

Einführung für Lehrpersonen

Bedeutung der Geologie

Geologie ist überall - überall ist Geologie

Geowissenschaftliche Disziplinen wie Geologie, Geophysik, Geomorphologie, Hydrologie, Glaziologie oder Pedologie begleiten uns im Alltag ständig, auch wenn wir uns dessen nicht immer bewusst sind. Seit alters her hat der Mensch gelernt, Landschaftsformen, Gewässer, Gesteine und Böden zu beurteilen, um sich mit Rohstoffen zu versorgen, um seine Siedlungen an sicheren Orten und seine Äcker auf fruchtbarem Boden anzulegen, und um seine Häuser aus möglichst solidem Material zu bauen.

Die Geowissenschaften sind in der Schweiz als zentrales Alpenland historisch tief verankert und schweizer Geowissenschaftlerinnen und Geowissenschaftler geniessen weltweit ein hohes Ansehen. Da Zugang und Dokumentation aussergewöhnlich gut sind, ziehen die Alpen auch Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler aus aller Welt an.

Viele der grossen Herausforderungen der nächsten Jahrzehnte wie Klimaerwärmung, Wassersicherheit, Rohstoff- und Energieversorgung, der Umgang mit Böden und Altlasten, aber auch Naturkatastrophen wie Erdbeben, Vulkane und Unwetter sind eng verknüpft mit der modernen geowissenschaftlichen Forschung. In Anbetracht aktueller, teils bedrohlicher Umweltveränderungen hängt der Erhalt und vor allem die, in vielen Ländern des Globalen Südens angestrebte Erhöhung des Lebensstandards davon ab, dass die Geowissenschaften Grundlagen für künf-

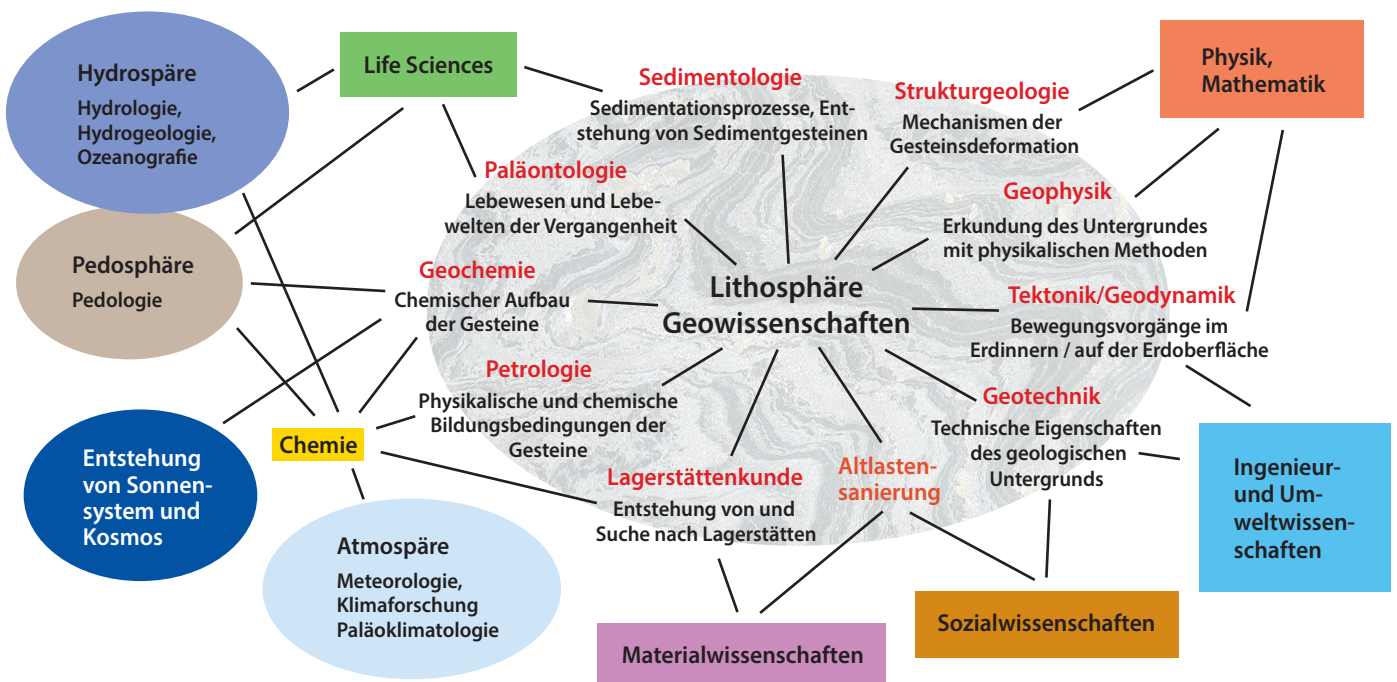
tige Lösungen im Umgang mit knapper werdenden Georesourcen aufzeigen können.

