

CALLWEY

ebook

# DER STEINMETZ

Handbuch für  
Ausbildung und Praxis

Richard Watzke (Hrsg.)

STEIN

DER  
**STEINMETZ**



# DER STEINMETZ

## Handbuch für Ausbildung und Praxis

Richard Watzke (Hrsg.)

Callwey  
**STEIN**

Wir bedanken uns für die  
freundliche Unterstützung bei

**bbw** Berufsbildungswerk des Steinmetz- und  
Bildhauerhandwerks e.V.



BUNDESVERBAND  
DEUTSCHER **STEINMETZE**

 **BG RCI**  
Berufsgenossenschaft  
Rohstoffe und chemische Industrie

**Lithofin**  
Die professionelle Lösung

**Sopro**

© 2013 Verlag Georg D. W. Callwey GmbH & Co. KG

Streitfeldstraße 35, 81673 München

www.callwey.de

redaktion@stein-magazin.de

#### **Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek**

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

#### **ISBN 978-3-7667-2106-8**

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des Verlags unzulässig und strafbar. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Herausgeber, Verlag und Autoren haben alle Teile des Buches mit größter Sorgfalt erarbeitet. Dennoch kann keine Haftung für Fehler, falsche Angaben und Irrtümer jeglicher Art übernommen werden.

<b>Projektleitung</b>	Gabriele Oldenburg, Callwey Verlag
<b>Lektorat und Redaktion</b>	Willy Hafner, Gertrud Halas, Gabriele Oldenburg, Fiona Riedl, Ariane Suckfüll, alle Callwey Verlag Richard Watzke, Freilassing
<b>Korrektorat</b>	Herbert Scheubner, Gräfelfing
<b>Umschlaggestaltung</b>	Alexander Stix, Callwey Verlag
<b>Layout und Satz</b>	Herbert Scheubner, Gräfelfing (Leitung) Ingeborg Blaschitz, München, Andrea Langenfass, Ismaning, Gabriele Oldenburg, Callwey Verlag (Satz)

# Inhaltsverzeichnis

▷ Impressum	04
▷ Vorwort	13

## FACHTHEORIE

### Baustoffkunde

#### Natursteine 15

▷ <b>Aufbau und Entstehung der Erde</b>	<b>16</b>
Aufbau der Erde	16
Erdkruste	16
Erdmantel	16
Äußerer Erdkern	16
Innerer Erdkern	17
Entstehung der Erde	17
▷ <b>Aufbau der Gesteine</b>	<b>18</b>
Grundwissen Minerale	19
Grundlagen der Chemie	19
Atome	19
Chemische Elemente	19
Moleküle	19
Gemenge	20
▷ <b>Minerale</b>	<b>21</b>
Form und Aufbau	21
Entstehung	21
Farbe	21
Strichfarbe	21
Glanz	22
Ritzhärte	22
Spaltbarkeit	22
Weitere Merkmale	23
▷ <b>Wichtige Minerale</b>	<b>23</b>
Quarz	23
Feldspat	23
Glimmer	24
Pyroxene	24
Amphibole	24
Olivin	25
Serpentinit	25
Calcit, Kalkspat	25
Dolomit	25
Gips	26
Minerale in Spuren	26
Weitere Minerale	26
▷ <b>Wichtige Gesteine in der Steinbearbeitung</b>	<b>26</b>
Magmages Steine	27
Granit	28
Syenit	28
Diorit	28
Gabbro	28
Peridotit	29
Foyait	29
Ergussgesteine	29
Rhyolith	30
Trachyt	30
Andesit	30
Basalt	31
Pikrit	32
Erscheinungsformen von Ergussgesteinen	32
Sedimentgesteine	33
Arten der Verwitterung	33

Klastisches Sedimentgestein	34
Brekzie	34
Konglomerat	34
Sandstein	34
Tonschiefer	35
Kalkstein	35
Gipsstein	39
Metamorphite (Umwandlungsgesteine)	39
Arten der Metamorphose	39
Orthogneis	40
Paragneis	40
Granulite	41
Migmatite	41
Serpentinite	41
Quarzite	41
Marmore	42

#### Technische Eigenschaften und Prüfung 43

Messen der Druckfestigkeit	43
Messen der Biegefestigkeit	44
Messen der Abriebfestigkeit	44
Messen der Frostfestigkeit	44
Messen der Wasseraufnahme	45
Messen der Dichte	45
Weitere Gesteinsprüfungen	45

#### Gesteinsverwitterung am Bauwerk 46

Witterungsbeständigkeit	46
Mineralbestand	46
Porenraum und Kapillarkraft	46
Kornbindung	47
Physikalische Gesteinszerstörung	47
Temperaturwechsel	48
Salzsprennung	48
Abrieb durch Winderosion	48
Chemische Gesteinszerstörung	48
Lösungskraft des Regenwassers	48
Aggressive Stoffe im Regenwasser	48
Aggressive Stoffe in der Luft	49
Biologische Verwitterung	49
Tierische Ausscheidungen	49
Pflanzliche Ausscheidungen	49
Wurzeln und keimende Samen	50
Bautechnische Fehler	50
Mangelnder Schutz vor Niederschlägen	50
Gesimse und Vorsprünge ohne Gefälle	50
Schadhafte Fugen	50
Zu dichter Fugenmörtel	50
Falsche Steinauswahl	50

#### Industriell gefertigte Steine 51

▷ Mauerziegel	51
▷ Betonsteine	52
▷ Kalksandsteine	52

#### Beton und Betonwerkstein 54

▷ Herstellen von Beton	54
▷ Betonwerksteine	55

#### Engineered Stone 56

▷ Herstellen von Engineered Stone	56
▷ Eignung	57
▷ Verarbeiten	57
▷ Pflegen und Reinigen	58

