

# 2 Gesteine: Grundlagen

**Gesteine** sind das Material aus dem Kruste und Mantel der festen Erde bestehen. Sie bilden **geologische Einheiten** in den Größenordnungsbereichen von Kubikzentimetern bis hin zu großräumigen Anteilen ganzer Gebirge oder des regionalen Untergrunds. Gesteine sind **Gemenge von mehreren Mineralarten**, im Einzelfall auch aus nur einem Mineral oder noch seltener aus natürlichem Glas. Gesteine können extrem unterschiedliche Festigkeit und Zusammenhalt haben.

Die einzelnen Gesteine sind durch ihren Mineralbestand und durch Gestalt und Verteilung ihrer Bestandteile geprägt. Der **Mineralbestand** ist die Gesamtmenge der das Gestein zusammensetzenden Mineralarten. Der vollständige Mineralbestand ist Ausdruck der chemischen Zusammensetzung des Gesteins. Beispiele für Minerale sind Quarz oder Feldspäte. In manchen Zusammenhängen ist es sinnvoll, statt von Mineralen von Phasen zu sprechen. **Phasen** im Zusammenhang mit Gesteinszusammensetzungen sind physikalisch unterschiedliche Komponenten, die mechanisch voneinander abgesetzt oder abtrennbar sind. In diesem Sinne sind die Kristalle einer Mineralart zusammen eine Phase des jeweiligen Gesteins. Auch Glas oder Fluide sind mögliche Phasen von Gesteinen. In Magmen bildet die Schmelze eine Phase.

Merkmale der Gestalt und Verteilung der Gesteinsbestandteile werden – abhängig von der Zugehörigkeit zu einer der in Abschn. 2.1 erläuterten Gesteinsgruppen – mit z. T. uneinheitlicher Bedeutung unter den Begriffen **Gefüge**, **Struktur** und **Textur** beschrieben. Hierzu gehören Form, Größe und Anordnung der Minerale und anderer Gesteinsbestandteile wie auch die Gliederung des Gesteins. Andere Gesteinsbestandteile oder Arten der Gliederung sind z. B. Glas, Hohlräume, Klüfte, Fossilreste, Schichtung und enthaltene Fragmente anderer Gesteine.

**Klüfte** sind Trennfugen, die alle ausreichend festen Gesteine durchschneiden. Oft bestimmen sie weitgehend deren mechanische Teilbarkeit. Die Bezeichnungen Gefüge, Struktur und Textur haben für die einzelnen in Abschn. 2.1 charakterisierten Gesteinsgruppen z. T. unterschiedliche Bedeutung. Sie werden daher in den Abschnitten 5.4, 6.1 und 7.1 gesondert erläutert. Eine zusätzliche Gefahr der Verwirrung besteht darin, dass englisch *texture* ungefähr die Bedeutung des deutschen Begriffs Struktur hat.

Abgesehen von den direkt beobachtbaren Eigenschaften hat jedes Gestein ein **Alter**. Wenn auch Gesteinsalter mit makroskopischen Methoden nicht messbar sind, so zeigen doch Lagerungsverhältnisse Altersbeziehungen an. In ungestörter Abfolge vorkommendes Sedimentgestein ist jünger als das Unterlagernde. Zwischen Unterlage und Überlagerung kann eine weite Zeitlücke bestehen. Abb. 2.1 zeigt im unteren Teil geschichtete Sedimentgesteine, die bei einer Gebirgsbildung (Kaledonische Orogenese) steilgestellt und anschließend durch Erosion eingeebnet und später von jüngeren Sedimenten überlagert wurden. Gesteine und Gesteinsabfolgen sind erdgeschichtliche Zeugnisse aus der Tiefe der Zeit. In der Abb. 2.1 repräsentiert die Unstetigkeitsfläche (Diskordanz) eine Zeit, die ausreichte, um wesentliche Anteile des zuvor entstandenen Kaledonischen Gebirges einzuebnen. Abb. 7.2 zeigt ein Gestein, dessen Geschichte mit der Ablagerung von Sand und Ton vor knapp 1,9 Milliarden Jahren begann.

## 2.1 Gesteinsgruppen

Zum Verständnis der nachfolgenden Beschreibungen der gesteinsbildenden Minerale (Abschn.

