

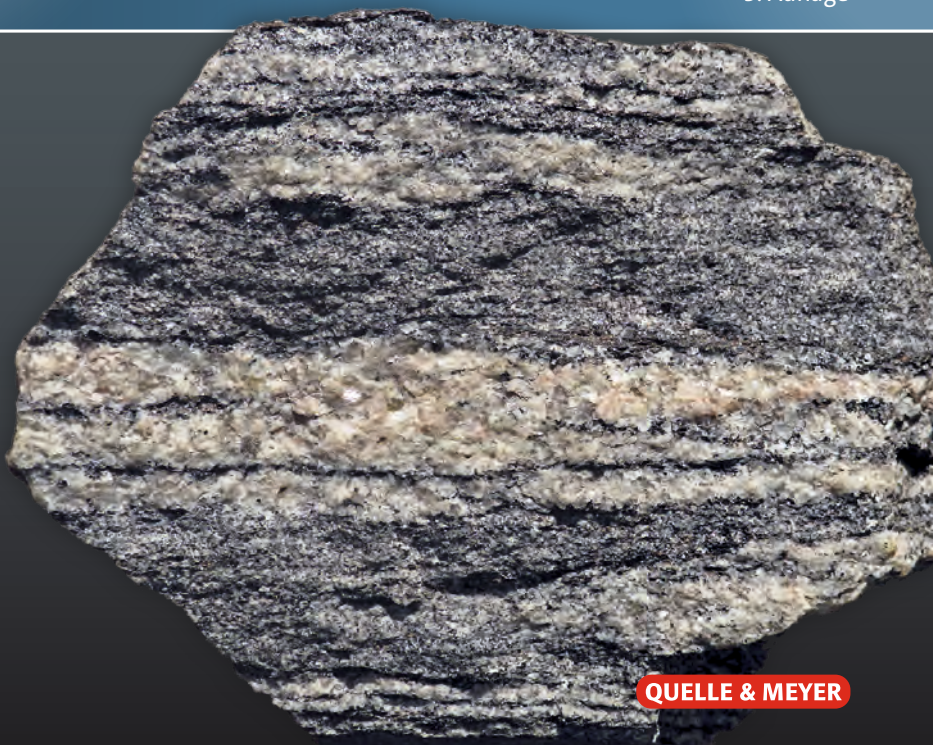


Horst Peter Hann

# Gesteinsbestimmung

## Grundlagen und Praxis

3. Auflage



**QUELLE & MEYER**

Horst Peter Hann

# **Gesteinsbestimmung**

## **Grundlagen und Praxis**

3., korrigierte Auflage



Quelle & Meyer Verlag Wiebelsheim

# Inhaltsverzeichnis

Danksagung .....	13
Einführung.....	14
<b>I Grundbegriffe.....</b>	<b>15</b>
1 Gesteinsarten – allgemeine Aspekte .....	16
1.1 Magmatische Gesteine .....	16
1.2 Sedimentgesteine .....	20
1.3 Metamorphe Gesteine .....	20
1.4 Die Verbreitung der verschiedenen Gesteins- und Mineralarten in der Erdkruste .....	21
2 Der Kreislauf der Gesteine und die Rolle des Wassers.....	23
3 Die wichtigsten Eigenschaften der Minerale .....	26
3.1 Struktur oder innerer Aufbau .....	26
3.2 Kristallmorphologie.....	27
3.2.1 Symmetrie.....	29
3.2.2 Tracht und Habitus .....	30
3.2.3 Farbe.....	31
3.2.4 Glanz und Transparenz .....	32
3.2.5 Ritzhärte.....	32
3.2.6 Spaltbarkeit und Bruch .....	33
3.2.7 Dichte.....	34
3.2.8 Zwillingsbildung .....	35
3.2.9 Mineralparagenese .....	36
3.2.10 Weitere Kriterien.....	37
<b>II Magmatische Gesteine (Magmatite).....</b>	<b>38</b>
1 Gesteinsbildende Minerale in Magmatiten .....	39
1.1 Feldspäte .....	39
1.1.1 Alkalifeldspäte .....	43
1.1.2 Plagioklase .....	47
1.2 Feldspatvertreter (Foide) .....	48
1.2.1 Nephelin .....	49
1.2.2 Leucit.....	51
1.3 Quarz .....	51
1.4 Glimmer .....	56
1.4.1 Biotit.....	58
1.4.2 Muskovit.....	58
1.5 Amphibole .....	59
1.6 Pyroxene.....	62
1.7 Olivin.....	64
2 Bildung der Magmatite .....	66
2.1 Plattentektonische Grundbegriffe .....	66
2.2 Bildungsorte der Magmatite .....	71
2.2.1 Mittelozeanische Rücken .....	72
2.2.2 Subduktionszonen .....	73
2.2.3 Intraplattenbereich.....	74