<b>Keramische Fliesen</b>	<b>59</b>
▷ Klassifizierung von keramischen Fliesen und Platten	59
Abriebklassen	60
▷ Rutschsicherheit und Rutschhemmung	61
▷ Außenbereich	61
▷ Großformatige Fliesen	62
▷ Oberflächenbehandlung	62
Unglasierte keramische Fliesen	62
Glasierte keramische Fliesen	62
<b>Bindemittel</b>	<b>63</b>
▷ Gips	63
▷ Kalk	64
▷ Zement	65
▷ Weitere Bindemittel	66
<b>Zuschlagstoffe</b>	<b>67</b>
<b>Mörtel</b>	<b>68</b>
▷ Mauer Mörtel	68
▷ Putzmörtel	69
▷ Estrichmörtel	69
▷ Mörtelzubereitung	69
<b>Dämmstoffe</b>	<b>70</b>
▷ Wärmedämmung	70
▷ Wärmespeicherung	71
▷ Schalldämmung	71
<b>Sperrstoffe</b>	<b>72</b>
▷ Flächendichtungsmittel	72
▷ Fugendichtungsmittel	72
<b>Metalle</b>	<b>73</b>
▷ Eisen und Stahl	73
Roheisengewinnung	73
Stahlerzeugung	74
▷ Nichteisenmetalle	76
Gold	76
Silber	77
Kupfer	77
Bronze	78
Blei	78
Aluminium	78
▷ Metallkorrosion	79
Chemische Korrosion	79
Elektrochemische Korrosion	79
<b>Kunststoffe</b>	<b>80</b>
▷ Herstellung von Kunststoffen	81
Polymerisation	81
Polykondensation	81
Polyaddition	81
▷ Kunststoffarten	82
Thermoplaste (Plastomere)	82
Duroplaste (Duromere)	82
Elastomere	82
<b>Bauphysik und Bauchemie</b>	<b>83</b>
▷ Chemische Grundstoffe	83
▷ Physikalische und chemische Grundlagen	84
Physikalische Vorgänge	84
Chemische Vorgänge	85
▷ Säuren, Laugen und Salze	86
Säuren	86
Laugen	87
Salze	88

## Gestalten

<b>Grundlagen der Gestaltung</b>	<b>89</b>
▷ Formen	89
Kreis	89
Quadrat	90
Stehendes Rechteck	90
Kreuz	91
Symmetrie	91
Asymmetrie	91
▷ Symbole	92
Definition	92
Geschichte	92
Christliche Symbole	93
Kreuzformen	95
Christuszeichen	95
Anker	95
Symbole aus anderen Kulturen	96
Spirale	96
Chinesisches Zeichen Yin und Yang	96
Labyrinth	96
Berufszeichen	97
<b>Freihandzeichnen</b>	<b>98</b>
▷ Parallelen	98
▷ Rechtecke	99
▷ Kreise	100
▷ Glaskörperprinzip bei ebenflächigen Körpern	101
▷ Glaskörperprinzip bei runden Körpern	103
▷ Grautöne bei ebenflächigen Körpern	104
Zeichnen von Grautönen	104
Darstellen eines Quaders	105
Darstellen des Raums zwischen Quadern	105
▷ Grautöne bei runden Körpern	106
▷ Schnittlinien	107
▷ Körperzeichnen	108
▷ Räumliche Situationen	109
▷ Fluchtpunktperspektive	110
<b>Schrift</b>	<b>111</b>
▷ Historische Schriften	111
Kapitalis Quadrata	111
Unziale	112
Gotische Minuskel	113
Fraktur	114
Antiqua	114
Groteskschrift	115
Block-Antiqua	116
▷ Grundgesetze des Schriftschreibens	117
Proportionen der Buchstaben	118
Keilförmig vertieft eingehauene Schrift	119
Erhabene Schrift	120
Bildung von Wörtern	121
Tönen und Vergolden einer Schrift	123
Bleischrift	124
Geblasene Schrift	125
▷ Digitale Schriften	126
Vorteile des Digitalisierens	126
Digitalisieren vorhandener Schriften	127
Schriften verändern und anpassen	127
Zeichen verändern	127
Kursiv und Fett	127
Kontur	128
Perspektive	128
Effekte	128



▷ <b>Skulptur und Plastik im 21. Jahrhundert</b>	<b>186</b>
Skulptur im Museum von heute	187
Eine neue Kunst im öffentlichen Raum?	188

## Fachtechnik

<b>Fachrechnen</b>	<b>191</b>
▷ <b>Maße für Länge, Fläche, Raum</b>	<b>191</b>
Einheiten	191
Länge	191
Fläche	191
Raum	191
Maße umrechnen	192
▷ <b>Algebraische Rangordnung</b>	<b>192</b>
Bezeichnungen bei Rechenvorgängen	192
Punkt vor Strich	192
Vertauschungen	192
Klammerrechnung	193
Klammerwirkung des Bruchstrichs	193
Mehrere Klammerarten	194
Gebrauch des Taschenrechners	194
▷ <b>Umstellen von Formeln</b>	<b>195</b>
Gleichgewichtsübungen	195
Regeln	196
Beispiele	197
▷ <b>Proportionen</b>	<b>198</b>
▷ <b>Dreisatz</b>	<b>199</b>
▷ <b>Prozent</b>	<b>200</b>
▷ <b>Goldener Schnitt</b>	<b>201</b>
▷ <b>Potenzen und Wurzeln</b>	<b>203</b>
Potenzen	203
Wurzeln	204
Quadratwurzel	204
Kubikwurzel	204
▷ <b>Berechnen von Längen</b>	<b>205</b>
Maße eintragen in Bauzeichnungen	205
Maßstäbe	205
Maße ergänzen	206
Längenausgleich bei Plattenbelägen	208
Satz des Pythagoras	209
▷ <b>Berechnen geradlinig begrenzter Flächen</b>	<b>210</b>
▷ <b>Plattenbeläge im Verband</b>	<b>213</b>
▷ <b>Berechnungen am Kreis</b>	<b>215</b>
Kreisumfang	215
Kreisfläche	215
Bogenlänge	215
Kreisausschnitt	215
Kreisabschnitt	216
Ellipse	216
▷ <b>Berechnen von Körpern</b>	<b>220</b>
Formeln	221
Gleich dicke Körper	221
Zugespitzte Körper	221
Abgestumpfte Körper	222
Sonstige Körper	223
▷ <b>Berechnen der Masse</b>	<b>226</b>
▷ <b>Winkelfunktionen</b>	<b>230</b>
Allgemeines	230
Beobachtung	230
Begriffe	231
Tabellen und Taschenrechner	232
Beobachtung bei Tabellen	232
Winkelfunktionen mit dem Taschenrechner	233