**Abb. 2.1** Überlagerung steil einfallender, durch Erosion gekappter Grauwackeschichten des Ordovizium durch geschichteten, roten Sandstein des oberen Old Red (Devon). Siccar Point südöstlich Edinburgh, schottische Nordseeküste.

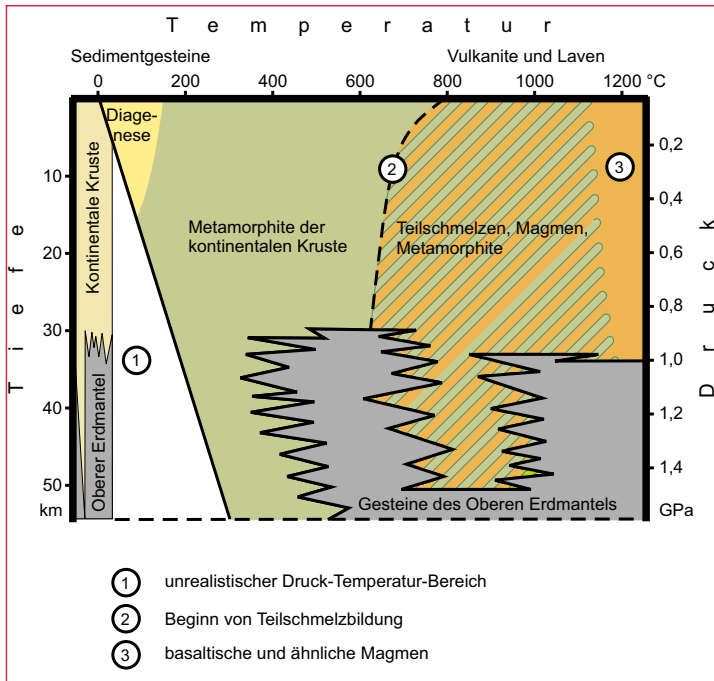


3.2) ist es notwendig, schon hier, vor der Behandlung der Gesteine im Einzelnen, einen einleitenden Überblick zu geben. Ausgehend von der Entstehungsweise lassen sich die meisten Gesteine einer der vier Gesteinsgruppen zuordnen: Sedimentite, Magmatite, Metamorphite und Erdmantelgesteine (Abb. 2.2).

**Sedimentgesteine (Sedimentite)** sind Gesteine, die an der Erdoberfläche als Folge der Verwitterung älterer Gesteine nach Umlagerung derer Komponenten entstehen. Im einfachsten Fall werden durch Verwitterung freigesetzte Gesteinspartikel nach mechanischem Transport wieder abgesetzt. Solche Partikel werden als **detritische Körner** oder als **Detritus** bezeichnet. Vor der Sedimentation kommt es zumeist zur Sortierung der Komponenten z. B. nach Korngröße und Verwitterungsresistenz. Andererseits ist Vermengung von Material verschiedener Herkunft üblich. Insgesamt ergibt sich eine besondere Vielfalt der Zusammensetzungen von Sedimentgesteinen. Zu den Sedimentgesteinen gehören auch an der Erdoberfläche entstandene Ansammlungen organischen Materials und andere von Organismen gebildete Gesteine. Sedimentverändernde Prozesse ohne oder unter nur mäßiger Temperatur- und/oder Druckerhöhung wie Kompaktion und Verfestigung des ursprünglich lockeren Materials werden unter dem Begriff **Diagenese** zusammengefasst. Diagenetische Prozesse können gleich nach der Sedimentation, noch an der Erdoberfläche einsetzen. Überwie-

gend finden sie jedoch im Zuge fortschreitender Überlagerung in einiger Tiefe statt. Höchsttemperaturen der Diagenese liegen ohne verbindliche Festlegung bei  $150 \pm 50^\circ\text{C}$ . Gesteinsveränderungen bei höheren Temperaturen werden zur Gesteinsmetamorphose gerechnet. Bei der diagenetischen Verfestigung spielt Neubildung (Authigenese) von Mineralen *in situ* im **Porenraum** die wesentliche Rolle. Man spricht in diesem Zusammenhang von **authigenen Mineralen**. Diese können die Funktion von **Bindemittel** im ursprünglich lockeren Sediment übernehmen. Sedimentgesteine sind häufig, jedoch keinesfalls immer geschichtet. Das Wesen sedimentärer **Schichtung** liegt in der Übereinanderfolge von gewöhnlich plattigen (schichtförmigen) Gesteinskörpern, die sich in irgendeiner Weise voneinander unterscheiden. Am häufigsten und auffälligsten sind Unterschiede der Farben oder Zusammensetzungen.