Über diesen unmittelbaren, gesellschaftlichen, wirtschaftlichen und politischen Nutzen hinaus sind die Geowissenschaften jedoch noch viel mehr: **Sie ermöglichen uns, jene Prozesse zu verstehen, welche die Erde und deren heutige Oberfläche geformt haben und welche sie auch weiterhin formen werden.** Dadurch entwickeln wir ein Verständnis für die Erdkruste als Grundlage für die Entstehung des Lebens schlechthin, aber auch als Grundlage menschlichen Handelns in der Vergangenheit, in der Gegenwart und in der Zukunft, sei es für die Ernährung, für den Bau von Siedlungen oder für Verkehr, Industrie und Handel.

Geologie ist vernetzt

In der modernen geowissenschaftlichen Forschung sind nicht mehr nur – wie noch vor einigen Jahrzehnten – Fähigkeiten im Umgang mit Hammer, Lupe und optischem Mikroskop vonnöten, sondern profundes mathematisches, chemisches und physikalisches Wissen ebenso wie Geschick im Umgang mit komplexen Laboreinrichtungen und Analysegeräten, die Konzentrationen im Bereich von 0.0001 Gewichtsprozenten messen können.

Die Geologie beinhaltet Forschungsrichtungen wie Sedimentologie, Paläontologie, Petrologie, Geochemie, Strukturgeologie, Lagerstättenkunde oder Ingenieurgeologie. Diese interagieren untereinander, mit anderen Geowissenschaftlichen Disziplinen, mit verwandten Naturwissen-



Vernetzung der Geowissenschaften, vereinfacht dargestellt an ausgewählten Beispielen.

schaften, mit den Ingenieurwissenschaften, aber auch mit Sozial- und Geisteswissenschaften.

Minerale und Gesteine z. B. sind Chemie und Physik „pur“. Die chemischen Elemente und Verbindungen, aus welchen die Erde aufgebaut ist, sind Teil der Entwicklungsgeschichte des Universums und ihre Entstehung ist damit auch Teil astronomischer und astrophysikalischer Forschung. Die Paläontologie erforscht anhand von Fossilien die Lebewelten vergangener Erdzeiten und die Evolution ausgestorbener Lebewesen. Sie hat dadurch unzählige Schnittpunkte mit den Life Sciences, die sich mit der Erforschung der heutigen Lebewelt und der Evolution lebender Organismen beschäftigen. Atmosphäre und Hydrosphäre enthalten gasförmige und flüssige Bestandteile der Erdkruste, wodurch Verbindungen zu den Atmosphärenwissenschaften, der Hydrologie und der Ozeanographie bestehen. Verständnis und Einordnung der Auswirkungen des anthropogenen Klimawandels führen über die Paläoklimatologie, die ihre Daten aus Klimaproxyks bezieht. Dies sind indirekte Klimaindikatoren, die unter Anwendung geowissenschaftlicher Methoden z. B. aus Tropfsteinen, Korallen, See- oder Ozeansedimenten, Baumstämmen, Pollen oder Eisbohrkernen „herausgelesen“ werden. Wo Lösungen für die Stabilisierung von Bauwerken, für die Sicherung steinschlaggefährdeter Bergflanken oder für die Sanierung von Kehrdeponien gefunden werden müssen, arbeiten die Geowissenschaften eng mit Ingenieuren, Technikerinnen oder den Material- und Umweltwissenschaften zusammen.

Geologie ist Wirtschaft, Kultur und Politik

Die kulturelle, soziale und wirtschaftliche Entwicklung der Menschheit ist seit jeher abhängig vom Vorhandensein geeigneten und nutzbaren Rohmaterials auf und unter der Erdoberfläche. Steine gehörten zu den ersten Werkzeugen des Menschen und spielten eine zentrale Rolle in seiner frühzeitlichen Entwicklung. Die Vielfalt der Minerale und Gesteine mit ihren unterschiedlichen Eigenschaften trug wesentlich zur Entstehung verschiedenartiger Kulturen bei. Seit der Mensch Häuser baut ist z. B. das vorhandene Baumaterial für deren Bauart, Standhaftigkeit und für prägende, häufig sogar als kulturell typisch empfundene Eigenschaften und Charakteristiken verantwortlich.

