

Grundlagen der Sprache der Gesteine

1 Von Archiven und einer Sprache

1.1 Die Erdkruste, das Archiv der Geologie

Wieso gibt es so viele verschiedene Gesteine?

Wie entstehen Kontinente und Ozeane, Gebirge, Inseln, Seen und Flüsse?

Wie sieht es im Erdinneren aus?

Solche Fragen haben vor ca. 250 Jahren zur Entstehung der Geologie als eigenständige wissenschaftliche Disziplin geführt. Ging es zu Beginn vor allem darum, die Entstehung von Kontinenten und Ozeanen ausserhalb von biblisch geprägten Weltbildern zu erklären und Ordnung in die Vielfalt der Gesteine zu bringen, so versucht die Geologie heute ganz gezielt, über das Verständnis der Gesteine jene Prozesse zu verstehen, die zum aktuellen Erscheinungsbild der Erde führen. Sie fragt sich auch, welche Energiequellen diese Prozesse antreiben.

Dabei wird deutlich, dass es zwei grosse Gruppen von Prozessen gibt, welche die äusserste Schale der Erde, die Erdkruste, formen. Von Innen her wird die Erdkruste durch langsame, mächtige Flüsse heisser Materie bewegt, wobei sich auf der Erdoberfläche Ozeane öffnen und schliessen, Kontinente miteinander kollidieren und Gebirge entstehen. Die Energiequelle für diese sogenannten **endogenen Prozesse** ist die Wärme im Erdinneren. Gleichzeitig ist die Oberfläche der Erdkruste Niederschlägen, Hitze, Kälte, fließendem Wasser und Wind ausgesetzt, welche Unebenheiten wie Gebirge abtragen und einebnen. Diese sogenannten **exogenen Prozesse** werden durch die Schwerkraft sowie durch das Wettergeschehen bestimmt, dessen Energiequelle die Sonne ist. Was wir heute als Erdoberfläche

kennen, ist also das Resultat einer Vielzahl von Prozessen, welche in der Vergangenheit gewirkt haben und welche in der Zukunft weiterhin wirken werden, sodass sich Erdkruste und Erdoberfläche stetig wandelten und sich auch weiter wandeln werden.

Wie kann die Geologie das wissen?

Wie kann sie in die Vergangenheit blicken und sogar Voraussagen für die Zukunft machen?

Jeder Prozess hinterlässt Spuren in der Erdkruste. Ein Teil dieser Spuren wird später wieder verwischt, ein anderer Teil jedoch bleibt erhalten und bildet ein umfangreiches, natürliches Archiv. So sammeln sich zum Beispiel die Schalen toter Meeresorganismen am Meeresgrund und bilden Schichten aus Kalkstein. Bei der Kollision von Kontinenten können solche Kalksteinschichten zu Gebirgen aufgefaltet werden. Die Schalen sind somit Zeugen früherer Organismen und der Existenz früherer Meere, die Falten im Kalkstein sind Zeugen einer Gebirgsbildung.

Was für die Geschichtswissenschaften Bibliotheken mit alten Schriften sind, ist für die Geologie also die Erdkruste mit allem, was sich darin und darauf befindet, von Gesteinsarten über Falten im Gestein, von Geländeformen (Morphologien) bis zu Fossilien, von Gasblasen in Gletschereis und der Zusammensetzung des Kalks in Korallen bis zu Pollen in Mooren oder Jahrringen von Baumstämmen (Abb. 1). Dies alles sind nicht nur die Produkte jener Prozesse, die sie geschaffen haben, sie enthalten auch eine Fülle von Informationen über diese Prozesse selbst. Die Geschichte der Erde ist mit all ihren Facetten von der frühesten Bildung von Kontinenten und Meeren bis hin zur Entstehung der Atmosphäre, von der Entwicklung erster Lebensformen bis zur Gestaltung der heutigen Erdober-

