

Kreislauf der Gesteine

Steine, vor allem große Felsblöcke, vermitteln den Eindruck von Unzerstörbarkeit und Beständigkeit. Bezeichnen wir etwas als felsenfest oder steinhart, meinen wir oft, dass es allen Anstrengungen oder Widrigkeiten dauerhaft widersteht. Bei genauerer Betrachtung stellt sich aber rasch heraus, dass Steine keineswegs so starr und unveränderlich sind, wie der erste Eindruck glauben macht.



Spuren der Eiszeit in der Ostsee: abgeschliffene Granitfelsen

Auch Steine „leben“ nicht ewig

Beschäftigen Kinder sich mit Steinen, erleben sie sie zunächst als fest und unveränderlich. Selbst wenn sie sich bemühen, Steine zu spalten und zu zerkleinern, ändert das nichts an ihrer Meinung, dass ein Stein immer schon ein Stein war und auch immer einer bleiben wird. Allenfalls wird er nach der intensiven Bearbeitung mit dem Hammer oder anderen Steinen etwas kleiner. Erfahren Kinder, dass Steine sich auch ohne jedes Zutun von uns Menschen verändern, eröffnet sich eine neue Welt von Fragen: Wo kommen Steine her? Wer hat sie gemacht? Wie sahen sie aus, als sie noch klein waren? Was kann mit ihnen geschehen?

Plötzlich wird klar, dass selbst das vermeintlich Beständige eine Geschichte hat, die von Veränderungen, von merkwürdigen Zufällen und Wechselwirkungen erzählt. Steine sind zwar nicht lebendig wie Pflanzen und Tiere, dennoch sind auch sie auf eine bestimmte Weise entstanden, verändern sich im Lauf ihres „Lebens“ und sind irgendwann verschwunden...

Auch wenn es für unser Vorstellungsvermögen nicht leicht nachvollziehbar ist, unterliegen die Prozesse der Gesteinsbildung bis hin zur Formung ganzer Landschaften und Kontinente Stoffkreisläufen. Allerdings braucht das seine Zeit, denn geologische Zeiträume umfassen Tausende und Millionen von Jahren.



Nördliche Kalkalpen nahe der Zugspitze



Flyschberge und Moränenhügel im Voralpenland

Was eine Landschaft verrät

Jede Landschaft wird von den dort vorherrschenden Gesteinen geprägt. Die natürliche Entwicklung eines Geländes wird über längere Zeiträume vor allem von den Eigenschaften der jeweiligen Gesteine bestimmt: Schwer und langsam verwitternde Gesteine wie die meisten Granite und Basalte führen zu völlig anderen Landschaftsbildern als die leicht auswaschbaren jüngeren Kalksteine. Bereits die äußere Form von Hügelland und Gebirgszügen, Tälern und Ebenen kann einiges über die Entstehungsgeschichte einer Landschaft verraten.

Wer eine bestimmte Landschaft genau betrachtet, bemerkt Spuren von Verwitterung und Bodenbildung, den merkwürdigen Verlauf eines Bachs oder einen ungewöhnlich geformten Hügel. Natürliche und künstliche Aufschlüsse wie die Steilwand eines Flussufers, eine Schlucht, ein Wasserfall, ein Erdbeben oder der Bodenabtrag beim Bau einer Straße, die in einen Hügel geschnitten wurde, geben den Blick in untere Bodenschichten frei. Das entstandene Bodenprofil zeigt, welche Gesteine unter der Humusschicht und der darin wurzelnden Vegetationsdecke liegen. Ebenso die Lagerung, Festigkeit, Farbe und viele andere Eigenschaften der Gesteinsschichten.



Klamm in den Ötztaler Alpen



Verwitterte Granitblöcke im Bayerischen Wald



Wasserfall im Mittelgebirge



Nagelfluh-Aufschluss im Isartal bei München

Manchmal ist es aber gar nicht nötig, in die Tiefe zu graben, um etwas über das Skelett einer Landschaft zu erfahren. Schwer verwitterbare Gesteine wie Granit können im Laufe langjähriger Verwitterungsprozesse aus dem Boden geradezu herauswachsen und zeigen uns auf den ersten Blick, dass es sich um eine uralte massive Felslandschaft handelt, Reste eines ehemals mächtigen Gebirges. Landwirten und Waldbauern sind solche Felsen natürlich nicht willkommen, obwohl sie faszinierende Anblicke und wertvolle Lebensräume für Pflanzen und Tiere bieten.