**Magmatische Gesteine (Magmatite)** entstehen durch Abkühlung und Kristallisation oder zumindest Erstarrung von aus dem Oberen Erdmantel oder der tieferen Kruste stammendem Magma. **Magmen** sind heiße, fließfähige Stoffsysteme, die immer maßgeblich, jedoch selten vollständig aus Schmelze bestehen. Bei der Erstarrung von Magma im Zuge der Abkühlung auf oder nahe der Erdoberfläche entstehen vulkanische Gesteine = **Vulkanite**. Oberflächlich ausfließendes, gewöhnlich teilentgastetes Magma wird als **Lava** bezeichnet, in nicht ganz un-



**Abb. 2.2** Schematische Darstellung der Bildungsbereiche der wesentlichen Gesteinsgruppen in Abhängigkeit von Druck und Temperatur. Der Druck ist von der Versenkungstiefe abhängig. Gesteine des Oberen Erdmantels (grau) unterliegen ähnlich wie die durch bunte Farben repräsentierte Gesteine der kontinentalen Kruste Metamorphose und Teilaufschmelzung, allerdings wegen schwerer schmelzbarer Zusammensetzung bei höheren Temperaturen. Gesteine der ozeanischen Kruste können durch gebirgsbildende Prozesse Bestandteil der kontinentalen Kruste werden. (Digitale Ausführung: Fiona Reiser)

problematischem Sprachgebrauch oft auch der durch Erstarrung daraus entstandene Vulkanit. Durch Ausfließen von Lava an der Erdoberfläche hervorgegangene Vulkanite sind **effusiv** bzw. Effusiva. Bei Steckenbleiben und Abkühlung von Magma in Tiefen im Größenordnungsbereich von Kilometern bilden sich sog. Tiefengesteine, die besser als plutonische Gesteine oder **Plutonite** zu bezeichnen sind (viele Metamorphite entstehen in ähnlichen Tiefen). Die entsprechenden Magmenkörper heißen Plutone. Plutonite und andere durch Eindringen von Magma in schon vorhandenes Gestein entstandene Magmatitkörper heißen **intrusiv** bzw. Intrusionen.

Magmen unterliegen in vielen Fällen Differenzierungsprozessen. Die Folge ist eine gerichtete chemische Entwicklung des jeweils noch nicht auskristallisierten (Rest-)Magmas. Daraus resultiert die zeitlich oder räumlich gestaffelte Bildung verschiedener, miteinander jedoch verwandter und benachbarter Gesteine, die alle aus einem gemeinsamen Ausgangsmagma herzuleiten sind. Sie sind **Differentiate** des gemeinsamen Ausgangsmagmas. Übliche Differenzierungsfolgen sind eine Zunahme von  $\text{SiO}_2$  und der Alkalien und eine Verschiebung des Verhältnisses  $\text{Mg}/\text{Fe}$

zu Lasten von Mg. Im Zuge der Differenzierung kann es gegen Ende der Auskristallisation von Plutonen mit absinkender Temperatur zu einer Anreicherung von  $\text{H}_2\text{O}$ -reicher fluider Phase im Restmagma kommen. Der hohe Anteil von im Magma gelöstem Wasser bewirkt eine Erniedrigung der Kristallisationstemperaturen, mit gleichzeitiger Tendenz zu Grobkörnigkeit. Ursache hierfür ist eine durch den hohen  $\text{H}_2\text{O}$ -Gehalt bedingte, stark gesteigerte Mobilität der Atome bzw. Ionen, durch die das Wachstum schon vorhandener Kristalle gegenüber der Neubildung von Kristallisationskeimen begünstigt wird. Die resultierenden, grob- bis riesenkörnigen Gesteine werden als **Pegmatite** bezeichnet. Am häufigsten sind Pegmatite mit granitischer Zusammensetzung. An das pegmatitische Stadium (ca. 700–550 °C) kann sich bei ausreichender Aktivität von Restfluiden ein **pneumatolytisches Stadium** anschließen (ca. 550–374 °C). Hierbei kommt es durch Einwirkung ionenreicher fluider Phase zu Mineralneubildungen und Reaktionen mit dem vorhandenen Mineralbestand.