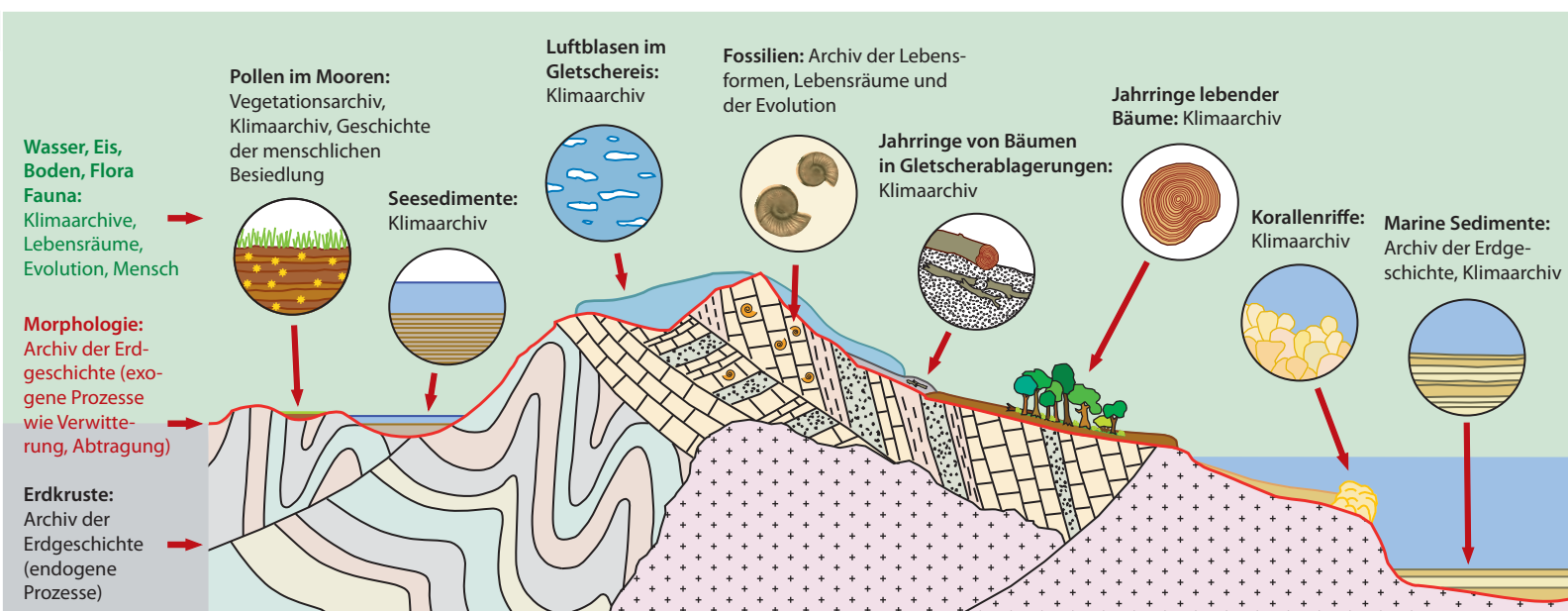


Abb. 1: Neben der Erdkruste und deren Morphologie existieren auch andere Archive wie Wasser, Eis, Boden, Flora und Fauna.

fläche, und von der Entstehung von Gebirgen bis zur Entwicklung des Klimas darin archiviert.

Da geologische Prozesse mit wenigen Ausnahmen im Verborgenen und / oder sehr langsam ablaufen, entziehen sie sich den menschlichen Sinneswahrnehmung weitgehend und können nur in Ausnahmefällen direkt beobachtet werden, zum Beispiel bei Vulkanausbrüchen, Erdbeben oder Bergstürzen. Das „Geoarchiv“ in und auf der Erdkruste ist deshalb der einzige verlässliche Zugang der Geologie zur Geschichte der Erde.

Sie macht sich dieses Archiv zunutze, in dem sie die Gesteine mit verschiedenen Methoden untersucht, um Rückschlüsse auf deren Entstehungsprozesse und -bedingungen zu ziehen. Dadurch hat sie gelernt, die Spuren von Prozessen in den Gesteinen einer Sprache gleich zu lesen. Die meisten Gesteine lassen sich ohne viel Aufwand auf der Erdoberfläche finden. Wo dies nicht möglich ist, kann gebohrt werden oder die Erdkruste wird mit physikalischen Methoden „durchleuchtet“.

Wir wollen nun selbst in diesem Archiv graben und sehen, ob es uns gelingt, ihm seine Geschichten zu entlocken. Dafür müssen wir lernen, einige grundlegende Elemente der *Sprache der Gesteine* zu nutzen.

1.2 Die Sprache der Gesteine

Zentrales Element der geologischen Forschung ist die Entzifferung der Sprache der Gesteine. Die Anordnung von Gesteinen im Gelände, deren Zusammensetzungen, Gefüge und Strukturen sind charakteristische Merkmale oder *Sprachelemente*, die einzeln oder in Kombination miteinander eine bestimmte Bedeutung haben, vergleichbar mit Buchstaben oder Worten. Um die Sprache der Gestei-

ne zu verstehen, muss jedes Sprachelement einzeln entziffert werden. Dabei gilt es herauszufinden, welche Prozesse zu seiner Entstehung geführt haben. Ist dies gelungen, kann jedes beliebige Gestein nach Sprachelementen abgesucht und diese den entsprechenden Prozessen zugeordnet werden (Abb. 2). So erzählt uns das Gestein seine Entstehungsgeschichte, oft bruchstückhaft, manchmal jedoch auch vollständig.

