volllaufen. Brennesseldickichte erinnern an diese bedauerliche, leider aber manchmal fast unvermeidbare Zweckentfremdung an sich schutzwürdiger Karstelemente und -wasserströme. Einziger Ausweg ist hier die Zwischenschaltung leistungsfähiger Pflanzenklärsysteme vor Einleitung in die Doline. Siehe Musterprojekt des Landschaftspflegeverbandes Kelheim in der Doline von Wieseneck.



21



22



23



25



24





26



27



28



29

## Block F Härtlinge, Inselgesteine

**Bild 26:** Als Härtlingsrippen herausstehende Sandstein- oder Nagelfluhbänke der voralpinen Molasse sind zwar keine geologische Besonderheit, aber ein landschaftstypisches und biotopprägendes Element vor allem im schwäbischen Alpenvorland. Hier am Senkele/OAL sind sie durch eine besondere Flora (z.B. Herbstdrehwurz) und Fauna (z.B. Rotflügelige Schnarrschnecke) ausgezeichnet. Viele dieser Molasserippen sind wichtige Biotope im Wirtschaftsgrünland oder Wald, ohne als Biotope erfasst zu sein.

**Bild 27:** Kleine Cranitknocks des kristallinen Grundgebirges wurden an vielen Stellen beseitigt. Die noch vorhandenen sollten als naturraumtypische und artenschutzrechtliche Bereicherung akzeptiert und nicht immer weiter eingeeignet werden wie hier SE Falkenberg/NEW. Für die Biotopverbundentwicklung übernehmen derartige Felskuppen die Funktion von "Knotenpunkten".

**Bild 28/29:** Manchmal zeigen auffällige Kleinreliefformen an, daß hier besondere Gesteinsausbildungen inselartig anstehen. Meistens sind solche "Inselgesteinsvorkommen" auch für den Arten- und Biotopschutz von Bedeutung. So auch im Falle der fränkischen Gipshügel (Bild 28: bei Marktnordheim/NEA) und der Alm- oder Quellkalkhügel in den Schotterebenen (Bild 29: Tuffhügel bei Wörth/ED).

**Bild 30:** Zu den klassischen Inselgesteinsgeotopen /-biotopen gehören die Serpentinhärtlinge Nordostbayerns, hier der Peterleinstein bei Kupferberg/KU. Da die spezifische Flora /-fauna solcher Standorte vorwiegend lichtliebend ist, bedürfen geochemische Sonderstandorte häufig der Pflege. Der Peterleinstein ist wie viele andere Inselgesteinsstandorte in den letzten Jahrzehnten weitgehend zugewachsen, die seltenen Serpentinfarne *Asplenium adulterinum* und



30



## Block F Felsen

**Bild 31:** Felsgeotope finden sich auch in Naturräumen, in denen man nichts Felsiges erwartet, z.B. im östlichen Tertiärhügelland, wo im eiszeitlichen Periglazialklima große Blöcke von den Quarzngelfluhdecken abgebrochen und in Form von Blockströmen abgeglitten sind (St. Wolfgang bei Griesbach/PA). Solche blockbestreuten Hänge, wie sie auch im Grundgebirge und in den Bayerischen Alpen vorkommen, sollten zwar weitgehend offengehalten, dabei aber nur sehr extensiv genutzt werden, z.B. als 2-mähdige Wiese oder Weide.

**Bild 32:** Stellenweise treten die ausstreichenden Konglomeratbänke der Allgäuer Nagelfluhkette zu bizarren Felskegelgesellschaften zusammen, z.B. am Sipplinger Kopf/OA. Solche geomorphologischen Höhepunkte unterstreichen, daß der Geotopschutz auch die Alpen einschließen sollte, ungeachtet der dort viel höheren Dichte auffälliger Reliefelemente.

**Bild 33:** Einzeln anfragende "unerklärliche" Karstfelsen, wie hier bei Betzenstein/BT führen nicht nur originelle Namen, sondern sind auch Zeugnisse früherer Landoberflächen, die heute durch Auslaugung und Verwitterung tiefergelegt sind.

**Bild 34:** Riesenblöcke sind nicht nur eindrucksvolle Zeugnisse der Verwitterungs- und Verlagerungsarbeit der Eiszeiten, sondern auch Substrat vielfältiger Flechtengesellschaften und Mittelpunkt wertvolle Kleinbiotopzonationen (Napfberg im Steinwald/MR).

**Bild 35:** Felsplateauflächen sind einerseits von Landnutzungen kaum erreichbare Rückzugsstandorte für unberührte Wald- und Trockenrasenbiozöosen, andererseits werden sie zunehmend von Kletterern beansprucht. Dieser Konflikt kennzeichnet auch die Woll-sack-Granittürme des Steinwaldes, hier der Vogelfelsen.