Eine Zwischenstellung zwischen magmatischen und sedimentären Gesteinen nehmen **Pyroklastite** ein. Hierzu gehören u. a. vulkanische

**2** Tuffe. Sie sind Produkte von explosiven Vulkaneruptionen, deren Ablagerung mit der von Sedimentmaterial vergleichbar ist. Dies hat zur Folge, dass pyroklastische Gesteine sowohl im Rahmen der Sedimentpetrographie behandelt werden (Schmincke 1988) als auch Gegenstand der Klassifikation magmatischer Gesteine sind (Le Maitre et al. 2004).

**Metamorphe Gesteine (Metamorphite)** entstehen aus schon vorhandenen Vorläufergesteinen (Edukten) im festen oder überwiegend festen Zustand dadurch, dass es zur Änderung des Mineralbestands oder auch nur zur Umgestaltung unter Erhalt des Mineralbestands kommt. Auslöser sind geänderte, meist erhöhte Temperaturen, in jedem Fall über 100 °C, und/oder Änderungen der Drucke. Sonderfälle sind **metasomatische Gesteine (Metasomatite)** und **Migmatite**. Metasomatite sind Metamorphite, die erhebliche Stoffzufuhr oder auch -abfuhr ohne Mitwirkung von Schmelze, allein durch die Einwirkung von Fluiden, erfahren haben. Migmatite sind Metamorphite, die durch im Gesteinsverband verbliebene und dort wieder auskristallisierte Teilschmelzanteile geprägt sind.

H<sub>2</sub>O-reiche fluide Phase ist meistens an metamorphen Reaktionen beteiligt, oft auch CO<sub>2</sub>. Eine Aufnahme oder Entfernung allein von H<sub>2</sub>O gilt daher nicht als Metasomatose. Eine kleine Sondergruppe von Gesteinen, die zu den Metamorphiten gerechnet wird, ist allein durch tektonische Deformation gekennzeichnet, die sich bis in den Einzelkornbereich auswirkt. Das Wesen nicht ausschließlich deformativer Metamorphose ist eine Rekombination des vom Ausgangsgestein ererbten chemischen Elementbestands zu einem Mineralbestand, der den veränderten Temperaturen und Drucken angepasst ist. Diese Anpassung kann über Zwischenstufen anderen Metamorphosegrads erfolgen. Ursprünglich hat mit Ausnahme von Metasomatiten ein nicht metamorphes Gestein ähnlicher chemischer Zusammensetzung vorgelegen.

Metamorphose kann in großräumigem, regionalem Maßstab stattfinden (**Regionalmetamorphose**), z. B. ursächlich und zeitlich gebunden an erhöhte Temperaturen auf Grund von Gebirgsbildung (**Orogene Metamorphose**), als Folge großräumiger Versenkung (**Versenkungsmetamorphose**) oder im Untergrund des Oze-

anbodens auf Grund hydrothormaler Aktivität zirkulierenden, aufgeheizten Wassers in Bereichen mit Sea-Floor-Spreading (**Ozeanboden-Metamorphose**). Der Begriff Orogene Metamorphose bedeutet Regionalmetamorphose, die mit der Entwicklung orogener Gürtel verbunden ist (Fettes & Desmons 2007). Ursache sind verschiedene plattentektonische Prozesse wie z. B. Subduktion am Kontinentalrand oder Kontinent-Kontinent-Kollision.

Zu einer Metamorphose im begrenzt lokalen Rahmen kommt es durch thermische Einwirkung von Magma auf angrenzendes Nebengestein (**Kontaktmetamorphose**). Hinzu kommen Sonderfälle wie z. B. die lokale Aufheizung durch unterirdische Flözbrände (Abschn. 7.2.1).

