



Schlüsselarten – Systemdenken anhand des Beispiels Yellowstone Nationalpark

Fachlicher Hintergrund zur Aktion

Menschen neigen häufig dazu, unmittelbare Ursache-Wirkungs-Bezüge herzustellen und die Wirklichkeit weitgehend linear zu betrachten. Auf diese Weise vereinfachen sie unzulässig mögliche Zusammenhänge oder nehmen so nur Ausschnitte aus der Wirklichkeit wahr.

Systemdenken umfasst die Fähigkeit, Prozesse und Wechselbeziehungen zwischen auch scheinbar kleinen und weit auseinanderliegenden Teilen des gesamten Systems zu erkennen und somit das breite Spektrum der Interaktionen zu begreifen. Eignen sich Schüler die Fähigkeit systemischen Denkens an, lernen sie ihre komplexe Welt besser zu interpretieren.

Ökosysteme können durch den Zugang neuer oder den plötzlichen Wegfall vorhandener Arten stark beeinflusst werden. Im Fall des Yellowstone Nationalparks zeigte sich, dass die Wiedereinführung des Wolfes als Spitzenprädatoren das gesamte System maßgeblich veränderte. Ein Beispiel, wie eine einzelne Komponente ein ganzes System beeinflusst.

Durchführung

Vorbereitung

Das Video wird zum Abspielen vorbereitet, die Karten liegen bereit; optionaler Start mit dem Kugelstoßpendel.

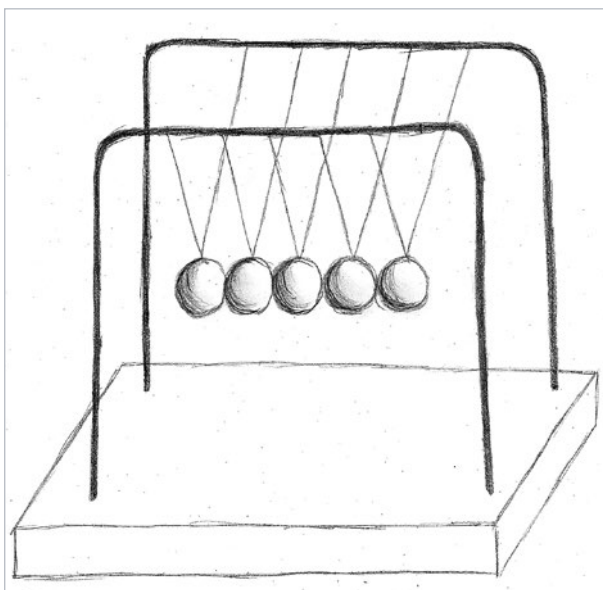


Abb. 10: Newtons Kugelstoßpendel.

Jahreszeit:



Schulstufe:



Umsetzung:



Ziele der Aktion

- Erkennen, dass Ökosysteme sehr komplex sind und dass Bestandsveränderungen bei einer einzelnen Art zu unerwarteten Veränderungen an anderen Stellen führen kann.
- Die Mechanismen erkunden, die vom Zusammenwirken zwischen belebter und unbelebter Umwelt gestaltet werden.
- Die entscheidende Rolle verstehen, welche vorhandene Wölfe als Spitzenprädatoren in der Gestaltung der Umwelt spielen.

Zeitaufwand

- 45 Minuten
- Optional weitere 30 Minuten

Einbindung in weitere Fächer

- Deutsch, Sozialkunde, Geschichte, Geografie, Wirtschaft

Kompetenzen

- Systemdenken, Problemlösung, Kreativität, analytische Fähigkeiten, Bezüge verstehen