2.2.3.1	Heiße Flecken (Hotspots) .....	74
2.2.3.2	Kontinentale Grabenbrüche .....	74
2.3	Entstehung der magmatischen Gesteine .....	75
2.3.1	Plutonite, Vulkanite und Ganggesteine .....	75
2.3.2	Magmatische Differenziation .....	77
3	Gefüge magmatischer Gesteine .....	81
3.1	Liquid-magmatisches Stadium .....	81
3.1.1	Pegmatitisch-pneumatolytisches Stadium .....	81
3.1.2	Hydrothermales Stadium .....	85
3.2	Die Gefüge der plutonischen Gesteine .....	90
3.3	Die Gefüge der vulkanischen Gesteine .....	94
3.3.1	Spezielle Gefüge in pyroklastischen Gesteinen .....	99
4	Nomenklatur der magmatischen Gesteine .....	103
5	Magmatitserien .....	108
6	Petrografie der magmatischen Gesteine .....	109
6.1	Ultramafische Plutonite und Peridotite .....	110
6.2	Gabbro und Diorit .....	112
6.3	Basalt und Andesit .....	115
6.4	Granitode Gesteine und ihre vulkanischen Äquivalente .....	120
6.4.1	Granit und Granodiorit .....	120
6.4.2	Tonalit .....	125
6.4.3	Rhyolith und Dazit .....	126
6.5	Alkaligesteine .....	129
6.5.1	Alkalifeldspat-Granit .....	129
6.5.2	Syenit und Nephelinsyenit .....	130
6.5.3	Trachyt und Phonolith .....	133
6.5.4	Tephrit .....	135
6.5.5	Basanit .....	137
<b>III</b>	<b>Sedimentgesteine</b> .....	<b>138</b>
1	Allgemeines .....	138
2	Klastische Sedimentgesteine .....	142
2.1	Einführung .....	142
2.2	Einteilung der klastischen Sedimentgesteine .....	146
2.2.1	Psephite .....	147
2.2.1.1	Konglomerat .....	147
2.2.1.2	Brekzie .....	152
2.2.1.3	Tillit .....	153
2.2.1.4	Fanglomerat .....	153
2.2.1.5	Grauwacke .....	154
2.2.2	Psammite (Sandsteine) .....	156
2.2.2.1	Kieseliges Sandstein .....	156
2.2.2.2	Kalkiger Sandstein .....	157
2.2.2.3	Kalksandstein (Arenit, Kalkarenit) .....	159
2.2.2.4	Toniger Sandstein .....	159
2.2.2.5	Glimmer führender Sandstein .....	159
2.2.2.6	Feldspat führende Sandsteine (Arkose und Subarkose) .....	159
2.2.2.7	Glaukonit-Sandstein .....	159

2.2.2.8	Sandsteine mit inkohlten Pflanzenresten .....	162
2.2.3	Pelite (Tonsteine) .....	162
2.2.3.1	Tonstein .....	162
2.2.3.2	Siltstein (Schluff).....	163
2.2.3.3	Lehm.....	165
2.2.3.4	Löss.....	165
2.3	Zur wirtschaftlichen Bedeutung von klastischen Sedimenten .....	166
2.4	Sedimentstrukturen in klastischen Sedimentgesteinen.....	166
3	Chemische Sedimentgesteine.....	172
3.1	Minerale chemischer Sedimentgesteine .....	172
3.1.1	Karbonate.....	172
3.1.1.1	Kalzit.....	172
3.1.1.2	Aragonit.....	172
3.1.1.3	Dolomit.....	174
3.1.1.4	Siderit.....	174
3.1.1.5	Magnesit .....	174
3.1.2	Hydroxide.....	175
3.1.2.1	Goethit/Limonit .....	175
3.1.2.2	Bauxitminerale.....	176
3.1.3	Sulfate.....	176
3.1.3.1	Gips .....	176
3.1.3.2	Anhydrit.....	178
3.1.4	Chloride (Salze, Halogenide).....	180
3.1.4.1	Steinsalz (Halit) .....	180
3.1.4.2.	Sylvin .....	180
3.1.4.3	Bittersalze .....	180
3.1.4.4	Edelsalze .....	182
3.2	Ausfällungsgesteine .....	182
3.2.1	Kalksinter (Sinterkalk).....	182
3.2.2	Travertin .....	184
3.2.3	Caliche (Krustenkalk) .....	185
3.2.4	Oolith (Kalkoolith) .....	185
3.2.5	Eisenoolith .....	187
3.2.6	Itabirite .....	187
3.2.7	Bohnerze .....	187
3.2.8	Bauxit .....	187
3.3	Evaporite (Eindampfungsgesteine).....	189
4	Organogene Sedimentgesteine.....	192
4.1	Kalkige organogene Sedimentgesteine .....	192
4.1.1	Kalzit-Kompensationstiefe (CCD) .....	193
4.1.2	Mikrofossilreiche organogene Karbonatgesteine .....	194
4.1.2.1	Coccolithenkalk .....	194
4.1.2.2	Stromatolithenkalk .....	197
4.1.2.3	Grünalgenkalk, Rotalgenkalk und Onkolithe.....	198
4.1.2.4	Foraminiferenkalk .....	200
4.1.3	Makrofossilreiche organogene Karbonatgesteine .....	200
4.1.3.1	Riffkalk .....	200
4.1.3.2	Schillkalk .....	203

4.1.3.3	Gastropodenkalk.....	206
4.1.3.4	Echinodermenkalk .....	206
4.1.3.5	Cephalopodenkalk .....	208
4.1.4	Synsedimentär veränderte kalkige organogene Karbonatgesteine .....	208
4.1.4.1	Schwammkalk .....	208
4.1.4.2	Mergel/Kalkmergel .....	209
4.1.4.3	Knollenkalk .....	209
4.1.5	Diagenetisch veränderte organogene Karbonatgesteine.....	210
4.1.5.1	Dolomit.....	210
4.1.5.2	Rauwacke (Synsedimentär verändertes Karbonatgestein).....	210
4.2	Kieselige organogene Sedimentgesteine .....	211
4.2.1	Radiolarit.....	211
4.2.2	Kieselkalk .....	214
4.2.3	Hornsteinkalk.....	214
4.2.4	Feuerstein .....	214
4.2.5	Diatomeenerde (Kieselgur, Diatomit) .....	217
4.3	Phosphatische organogene Sedimentgesteine.....	217
4.3.1	Bonebed/Knochenbrekzie.....	218
4.3.2	Phosphorit .....	219
4.3.3	Guano .....	219
4.4	Kaustobiolith.....	220
4.4.1	Kohle .....	220
4.4.2	Bituminöser Tonstein („Ölschiefer“), Bitumenmergel, bituminöser Kalk....	224