Tone und Minerale sind die Grundlage für Keramik und Glasuren. Auch die Fruchtbarkeit von Böden, die Zusammensetzung natürlicher Pflanzengesellschaften oder landwirtschaftlicher Kulturen sowie die Verfügbarkeit von Grundwasser hängen im Wesentlichen von der geologischen Beschaffenheit des Felsuntergrundes ab. Geologische Prozesse haben Kontinente, Gebirge, Ozeane, Flüsse, Seen und damit eine beeindruckende Vielfalt von Lebensräumen geschaffen. Zur Überwindung von Hindernissen werden Strassen, Brücken, Schiffe oder Tunnels gebaut, wodurch besonders in der Vergangenheit wichtige technische Fortschritte ausgelöst wurden. Die Kontrolle des

„granitene“ Gotthardpasses als begehrter, schwer zu überwindender Alpenübergang verstehen einige Historiker sogar als zentrales Element für die Entstehung der frühen Schweiz.

Durch ihre Abhängigkeit von fossilen Energieträgern und von hochwertigen Rohstoffen wie Mineralen, Erzen, Tonerden, Kalk, Sand, Kies und Wasser ist die Menschheit seit der industriellen Revolution wie noch nie während ihrer Geschichte auf Ressourcen angewiesen, die durch geologische Prozesse entstanden sind und teils immer noch entstehen. Vorkommen von Bodenschätzen bestimmen seit der Steinzeit Handelsströme und damit kulturellen Austausch und sie sind eng mit der Ansiedelung von Gewerbe und Industrie und mit der Anlage von Siedlungen verknüpft. Schlussendlich stehen sie auch seit alters her im Zentrum politischer Machtentwicklung. Besonders ausgeprägt war dies in der Vergangenheit im Fall des Salzbergbaus und -handels. Heute liegt beträchtliches Konfliktpotential im Zugang zu fossilen Energieträgern, zu knappen mineralischen Rohstoffen wie Cobalt und Seltenerdmetallen oder auch zu Lithium und Wasser. Allein die Breite des Rohstoffbedarfs eines Smartphones ist enorm.

Wieso dieses Lehrmittel?

An den Mittelschulen bewegen sich die Geografielehrpersonen im Spannungsfeld zwischen einem beschränkten Zeitangebot und dem Anspruch, einen möglichst vollständigen Überblick über die Geowissenschaften zu vermitteln. Dabei ist es insbesondere vor dem Hintergrund der Studienwahl eine grosse Herausforderung, neben der Vermittlung des etablierten geologischen Wissens bei den Schülerinnen und Schülern auch Begeisterung für den 'Geist' dieser Wissenschaft zu wecken, der vor allem in ihrem investigativen Vorgehen steckt.

Schülerinnen und Schüler öffnen sich etabliertem Wissen mit grossem Interesse, wenn sie verstehen, wie dieses zustande kommt. Der 'Weg zur Erkenntnis' und die Frage, wie dieser möglichst anregend begangen werden kann, spielt deshalb eine ebenso wichtige Rolle wie die Erkenntnis selbst.

Mit diesem Lehrmittel wagen wir den Versuch, nicht die Forschungsergebnisse, also gefestigtes geologisches Wissen ins Zentrum zu stellen, sondern aufzuzeigen, auf welchem Weg dieses Wissen entsteht. Dabei fokussieren wir auf die wissenschaftliche Methodik ebenso wie auf das Verständnis von Prozessen, wollen aber auch ein gewisses Mass an Fachausdrücken und Konzepten einführen, neueste Forschungsergebnisse vermitteln, den interdisziplinären Charakter der Geowissenschaften betonen und Schnittpunkte mit der Atmosphäre, der Biosphäre, der Hydrosphäre und der Anthroposphäre aufzeigen.

Nicht zuletzt wendet sich dieses Lehrmittel auch an die Lehrpersonen selbst und möchte sie dazu anregen, die Geologie von einer anderen, möglicherweise sogar neuen Seite kennen zu lernen.

Ziele

Geologie ist spannend und relevant

Wir möchten Geologie als spannende, moderne Wissenschaft vermitteln, deren Erkenntnisse die Schülerinnen und Schüler direkt anwenden und erleben können. Indem sie lernen, eigene Beobachtungen mit Theorie und Hintergrundinformation zu verbinden, werden sie selbst jederzeit und überall verstehen können, wie geologische Prozesse die natürliche Umwelt geformt haben. Dadurch werden Erfolgserlebnisse auch ausserhalb der Schule gefördert und Geologie wird als relevant wahrgenommen für das Verständnis der eigenen Lebens- und Erfahrungswelt.