Anwenden der Winkelfunktionen	233
Welche Funktionen benutze ich?	233
Umrechnen von Dezimalen in Minuten	233
Winkel antragen im Gelände	234
▷ <b>Neigungen</b>	<b>238</b>
Möglichkeiten der Neigungsangabe	238
Umrechnen der Neigungsangaben	239
▷ <b>Treppen</b>	<b>241</b>
Treppenformel	241
Treppenangabe	242
Lichte Durchgangshöhe	242
Podest	243
Armlängen bei gewendelten Treppen	243
Treppenverziehungen	244
▷ <b>Formelsammlung</b>	<b>247</b>
<b>Geometrie</b>	<b>248</b>
▷ <b>Geometrische Grundsätze</b>	<b>248</b>
Gerade/Parallele	248
Dreieck	248
Kreis	249
▷ <b>Schwerpunkt Konstruktionen</b>	<b>250</b>
»Goldener Schnitt«	251
Streckenteilungen	251
Konstruktion des rechten Winkels	251
Aufmessen eines Winkels am Bau	251
Vergrößern und Verkleinern	252
Proportionalwinkel	252
Rechnerisch	252
Rasterverfahren	252
Gehrungslinien	253
Abrundungen	254
Ermitteln des Kreismittelpunkts	254
Aufmaß von Kreisbögen	255
Aufmessen einer konvexen Form mit unzugänglichem Mittelpunkt	255
Aufreißen einer konvexen Form	255
Aufmessen und Aufreißen einer konkaven Form	255
Aufmaß einer Säule	255
Aufmaß eines Spitzbogens	255
Spiralkonstruktionen	256
Spirale mit zwei Mittelpunkten	256
Spirale mit vier Mittelpunkten	256
Spirale mit acht Mittelpunkten	256
Konstruktion ionischer Voluten nach Vignola	256
Bogenkonstruktionen	257
Scheitrecter Bogen aus gleichseitigem Dreieck	257
Stichbogen = Segmentbogen	257
Rundbogen	257
Normaler Spitzbogen	257
Überhöhter Spitzbogen	257
Gedrückter Spitzbogen	258
Sternbogen	258
Tudorbogen	258
Hufeisenbogen	258
Normaler Kleeblattbogen	258
Spitzer Kleeblattbogen	259
Kielbogen	259
Korbbogen aus drei Mittelpunkten	259
Korbbogen aus fünf Mittelpunkten	259
Steigender oder Hüftbogen	260
Ellipse, konstruiert aus den beiden Durchmesserkreisen	260
Ellipse, mit Schnur konstruiert	260
Parabel	260

▷	<b>Pässe und Fischblasen</b>	<b>261</b>
	Dreipass	261
	Vierpass	261
	Fünfpass	261
	Sechspass	261
	Zweiteilige Fischblase	262
	Dreiteilige Fischblase	262
	Vierteilige Fischblase	262
	Fünfteilige Fischblase	262
▷	<b>Maßwerkskonstruktionen</b>	<b>263</b>
▷	<b>Treppenverziehen</b>	<b>264</b>
	Gerade Treppe	264
	Viertelgewendelte Treppe	265
	<b>Fachzeichnen</b>	<b>266</b>
▷	<b>Rechtwinklige Parallelprojektion</b>	<b>266</b>
	Gegeben Schrägbild, gesucht Risse	267
	Arten von Schrägbildern	268
	Gegeben Risse, gesucht Schrägbild	269
	Grundlegende Beobachtungen	270
	Übertragung eines Punktes ins Schrägbild	270
	Ergänzung von Riss und Schrägbild	271
▷	<b>Bemaßung</b>	<b>272</b>
▷	<b>Schnittführung, Materialdarstellung, Linienarten</b>	<b>274</b>
	Schnittführung	274
	Materialdarstellung	275
	Linienarten	275
▷	<b>Wahre Größen</b>	<b>277</b>
	Unverkürzt – verkürzt	277
	Rechteck als wahre Fläche	277
	Beliebiges Vieleck als wahre Fläche	278
	Zylinderschnitte	279
	Ellipsenkonstruktion	280
	Mantelabwicklung	280
	<b>CAD-Einsatz im Natursteinbereich</b>	<b>282</b>
▷	<b>Draht-, Flächen- und Volumenmodell</b>	<b>283</b>
▷	<b>Texturen</b>	<b>284</b>
▷	<b>Schablonen</b>	<b>285</b>
▷	<b>Layer, Linie und Block</b>	<b>285</b>
▷	<b>CAD-Systeme im Betriebsablauf</b>	<b>286</b>
▷	<b>CAD für die CNC-Fertigung</b>	<b>288</b>
▷	<b>Kriterien für die Auswahl des geeigneten CAD-Systems</b>	<b>289</b>

## WERKSTATT

	<b>Bildhauerische Techniken</b>	<b>291</b>
▷	<b>Gestalterische Grundlagen</b>	<b>291</b>
	Proportion	292
	Komposition	293
	Form	293
	Material	294
	Oberfläche	294
	Farbe	294
▷	<b>Skulptur, Plastik, Relief</b>	<b>295</b>
	Skulptur	295
	Plastik	295
	Relief	295
▷	<b>Entwurfstechniken</b>	<b>296</b>
	Modellieren	296
	Ton	297
	Gips	297