<b>IV</b>	<b>Metamorphe Gesteine .....</b>	<b>227</b>
1	Einleitung und Grundbegriffe .....	227
2	Metamorphosearten, metamorphe Fazies und metamorphe Prozesse.....	240
2.1	Metamorphosearten .....	240
2.2	Metamorphe Fazies.....	245
2.3	Metamorphe Prozesse: Prograde und retrograde Metamorphose .....	246
3	Minerale der metamorphen Gesteine.....	249
3.1	Die $Al_2SiO_5$ -Gruppe .....	250
3.2	Die Granat-Gruppe .....	253
3.3	Chlorit.....	255
3.4	Die Serpentin-Gruppe.....	257
3.5	Talk .....	259
3.6	Die Epidot-Gruppe .....	259
3.7	Die Amphibol-Gruppe .....	261
3.8	Die Pyroxen-Gruppe .....	265
3.9	Chloritoid .....	267
3.10	Staurolith .....	268
3.11	Cordierit .....	270
3.12	Vesuvian .....	272
4	Gesteine der Regionalmetamorphose .....	272
4.1	Einführung und Übersicht.....	272
4.2	Auswahl der wichtigsten Gesteinsarten der Regionalmetamorphose.....	276
4.2.1	Ausgangsgesteine: Tonstein, Siltstein.....	276
4.2.1.1	Tonschiefer .....	276

4.2.1.2	Phyllit/Chloritoidschiefer.....	276
4.2.1.3	Glimmerschiefer.....	278
4.2.1.4	Paragneis.....	280
4.2.1.5	Migmatit (Anatexit).....	280
4.2.1.6	Granulit.....	285
4.2.2	Ausgangsgesteine: Sandsteine, Konglomerate.....	287
4.2.2.1	Quarzit.....	287
4.2.2.2	Metakonglomerat.....	287
4.2.3	Ausgangsgesteine: Arkose, Grauwacke.....	289
4.2.3.1	Metaarkose, Metagrauwacke.....	289
4.2.3.2	Paragneis, Anatexit, Granulit.....	289
4.2.4	Ausgangsgesteine: Kalkstein, Dolomit.....	290
4.2.5	Ausgangsgesteine: Unreine Kalksteine.....	291
4.2.5.1	Kalkphyllit.....	291
4.2.5.2	Kalkglimmerschiefer.....	293
4.2.5.3	Kalksilikatschiefer.....	293
4.2.6	Ausgangsgesteine: Saure und intermediäre Magmatite (Rhyolit, Granit).....	293
4.2.6.1	Porphyroid.....	293
4.2.6.2	Orthogneis (Metagranit), Anatexit, Granulit.....	296
4.2.7	Ausgangsgesteine: Basische Magmatite (Basalt, Gabbro).....	296
4.2.7.1	Grünschiefer.....	296
4.2.7.2	Amphibolit.....	298
4.2.7.3	Mafischer Granulit.....	300
4.2.8	Ausgangsgesteine: Peridotit, Dunit, Pyroxenit.....	300
4.2.8.1	Serpentinit.....	300
4.2.8.2	Talkschiefer.....	302
5	Gesteine der Hochdruckmetamorphose.....	303
5.1	Einführung und Charakterisierung.....	303
5.2	Auswahl der wichtigsten Gesteine der Hochdruckmetamorphose.....	304
5.2.1	Ausgangsgesteine: Basische Magmatite (Basalte, Dolerite, Gabbros).....	304
5.2.1.1	Glaukophanschiefer (Blauschiefer), Prasinit.....	304
5.2.1.2	Eklogit.....	308
5.2.2	Ausgangsgesteine: Tonsteine.....	310
5.2.2.1	Glimmerschiefer (Hochdruckmetapelit).....	310
5.2.2.2	Weißschiefer.....	310
5.2.3	Ausgangsgesteine: Kalksteine.....	312
6	Gesteine der Kontaktmetamorphose.....	312
6.1	Einführung und allgemeine Kennzeichen.....	312
6.2	Auswahl der wichtigsten Gesteine der Kontaktmetamorphose.....	315
6.2.1	Ausgangsgesteine: Tonstein.....	316
6.2.1.1	Hornfels.....	316
6.2.1.2	Knotenschiefer.....	316
6.2.2	Ausgangsgesteine: Kalkstein, Dolomit.....	318
6.2.3	Ausgangsgesteine: Sandstein.....	322
	Literaturverzeichnis.....	323
	Glossar.....	325
	Register.....	346

# Inhaltsverzeichnis der Infokästen

Bestimmungsmethoden von Mineralen.....	15
Die Entstehung der Erde.....	16
Die Entstehung und Entwicklung der Erdatmosphäre.....	19
Die Entstehung der metamorphen Gesteine.....	21
Orogenesen und Erdentwicklung.....	24
Gleicher Chemismus – unterschiedliche Kristallformen.....	29
Habitus und Tracht.....	31
Die Silikate.....	40
Hydrosilikate.....	61
Manteldiapire und Deckenbasalte.....	74
Kataklasite und Pseudotachylite.....	95
Ophiolithe.....	111
Spilite und Keratophyre.....	119
Kimberlit.....	137
Zusammenfassung der Charakteristiken von Sedimentgesteinen.....	141
Brekzien nichtsedimentärer Entstehung.....	152
Fracking (hydraulic fracturing; hydraulische Stimulation).....	226
Dynamische Rekristallisation und statische Rekristallisation.....	236
Konvergenzerscheinungen in der Geologie.....	283
Entwässerungsreaktionen während der Metamorphose.....	285
Verbandsverhältnisse.....	303
Zusammenfassung der Faktoren, die zur Bildung kontaktmetamorpher Gesteine beitragen.....	315



# Danksagung

Dieses Buch lebt zum guten Teil durch seine Bilder und deshalb spreche ich gleich zu Beginn Herrn Wolfgang Gerber meinen tiefsten Dank aus; er hat die Handstückfotos meisterhaft angefertigt und gleichzeitig auch die Qualität der anderen Fotos verbessert.