Arbeitsform

- Offene Diskussion, Gruppenarbeit

Materialien

- Einführungsvideo (TED-Ed: **From top of the food chain down: Rewilding our world – George Monbiot**) www.youtube.com/watch?v=t3l9gDocYdk&list=PLOnJIER2pU1OnoRiOse_enqijUzMOLFJ&index=4
Deutsche Untertitel sind unter dem Symbol ⚙ „Zahnrad“ verfügbar.
- Optional: **Newtons Kugelstoßpendel** als reales Modell oder als Video www.youtube.com/watch?v=Ag1oeGdvUII
- Anlage A 7_1 Kopiervorlage **Karten „Nahrungskette“**
- Anlage A 7_2 Lehrerarbeitsblatt **Wiedereinführung von Wölfen in den Yellowstone Nationalpark**



Optionaler Start – Kugelstoßpendel

Ein Kugelstoßpendel wird so auf dem Pult platziert, dass die Schüler den Vorgang beobachten können. Falls keines zur Verfügung steht, gibt es virtuelle Simulationen oder Videoaufzeichnungen im Internet (zum Beispiel: „Newton’s Cradle“ www.youtube.com/watch?v=Ag1oeGdvUII). Sollten einige Schüler dieses Pendel vorher noch nie gesehen haben, ist es ratsam, sie vorab zu fragen, was ihrer Einschätzung nach passieren wird, wenn man eine Kugel anhebt und sie anschließend fallen lässt. Jetzt wird der Vorgang durch Wegziehen und Fallenlassen einer der Endkugeln gestartet, die Schüler können die Auswirkungen beobachten. Ziel ist es, anschaulich zu machen, dass in einem System die Wirkung an einem völlig anderen Punkt auftreten kann als ihre Ursache. Der Einfluss stoppt nicht an der nächsten Kugel, sondern hat Auswirkungen auf das gesamte System.

Schritt 1 – Regulärer Start

Den Schülern wird das Thema der Unterrichtsstunde mitgeteilt: Nahrungsketten und Nahrungsnetze. Es werden ihnen einige Tiere beziehungsweise Pflanzen genannt und ihnen die Aufgabe gestellt, Gemeinsamkeiten herauszufinden. In vier Runden werden jeweils Tiere oder Pflanzen aus einer Trophiestufe vorgestellt:

- Erste Runde: Europäischer Wolf, Habicht (sind alle Karnivore, Spitzenprädatoren, sie haben keine Feinde, Tertiärkonsumenten)
- Zweite Runde: Gräser, Algen, Eiche (sind alle Pflanzen, Primärproduzenten)
- Dritte Runde: Reh, Hase, Hirschkäfer (sind alle Herbivore, Primärkonsumenten)
- Vierte Runde: Eidechse, Wiesel, Rotfuchs (fressen Kleintiere, Sekundärkonsumenten)

Die Tiergruppen werden anhand einer an die Tafel zu zeichnenden Nahrungspyramide entsprechend sortiert. Am Ende sollte so eine vollständige Pyramide entwickelt worden sein.

Schritt 2

Die Schüler sollen sich in Gruppen zusammenfinden. Jedes Team erhält einen Satz Bilderkarten (Anlage A 7_1), wobei die Schülerinnen und Schüler gebeten werden, sich nur die Bilder auf der Vorderseite anzuschauen und die Rückseite mit den Lösungen beziehungsweise Hilfestellungen (Bedürfnisse, Futterquelle und andere) verdeckt zu lassen. Aufgabe der Schüler ist es, die Bilder in einer Pyramide anzuordnen. Nach Abschluss werden die Ergebnisse diskutiert und die Systeme der verschiedenen Schülergruppen verglichen. Die endgültige Reihenfolge wird an die Tafel geschrieben. Den Schülern wird erklärt, dass diese Tiere (zumindest ähnliche Arten) auch im Yellowstone Nationalpark leben. Falls die Schüler nicht wissen, wo dieser liegt, kann ihnen mit einer kurzen Beschreibung geholfen werden (siehe Anlage A7_2 Lehrerarbeitsblatt).