	Abformen	298
	Herstellen starrer Formen	298
	Herstellen elastischer Formen	303
▷	<b>Bildhauerische Übertragungstechniken</b>	<b>307</b>
	Raster	307
	Brücke	308
	Harfe	308
	Einmessen ohne Rahmen	309
	3-Zirkel-Punktieren	310
	Proportionalwinkel	311
	Punktiergerät	312
	Vorbereitung	312
	Einmessen und Befestigen des Dorns am Modell	312
	Einmessen und Befestigen des Dorns am Werkstein	313
	Anhängen des Punktiergeräts	314
	Grobes Zurichten des Werksteins	316
	Ansetzen der Punktirnadel	316
	Setzen exakter Punkte	317
	Bearbeiten des Werksteins mit dem Spitzeisen	317
	Bearbeiten der Werksteinoberfläche	318
	3-D-Scanner	318
	<b>Handwerkliche Steinbearbeitung</b>	<b>319</b>
▷	<b>Arbeitsvorbereitung</b>	<b>319</b>
▷	<b>Transportieren und Aufbänken</b>	<b>322</b>
▷	<b>Druckluft</b>	<b>324</b>
	Werkzeuge	326
	Drucklufthämmer mit Flatter- oder Rohrschiebersteuerung	326
	Druckluftbohrhämmer	326
	Kleine Druckluftwerkzeuge	327
	Schwingungsdämpfung	328
	Pflegen und Warten	328
▷	<b>Stahl- und Hartmetallwerkzeuge</b>	<b>328</b>
	Herstellung	329
	Eigenschaften	330
	Werkzeugtypen	330
	Werkzeuge schleifen	330
	Schlagwerkzeuge	330
	Gravierwerkzeuge	331
	Spitzeisen	331
	Setz- oder Sprengseisen	331
	Zahneisen	331
	Pressluft-Hartmetallbohrer	332
▷	<b>Oberflächengestaltung</b>	<b>332</b>
	Bearbeitungstechniken von Sandstein	332
	Arten des Scharrierens als Endbearbeitung	336
	Bearbeitungstechniken von Kalkstein	337
	Bearbeitungstechniken von Granit	339
▷	<b>Spalten von Rohmaterial</b>	<b>341</b>
▷	<b>Werkstücke bearbeiten</b>	<b>343</b>
	Vom Randschlag zur Fläche	343
	Erster Randschlag	343
	Zweiter Randschlag	345
	Das »Ersehen«	346
	Dritter und vierter Randschlag	346
	Schablonen und Risse	348
	Anreißen auf dem Stein	350
	Grundformen der Steinprofile	351
	Zusammengesetzte Profile	352
	Herstellen einfacher Profilformen	354
	Profilläufe	356
	Innere und äußere Profilwiederkehr	357
	Profilanbrettung	358
	Profiltotlauf	358
	Profilverkröpfung	358

<b>Maschinelle Steinbearbeitung</b>	<b>359</b>
▷ <b>Steuern und Programmieren</b>	<b>359</b>
Aufmessen	361
SPS-Steuerung	361
CNC-Steuerung	361
Antriebe	362
Scannen	363
▷ <b>Abbauen und Gewinnen</b>	<b>364</b>
▷ <b>Gattersägen</b>	<b>366</b>
▷ <b>Diamantseilsägen</b>	<b>367</b>
Horizontalseil	368
▷ <b>Diamantkreissägen</b>	<b>370</b>
Blockkreissäge	370
Tagliablocchi	371
Ablängsäge	371
Brückensäge	372
Diamanttrennscheiben	375
▷ <b>CNC-Bearbeitungszentren</b>	<b>377</b>
Roboter	379
CNC-Werkzeuge	379
▷ <b>Schleifmaschinen</b>	<b>381</b>
Flächenschleifer	382
Gelenkarm-Fräs- und Schleifmaschinen	382
Kantenschleifmaschinen	383
Schleifwerkzeuge	386
▷ <b>Bohrmaschinen</b>	<b>388</b>
▷ <b>Wasserstrahl-Schneidanlagen</b>	<b>389</b>
Verlängerung von Standzeiten	390
▷ <b>Sandstrahlen</b>	<b>391</b>
▷ <b>Staub und Schlamm</b>	<b>392</b>
Wasser aufbereiten	392
Luft reinigen	393
▷ <b>Transportieren</b>	<b>394</b>
Gabelstapler	395
Stahlseile und Ketten	396
Vakuumheber	396
Plattenzangen	397
Hebebänder	397
Fahrzeuge für Montagearbeiten	398

## BAUSTELLE

<b>Grundlagen der Natursteinkonstruktion</b>	<b>399</b>
▷ <b>Festigkeitsvorschriften</b>	<b>399</b>
▷ <b>Bauphysikalische Vorschriften</b>	<b>399</b>
▷ <b>Bearbeitungstechnische Regeln</b>	<b>400</b>
▷ <b>Ästhetische Regeln</b>	<b>400</b>
▷ <b>Versetzrichtlinien und -zeichnungen</b>	<b>400</b>
<b>Fassade, Wand, Mauer</b>	<b>401</b>
▷ <b>Fassadenbekleidung aus Naturstein</b>	<b>401</b>
Materialauswahl	403
Bemessen der Platten	404
Mindestplattendicke	405
Formate der Bekleidungs-elemente	405
Verankern	405
Bemessen der Verankerungen	406
Zeichengebung für Anker-auflistungen	407
Befestigen der Natursteinplatten	408
Befestigen mit Ankerdornen	408
Befestigen mit Steckdornen	409
Befestigen mit Schraubankern	409
Befestigen mit Profilstegen	410