Andererseits haben mich im Laufe der Entwicklung der Arbeit an den verschiedenen Kapiteln des Buches eine ganze Reihe von Personen auf unterschiedliche Art und Weise unterstützt und ich bin allen aus ganzem Herzen ausgesprochen dankbar. Aber diesbezüglich eine „gerechte“ Reihenfolge aufzustellen, ist mir unmöglich. Ich hoffe Verständnis dafür zu erhalten.

Zu Beginn soll Herr Dr. Manfred Martin vom Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau Baden-Württemberg genannt werden, denn ohne dessen Vermittlung und Anstoß wäre es nicht dazu gekommen, dass ich dieses Buch schreibe. Ebenfalls seitens des Geologischen Landesamtes möchte ich Herrn Diplom-Geologen Hubert Zedler für mehrfache Hilfestellungen danken.

Sorgfältig, konstruktiv und jedes Mal sehr prompt wurde der gesamte Text von Prof. Dr. Wolfgang Frisch gegengelesen; er hat dafür viel Zeit, Wissen und Freundschaft investiert. Das Gleiche gilt auch für Dr. Anett Weisheit, die mit großer Hingabe und Konsequenz dem Manuskript sinnvolle Korrekturen und oft auch neue Ideen hinzugefügt hat. Gleichzeitig wurden große Teile des Buches auch von Prof. Dr. Martin Meschede und Dr. Michael Marks gegengelesen, denen ich auch zahlreiche Abbildungen bzw. Hilfe für die Anfertigung derselben verdanke. Allen bin ich für zahlreiche Verbesserungen, Anmerkungen und Vorschläge zu großem Dank verpflichtet.

Für die Überlassung von Bildmaterial danke ich zusätzlich noch Prof. Dr. Gregor Markl, Prof. Dr. Wolfgang Frisch, Prof. Dr. Martin Meschede und Prof. Dr. Roland Vinx. Vielfältige Unterstützung bei der Anfertigung der Abbildungen habe ich von dem Diplom-Geologen Johannes Staude erhalten; mein aufrichtiger Dank sei ihm gesichert.

Einen besonderen Dank richte ich an Herrn Dr. Călin Ricman vom Geologischen Institut Bukarest. Ebenfalls nach Bukarest richtet sich mein Dank an Prof. Dr. Eugen Grădinaru, Prof. Dr. Nicolae Anastasiu, an Dr. Marian Constantin und an Prof. Dr. Sorin Udubaşa.

Für kleinere, aber in jedem betreffenden Fall sehr wichtige Hinweise und Korrekturen bedanke ich mich noch bei Prof. Dr. Wolfgang Siebel, Dr. Volker Schuller, Dr. Peter Zweigel, Dr. Radu Gîrbacea, Dr. Benjamin Walter und Dr. Johannes Giebel.

# Einführung

Der Zweck dieses Buches ist das Bestimmen der wichtigsten Gesteinsarten nach makroskopischen Kriterien zu ermöglichen. Dies wird mit den einfachsten Hilfsmitteln bewerkstelligt: ein Nagel oder ein Taschenmesser, der Fingernagel, eine Lupe (10-fach) und eventuell ein Fläschchen verdünnte (10%) Salzsäure. Die Farb- und Gewichtsabschätzung sowie der Geschmack können weitere Merkmale darstellen. Die theoretischen Grundlagen sollen in diesem Buch ebenfalls in einer verständlichen Art und Weise und einfach nachvollziehbar dargestellt werden. Wenn man z. B. nicht weiß, wie und wo die verschiedenen Gesteine entstanden sind, unter welchen Bedingungen sie sich gebildet oder welche mineralogische bzw. chemische Zusammensetzung sie haben, kann man auch nicht richtig lernen, sie zu erkennen und zu bestimmen. Ein gewisses Hintergrundwissen ist also in diesem Zusammenhang erforderlich; deshalb werden wichtige Grundbegriffe der Gesteinskunde oder Petrografie näher erläutert.

Der Gesteinsführer richtet sich an einen weiten Kreis von Personen – an Studenten der Geologie, Geografie, Biologie, Umwelt und Naturschutz und Archäologie in den ersten Semestern; sie werden dieses Buch während der Gesteinsbestimmungskurse und Exkursionen verwenden können. Es richtet sich aber auch an Denkmalschützer und Architekten, an Gymnasiallehrer und wissbegierige Schüler, an Förster, an Wanderer und allgemein an naturwissenschaftlich Interessierte. Jeder sollte daraus entnehmen können, was er lernen und wissen will.

Um die verschiedenen Gesteinsarten zu veranschaulichen, wurden entsprechende Proben („Handstücke“) aus mehreren petrografischen Sammlungen, aber auch Stücke aus persönlichem Besitz fotografiert. Dabei wurde vermieden, nur „ideale“ Fotos von Gesteinen darzustellen, weil diese Situationen im Gelände eher selten anzutreffen ist. Auf diese Weiser erhöht sich die Treffsicherheit, die verschiedenen Gesteinsarten im Gelände schnell und richtig zu erkennen. Fotos von Gesteinen, deren Herkunft nicht angegeben ist, stammen aus der petrografischen Lehrsammlung des Geologischen Institut der Universität Tübingen, wobei der Ursprung derselben nicht mehr bekannt ist. Ein Gestein, z. B. ein Granit, hat überall auf der Erde etwa die gleiche mineralogische und chemische Zusammensetzung und ein ähnliches Gefüge, sollte also mehr oder weniger gleich aussehen. Schon kleine Unterschiede können jedoch Aspekte hervorrufen, die das Gestein auf den ersten Blick anders aussehen lassen. Deshalb wurden möglichst viele Fotos von Graniten präsentiert. Damit soll gezeigt werden, dass Gesteine gleichen Namens nicht identisch sein müssen. Wer aber die Prinzipien versteht, nach denen die Gesteine bestimmt und eingeteilt werden, dem wird es überall gelingen, ein Gestein korrekt einzuordnen.