Schritt 3

Jetzt wird der Wolf aus dem Tafelbild herausgegriffen. Die Schüler sollen überlegen, welche Konsequenzen das Verschwinden des Wolfes in diesem Beispiel haben könnte. Nachdem sie ihre Vermutungen formuliert haben, schauen sie das Video „Rewilding our world“ an, insbesondere die Teile zur Wiedereinführung der Wölfe in den Yellowstone Nationalpark und den Konsequenzen für die Umwelt. Die Yellowstone-Sequenz (Minute 2:23 bis 3:54) sollte zweimal angeschaut werden.



Anschließend werden die Interaktionen zwischen den verschiedenen Ernährungsebenen in der Geschichte des Yellowstone Nationalparks diskutiert und mit den vorher gesammelten Vorschlägen der Schüler für das Fehlen des Wolfes verglichen. Danach werden auf der Tafel Verbindungslinien gezogen zwischen Ursachen und Wirkungen (zum Beispiel: Wenn es mehr Rehe gibt, fressen diese mehr Gras und Jungbäume, so dass es weniger Bäume gibt, auf denen Vögel ihre Nester bauen können und so fort), um den Prozess zu verdeutlichen, der im Film gezeigt wird. Dabei sollen die Schüler mitwirken, indem sie zur Tafel kommen und Pfeile zwischen sich gegenseitig beeinflussenden Tieren beziehungsweise Pflanzen ziehen. Abschließend werden die Schüler gefragt, was für sie überraschend war.

Schritt 4

Um die Grundidee einer Schlüsselart zu vermitteln, sollte eine bogenförmige Steinbrücke gezeichnet werden. Deren Schlussstein im übertragenen Sinn (vergleiche Abb. 11) bildet die Schlüsselart Wolf. In der Natur ist der Wolf eine „*key stone species*“, eine Schlüsselart (siehe auch Lehrerarbeitsblatt A 7_2). Seine Anwesenheit trägt entscheidend zur Ausprägung eines Ökosystems bei. Sein Einfluss auf die Umwelt ist gegenüber der tatsächlichen Häufigkeit des Auftretens der Art überproportional. Wird der Wolf aus dem System entfernt, löst sein Fehlen eine Reihe von Veränderungen aus, die das gesamte System betreffen. Würde man dementsprechend den Schlussstein einer Brücke herausnehmen, würden große Teile des sich gegenseitig stützenden Systems Brückenbogen zusammenbrechen.

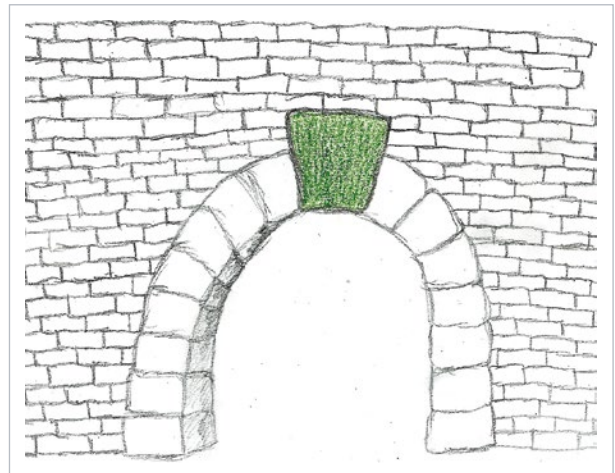


Abb. 11: Schlussstein in einem aus Steinen gesetzten Bogen.

Weitere Schlüsselarten



Abb. 12: Schlüsselart Biber: Sie werden als Ökosystem-Ingenieure angesehen, da sie die Umwelt durch den Bau von Dämmen beeinflussen. Dieser Dammbau sorgt für stehende Gewässer, in denen sich viele Arten entwickeln können.



Abb. 13: Schlüsselarten Bienen: Nicht nur die Honigbiene, sondern vor allem die Wildbienen sind als Bestäuber Schlüsselarten.