Verwitterungsprozesse zählen zu den wichtigsten Vorgängen der Landschaftsbildung. Das Zusammenspiel physikalischer Verwitterung (Einwirkung von Temperaturunterschieden, Wasser und Frostsprengung) mit chemisch-biologischer Verwitterung (Oxidationsprozesse, Kohlensäureverwitterung, Besiedelung durch Bakterien, Pilze, Flechten und Moose) zermürbt, lockert und zerkleinert das Ausgangsgestein allmählich. Massenverlagerungen wie Steinschläge, Bergstürze und Rutschungen können das Bild einer Landschaft in kürzester Zeit drastisch verändern – von den Auswirkungen auf Menschen, Tiere und Pflanzen ganz abgesehen. Im Ergebnis führen solche Prozesse nicht nur zu neuen Materialablagerungen, sondern das Gestein wird dabei auch zerkleinert, verdichtet und bildet in Form von Blöcken und Trümmern, Kies und Sand das Ausgangsmaterial für spätere Gesteinsneubildungen.

In den meisten Fällen findet der Kreislauf der Gesteine aber auf weit weniger spektakuläre, ja auf nahezu unscheinbare Weise statt. Jeder Bachlauf transportiert

Gesteinsmaterial unterschiedlicher Körnung. Im Hochgebirge beginnt das bereits mit dem Transport von Gesteinsschutt auf der Oberfläche von Gletschern und setzt sich über Schmelzwasserrinnen und Gebirgsbäche bis in die Tallagen fort. Dabei kommt es ständig zur Sortierung nach Korngrößen, denn je nach Größe und Gewicht der Gesteins- und Sandkörner, nach Menge und Fließgeschwindigkeit des Wassers entstehen Kies- und Sandbänke immer wieder aufs Neue. Während große Felsblöcke meist nur abgeschliffen und poliert werden, werden kleinere Steine und kleinste Teilchen wie feiner Sand rasch und weit transportiert, umgelagert und geschichtet.



Schmelzwasserkanal eines Gletschers



Rippelmuster auf einer Feinsandablagerung

Selbstverständlich lassen sich keine präzisen und gesicherten Erkenntnisse gewinnen, wenn man eine bestimmte Landschaftsform lediglich betrachtet, aber darum geht es auch gar nicht. Wer mit Kindern im Gelände unterwegs ist, braucht kein geologisches Expertenwissen, sondern sollte – gemeinsam mit den Kindern – die Landschaft genießen, etwas über sie wissen und einige Fragen der Kinder beantworten können.

Magmatite, Sedimentite und Metamorphite

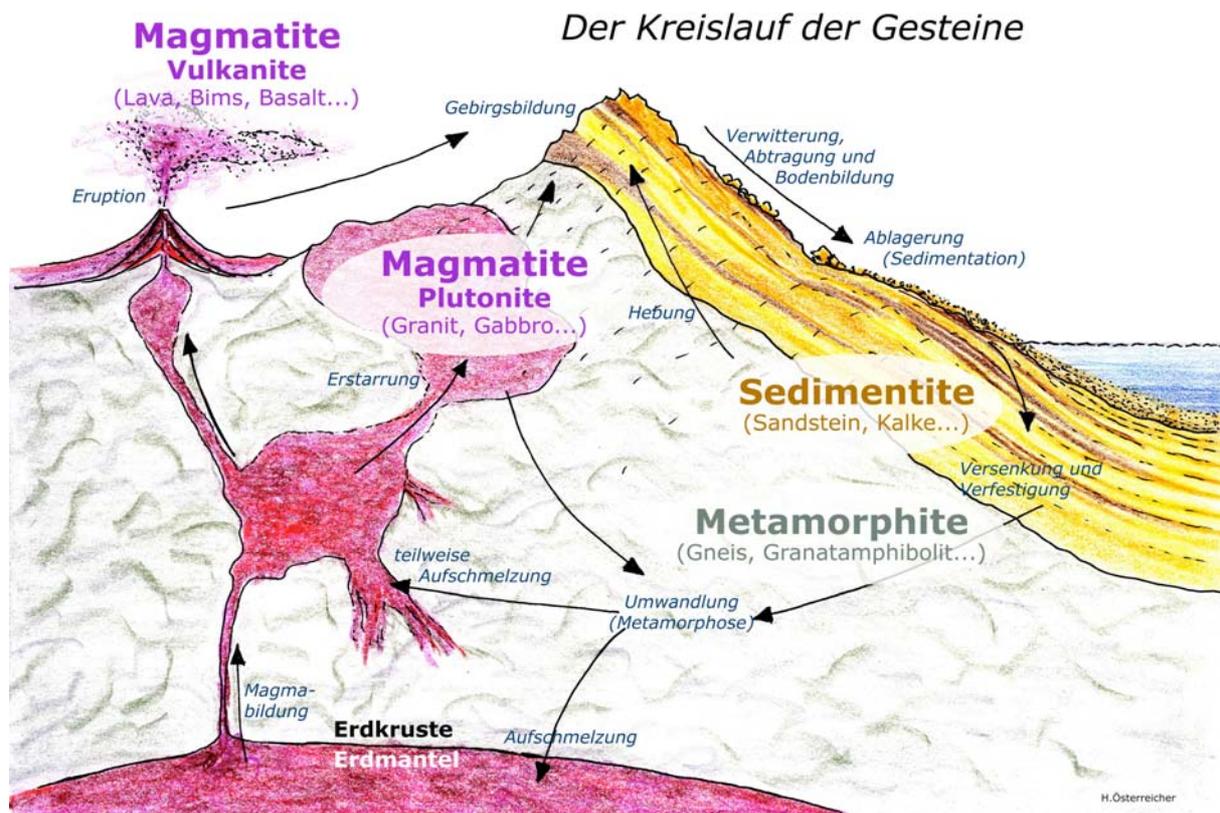
Das Vorkommen von Granit oder Kalk, Glimmerschiefer oder tonigem Lehm in einer Landschaft zeigt stets „nur“ eine Momentaufnahme, denn im Laufe der Jahrmillionen bewirkt der Kreislauf der Gesteine, dass aus einem bestimmten Gestein ein neues Gestein entstehen kann.¹ Dabei können sich sowohl die physikalischen als auch die chemischen Eigenschaften in vielfacher Weise verändern.