Fugen und Hinterlüftungszone	410
Fugenausbildung bei Bekleidungen	410
Offene Plattenfugen	410
Mit Fugendichtstoff geschlossene Plattenfugen	410
Anschlussfugen	410
Bauwerkstrennfugen	411
Wärmeschutz der Außenwand	411
Verankerungssysteme	412
Traganker	412
Halteanker	412
Mörtelanker	413
Anschraubanker	414
Anschweißanker	414
Leibungsplatten mit Verbindungen und Verankerungen	414
Deckenbekleidung	416
Verankerungsgrund	416
Ankermörtel	416
Ankerbohrloch	416
Bohrgerät	417
Prüffähige Unterlagen – prüfende Instanzen	417
Überwachungs- und Prüfpflicht	417
Erforderliche Unterlagen	417
Anfertigung der Fassadenzeichnungen	417
»Zustimmung im Einzelfall«	418
Wirtschaftliche Auftragsabwicklung	418
Gesteinsprüfungen	419
Grundlagen des Versetzens von Fassaden	419
Häufige Fehler beim Versetzen	421
Fenster- und Türumrahmungen	422
Fensterbank	422
Gewände	423
Stürze	424
▷ <b>Wandbekleidungen aus Naturstein</b>	<b>425</b>
Hinterlüftete Wandbekleidung	426
Hinterlüftete Deckenbekleidung	428
Fugen in hinterlüfteten Bekleidungen	428
Angemörtelte und geklebte Bekleidungen	428
Fugen in angemörtelten und geklebten Bekleidungen	429
▷ <b>Mauern aus Naturstein</b>	<b>430</b>
Mauerwerksarten und Verbände	431
Mauerabdeckungen	434
Werksteinbögen	435
Mauerwerkskonstruktion	436
Allgemeine Anforderungen	436
Versetz- und Fugenmörtel	436
Planen eines Mauerwerks	438
Verblendmauerwerk	439
Vorsatzmauerwerk	439
Sach- und fachgerechtes Ausführen von Mauerwerk	442
Verfüllen der Fugen	442
Fugenglattstrich	442

## Boden

<b>Natursteinböden</b>	<b>443</b>
▷ <b>Eignung und Auswahl des Bodenbelags</b>	<b>443</b>
Allgemeine Kriterien	443
Untergrundbewertung und -vorbereitung	444
▷ <b>Estrich als Verlegeuntergrund</b>	<b>444</b>
Kennzeichnung von Estrichen	445
Konstruktionsarten von Estrichen	445
Verbundestriche (DIN 18 560-3)	445
Estriche auf Trennschicht (DIN 18 560-4)	446
Estriche auf Dämmschicht (DIN 18 560-2)	447
Beheizte Estriche (DIN 18560-2)	448
Restfeuchtebestimmung (CM-Messung)	449

Funktionsheizungen und Belegereifheizungen	449
Fugen	450
Estrich auf Balkonen, Terrassen, Loggien	450
Estrichbindemittel	451
Zementestriche	451
Calciumsulfatgebundene Estriche	451
Gussasphaltestriche	452
Ausgleich von Gussasphaltestrichen	453
Magnesiaestriche	453
Reaktionsharzestriche	453
▷ System- und Hohlböden als Untergrund	<b>454</b>
Nass-Hohlboden	454
Trocken-Hohlboden	454
▷ Verlegungsarten	<b>455</b>
Dünnbettverlegung	455
Definition und Spezifikation	456
Zu kennzeichnende Eigenschaften	456
Grundieren	456
Ausgleichen oder Spachteln	457
Bindemittel	457
Verlegeverfahren	458
Sonderfall: Abdichten von Nassbereichen	458
Sonderfall: Naturstein auf einem barrierefreien Badezimmerboden	460
Mittelbettverlegung	461
Dickbettverlegung	461
Verarbeiten im Dickbett	462
Verlegen mit Drainagemörteln	463
Verfahren und Konstruktionen	464
Sonderfall: Treppen im Außenbereich	466
Verfugen	467
<b>Natursteintreppen</b>	<b>469</b>
▷ Grundbegriffe	<b>469</b>
▷ Treppenformen	<b>470</b>
▷ Hauptmaße der Treppen	<b>470</b>
▷ Stufenarten und Stufenprofile	<b>471</b>
▷ Treppenkonstruktionen	<b>471</b>
▷ Treppenaufmaß	<b>472</b>
Vorbereitung	472
Digitales Aufmessen	473
▷ Stufenbekleidung im Mörtelbett	<b>473</b>
Vorbereitung	473
Versetzen der Stufen	474
Versetzen auf gewendeltem Lauf	476
Versetzen von Block- und Keilstufen	477
Ansetzen von Sockelleisten und Wandwangen	477
▷ Treppenbekleidung auf Trittschalldämmung	<b>478</b>
▷ Stahlbetonwangen als Stufenlager	<b>478</b>
Versetzen der Stufen	479
▷ Freitragende Tragbolzentreppen	<b>480</b>
Rechtliche Voraussetzungen	480
Grundbegriffe	481
Einbolzentreppen (WE1)	481
Zweibolzentreppen (WF2)	481
Spindeltreppen	482
Planen und Auslegen	482
Festigkeitsklassen von Natur- und Betonwerkstein	483
Bohllöcher in den Trittschritten	483
Überbrückung bei fehlenden Wandabschnitten und Wandöffnungen	483
Tragbolzen mit verdeckter Hülse	484
Außenbereich	484
Schallschutz	484
Verankern der An- und Austrittsstufe	484
Treppenaufmaß	485