**Materialien** (für die Fortsetzung)

- Wollknäuel oder Kordel (zirka 100 m lang, leicht reißbares Material – Gefahr von Strangulationen!)
- Anlage A 7_1 Kopiervorlage **Karten „Nahrungskette“**
- Je ein Blatt DIN A4-Papier pro Schüler
- Filzmarker und Kreppklebeband

Optional – Fortsetzung in der nächsten Unterrichtsstunde

Die Schülerinnen und Schüler sollen den Aufbau eines Nahrungsnetzes simulieren, um die Beziehungen der Tiere und Pflanzen untereinander zu begreifen.

Alle ziehen eine Karte und stellen sich in einem großen Kreis auf (am besten draußen). Es gibt maximal 32 Karten. Eine Schülerin oder ein Schüler übernimmt in jedem Fall die Rolle der Sonne.

Jeder Teilnehmer erhält ein Stück Papier, auf das er sein Tier oder seine Pflanze in großen Buchstaben schreibt und das er sich mit einem Kreppbandstreifen auf die Brust klebt. Die „Sonne“ bekommt das Wollknäuel und beginnt das Spiel. Eine Person aus dem Kreis wird ausgewählt. Sie beschreibt entsprechend der übernommenen Rolle, auf welche Weise ihre Verbindung zur Sonne besteht. Währenddessen hält die „Sonne“ das Ende des Fadens oder der Kordel fest und rollt das Knäuel zu der zuerst ausgewählten Person. Hat diese ihre Erklärung beendet, rollt oder wirft sie das Knäuel weiter zu einem anderen Träger einer Tier- oder Pflanzenrolle im Kreis, mit der sie laut Karte in Verbindung steht – und so fort. Es sollen möglichst alle Schüler miteinander verbunden werden, entsprechend der Angaben auf den Kartenrückseiten können einzelne Schüler auch mehrmals einbezogen werden. Nach und nach entsteht ein Netz aus Fäden, die die Verbindung der Tiere und Pflanzen untereinander kennzeichnen.

Verschiedene Schritte durchspielen**• Die Bedeutung jeder einzelnen Art demonstrieren**

Was passiert, wenn eine einzelne Art aus dem Netz entfernt wird? Dazu wird ein Schüler aufgefordert, an einem seiner Fadenenden zu ziehen. Die, bei denen dieser Zug ankommt, ziehen ihrerseits am anderen, abgehenden Faden – und so fort.

• Die Bedeutung von Schlüsselarten demonstrieren

Was passiert, wenn das Spitzen-Raubtier verschwindet? Der Wolf wird aufgefordert, sich hinzuhocken, um sein Fehlen zu demonstrieren, und dabei seine Fäden locker zu lassen. Was passiert jetzt mit seinen Beutetieren? – Es führt zu einer Zunahme der Anzahl der Tiere, dazu halten die entsprechenden Schüler ihren Faden auf Schulterhöhe. Wenn aber die Anzahl der Beutetiere zunimmt, was passiert dann mit ihrer Nahrung? – Die Anzahl wird abnehmen, dazu halten die entsprechenden Schüler ihren Faden tiefer. Die Veränderungen werden beobachtet und von den Schülern diskutiert.

• Die Schlüsselart lässt seine Fäden letztendlich los

Das Netz bricht stellenweise zusammen.