Die einzelnen Kapitel sollen in einer logischen Reihenfolge, beginnend mit den theoretischen Grundlagen, die Abläufe in der Entstehung der Gesteine widerspiegeln. Gleichzeitig wird der Leser an die Praxis der Gesteinsbestimmung herangeführt. In den farbigen Kästen sind Exkurse dargestellt, die gewisse Themen in kurz gefasster Form vertiefen.

# I Grundbegriffe

Ein Petrograf muss die Materialien, welche unsere Erde aufbauen, genauer definieren und die geologischen Prozesse erklären, die zu ihrer Bildung geführt haben. Es stellt sich also zuerst die Frage: Was ist ein Gestein, woraus besteht es und welche Arten von Gesteinen gibt es?

**Gesteine** sind durch natürliche Vorgänge entstandene Aggregate aus Mineralen, aus Gesteinsbruchstücken oder Organismen-Resten. Die Gesteine können **monomineralisch** sein; so besteht ein Marmor fast ausschließlich aus Kalzit und ein Dunit fast ausschließlich aus Olivin. Meistens sind sie aber aus einem Mineralgemisch zusammengesetzt und damit dann **polymineralisch**. Ein Granit z. B. besteht aus Quarz, Feldspat und Glimmer und ein Amphibolit aus Feldspat und Hornblende. Gesteine sind inhomogene geologische Körper; sie können, mechanisch betrachtet, in Einzelbestandteile zerlegt werden. Ist die zusammensetzende Substanz amorph, so sprechen wir von Gesteinsglas.

**Geologische Körper** sind feste, natürliche Einheiten unserer Erde, z. B. eine Kalkbank, ein erkalteter Lavastrom, ein Pluton oder ein Erzgang.

**Minerale** sind natürliche, anorganische, makroskopisch homogene Körper mit einer ganz bestimmten chemischen Zusammensetzung und meistens auch mit einer kristallinen Struktur, d. h. mit in einem vorgegebenen Kristallgitter angeordneten Atomen. Mikroskopisch und submikroskopisch betrachtet sind die Minerale nicht mehr unbedingt homogen, denn im Kristallgitter können Störungen erscheinen oder andere Atome eingebaut sein. Trotzdem bleibt die Homogenität das wesentliche Unterscheidungsmerkmal zwischen Gestein und Mineral.

## Bestimmungsmethoden von Mineralen

Minerale, deren Identifizierung makroskopisch nicht möglich ist, können durch unterschiedliche Methoden bestimmt werden: (1) im Dünnschliff unter dem Polarisationsmikroskop, aufgrund ihrer optischen Eigenschaften; (2) mithilfe des Rasterelektronenmikroskops, mittels tausendfacher Vergrößerungen; (3) durch röntgenografische Methoden – hier wird das Kristallgitter erfasst; (4) durch chemische Analysen, z. B. nasschemisch oder mit der Elektronenstrahlmikrosonde, wobei durch einen Elektronenstrahl die chemische Zusammensetzung eines Teils des Minerals bestimmt werden kann.

**Kristalle** sind Festkörper, deren interner Bau durch eine dreidimensionale Geometrie der periodischen Anordnung ihrer Ionen oder Atome gekennzeichnet ist – wir sprechen von einem Kristallgitter oder einer Kristallstruktur. Jedes Mineral besitzt einen charakteristischen Bautyp. Nichtkristalline Festkörper, bei denen diese regelmäßige Anordnung fehlt, werden als **amorph** bezeichnet, z. B. Opal oder Glas.

**Fluide** sind flüssige Gemische aus Wasser, Kohlendioxid, Methan, gelösten Salzen und anderen Komponenten, die insbesondere in der Erdkruste, aber auch im Erdmantel ihre Verbreitung haben. Fluide können Einschlüsse in Mineralen bilden, treten aber meistens frei in offenen Klüften (Risse im Gestein), auf Korngrenzen oder als Porenwasser auf.

# 1 Gesteinsarten – allgemeine Aspekte

Die Einteilung der Gesteine erfolgt nach ihren Bildungsbedingungen. Wir unterscheiden **magmatische Gesteine** (Magmatite), **Sedimentgesteine** (Sedimentite) und **metamorphe Gesteine** (Metamorphite; Metamorphose = Umwandlung).

## 1.1 Magmatische Gesteine

Magmatite sind erstarnte Gesteinsschmelzen (Magmen). Erkalten die Schmelzen in einigen Kilometern Tiefe, sprechen wir von **Plutoniten**. Gelangen sie an die Oberfläche, bilden sie **Vulkanite**. Dabei können sie, chemisch betrachtet, identisch sein. Weil die Abkühlungszeiten sehr ungleich sind, wird das Gefüge der betreffenden Gesteine jedoch wesentliche Unterschiede aufweisen. Ein Plutonit kann in einigen Tausend bis zu einer Million Jahren abkühlen und wird deshalb vollkommen und grobkörnig auskristallisieren. Ein Vulkanit hingegen kühlt in Tagen, Monaten oder Jahren aus und bleibt daher eher feinkörnig; wenn die Gesteinsschmelze plötzlich abkühlt, kann er auch glasig sein. Etwa 65 Prozent der kontinentalen Erdkruste, die im Durchschnitt 30–40 km mächtig ist, aber unter Gebirgen und Hochplateaus ca. 70 km dick sein kann, besteht aus Magmatiten unterschiedlicher Zusammensetzung. Die ozeanische Kruste, welche eine Mächtigkeit von 5–8 km hat, besteht aus basischen magmatischen Gesteinen – Basalten und ihren Tiefengesteinsäquivalenten, den Gabbros.