31



32



33



35



34





36

## Block G Vulkanische Formen

**Bild 36:** Basaltheide am Waldecker Schloßberg/TIR: Beispiel für die imposanten großen Schlotfüllungen des "Oberpfälzer Hegaus"

**Bild 37:** Am Rande der großen Basaltdecken der Hohen Rhön durchstoßen immer wieder kleine Schloten die triasische Unterlage, so auch die säulige Felskuppe des Pilster bei Leubach/NES.

**Bild 38:** Nicht säulig, sondern wulstig präsentiert sich der Basaltkegel des kleinen Kulm bei Neustadt/NEW.

**Bild 39:** Wiederherstellung des Magerrasencharakters von Basaltkuppen am Egertal im Naturpark Fichtelgebirge: Waldaufflichtung durch Schafbeweidung. Es profitieren außer dem Geotop u.a. Violetter Silberbläuling, Prächtiger Bläuling, Weinrose, Kreuzotter. Beispiel einer gedeihlichen geotopbezogenen Kooperation mit der Forstverwaltung. (Foto: G. Frohmader, NP Fichtelgebirge)

**Bild 40:** Oft ausgedehnte, oft aus Trommeln (Fragmenten von Basaltsäulen) aufgebaute Basaltblockhalden im südöstlichen Oberfranken und in der Rhön sind nicht nur denkwürdige Zeugnisse oder Lavenausstritte und Verwitterungsprozesse, sondern beherbergen auch eine ganz eigenständige Tier- und Pflanzenwelt.



37



38



39



40

## Alpine Geotope

**Bild 41 und 42:** Der glaziale Formenschatz verbindet die alpine Region ("Tumulus" nahe Lenggries/TÖL, Bild 41) mit der Arktis und Subarktis ("Tumulus" - oder Rundhöcker? - am Partefjell/Lapland, Bild 42). Das nordschwedische Bild macht sehr gut verständlich, wie die im Alpenvorland charakteristischen Komplexe aus kleinen Mooren mit darin anfragenden Trockenkuppen zustande gekommen sind.



41

**Bild 43:** Naturschutzfachlich "intakte" und landschaftsgestalterisch befriedigende Poljen (große Karstwannen, siehe Teil E) haben sich in Bayern fast nur noch in den Alpen erhalten. Die Grubalmpolje/RO, Element des Geotopkatasters, durch kleinklimatische Höhenstufenumkehr und viele aus größerer Höhe "herabgestiegene" Arten ausgezeichnet, steht für mehrere ebenso bedeutende Beispiele, wie den Trauchgauer Roßstall/OA, die Wannen im Funtensee und Ifengebiet.



42

**Bild 44:** Kleinkarstformen wie Rinnen- und Spaltenkarren werden in Bayern nur in den Alpen augenfällig, landschafts- und biotopprägend. Hier: Untere Gotesackerwände/OA.



44



43





45

## Geotopdidaktik Phasen des Geotopschutzes

**Bild 45:** Geotopschutz der 1. Generation: Denkwürdige, wissenschaftlich bedeutsam, meist punktuelle Einzelelemente standen an der Wiege des Geotop- und Naturschutzes. Beispiel: Von Bohrmuscheln durchsetztes Relikt der Kliffküste des Tertiärmeeres auf der Alb bei Heidenfingen nahe Ulm.

**Bild 46:** Bergung eines Altmoränenfindlings im Zusammenwirken zwischen Unterer Naturschutzbehörde und US-Army bei Forstern/ED im Jahre 1954. Derlei damals aufsehenerregende, heute aber mit verbreiteter Großtechnik wohlfeile Aktionen ersetzen nicht den schonenden Umgang mit den Zeugnissen der Erdgeschichte, in situ!  
(Foto: Max Ringler)



46

**Bild 47:** Geotopschutz von heute: eingebunden in die Gesamtstrategie des Ressourcenschutzes. Beispiel: Das Schutzgebiet der großen Porphyrblockhalde am Kahleberg/Erzgebirge benötigt das schützende Klima der umliegenden Wälder. Sterben diese durch saure Depositionen ab, so sterben auch die artenreichen Flechten- und Moosgesellschaften der Blockhalde.

**Bild 48:** Geotopentwicklung als Integralstrategie: Verknüpft mit dem Artenschutz und mit der Pflege des Naturhaushaltes, hier der Wasserrückhaltewirkung und dem Grundwasserschutz der Buckelwiesen bei Klais/GAP.

**Bild 49:** Anton Micheler, einer der Pioniere der Geotoppflege im Behördennaturschutz, beim Freiland-Unterricht 1954 in einer Moränen-Kiesgrube bei Aresing/FFB. (Fotograph unbekannt)



47



48



49ro