Die Geologie, heute ein Teilgebiet der umfangreichen Geowissenschaften, beschreibt diese Umwandlungsprozesse als Zyklus: Verwitterung und Erosion erzeugen Sedimente, aus denen sich verfestigte Sedimentite oder Sedimentgesteine bilden². Sinken Gesteine in größere Erdtiefen ab, bewirken der steigende Druck und die zunehmende Temperatur die

¹ In der Geologie wird das Ausgangsgestein auch als **Edukt**, das neu entstandene Gestein als **Produkt** bezeichnet.

² Prozess der sogenannten **Diagenese**

Umwandlung in Metamorphite oder metamorphe Gesteine, die bei weiterem Absinken in die Erdkruste schließlich aufschmelzen können. Das dadurch entstehende Magma kann wieder aufsteigen. Es erstarrt und kristallisiert dabei zu Magmatiten oder magmatischen Gesteinen. Je nachdem, ob es sich um einen eher langsamen Erstarrungsprozess innerhalb der Erdkruste oder um das Ergebnis eines Vulkanausbruchs und einen Erstarrungsprozess an der Erdoberfläche handelt, unterscheiden wir zwischen Plutoniten wie Granit und Vulkaniten wie Lavagestein, Basalt und Bims.



Kreislauf der Gesteine im Modell

Mit ein wenig Übung lassen sich bereits an einer spaltrauen Gesteinsfläche viele Hinweise finden, die bei der Bestimmung des Gesteins helfen. Die Farbe ist allerdings ein eher schlechter Ratgeber, weil bereits Spuren eines bestimmten Minerals zu großen Farbunterschieden führen können. Wichtiger ist stets die Struktur der Oberfläche, und man kann solche Strukturen in Form von Abrieben, Fotos oder Skizzen festhalten. In den nächsten Folgen der Serie werden die jeweiligen Bestimmungsmerkmale genauer vorgestellt.

Steine in Bewegung

Der Gesteinskreislauf als Prozess ständiger Bewegung und Veränderung von Gesteinen besteht auch aus einer Vielzahl kleinräumiger Phänomene, die manchmal recht kurios wirken, beispielsweise das Phänomen der wachsenden Steine. Gemeint sind damit nicht jene Gebilde aus Kalktuff³, die mancherorts bei karbonatreichem Wasser durch Ausfällung