Wir möchten erreichen, dass Schülerinnen und Schüler die Faszination spüren können, die vom 'Weg zur Erkenntnis' ebenso ausgeht wie von der Anwendung des etablierten Wissens selbst, dass sie geologische Phänomene und deren Bedeutung selbst erkennen und auch weitervermitteln können.

Prozesse und Geschichten stehen im Zentrum

Unser wichtigstes Ziel ist das Verständnis von Prozessen, deren Resultate heute für alle erkennbar vor uns liegen wie Gesteine, Landschaften oder die Morphologie der Erde. Diese sollen als das Resultat ihrer Entstehungsgeschichte wahrgenommen und verstanden werden. Wenn Schülerinnen und Schüler z. B. auf dem Gotthardpass einen Granit sehen, sollen sie fähig sein, diesem Gestein nicht nur einen Namen zu geben, sondern vor allem auch den Namen mit Assoziationen zu verbinden. Sie sollen ihn als 'Label' für all die spannenden Geschichten verstehen, die dahinter stehen, wie z. B. die Entstehung und Platznahme magmatischer Gesteine, Gebirgsbildungsprozesse und schliesslich die Erosion, die es erst ermöglicht, heute auf diesem Granit zu stehen.

Wissenschaftliches Vorgehen wird erläutert

Zweites zentrales Ziel ist das Verständnis der wissenschaftlichen Vorgehensweise. Alle Geschichten haben einen Werdegang, der mindestens ebenso spannend ist wie die Geschichten selbst und der diese erst glaubhaft macht. Manchmal hat der Werdegang solcher Geschichten seine Wurzeln bereits in der Frühzeit der naturwissenschaftlichen Forschung und weist entsprechend viele Sackgassen und Irrtümer auf. Möglicherweise war er sogar Gegenstand heftiger Auseinandersetzungen zwischen unterschiedlichen Lehrmeinungen und deren Vertretern und ist nur schon aus diesem Grund spannend.

Obwohl im Detail weiterhin daran gefeilt wird, könnte das, was wir heute als 'gefestigtes geologisches Wissen' betrachten, nur durch einen grundlegenden Paradigmenwechsel erschüttert werden, ähnlich der Evolutionstheorie, welche in der Biologie die biblische Vorstellung von der Unveränderbarkeit der Lebewesen ins Wanken gebracht hat. Entsprechend häufig besteht die Tendenz, dieses Wissen als 'gegeben' darzustellen. Dies betrifft insbe-

sondere die geologische Zeitskala, die Plattentektonik und Gebirgsbildungsprozesse. Aber: wieso weiss man z. B., wie alt Fossilien sind oder wieso weiss man, wie tief Gesteine bei einer Gebirgsbildung in die Erdkruste hinab gepresst (subduziert) werden? Das muss erläutert werden. Dabei sollen Erkenntnisse, die aus direkter Beobachtung in der Natur, aus Experimenten und aus Berechnungen hergeleitet wurden, klar unterschieden werden.

Grundlegende Prinzipien und Konzepte werden vermittelt und diskutiert

Wichtig ist uns auch die Vermittlung und die kritische Diskussion grundlegender Prinzipien und Konzepte, wie z. B. das Konzept der Dichteunterschiede als Auslöser zahlreicher geologischer Prozesse oder Stoffkreisläufe auf unterschiedlichen Massstabebenen, auch an den Schnittstellen mit Atmosphäre und Hydrosphäre. Wir möchten erreichen, dass deren lokale und globale Bedeutung erkannt und verstanden wird.

Neueste Erkenntnis fliesst ein

Wo möglich werden neben den Grundlagen der geologischen Wissenschaft auch neueste Forschungsergebnisse vermittelt und diskutiert.

Interdisziplinäres Denken und Vorgehen wird vorgelebt

Interdisziplinäres Denken wird durch zahlreiche Exkurse innerhalb der geowissenschaftlichen Disziplinen, in andere Naturwissenschaften und auch in die Sozialwissenschaften vorgelebt.

Zentrale Labormethoden werden erläutert

Einige zentrale Labormethoden sollen nachvollziehbar erläutert und von den Schülerinnen und Schülern selbst ausprobiert werden können. So ist es möglich, mit Schulklassen das Institut für Geologie der Universität Bern zu besuchen, wo z. B. die Arbeit mit dem Polarisationsmikroskop selbst erlebt werden kann und wo ihnen diverse komplexe Analysemethoden von Fachleuten vorgeführt werden.