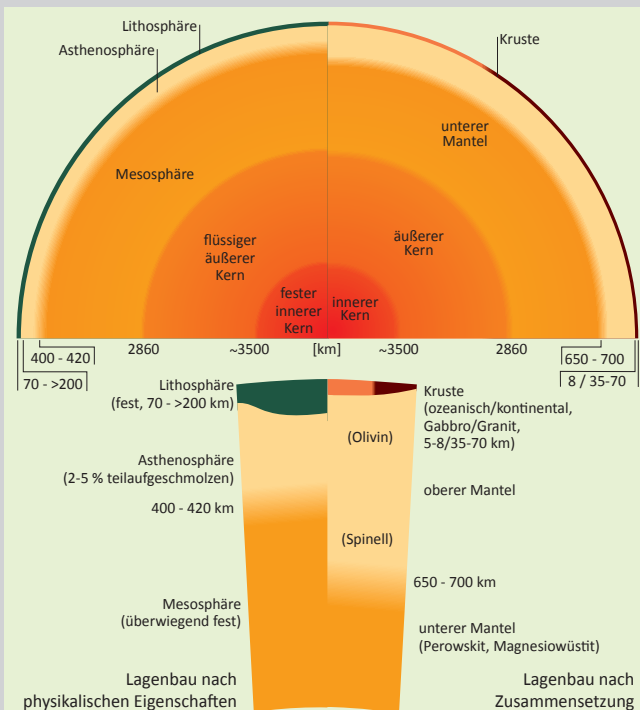
Magmatite sind die ersten Gesteine, die auf der Erde entstanden sind. Nachdem sich die Erde vor 4,566 Milliarden Jahren gebildet hatte (siehe Exkurs „Die Entstehung der Erde“), fand anschließend eine zuerst einfache Differenzierung ihres Aufbaus statt. Im Zentrum entstand ein Eisen-Nickel-Kern und außen eine Schale aus silikatischen Schmelzen und Gesteinen des Erdmantels. Auf die Erdoberfläche, die wahrscheinlich in weiten Bereichen aus einem Magmazoan bestand, schlugen mit hoher Frequenz Meteoriten ein. Durch teilweise Aufschmelzung der Mantelgesteine entstanden Magmen, die in seichte Tiefen oder bis an die Oberfläche aufstiegen und dort als Magmatite erstarrten. Sie bildeten daher die ersten Gesteine der Erdkruste. Ein weiterer Schritt im Gesteinsbildungsprozess wurde durch die erste Atmosphäre ermöglicht. Durch die Anziehungskraft der Erde konnte sich eine Gashülle bilden (siehe Exkurs „Die Entstehung der Atmosphäre“). Die Gase wurden einerseits aus dem interplanetaren Raum eingefangen, andererseits stammten sie aus dem Erdinneren durch Entgasung während der Kristallisation. Aus kondensiertem Wasserdampf bildeten sich fließende Gewässer und Ozeane. Ab diesem Moment begannen die Erosions- oder Abtragungsprozesse. Die Abtragungsprodukte wurden durch Wasser oder Wind transportiert und danach abgelagert, sie verfestigten sich und es kam zur Entstehung der ersten Sedimentgesteine.

## Die Entstehung der Erde

Der „Urknall“ – Geburt von Materie, Raum und Zeit – fand vor etwa 13,8 Milliarden Jahren statt. Seither dehnt sich das Universum aus. Was vor dem Urknall war, bleibt unklar. Neue Hypothesen gehen von einem Pulsieren des Universums aus oder aber, dass außer unserem auch noch andere, parallele Universen existieren könnten.

Vor ca. 4,6 Milliarden Jahren entstand aus interstellaren Wolken – dem solaren Urnebel – aus Staub und Gas durch gravitative Konzentration zuerst ein heißer Stern – die Sonne – und gleich danach entstanden, in einer Staubscheibe um die Sonne, als Resultat von Kontraktion, Akkretion und Rotation die Planeten, also auch unsere Erde. Sie war ursprünglich homogen und wurde durch den Zerfall radioaktiver Elemente, die durch Meteoriteneinschläge freigesetzte Energie und durch die beginnende Kernseparation, d. h. Freisetzen von kinetischer Energie beim Absinken von Fe und Ni, aufgeheizt.

Relativ schnell, in einigen Millionen Jahren, begann die Erde abzukühlen und es entwickelte sich gleichzeitig eine Gravitationsdifferenzierung. Die schweren Eisen-Nickel-Bereiche, als Schmelzen oder schon in festem Zustand, konzentrierten sich im Erdkern, die leichteren, silikatischen Schmelzmassen bildeten einen Erdmantel, der z.T. auch schon fest war. Erste, noch wenig verbreitete feste „primitive“ Erdkrusten-Bereiche können schon vor 4,4 Milliarden Jahren entstanden sein. In der folgenden Entwicklungszeit bildete sich die Schalenstruktur der Erde heraus, so wie sie heute mithilfe von seismischen Wellen erschlossen worden ist: außer dem dichten Kern, eine Kruste aus leichterem Material und dazwischen der Erdmantel aus Gesteinen mit einer mittleren Dichte (**Abb. 1**).



**Abb. 1:** Der innere Aufbau der Erde.

### Fluorit (Flussspat)

Eigenschaften	Fluorit
chemische Formel	$\text{CaF}_2$
Farbe	oft farblos, blau, gelb, lila, grün; alle Farben möglich
Form, Habitus	oft grobspätig, in Hohlräumen idiomorphe Kristalle (Oktaeder, Würfel)
Härte	4
Spaltbarkeit	vollkommen
Zwillingsbildung	selten Zwillinge
Dichte	3,1 - 3,2 g/cm <sup>3</sup>

Tabelle 16: Eigenschaften von Fluorit (Flussspat).

Fluorit wird durch seine oft deutliche Farbe und den Glasglanz ausgezeichnet. Charakteristisch sind oktaedrische Spaltstücke.