³ Quelltuff

von Calcit „wachsen“, sondern es geht um den Prozess der Verlagerung von Steinen aus der Tiefe an die Oberfläche, dessen Ergebnis man auf Äckern oder Beetflächen beobachten kann, auf denen trotz Abrechens jedes Jahr neue Steine zu finden sind. Der Grund für dieses Phänomen, das zu den zahlreichen Formen der mechanischen Verwitterung gehört und nicht nur Kinder immer wieder fasziniert: Der Boden gefriert in strengen Wintern so tief, dass die Steine, die sich in den oberen Bodenschichten befinden, zur Gänze in der Frostschrift eingeschlossen sind. Während der Boden von oben her nach und nach festfriert, taut er von unten her auf, wenn es warm wird. Die Steine bleiben an ihrer Oberseite anfangs noch festgefroren, während sich an ihrer Unterseite durch den Auftauprozess Hohlräume bilden, in die Feinteilchen und kleine Steine hineinrutschen. Sobald die größeren Steine auch an ihrer Oberseite nicht mehr angefroren sind, hat sich der Platz unter ihnen bereits ein wenig angehoben, so dass sie nicht mehr in die ursprüngliche Lage zurückfallen können. Dieser Effekt ist so stark, dass ein Stein aus 20 Zentimeter Tiefe nach drei Wintern bereits an die Erdoberfläche gelangen kann.⁴ Während experimentelle Verfahren zur Untersuchung der Gesteinsentstehung sehr aufwändig sind, lassen sich die gegenläufigen Prozesse der Verwitterung leichter nachstellen, und das dahinter stehende Prinzip ist gut zu verstehen: Wasser sickert in kleine Risse des Gesteins, gefriert, dehnt es sich aus und entwickelt dabei so viel Kraft, dass sich die Risse weiten und ganze Felsbrocken zersprengt werden können. Dies spielt bei der Verwitterung von Gestein, bei der ständig eine Vielzahl kleiner und kleinster Bestandteile des Bodens entsteht, eine große Rolle.

Kürzlich machten wir einen solchen Versuch mit Ziegelsteinen. Zwei unterschiedliche Mauerziegel wurden zunächst in Dosen gelegt und vollständig mit Wasser bedeckt. Nachdem sich die Steine über Nacht vollgesogen hatten, nahmen wir sie aus dem Wasser und legten sie eine weitere Nacht ins Gefrierfach des Kühlschranks. Am Tag darauf ließen wir sie in den geschlossenen Dosen bei Zimmertemperatur auftauen und waren gespannt, ob die Frostaktion die Steine verändert hatte.⁵

Um es kurz zu machen: Unsere Ziegelsteine, der relativ leicht gebrannte Lochziegel und erst recht der Klinkerziegel, hatten die Prozedur nahezu unverändert überstanden. Zunächst war das eine Enttäuschung, denn manche Kinder hatten vermutet, die Steine könnten explosionsartig zerplatzt sein, wie eine mit Flüssigkeit gefüllte Flasche, die eingefroren war. Dann stellte sich Erleichterung ein, denn – so die einhellige Meinung aller



⁴ Vgl. Wittmann: Physik in Wald und Flur. Beobachtungen und Gedanken eines Physikers in der freien Natur. Alis Verlag Deubner, München 2000

⁵ Vgl. Allaby: Spannendes Wissen über Klima und Wetter. Christian Verlag, München 2000

Beteiligten – es war gut zu wissen, dass Häuser aus Ziegelsteinen offenbar viel aushalten können. Der Frage, wie Bims- und Lavasteine auf ein solches Experiment reagieren, werden wir noch nachgehen...

Auch Landmassen bewegen sich...

Die meisten natürlichen Prozesse laufen relativ langsam ab und stellen jede ungeduldige Erwartung auf eine harte Probe. Nicht wenige dieser Vorgänge – von der Bodenbildung über Gesteins- und Gebirgsbildungsprozesse bis hin zur Entwicklung bestimmter Pflanzengesellschaften – erstrecken sich über Zeiträume, die weit außerhalb menschlicher Zeitmaße liegen.

Werden solche Fragen in der Arbeit mit Kindern aufgeworfen, geschieht etwas, das Erwachsene immer wieder verblüfft: Obwohl der einzelne Stein nichts von seiner



Erosionsspuren im Gebirge

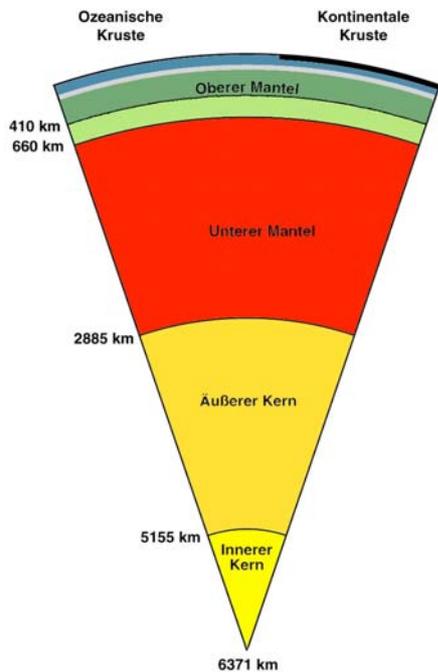
Geschichte zu verraten scheint und die Wiese, die sich vor den Augen ausbreitet, so wirkt, als wäre sie immer schon da und würde in allen kommenden Jahren ebenso aussehen, obwohl also jede denkbare Veränderung oder Entwicklung ausschließlich in der Fantasie zustande kommen kann, stürzen Kinder sich geradezu in die Welt der Vorstellung. Tiere und Pflanzen erdgeschichtlich früherer Epochen, Überlegungen zu dem, was in ferner Zukunft sein könnte, Fragen nach der Herkunft eines Felsens und der Entstehung eines Meeres sind Themen, die – vom Erwachsenen kaum angestoßen – Kinder lange und gründlich beschäftigen. Auch die Bewegung der Kontinente, in der Plattentektonik beschrieben, ist eines jener Themen, die Kinder interessant finden. Dass es sich dabei um höchst komplizierte und enorm langsam verlaufende Prozesse handelt, ändert nichts an deren Faszination.