Zukünftige Entwicklungen werden abgeschätzt

Die Geologie ist nicht nur ein Fenster in die Vergangenheit der Erde, sie ermöglicht es uns auch, zukünftige Entwicklungen abzuschätzen. Wir möchten deshalb auch Szenarienbildung und Fragen nach den Folgen geologischer Prozesse innerhalb verschiedener Zeithorizonte mit einschliessen.

Geologie ist ein Augenschmaus

Nicht zuletzt möchten wir mit diesem Lehrmittel den Schülerinnen und Schülern die Naturschönheiten zeigen, die auf und in Gesteinen ebenso wie in ganzen Landschaften entdeckt werden wollen. Wir hoffen über optische Reize auf makro- und mikroskopischer Ebene (Bilder, schöne Gesteine) auch Schülerinnen und Schüler für das Thema begeistern zu können, die mit naturwissenschaftlichen Inhalten eher wenig anzufangen wissen.

Fachvokabular

Notwendig und zumutbar

Wer sich mit Geologie beschäftigt, ist mit einer Vielzahl von Namen und Fachbegriffen konfrontiert. Minerale, Gesteine, Erdzeiten, geologische und tektonische Einheiten sowie verschiedene Arten von Prozessen haben alle ihre eigene Nomenklatur. Aus Sicht der Lehrpersonen stellt sich deshalb die Frage, wie es zu schaffen ist, geowissenschaftliche Inhalte in Anbetracht einer Fülle von Namen und Fachbegriffen so zu vermitteln, dass bei den Schülerinnen und Schülern schlussendlich nicht als einziges die Erinnerung an einen wenig sinnstiftenden 'Salat' aus Namen und Begriffen übrig bleibt.

Die Versuchung ist dabei gross, auf Mineral- und Gesteinsnamen ganz und auf Fachbegriffe weitestgehend zu verzichten. Doch damit gehen wesentliche Elemente der gymnasialen Allgemeinbildung verloren, soll diese doch einen gewissen Grad an Wissenschaftlichkeit vermitteln. Kaum jemand stellt in Frage, dass z. B. im Chemieunterricht die Bezeichnungen der wichtigsten Elemente, Verbindungen und Reaktionstypen gelernt werden müssen. So sollte es auch selbstverständlich sein, dass jede Absolventin und jeder Absolvent einer Maturitätsschule zumindest die wichtigsten Minerale, Gesteine und Prozesse in und auf der Erdkruste benennen kann.

Namen und Fachbegriffe als 'Label' für spannende Geschichten

Namen und Fachbegriffe bilden das Grundgerüst der Verständigung, vergleichbar mit dem Vokabular einer Fremdsprache. Wie in jeder Sprache sind mit jedem Begriff Inhalte verbunden, oft sogar Geschichten, die wiederum mit anderen Begriffen und deren Geschichten verknüpft sind. Und wie in jeder Sprache ist die Verständigung ohne entsprechendes Vokabular umständlich und auf die Dauer nicht möglich.

Wir wollen in diesem Lehrmittel auf die Geschichten hinter den Begriffen fokussieren. Namen oder Fachbegriffe sollen als Label für spannende Geschichten wahrgenommen werden, und nicht um ihrer selbst Willen. Mit dem Begriff 'Granit' verknüpft sind z. B. Geschichten über die Entstehung von Gesteinsschmelzen und über Gebirgsbildungsprozesse, über Verwitterung und Erosion, oder über die industrielle und technische Bedeutung von Quarz, Feldspat und Glimmer. Wer weiss, dass granitische Schmelzen Wasser enthalten, versteht, was die Entdeckung von Graniten auf anderen Planeten bedeuten würde: die Existenz von Wasser und damit womöglich sogar von Leben. Es sind aber auch Geschichten über Granit als Rohstoff zum Bau von Bahntrassen, Brücken und Häusern, über Menschen, die sich den Bau erster Wege und Strassen über Alpenpässe wie den Gotthardpass hart erkämpfen mussten, oder über Felswände, welche von Kletterern weltweit ihrer hervorragenden Qualität wegen geschätzt werden.