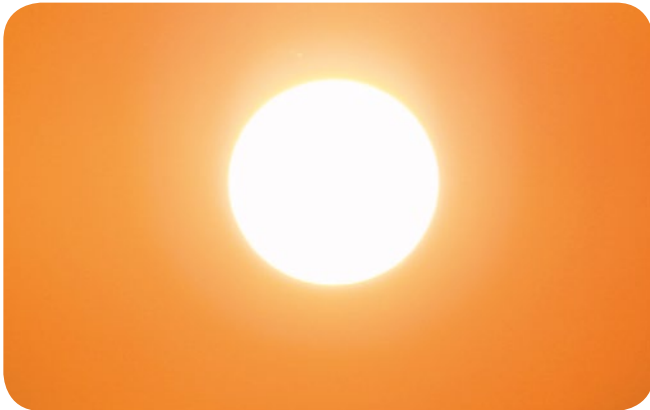
Abschluss und Schlussfolgerung

In einer Zusammenfassung werden die Schüler daran erinnert, dass Ökosysteme und Nahrungsnetze sehr unterschiedlich auf Veränderungen reagieren und dass bereits eine kleine Veränderung das ganze System beeinflussen kann. Das ist unter anderem der Grund, warum wir Biodiversität möglichst in ihrer Gesamtheit erhalten müssen und warum jede Art zählt.



Karten „Nahrungskette“ (Kopiervorlage Blatt 1)

Bitte doppelseitige Farbkopien auf möglichst schwerem Papier erstellen und zerschneiden





Gräser

werden gefressen von: Weinbergschnecke, Reh,
Hase, Wildschwein

Die Sonne

ist die wichtigste Energiequelle für alle Pflanzen.

Beerenstrauch

wird gefressen von:
Wegameise, Eichhörnchen,
Wildschwein, Reh

Eiche

wird gefressen von:
Eichhörnchen, Maikäfer,
Waldmaus, Feldmaus, Reh,
Wildschwein, Schwamm-
spinner, Hirschkäfer

Samen

wird gefressen von: Waldmaus, Feldmaus,
Eichhörnchen, Wegameise, Vögeln

Walderdbeere

wird gefressen von:
Wegameise, Wildschwein,
Reh

Hase

ernährt sich von: Ahorn, Grä-
ser, Samen, Gehölzen, Erd-
beere, Beerenstrauch

Eichhörnchen

ernährt sich von: Erdbeere, Ahorn,
Beerenstrauch, Samen

wird gefressen von: Habicht, Rotfuchs

wird gefressen von:
Rotfuchs, Habicht, Wolf



Karten „Nahrungskette“ (Kopiervorlage Blatt 2)





Wegameise

ernährt sich von: Samen, Gräser, Blattlaus (Honigtau) Walderdbeere, Beerenstrauch

wird gefressen von: Zauneidechse, Vögeln

wird gefressen von Habicht

ernährt sich von: Samen, Ahorn, Ameise, Blattlaus, Schwammspinner (Larven), Hirschkäfer (Larven)

Specht

Äskulapnatter

ernährt sich von: Waldmaus, Feldmaus, Eichelhäher (Eier), Pirol (Eier), Zauneidechse

wird gefressen von: Rotfuchs, Wildschwein, Igel

Igel

ernährt sich von: Weinbergschnecke, Waldmaus, Maikäfer, Walderdbeere

wird gefressen von: Rotfuchs, Waldohreule

Wolf

ernährt sich von: Reh, Wildschwein, Hase, Waldmaus, Feldmaus, Wiesel

wird gefressen von: –

Steinmarder

ernährt sich von: Waldmaus, Feldmaus, Pirol (Eier), Eichelhäher, Erdbeere

wird gefressen von: Waldohreule, Rotfuchs

Weinbergschnecke

ernährt sich von: Gräser, Walderdbeere, Beerenstrauch

wird gefressen von: Rotfuchs, Igel, Wiesel

Zauneidechse

ernährt sich von: Ameisen, Insektenlarven

wird gefressen von: Steinmarder, Eichelhäher, Igel, Rotfuchs, Habicht



Karten „Nahrungskette“ (Kopiervorlage Blatt 3)





Wildschwein

ernährt sich von: Walderdbeere, Ahorn, Beerenstrauch, Samen, Gräser

wird gefressen von: Wolf

Reh

ernährt sich von: Eiche, Ahorn, Beerenstrauch, Walderdbeere, Gräser

wird gefressen von: Wolf, Rotfuchs (Jungtiere)