Plattentektonik

Wichtiges hypothetisches Modell zur Erklärung der Verschiebung und Gestaltänderung der Kontinente nach Alfred Wegener, der in seinem 1913 veröffentlichten Werk „Von der Entstehung der Kontinente und Ozeane“ davon ausging, dass sich die Kontinentalplatten frei auf einer zähflüssigen Masse im Inneren des Erdmantels bewegen.

Der Ursprung der Gesteine ist in der Erdkruste zu suchen, die bis etwa 40 Kilometer mächtige äußere Schicht der Erde. Hier entstehen und vergehen die Gesteine im Laufe von Jahrmillionen. Angetrieben durch Bewegungen im darunter liegenden Erdmantel und den

plattentektonischen Prozessen in der Erdkruste, stehen alle Gesteinsgruppen im Kreislauf der Gesteine miteinander in Verbindung. Diese Erkenntnis ist eine der wichtigsten Folgerungen, die sich aus der Theorie Alfred Wegeners ergeben. Denn dort, wo die Kontinentalplatten auseinanderdriften, drängt flüssiges Magma nach oben, woraus sich



Aufbau der Erde

immer wieder neue Magmatite bilden, während an anderen Stellen Plattenteile nach unten gedrückt und dabei aufgeschmolzen werden.

Als Alfred Wegener am 6. Januar 1912 – also vor 100 Jahren – seine Idee einem wissenschaftlichen Publikum vorstellte, stieß er allerdings auf massive Ablehnung. Nicht nur, dass er Meteorologe und kein renommierter Geologe war, sondern insbesondere die Tatsache, dass er für die Ursache der Bewegung der Kontinente noch keine ausreichende Erklärung hatte, führte dazu, dass die Theorie zunächst verworfen wurde. Der eigentliche Auslöser, der Wegener auf seine Idee gebracht hatte, erschien den Gelehrten ohnehin höchst unwissenschaftlich: Wegener hatte beim Betrachten eines Weltatlases zufällig bemerkt, dass die Umrisse von Südamerika und Afrika so gut zusammenpassten, als ob sie einmal miteinander verbunden gewesen wären.

Den Durchbruch seiner Theorie erlebte Wegener nicht mehr. Dazu kam es erst in den 1950er Jahren, als Tiefseemessungen bewiesen, dass sich der Meeresboden tatsächlich ständig neu bildet und die einzelnen Kontinente auseinanderdrückt. Heute wissen wir nicht nur, dass es vor 250 Millionen Jahren tatsächlich einen Urkontinent⁶ gab, sondern dass auch diese riesige Landmasse lediglich ein Zwischenstadium darstellte und es zuvor bereits andere Kontinente gegeben hatte. Mit der Theorie der Plattentektonik lassen sich auch Gebirgsbildung, Vulkanismus, Erdbeben sowie viele andere Vorgänge erklären und damit alle wichtigen geologischen Phänomene. Vor allem aber wissen Geophysiker heute, dass die Ursachen der Bewegung der Kontinentalplatten tief im Erdinneren liegen und in den gewaltigen Temperaturunterschieden zwischen den einzelnen Schichten zu suchen sind. Dennoch bleiben noch viele Fragen offen – für die geowissenschaftliche Forschung ebenso wie für interessierte Kinder.

Dieses und weitere Portraits einzelner Gesteine, die gerade auch für Kinder interessant sind, sind Teile einer Serie, die ab Januar 2012 in der Zeitschrift „Betrifft KINDER“ veröffentlicht wurde (<http://www.verlagdasnetz.de>).

Zitiervorschlag:

Österreicher, Herbert: Portraits von Gesteinen – Kreislauf der Gesteine. In: www.kinderfreiland.de. Datum des Zugriffs dd.mm.jjjj

⁶ Pangäa