Namen und Fachbegriffe als Stifter von Beziehung und Auslöser von Assoziationen

Können in der Natur Dinge wie Blumen, Bäume oder Gesteine mit ihren Namen bezeichnet werden – egal ob es sich um wissenschaftliche oder volkstümliche Namen handelt –, treten diese aus der Anonymität heraus und werden als etwas Bekanntes wahrgenommen. Dadurch entsteht Vertrautheit zur natürlichen Umgebung und bestenfalls eine assoziative oder sogar analytische Beziehung.

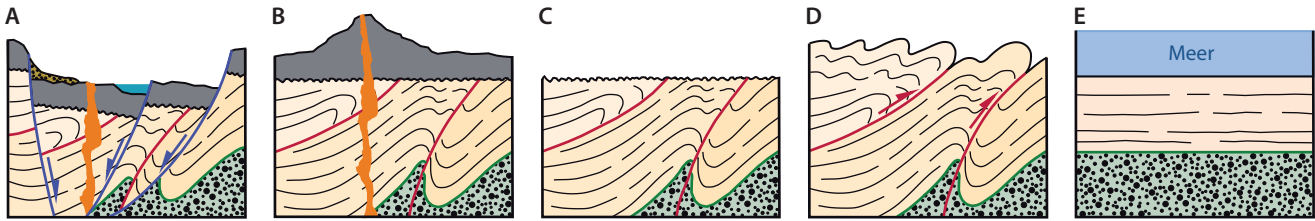
Wer z. B. das Gestein unter seinen Füßen als Kalkstein erkennt, löst eine Reihe von Assoziationen mit jenen Geschichten aus, die sich hinter dem Begriff 'Kalkstein' verbergen. Dazu gehört zuerst die Ablagerung von Kalkstein am Rand tropischer Meere und die Folgerung, sich demnach in einem Gebiet zu befinden, das einst Teil eines solchen Meeres war. Dies kann in der Folge z. B. die Suche nach möglicherweise vorhandenen Fossilien und Gedankenspiele zu deren Lebensräumen auslösen oder es stellt sich die Frage, ob und weshalb das Klima damals anders war als heute. Kalkstein führt aber auch auf die Fährte von Karstphänomenen, wobei eine Verknüpfung mit dem Kohlenstoff- und Kalziumkreislauf hergestellt werden kann. Falls die Kalksteine sich an einem für Meere aussergewöhnlichen Ort, wie z. B. auf einem Berggipfel befinden, wird auch die Frage aufgeworfen, wie sie dorthin gekommen sein könnten. Und schon sind die Betrachterinnen und Betrachter zu 'Natur-Lesern' und Erzählerinnen von Geschichten geworden und sie sind eventuell sogar selbst in der Lage, neue, wichtige Fragen zu stellen und etwas zu deren Lösung beizutragen.

Methodische Basis und Zugang zu den geowissenschaftlichen Inhalten

Zentraler Zugang zu den geowissenschaftlichen Inhalten wird das Konzept des 'Erdwissenschaftskrimis' sein, das sich die Analogie zwischen der aus Büchern, Kino oder Fernsehen bekannten Vorgehensweise der Kriminalistik (CSI / Crime Scene Investigation) und der Vorgehensweise der geologischen Forschung zu Nutze macht. Zusätzlich arbeiten wir mit dem Sinnbild der 'Sprache der Gesteine', das auf Analogien zwischen der Entschlüsselung von Informationen, die in Gesteinen und Landschaften gespeichert sind, und der Entschlüsselung von Sprachen basiert.

Der Erdwissenschaftskrimi

Gesteine, Landschaften oder die Morphologie der ganzen Erdoberfläche sind vorläufige Resultate langer Reihen mit- oder nacheinander ablaufender Prozesse. Will man verstehen, wie so ein Resultat, z. B. ein Gestein oder eine Landschaftsform, zustande kam, müssen möglichst alle involvierten Prozesse erkannt und in umgekehrter Reihenfolge abgewickelt werden. Das Vorgehen der Geologie ist somit vergleichbar mit der Kriminalistik, wo nicht Gestei-



Beispiel einer Rückwärtsabwicklung aller Ereignisse, die zur Entstehung des aktuellen geologischen Befundes (A) beigetragen haben; von jung (A) nach alt (E) :

A: Extensionstektonik (Auseinanderreißen der Erdkruste), die zur Entstehung von Absackungen führt; Erosion, Bildung eines Sees

B: Durchschlag von Magma und Entstehung eines Vulkans

C: Erosion

D: Überschiebung und Faltung von Sedimentschichten

E: Ablagerung von Sanden und darüber von Kalksedimenten in einem Meer.

ne oder Landschaften die Endresultate sind, sondern z. B. eine Leiche im Wald. Anhand von Detailbeobachtungen wie Lacksplittern oder den Entwicklungsstadien von Fliegenlarven in Wunden wird in der Kriminalistik Schritt für Schritt rückwärts abgerollt, wie und weshalb es zur Tat kam. Anstelle von Lacksplittern und Fliegenlarven führen in der Geologie z. B. ein versteinertes Fisch in einem Sedimentgestein, ein Granatkristall in einem Gneis oder eine Gesteinsfalte in einer Felswand auf die Fährte der Geschehnisse.