### Baryt (Schwerspat)

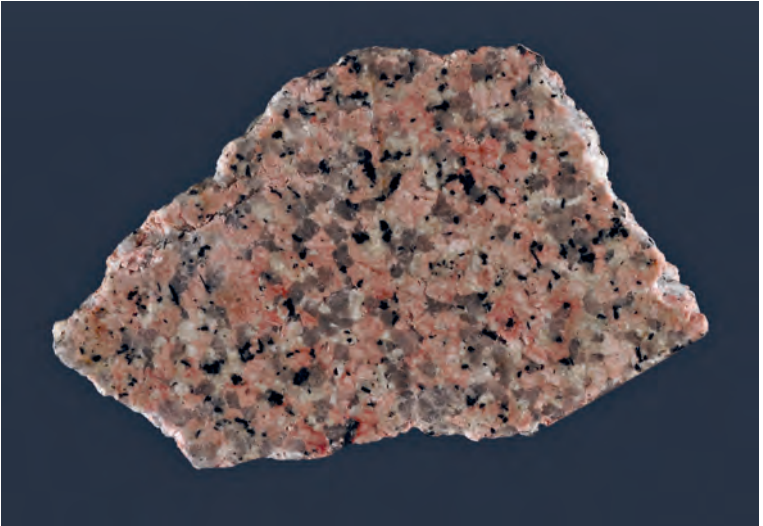
Eigenschaften	Baryt
chemische Formel	$\text{BaSO}_4$
Farbe	weiß, oft durch Verunreinigungen rötlich oder grau
Form, Habitus	oft grobspätig bis blättrig, selten faserig, in Hohlräumen idiomorphe Kristalle
Härte	3 - 3,5
Spaltbarkeit	vollkommen
Zwillingsbildung	selten Zwillinge
Dichte	4,5 g/cm <sup>3</sup>

Tabelle 17: Eigenschaften von Baryt (Schwerspat).

Baryt ist durch seine hohe Dichte (Gewicht!) leicht zu erkennen. Grobkörnige Aggregate können Feldspat ähneln, der jedoch deutlich leichter ist. Spaltstücke sind tafelig und haben zwischen den Flächen Winkel von 90° (orthorhombisches Kristallsystem).

## 3.2 Die Gefüge der plutonischen Gesteine

**Mittel- bis grobkörniges Gefüge:** Charakteristisch ist, dass dieses Gefüge überwiegend richtungslos (unorientiert) körnig ist (**Foto 37**). Durch laminares Fließen des Magmas, verursacht durch Konvektionsströmungen oder Turbulenzen innerhalb der Magmenkammer, kann es während des Intrusions- und Kristallisationsprozesses jedoch auch zu einer Einregelung von Kristallen kommen. Die Kristalle, meist tafelige Kalifeldspäte, aber auch leisten- bis säulenförmige Pyroxene oder Amphibole, bilden in der transportierten Schmelze eine feste Phase. Wenn das Magma abkühlt, können sie in einer eingeregelten Position erstarren (**Foto 38**) und es entsteht auf diese Weise ein magmatisches **Fließgefüge** (Fluidaltextur). Auch an den Rändern eines Plutons ist häufig eine Parallelorientierung der Feldspäte zu beobachten. Die Kristalle sind dann gleich gerichtet parallel zum äußeren Rand der Magmenkammer und zum Nebengestein angeordnet. Plutonite besitzen praktisch keine Blasen Hohlräume und auch kein Glas, d. h. sie sind voll auskristallisiert – **holokristallin**. Die Korngröße liegt im Millimeter- bis Zentimeter-Bereich.



**Foto 37:** Richtungsloses, holokristallines Gefüge in einem Granit. Kalkfeldspat rosa, Plagioklas weißlich, Quarz grau und Biotit schwarz. Breite 9 cm.



**Foto 38:** Geregeltes Gefüge („Fließgefüge“) in einem Granit. Kalkfeldspat rot, Plagioklas weißlich, Quarz grau und Biotit schwarz. Breite 10 cm.



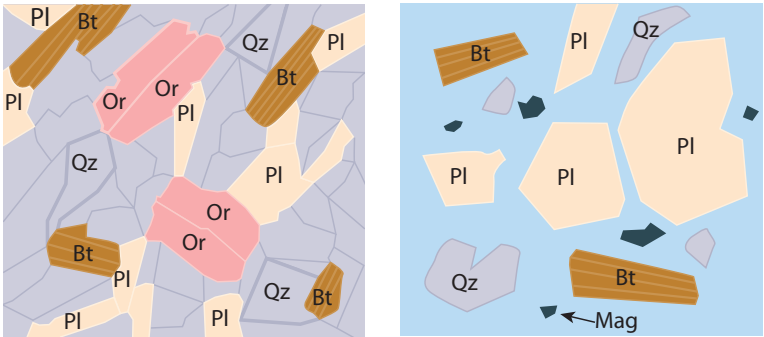
**Foto 39:** Porphyrisches Gefüge im Granit. Idiomorphe Alkalifeldspatkristalle (rosa) liegen in einer feiner körnigen Grundmasse, die aus Plagioklas (weißlich), Quarz (grau), Alkalifeldspat (rosa) und Biotit (schwarz) besteht. Breite 12 cm.

**Porphyrisches Gefüge:** In Plutoniten können auch zwei deutlich unterschiedliche Mineralkorngrößen vorkommen, die dem Gestein ein porphyrisches Aussehen geben (bimodale Korngrößenverteilung). Idiomorphe Großkristalle liegen dabei mehr oder weniger isoliert in einer wesentlich feinkörnigeren Grundmasse, deren Minerale hypidiomorph bis xenomorph ausgebildet sind. Dies deutet auf eine Zweiphasigkeit im Abkühlungsprozess hin. Am häufigsten sind porphyrische Granite (**Foto 39**), bei denen Alkalifeldspäte auch mehrere Zentimeter groß werden, der übrige Mineralbestand aber Körner, die unter 1 cm Größe liegen, bildet. Das porphyrische Gefüge ist jedoch vorwiegend für die vulkanischen Gesteine typisch. Bei diesen ist die Grundmasse glasig oder besonders feinkörnig im Vergleich zu den Einsprenglingen (**Abb. 35, Foto 1, 9, 10 und 22**).