Im Fall gut sichtbarer Sprachelemente gelingt die Entzifferung oft bereits von Auge, mit einer Lupe oder mit einem optischen Mikroskop. Die Schale eines Meerestieres z. B. ist leicht als solche zu erkennen. Je kleiner oder versteckter jedoch die Sprachelemente in einem Gestein sind, und je detaillierter deren Entstehungsprozesse erforscht werden sollen, desto eher müssen zusätzlich Labormethoden wie elektronische Mikroskope, chemische Analysen, Messungen, Experimente, Berechnungen und Modellierungen hinzugezogen werden. Manchmal ist die Nutzung von Labormethoden sogar die einzige Möglichkeit, um ein Sprachelement zu verstehen, z. B. wenn man herausfinden will, in welcher Tiefe in der Erdkruste ein Gestein entstanden ist.

Oft führt erst die Kombination von klein- und grossräumigen Beobachtungen sowie von Labormethoden zu einem eindeutigen Ergebnis (Abb. 3). Was von Auge meist gut erkennbar ist wie die Bestandteile der Gesteine, deren räumliche Anordnung (Gefüge) sowie Spuren von Verformung (Strukturen), kann am besten an etwa faustgrossen Gesteinsstücken, sogenannten „Handstücken“ beobachtet werden. Wer jedoch wissen will, ob sich solche Beobachtungen auch andernorts bestätigen lassen, muss grossräumiger im Gelände beobachten.

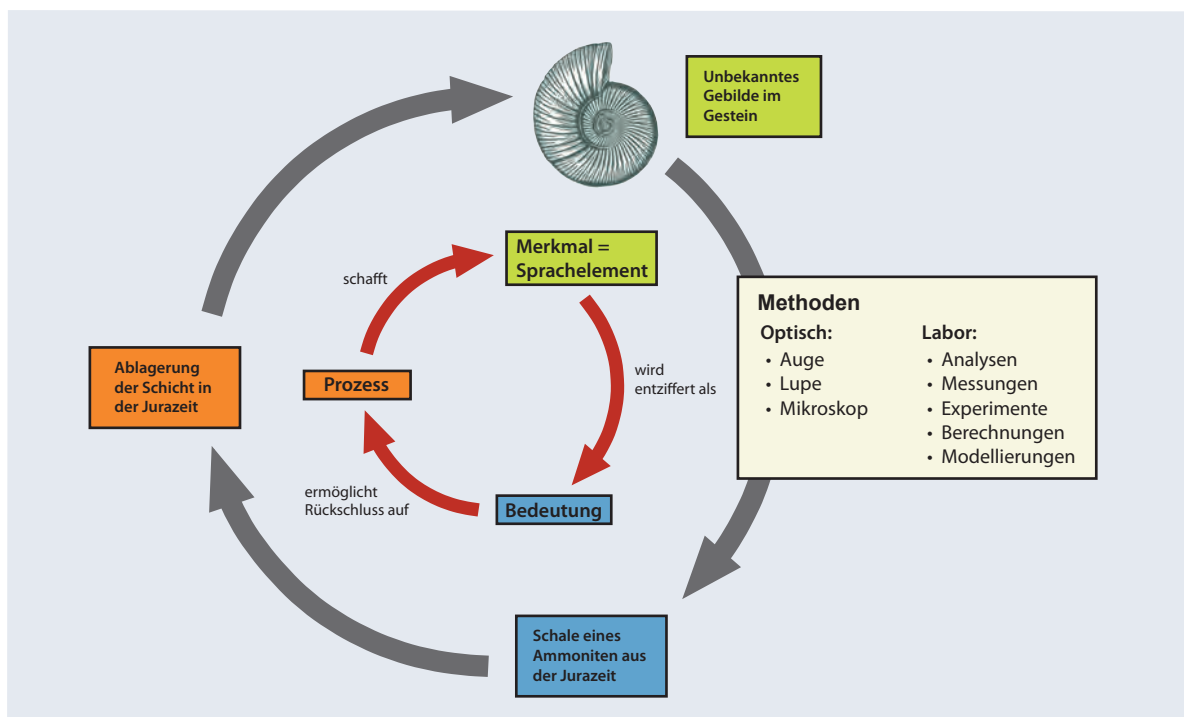


Abb. 2: Entzifferung und Zuordnung von Sprachelementen. Rot: allgemein; grau: beispielhaft.