Waldmaus

ernährt sich von: Samen, Ahorn

wird gefressen von: Rotfuchs, Wiesel, Äskulapnatter

Schwammspinner

ernährt sich von: Eichenblätter

wird gefressen von: Buntspecht

Blattlaus

ernährt sich von: Blättern von Bäumen, Erdbeere, Eiche, Beerenstrauch

wird gefressen von: Vögeln, Ameisen, Marienkäfer

Wiesel

ernährt sich von: Waldmaus, Feldmaus

wird gefressen von: Rotfuchs, Waldohreule, Habicht, Wolf

Eichelhäher

ernährt sich von: Ahorn, Samen, Zauneidechse, Feldmaus, Waldmaus

wird gefressen von: Habicht

Rotfuchs

ernährt sich von: Waldmaus, Feldmaus, Hase, Eichelhäher, Pirol, Weinbergschnecke, Wiesel

wird gefressen von: Wolf



Karten „Nahrungskette“ (Kopiervorlage Blatt 4)





Hirschkäfer

ernährt sich von: Eichen

wird gefressen von: Steinmarder

Pirol

ernährt sich von: Walderdbeeren, Beerenstrauch, Insekten, Larven

wird gefressen von: Habicht, Marder, Wiesel (Eier), Eichelhäher (Eier)

Maikäfer

ernährt sich von: Eiche

wird gefressen von: Igel, Mäusen, Eichelhäher, Pirol

Habicht

ernährt sich von: Eichhörnchen, Hase, Eichelhäher, Wiesel, Feldmaus

wird gefressen von: –

Ahorn

wird gefressen von: Eichhörnchen, Maikäfer, Waldmaus, Feldmaus, Reh, Wildschwein, Schwammspinner, Hirschkäfer

Waldohreule

ernährt sich von: Maikäfer, Waldmaus, Feldmaus, Steinmarder

wird gefressen von: Habicht, Marder und Wiesel (Eier)

**Saprophytischer Pilz –
Zunderschwamm**

ernährt sich von: Holz, organischen Materialien (Saprophytische Pilze zersetzen organische Stoffe)

wird gefressen von: Schnecken

Regenwurm

ernährt sich von: Blättern, Gräsern als Zersetzer

wird gefressen von: Igel, Vögeln, Mäusen, Marder, Wiesel



Hintergrundinformation zum Yellowstone Nationalpark und der Wiedereinführung des Wolfes (Lehrerarbeitsblatt)

Der Yellowstone Nationalpark liegt in den USA im nordwestlichen Bundesstaat Wyoming mit einer Fläche von 8.983 km². Er umfasst Seen, Canyons, Flüsse und Gebirgsketten. Er liegt mitten im Krater des Yellowstone, dem größten Supervulkan des Kontinents. Hunderte von Säugetier-, Vogel-, Fisch- und Reptilienarten wurden erfasst, darunter etliche, die gefährdet oder bedroht sind. Die ausgedehnten Wälder und Grünländer beherbergen zudem einzigartige Pflanzenarten. Der Yellowstone Park ist der größte und bekannteste Standort für Megafauna der kontinentalen Vereinigten Staaten. Mehr unter: www.nps.gov/yell/index.htm

Wiedereinführung von Wölfen in den Yellowstone Nationalpark – Fallstudie

Vor etwas mehr als einem Jahrhundert streiften noch zirka 100.000 Timber-Wölfe (seit 2013 als eigene Art klassifiziert: *Canis lycaon*) durch den Westen der Vereinigten Staaten. Als Landwirte und Viehzüchter westwärts wanderten, wurden die Wölfe jedoch vergiftet, erschossen und gefangen, wo immer man sie fand. Die letzten Wölfe wurden in den ersten Jahren des zwanzigsten Jahrhunderts in den nördlichen Rocky Mountains ausgerottet. Ohne ein Raubtier, das ihre Zahl begrenzt, vermehrten sich die Elch- und Rehpopulationen rasant. Die Vegetation wurde überweidet und die Populationen kleinerer Tiere, wie etwa Erdhörnchen, nahmen ab. Viele Jahrzehnte drängten Ökologen dazu, die Wölfe im Park wieder einzuführen, um die Populationen der Beutetiere zu regulieren.