Wenn es darum geht, magmatische und metamorphe Gesteine gemeinsam gegen Sedimentite abzugrenzen, können sie als **kristalline Gesteine** zusammengefasst werden oder es kann von dem **Kristallin** die Rede sein, wenn über die einzelnen Gesteine hinaus geologische Einheiten oder Areale aus regionalmetamorphen und/oder magmatischen, dann vorzugsweise plutonischen Gesteinen beschrieben werden. Parallel hierzu wird bei der Beschäftigung mit nordischen Glazialgeschieben zwischen Kristallingeschieben aus magmatischem oder metamorphem Gestein einerseits und Sedimentärgeschieben andererseits unterschieden. Hintergrund dieser Betonung des kristallinen Aufbaus im Namen ist die Tendenz, dass in vielen magmatischen und metamorphen Gesteinen anders als in den meisten Sedimentgesteinen Kristalle des beteiligten Mineralbestands deutlich erkennbar sind. Der aus der Frühzeit der Geologie stammende Begriff „Urgestein“, mit dem ein wesentlicher Teil der kristallinen Gesteine gemeint war, ist gegenstandslos. Seine Grundlage war die zeitbedingte Fehleinschätzung der Altersbeziehungen.

Regionalmetamorphose und plutonische Gesteine treten gemeinsam in Kernregionen von Faltengebirgen auf und besonders großflächig in durch Abtragung eingeebneten, proterozoischen, seltener archaischen Gebirgsrümpfen. Solche von sedimentären Deckschichten freien, durch Gebirgsbildung, Metamorphose und Magmatismus geprägten Gesteinskomplexe werden unabhängig von den jeweils vorkommenden Gesteinsarten als **Grundgebirge** bezeichnet, korre-

spendierend zur sedimentären Überlagerung, die unter dem Namen **Deckgebirge** zusammengefasst werden kann.

**Erdmantelgesteine** kommen nur unter besonderen geologischen Bedingungen an der Erdoberfläche vor. Sie haben regelmäßig eine metamorphe Prägung, unterscheiden sich jedoch in vieler Hinsicht von den Metamorphiten und anderen Gesteinen der kontinentalen Kruste. Daher werden sie in diesem Bestimmungsbuch trotz enger Beziehung zu den Metamorphiten als eigene Gesteinsgruppe behandelt.

Nicht jedes natürliche mineralische Aggregat ist ein Gestein oder ein Gesteinsbestandteil. Manche Minerale können als Füllung oder Auskleidung von Hohlräumen innerhalb schon bestehender Gesteinskörper auftreten, statt als Bestandteil des eigentlichen Gesteinsverbands. Solche manchmal spektakulären Mineralbildungen sind in den meisten Fällen **hydrothermal** entstanden. Hydrothermale Mineralbildung erfolgt durch Ausfällung aus heißer wässriger Lösung, die vorhandenes Gestein auf Korngrenzen

und innerkristallin oder auch in Rissen durchströmen kann. Der Temperaturbereich für hydrothermale Prozesse reicht bis knapp 400°C, überlappt sich also mit den Temperaturen niedriggradiger Metamorphose. Massivere hydrothermal entstandene mineralische Bildungen (**Mineralisationen**) treten vor allem als Füllung temporärer Spalten (gangförmig) auf oder am Austrittsort von Thermalwässern. Solche gesteinsartigen mineralischen Bildungen werden üblicherweise nicht als Gesteine angesehen, sondern als Mineralanreicherungen, die entsprechend mit ihren Mineralnamen bezeichnet werden, z. B. als Calcit-Gangfüllung oder -Sinter statt als Kalkstein. Hydrothermalbildungen können außer in erkennbaren (ehemaligen) Hohlräumen auch im Gestein selbst verteilt enthalten sein, dann gewöhnlich nach teilweiser Verdrängung von Anteilen des primären Mineralbestands. Die hydrothermale Mineralisation ist auch in diesem Fall nicht primär gesteinsbildend, sondern lediglich gesteinsverändernd. Man spricht hierbei von **hydrothermalen Alteration** (Abschn. 5.5).

Gesteinsbestimmung im Gelände

Vinx, R.

2015, XI, 480 S. 438 Abb. in Farbe., Hardcover

ISBN: 978-3-642-55417-9