Bohren und Montieren der Wandanker	487
Einbaubedingungen und Kontrolle	487
<b>Reinigen, Schützen und Pflegen von Natursteinbelägen</b>	<b>488</b>
▷ Reinigen	<b>488</b>
Arten von Schmutz	488
Oberflächenschmutz	488
Tiefenschmutz	488
Arten der Reinigung	489
Grundreinigung	489
Reinigungsmittel	489
▷ Schützen	<b>490</b>
Arten von Schutzbehandlungen	490
Versiegelung	490
Imprägnierung	490
▷ Pflegen	<b>491</b>
Unterscheidung nach Funktion des Belags	491
Böden im privaten Bereich	492
Böden in gewerblichen Objekten	492
Dauernassbereiche	492
<b>Denkmalpflege und Restaurierung</b>	<b>493</b>
▷ Berufsbilder in der Denkmalpflege	<b>493</b>
Steinmetz- und Restauratorenausbildung im Vergleich	493
Restaurator im Handwerk / Steinmetz im Denkmalschutz	494
Arbeiten im Denkmalschutz	494
▷ Grundlagen der Denkmalpflege	<b>495</b>
Historische Steinbearbeitung	495
Altägypten	496
Griechische Antike	497
Römische Antike	498
Romanik	498
Gotik	499
Renaissance	500
Barock	500
20. Jahrhundert	501
Romanik und Neoromanik im Vergleich	501
Fazit	501
Steinbearbeitungstechniken in der Denkmalpflege	502
Einsatz historischer Werkzeuge	502
Oberflächenbearbeitungen der Romanik	502
Oberflächenbearbeitungen der Gotik	504
Oberflächenbearbeitungen d. Renaissance	505
Oberflächenbearbeitungen des Barocks	506
Oberflächenbearbeitungen d. Klassizismus	506
Anrisstechniken	507
Fixieren von Anrissen	508
Risstypen	508
Versetzstechniken	509
Versetzen von Quadersteinen in Kalkzementmörtel	509
Versetzen von Rippengewölben und statisch notwendigen Steinelementen mit Mörtel	509
Versetzen von frei stehenden Bauteilen mit Mörtel	509
Verbleiungstechniken	510
Verklammern von Quadersteinen	510
Verbleien von Rippen (Stabwerk)	511
▷ Begriffe und Definitionen	<b>512</b>
Grundbegriffe der Steinrestaurierung	512
Konservieren	512
Restaurieren	512
Renovieren	513
Rekonstruieren	513
Sanieren	513
Kopieren	513

Reversibilität	513
Irreversibilität	513
Begriffe aus der Bauphysik	514
Kapillarität	514
Kondensation	514
Diffusion	514
Adsorption	515
Emulsion	515
Dispersion	515
Suspension	515
▷ Schadensphänomene an Natursteinen	515
Verwitterung	515
Materialveränderung	516
Verformung	516
Rissbildung und Bruch	516
Zerfall und Auflösung	517
Korrosion	517
Verfärbung und Ablagerung	517
Krusten	518
Biogener Bewuchs, Beschichtung und Graffiti	519
Mechanische und nicht mechanische Schäden	519
▷ Bestandsaufnahme und Dokumentation	520
▷ Sicherung und Vorfestigung	521
▷ Salzreduzierung	522
Kompressen	522
Wasserbad	522
▷ Reinigung	523
Manuelles Reinigen	523
Reinigen mit Dampf	524
Reinigen mit Strahlverfahren	524
Reinigen mit Ultraschall und Laser	524
Biologische Verfahren	524
▷ Konservierungstechnologien	525
Festigen	525
Injektion	525
Volltränkung	525
Verpressen von Rissen	525
Imprägnieren	525
▷ Restaurierungstechnologien	526
Ergänzungsmaßnahmen	526
Kitten und Antragen	526
Verfugen	526
Ergänzen	527
Vierungen ergänzen	528
Verdübeln	528
▷ Bindemittel zum Verkleben mineralischer Werkstoffe	529
Klebstofftypen für mineralische Werkstoffe	530
Reaktionsklebstoffe	530
Epoxidharz und Polyesterharz	531
Mineralische Klebstoffe	531
Gips	531
Kalk	531
Zement	531
Festigkeiten in der Klebschicht	532
Reversibilität von Klebungen	532
Deklaration der Inhaltsstoffe	533
▷ Farbfassungen	534
Historische Anstrichstoffe	535
Moderne Anstrichstoffe	535
Rekonstruktion und Retusche	535
▷ Überwachung und Kontrolle	535

## SOZIALKOMPETENZ

<b>Sicherheit und Gesundheitsschutz</b>	<b>537</b>
▷ <b>Lärmschutz</b>	<b>538</b>
▷ <b>Umgang mit Staub</b>	<b>538</b>
Schutzmaßnahmen und Verhaltensregeln	539
Wartung der Absauganlagen	539
▷ <b>Lagern</b>	<b>540</b>
Rohblöcke	540
Platten	540
▷ <b>Transportieren</b>	<b>541</b>
Plattenzangen und -klemmen	541
Vakuumheber	542
Hebebänder	543
Gabelstapler	544
»Staplerschein«	544
Be- und Entladen des Lkws	544
Heben und Tragen schwerer Lasten	545
▷ <b>Sicherer Umgang mit handgeführten Werkzeugen</b>	<b>546</b>
Werkzeuge zum Blockspalten	546
Schlagwerkzeuge	546
Elektrowerkzeuge	547
Rotierende Schleifwerkzeuge	547
Vibrierende Werkzeuge	547
▷ <b>Sicherheit bei der maschinellen Steinbearbeitung</b>	<b>548</b>
Allgemeine Anforderungen an Maschinen	549
Diamantseilsägen	549
Säge- und Fräsmaschinen, Blockkreis- und Gattersägen	550
<b>Berufsausbildung</b>	<b>551</b>
▷ <b>Verhalten im Ausbildungsbetrieb</b>	<b>551</b>
Berichtsheft	552
▷ <b>Verhalten in der Berufsschule</b>	<b>553</b>
Prüfungen	553
▷ <b>Überbetriebliche Ausbildung</b>	<b>553</b>

## ANHANG

<b>Aufgaben und Lösungen</b>	<b>559</b>
▷ <b>Aufgaben Fachrechnen</b>	<b>559</b>
▷ <b>Aufgaben Handwerkliche Steinbearbeitung</b>	<b>564</b>
▷ <b>Aufgaben Natursteintreppen</b>	<b>575</b>
▷ <b>Lösungen Fachrechnen</b>	<b>577</b>
<b>Autorenverzeichnis</b>	<b>579</b>
<b>Register</b>	<b>580</b>
<b>Bildnachweis</b>	<b>599</b>

# Vorwort

Der Umgang mit dem Baustoff Naturstein wandelt sich: Das Steinmetzhandwerk wird dieser Entwicklung gerecht und hat sich in den letzten Jahren zu einem Stein verarbeitenden Dienstleistungsberuf entwickelt.