1995 wurden 31 Wölfe im Westen Kanadas gefangen und in den Yellowstone Nationalpark umgesiedelt. Einmal im Park angekommen, etablierten sich die Wölfe erstaunlich schnell. Bis 2005 gab es 165 Wölfe in 15 Rudeln im Yellowstone Nationalpark und weitere 850 Wölfe in der Umgebung von Montana, Idaho und Wyoming. Die Auswirkungen auf das Ökosystem waren unmittelbar und beachtlich. Die Artenvielfalt nahm merklich zu. Weniger Elche und Rehe bedeuteten mehr Futter für Erdhörnchen, Eichhörnchen, Wühlmäuse und Mäuse. Überreichlich vorhandene kleine Beutetiere führten wiederum zu einem Anstieg der Anzahl der Adler, Falken, Füchse, Baummarder und Wiesel. Große Mengen Tierkadaver, die von den Wölfen zurückgelassen wurden, boten Aasfressern Nahrung, wie Bären, Raben und Elstern. Knapp die Hälfte des Kojoten-Bestandes wurde vermutlich von Wölfen getötet. Das wiederum förderte kleine Säugetiere, die als Beutetiere für die Kojoten dienen. Pflanzen wie Gräser, Stauden, Weiden und Pappeln wuchsen in der Zeit wieder ohne den erheblichen Beweidungsdruck von Elch und Reh auf. Ranger und Naturforscher waren erstaunt darüber, wie und wie schnell das Ökosystem sich neu einstellte, während Touristen davon gepackt waren, einen Blick auf den Wolf zu erhaschen oder ihr Heulen zu hören.

Keystone Species

Die Bezeichnung Schlüsselart (in Anlehnung an den englischen Begriff „keystone species“), die von dem amerikanischen Zoologen Robert T. Paine im

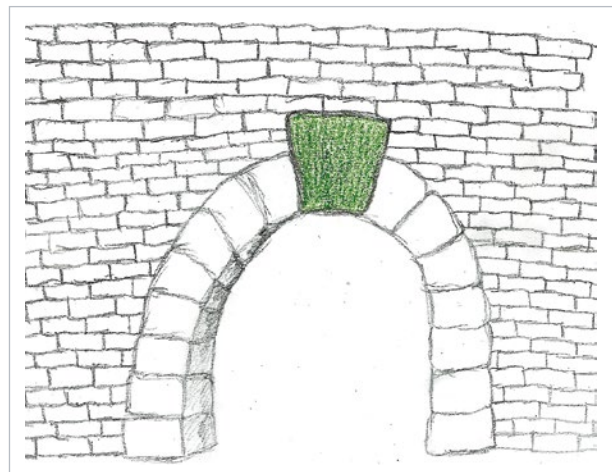


Abb. 59: Schlußstein in einem aus Steinen gesetzten Bogen.



Jahr 1969 geprägt wurde, ist vom Gebrauch eines keilförmigen Steins abgeleitet, den man am höchsten Punkt eines Brückenbogens oder ähnlicher Konstruktionen zur Abstützung verwendet. So wie die anderen Steine der Konstruktion von der stützenden Funktion des „Schlüsselsteins“ abhängen, sind andere Arten einer biologischen Gemeinschaft auf die Anwesenheit einer Schlüsselart angewiesen, welche zum Beispiel die Rahmenbedingungen einer Lebensgemeinschaft erhält.