**Rapakivi-Gefüge:** In einigen relativ quarzarmen Graniten treten mehrere Zentimeter große Alkalifeldspäte mit rundlichen Umrissen auf, die von Plagioklas ummantelt werden (= Rapakivi-Gefüge, Rapakivi-Granit; **Foto 40**). Dies deutet darauf hin, dass ein bereits teilweise kristallisiertes granitisches Magma (ca. 750 °C) durch Mischung mit einem eher basischeren Magma (ca. 1100 °C) wieder aufgeheizt wurde, wodurch die Alkalifeldspäte teilweise angeschmolzen wurden. Durch die deutlich Ca-reichere Zusammensetzung des basischeren Magmas kristallisiert dann Plagioklas anstatt Alkalifeldspat und umrundet die bestehenden Alkalifeldspäte.

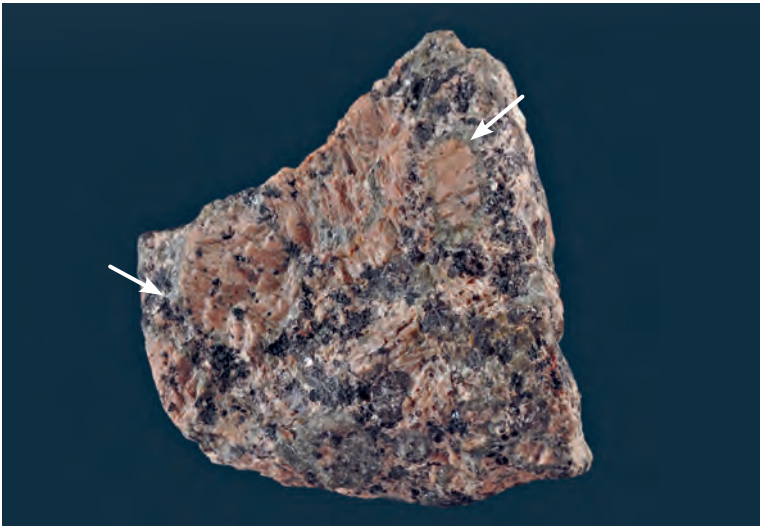
**Ophitisches Gefüge:** Leistenförmige Plagioklaskristalle, regellos-divergent angeordnet, werden für gewöhnlich von Pyroxen (Augit)-Kristallaggregaten umschlossen. Dieses Gefüge ist typisch für **Dolerite (Foto 41)** – Ganggesteine mit basaltischer Zusammensetzung, welche zwischen dem vulkanischen und dem plutonischen Krustenstockwerk auftreten. Es wird aber auch in Subvulkaniten und in feinkörnigen basischen





**Abb. 35:** Der Unterschied zwischen holokristallinem, grobkörnig richtungslosem (links) und typisch porphyrischem Gefüge (rechts). Beim porphyrischen Gefüge befinden sich die Einsprenglinge im deutlichen Kontrast zur Grundmasse. Qz – Quarz; Pl – Plagioklas; Or – Orthoklas; Bt – Biotit; Mag – Magnetit. Illustration Quelle @ Meyer Verlag.

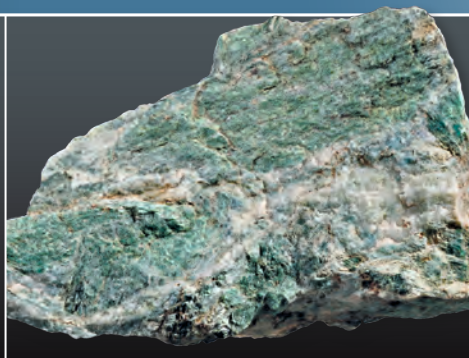
Plutoniten angetroffen, z.B. in Mikrogabbros. Dolerite werden oft auch als **Diabase** bezeichnet, die Benennung ist jedoch veraltet. Der Ausdruck stand früher für altvulkanische, variszische Gesteine.



**Foto 40:** Die beiden links und rechts gelegenen rötlich ovalen Alkalifeldspäte sind von einer dünnen, grauen Schicht aus Plagioklas umhüllt (siehe weiße Pfeile). Die Grundmasse enthält neben viel Biotit auch etwas Plagioklas und ebenfalls grauen Quarz. Rapakivi Granit. Breite 10 cm.



Dieses, nun bereits in 3. Auflage vorliegende Grundlagenbuch, versetzt Studierende der relevanten Fächer, aber auch alle an der Gesteinskunde interessierten Laien in die Lage, die wichtigsten Gesteinsarten mit einfachsten Hilfsmitteln zu bestimmen. Jedem Kapitel ist eine kurze Einführung vorangestellt, die erläutert, wie und wo sie jeweils entstanden sind, unter welchen Bedingungen sie sich gebildet und welche mineralogische bzw. chemische Zusammensetzung sie haben. Sämtliche Gesteine werden durch brillante und detailgenaue Fotos von entsprechenden Proben (Handstücke) vorgestellt und exakt beschrieben. Der gelungene didaktische Aufbau und vertiefende Exkurse tragen dazu bei, die Prinzipien der Bestimmung rasch zu verstehen und Gesteine überall erfolgreich einordnen zu können.



[www.quelle-meyer.de](http://www.quelle-meyer.de)

ISBN 978-3-494-01966-6

Best.-Nr. 494-01966



9 783494 019666