Die Anwendung eines investigativen, mit der Kriminalistik vergleichbaren Ansatzes ermöglicht es, einzelne, besonders aussagekräftige 'Spuren' exemplarisch zu verfolgen und deren Bedeutung für das Verständnis geologischer Prozesse zu erläutern. Dadurch wird deutlich, dass sich geologische Fragestellungen, so komplex sie auch sein mögen, in viele überschaubare und einzeln beantwortbare Teilfragen unterteilen lassen. Die Teilfragen werden durch Beobachtungen im Gelände, an Gesteinen und unter dem Mikroskop, durch Laborarbeit auf der Basis chemischer und physikalischer Methoden und über mathematische Modelle beantwortet. Dies ist vergleichbar mit der Kriminalistik, die Obduktionen durchführen lässt und die für Analysen und Modellrechnungen von forensischen Laboratorien unterstützt wird.

Die Schülerinnen und Schüler werden entdecken, welche Beobachtungen zielführend sein können und wie Labormethoden zur Klärung bestimmter Fragen eingesetzt werden können. Sie werden verstehen lernen, welche Informationen über exo- und endogene Prozesse in den Gesteinen und Morphologien stecken, und sie werden lernen, diese in der richtigen Reihenfolge zu lesen.

Es ist dabei spannend aufzuzeigen, dass auch Prozesse, die nicht direkt sicht- und erlebbar sind, auf allen Massstabsebenen zu Endresultaten führen, die sicht- und erlebbar sind: Kleinräumig deutet z. B. ein Granatkristall in einem Glimmerschiefer auf bestimmte Temperatur- und Druckverhältnisse bei seiner Entstehung hin und hilft dadurch, den unsichtbaren Weg des Gesteins vom ursprünglichen Tonschlamm am Meeresgrund bis zum heutigen Fundort in einer kristallinen Decke der Alpen zu rekonstruieren. Grossräumig markieren z. B. alte Gebirge wie der

Ural oder die Appalachen alte, längst inaktive Grenzen tektonischer Platten und helfen, heute unsichtbare, frühere Plattenkonstellationen zu rekonstruieren.

Wo möglich sollen – um beim Vergleich mit dem Kriminalfall zu bleiben – auch 'Tatmotive' wie z. B. der Motor der Plattentektonik ergründet werden, auch auf die Gefahr hin, dass Antworten unvollständig oder unbefriedigend bleiben. Auch Fragen, zu welchen noch keine gesicherte Antwort existiert, oder allgemein die Frage nach der Verfügbarkeit von Antworten in Anbetracht laufend verbesserter Methodik oder grundlegender Paradigmenwechsel sollen diskutiert werden.

Die Sprache der Gesteine

Als weitere Analogie zu Bekanntem wird jene der 'Sprache der Gesteine' eingeführt. Trotz hoher Komplexität im Detail gehen wir davon aus, dass das Verständnis einiger weniger, relativ einfacher, auch von Laien anwendbarer konzeptioneller Grundgedankengänge genügt, um im Grundsatz verstehen zu können, welche Informationen in Gesteinen gespeichert sind. Gesteine und Landschaften lassen sich somit einer Sprache ähnlich lesen. Wir möchten den Schülerinnen und Schülern zeigen, dass zumindest jene Teile dieser Sprache, die rein optisch entzifferbar sind, für jedermann, jederzeit und überall auf der Welt verständlich sind. Dabei hängt es nicht davon ab, ob man im Alpestein, am Rand des Grand Canyon, oder weniger spektakulär auf der Lägeren, dem Belchen, dem Randen oder dem Bantiger steht.