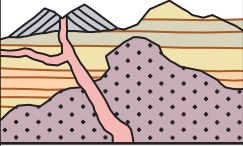









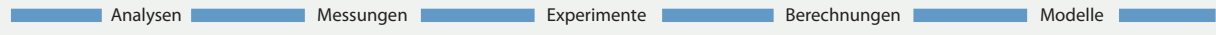
Grundelemente der Sprache der Gesteine	Bestandteile der Gesteine	Gefüge der Gesteine		Grösse, Form, gegenseitige Beziehung der Gesteinskörper	Verformung / Strukturen
		Grösse, Form, gegenseitige Beziehung der Bestandteile	Räumliche Anordnung der Bestandteile		
grossräumig (Felswand, Berg, ganze Landschaft)					
kleinräumig ("Handstück")					
Mikrobereich (Dünnschliff)					
Labor					

Abb. 3: Die Grundelemente der Sprache der Gesteine und ihre Beobachtungsmöglichkeiten. Dünnschliffe sind 30 Mikrometer dünne Plättchen, die aus dem Gestein herausgesägt und unter dem optischen Mikroskop untersucht werden.

Die Entzifferung der Sprache der Gesteine beschränkt sich also nicht auf das, was der Volksmund unter „einem Stein“ versteht – von faustgross bis zu Felsbrocken –, sie bezieht sich vielmehr auf ganze Landschaften und deren geologische Bedeutung, vom Sandkorn bis zu einem ganzen Berg. Viele Elemente der Sprache der Gesteine sind mit etwas Übung selbsterklärend, jedoch bei weitem nicht alle. Oft steckt jahrelange Forschung hinter einem vermeintlich einfachen Element dieser Sprache. Und wie in jeder Sprache gibt es dabei auch Unschärfen und Missverständnisse.

Die Sprache der Gesteine wird häufig selektiv gelesen, da die Geologie aus verschiedenen spezialisierten Teildisziplinen besteht. Aus einer Felswand aus Kalkstein versucht der Sedimentologe herauszulesen, unter welchen klimatischen Bedingungen oder in welcher Wassertiefe einzelne Gesteinsschichten abgelagert wurden, die Paläontologin interessiert sich für die Organismen, die einst dort gelebt haben, für deren Lebensräume und evolutionäre Entwicklung. Der Strukturgeologe sucht nach Spuren von Verformung im Gestein, um zu verstehen, wie das Kalkgestein aus einem Urmeer bis in die Alpen gelangen konnte. Eine Ingenieurgeologin hingegen würde sich vor allem für die physikalischen Eigenschaften der Gesteine interessieren, um deren Stabilität abzuschätzen, denn sie müsste möglicherweise die Frage beantworten, ob der Bau einer Strasse mit Tunnels und Brücken entlang dieser Felswand realisierbar wäre.

1.3 Die Vielfalt der Gesteine

Es gibt eine Vielzahl von Prozessen in und auf der Erdkruste, die unter einer noch grösseren Vielzahl von physikalischen und chemischen Rahmenbedingungen zur Bildung

von Gesteinen führen. Wenn Gesteine die Zeugen jener Prozesse sind, durch die sie entstanden sind, müssen sie demnach äusserst variantenreich sein. Dies findet auch Ausdruck in ihrer weit gefassten Definition:

Ein Gestein ist auf natürlichem Weg entstanden und besteht aus einem oder verschiedenen Mineralen und / oder Gläsern und / oder aus Rückständen von Organismen und / oder aus Bruchstücken von aufgearbeiteten Gesteinen.

Im Lauf der Beschäftigung mit den Gesteinen werden wir deren Bestandteile näher kennen lernen.

Was sollte man nun aber anfangen mit all diesen Gesteinen, in welchen zwar Grundzüge einer gewissen Ordnung zu erkennen sind, die sich in ihrer Vielfalt jedoch kaum erfassen lassen? Alleine schon vom Gestein „Granit“ gibt es unzählige Varianten. Ist das alles dasselbe, sind also alle diese ähnlichen Gesteine auf dieselbe Weise entstanden oder steht jedes einzelne für einen eigenen Entstehungsprozess? Oder gibt es etwa ganze Gesteinsgruppen, die denselben Prozessen zugeordnet werden können und wenn ja, wie kann man diese unterteilen? Wo sollte man abgrenzen, wo zusammenfassen? Und im Übergang zur Biosphäre: was ist noch Gestein und was nicht mehr?

So oder ähnlich mögen die Fragen gelautet haben, mit welchen sich die frühen Naturforscher beschäftigten, als sie begannen, Ordnung zu schaffen. Im Grundsatz sind es dieselben Fragen, die wir uns auch heute zu Beginn der Auseinandersetzung mit den Gesteinen stellen. Die Sprache der Gesteine hilft uns, Ordnung in diesen Variantenreichtum zu bringen, und Ordnung ist die Grundlage für das Verständnis von Zusammenhängen.