Voraussetzung für eine zeitgemäße Be- und Verarbeitung von Naturstein sind dabei gut ausgebildete Fachleute. Die Tätigkeit von Steinmetzen und Steinbildhauern verlangt heute neben gestalterischem Gespür und handwerklichem Können immer mehr das Konzipieren und Planen von Projekten sowie das Know-how für eine zeitgemäße manuelle und maschinelle Bearbeitung von Naturstein.

1982 veröffentlichte der Callwey Verlag zum ersten Mal ein Fachbuch, das in kompakter Form alle für das Steinmetz- und Steinbildhauerhandwerk relevanten Themen behandelte. Eine umfangreiche Überarbeitung und Ergänzung ermöglichte im Jahre 1996 eine Neuauflage und Erweiterung auf zwei Bände, die sich seitdem zum Standardwerk für die Aus- und Weiterbildung entwickelten.

Seit Erscheinen der letzten Ausgabe haben neue Werkstoffe, Konstruktionsweisen und Verarbeitungstechniken in das Berufsbild dieses Handwerks Einzug gehalten. Wir haben darauf mit einer umfangreichen Neubearbeitung reagiert, deren Ergebnis Ihnen hier vorliegt. Für diese einbändige Neuauflage konnten wir anerkannte Fachleute aus Ausbildung und Praxis als Autoren gewinnen. Die weiterhin gültigen Kapitel wurden von einem interdisziplinären Redaktionsteam inhaltlich und sprachlich überarbeitet.

Grundlegend aktualisiert wurden die Kapitel »Gesteinskunde«, »Handwerkliche Steinbearbeitung«, »Denkmalpflege und Restaurierung« sowie »Unfallverhütung«. Neu aufgenommen sind die Themen »Konstruktion mit CAD-Systemen« und »Arbeit mit CNC-gesteuerten Maschinen und -anlagen«. Neben diesen praktischen Grundlagen konzentriert sich das Buch auf die fachgerechte, dem Stand der Technik entsprechende Planung und Ausführung von Projekten aus und mit Naturstein im Außen- und Innenbereich.

Hinweise auf die einschlägigen Normen und Richtlinien ergänzen das jeweilige Kapitel. Ein ausführliches Register erleichtert die Suche nach Themen, Fachwörtern und Beispielen.

Herausgeber und Verlag wünschen Ihnen für den eingeschlagenen Berufsweg viel Erfolg.



*Richard Watzke*

Richard Watzke  
Callwey Verlag



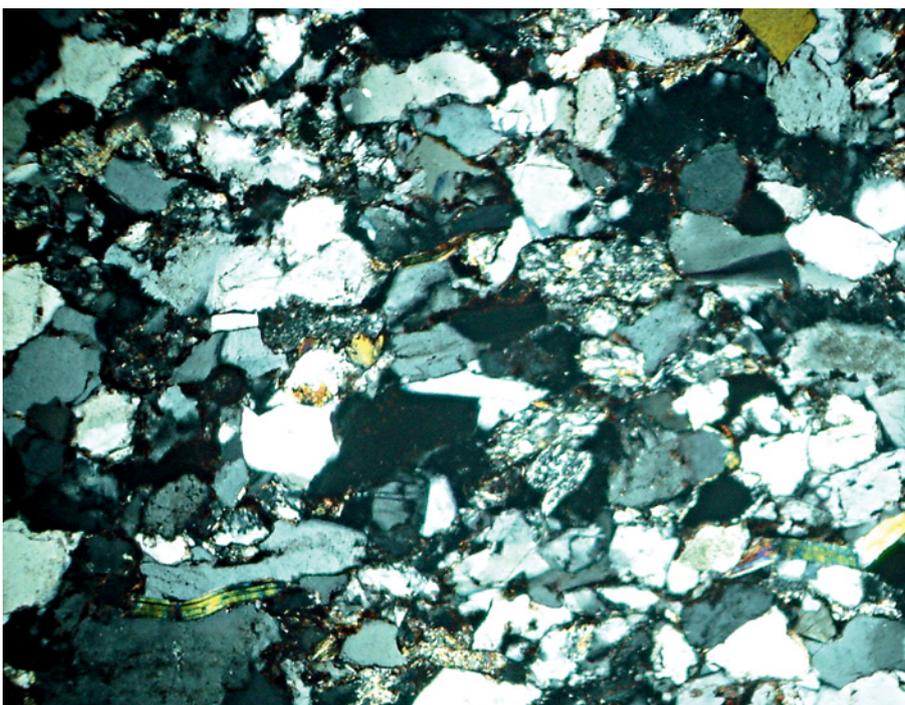
# Natursteine

Naturstein mit seiner Stabilität und Widerstandskraft gehört zu den ältesten Rohstoffen in der Geschichte der Menschheit. Seine Vielfalt in Farbe und Struktur sowie in seinen mechanischen Eigenschaften ermöglicht einen Einsatz in ganz unterschiedlichen Bereichen.

Naturstein steht in den unterschiedlichsten Strukturen, Farben und Ausbildungen für jeden Verwendungszweck und persönlichen Geschmack zur Auswahl. Mittels modernster CNC-Technik lassen sich heute die unterschiedlichsten Formen erstellen. Durch verschiedene Möglichkeiten der handwerklichen oder maschinellen Oberflächenbearbeitung wie Polieren, Schleifen, Bürsten oder Stocken ist der Rohstoff Naturstein noch vielfältiger einsetzbar.