Das Problem mit der Konsequenz

Wir bemühen uns, sowohl den investigativen CSI-Ansatz wie auch die Entschlüsselung der Sprache der Gesteine als mehr oder minder linearen Weg darzustellen, der bei Beobachtungen beginnt und über verschiedene Fragestellungen, Messungen und/oder Analysen zur Erkenntnis und schliesslich zu Hypothesen und Theorien führt. Dies ist allerdings nicht auf konsequente Weise möglich, denn Wissensgenerierung ist auch ein Zusammenspiel aus bereits vorhandenem Wissen und neu dazu kommender Erkenntnis. Ohne vorhandenes Wissen kann diese nicht eingeordnet werden. Genau so verhält es sich auch mit der Aneignung

nung von Wissen durch Schülerinnen und Schüler. Auch hier müssen gelegentlich bereits etablierte Konzepte und Modelle als Basis dienen, selbst wenn es das primäre Ziel ist, den Weg zu diesen Konzepten und Modellen aufzuzeigen.

Modularer Aufbau und 'Steinbruch'

Es wird in der Praxis kaum möglich sein, den gesamten erdwissenschaftlichen Stoff der Sekundarstufe II auf solch aufwändige Weise zu vermitteln. Die Anzahl der Lektionen, die innerhalb des Geografieunterrichts für die Geologie zur Verfügung stehen, schwankt je nach Schule und Lehrperson zwischen einigen Wochen und einigen Monaten. Der modulare Aufbau des Lehrmittels und die Unterteilung in Basistext, Ergänzungen und – wo sinnvoll – auch Übungen innerhalb jedes Moduls, trägt diesen Rahmenbedingungen so weit wie möglich Rechnung, sodass es leicht möglich ist, auch nur einen Teil des angebotenen Stoffs zu nutzen.

Das Lehrmittel kann und soll von den Lehrpersonen als 'Steinbruch' verwendet werden, es kann auch nur Ideengeber für die eigene Unterrichtsgestaltung sein. Dafür stehen alle Abbildungen auch als eigenständige Dateien zur Verfügung. Hochformatige Ergänzungen eignen sich als zusätzliche Lektüre, querformatige Ergänzungen sind eher zur Projektion und Besprechung während des Unterrichtes gedacht.

Da die Formen der Wissensvermittlung so unterschiedlich sind wie die Ansprüche der einzelnen Lehrpersonen und

die Bedürfnisse ihrer Klassen, haben wir uns bewusst für die traditionelle Textform und gegen fixfertig verwendbare Unterrichtseinheiten entschieden. Dadurch können die Lehrpersonen selbst entscheiden, wie sie die Unterlagen nutzen wollen, ob sie diese wie ein Skript bzw. Lehrbuch verwenden wollen oder ob sie eigene Unterrichtsideen daraus entwickeln möchten.

In Rahmen von fünf Modulen werden grundlegende Konzepte und Vorgehensweisen der geologischen Forschung behandelt, wobei sich die Schülerinnen und Schüler 'kriminologisches' Gespür aneignen können. Übungen und Fallstudien geben ihnen dann die Möglichkeit, das Gelernte sowohl im Schulzimmer wie optimalerweise auch auf Exkursionen selbst anzuwenden. Dafür werden detaillierte Exkursionsführer in Form eines Netzes von Reiserouten, Stopps und Hintergrundinformationen zur Verfügung gestellt. In Abhängigkeit von Anfahrtsweg, Transportmittel, Zeitbudget und fachlichen Präferenzen können sich die Lehrpersonen daraus selbst eine passende Exkursionsroute zusammen stellen.

Zu Basismodul 1 bieten wir umfangreiche Lehrsammlungen an, welche die Mehrzahl jener Gesteine enthalten, die für das Verständnis der 'Sprache der Gesteine' eine zentrale Rolle spielen. Neben über 40 Demonstrationsobjekten enthält jede Sammlung 20 Sets à je 12 Stück der häufigsten und/oder wichtigsten Gesteine, sodass die Schülerinnen und Schüler in Gruppen selbst damit arbeiten können. Zu Basismodul 3 bieten wir eine Exkursion in die Laboratorien der Universität Bern an.

Module	
1	Sprache der Gesteine (optimal in Verbindung mit einer Lehrsammlung)
2	Schalenbau und Gesteinskreislauf
3	Methodik: Stratigrafie, Thermobarometrie, Chronologie, Seismik (inkl. Exk. Labors Uni Bern)
4	Plattentektonik, Materiekreislauf kont./oz. Kruste - Mantel
5	Alpengeologie: die Alpen als Teil des Alpidischen Orogens und der Mittelmeerregion
Lehrsammlung	
Übungen	
Exkursionsführer	

- Zu jedem Modul:
- Erläuterungen für Lehrpersonen
 - Basistext
 - Alle Abbildungen des Basistextes als einzelne Dateien
 - Ergänzungen