Wurden bis ins 19. Jahrhundert hauptsächlich Steine aus der unmittelbaren Umgebung verwendet oder auf Flüssen über weite Strecken flussabwärts transportiert, so hat sich das heute deutlich geändert. Zurzeit dürften mehr als 1.500 verschiedene Natursteinsorten aus Europa und Übersee in den Block- und Rohplattenlagern deutscher Betriebe zu finden sein. Hinzu kommt, dass der Natursteinmarkt ständig in Bewegung ist; während jedes Jahr einerseits eine Vielzahl von neuen Steinen auf den Markt drängt, verschwinden andererseits Natursteinsorten, die der Steinmetz seit Generationen bearbeitet hat und mit deren Eigenschaften und Besonderheiten er durch jahrhundertelange Erfahrung vertraut war.

Angesichts der wachsenden Einsatzbereiche von Naturstein ist die Kenntnis der Eigenschaften der verwendeten Gesteine aber unbedingt notwendig. Häufig liegen von vielen neuen Gesteinssorten kaum Erfahrungswerte zur Anwendung oder spezifische Parameter vor. Umso unverzichtbarer ist eine Bestimmung der Gesteinsart. Nur aus den spezifischen Eigenschaften kann die Eignung für den jeweiligen Verwendungszweck ermittelt werden. Was nützt eine gelungene Bearbeitung, wenn Einsatzmöglichkeiten und Verwitterungsbeständigkeit falsch eingeschätzt wurden und der Stein nach wenigen Jahren durch Umwelteinflüsse zerstört wird.



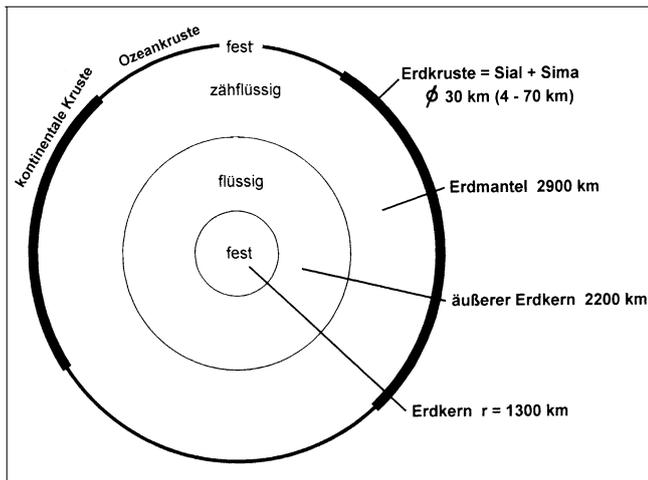
## Merke

Die Gesteinskunde oder Petrografie ist ein Fachgebiet der Erdwissenschaften und befasst sich mit der Entstehung, der Zusammensetzung und dem Aufbau der Gesteine. Grundkenntnisse dieser Wissenschaft sind unbedingte Voraussetzung für die erfolgreiche Arbeit eines Steinmetzen!

Mikroskopische Aufnahme eines hauchdünnen Gesteinsplättchens (Dünnschliff) bei spezieller Beleuchtung im polarisierten Licht. Man erkennt die dicht gelagerten Kristallkörner in einem Tiefengestein bei 40-facher Vergrößerung.

# Aufbau und Entstehung der Erde

Neben der Vielzahl an Gesteinsarten gibt es die unterschiedlichsten Strukturen und Ausprägungen. Will man verstehen, wie diese verschiedenen Zusammensetzungen, Strukturen, Farben und Eigenschaften zustande kommen, muss man sich näher mit der Entstehung der Steine und den Vorgängen in der Erde sowie dem Erdaufbau beschäftigen.



Allgemeine Daten zur Erde

Während die Oberfläche der Erde exakt vermessen ist – ja sogar der Mond und fast alle Planeten unseres Sonnensystems durch Raumsonden recht genau kartiert sind –, ist das Erdinnere nur bruchstückhaft erforscht. Als Möglichkeiten zur Erkundung der oberflächennahen Gesteinsschichten bieten sich Tiefbohrungen an. Diese erreichen bereits erstaunliche Tiefen von mehreren Kilometern wie die kontinentale Tiefbohrung bei Windischeschenbach in der Oberpfalz, die mit etwa 9.100 Metern eines der bislang weltweit tiefsten Bohrlöcher ist. Verglichen mit dem Erdradius von etwa 6.400 Kilometern sind dies allerdings nur »Mückenstiche« in den Körper eines Elefanten. Will man tiefer in den Erdkörper vordringen, muss man sich physikalischer Methoden von der Oberfläche aus bedienen. So erkannte man schon bei früheren Auswertungen von Erdbebenschwingungen, dass diese im Erdinnern an Horizonten in bestimmten Tiefen reflektiert werden. Diese Ergebnisse bestätigten sich auch durch das Vermessen künstlich erzeugter Erdschwingungen – wie bei Sprengungen – überall auf der Erde. Man schließt daraus, dass die Erdkugel aus einzelnen Schalen aufgebaut ist.

## Aufbau der Erde

### Erdkruste

Die Erdkruste, die äußerste sehr dünne Schale, bildet die Hülle unseres Planeten. Sie ist mit Abstand am besten erforscht und enthält die allermeisten der von uns verwendeten Gesteine. Die Kruste besteht hauptsächlich aus den chemischen Elementen Sauerstoff (O), Silicium (Si), Aluminium (Al) und Magnesium (Mg). Die Erdkruste wird grundsätzlich in eine ozeanische und eine kontinentale Kruste unterschieden. Die kontinentale Kruste ist mit bis zu 3,8 Milliarden Jahren sehr alt und besitzt eine Dichte von etwa 2,7 Kilogramm pro Kubikdezimeter. Sie besitzt eine mittlere Dicke, auch Mächtigkeit genannt, von 35 Kilometern, kann jedoch in Gebieten mit jungen Gebirgen bis zu 70 Kilometern erreichen. Die ozeanische Kruste ist mit maximal 200 Millionen Jahren noch jung. Sie ist schwerer als die kontinentale Kruste mit einer durchschnittlichen Dichte von 2,9 Kilogramm pro Kubikdezimeter. Ihre durchschnittliche Mächtigkeit beträgt fünf Kilometer.

### Erdmantel

Der Erdmantel ist etwa 2.900 Kilometer mächtig. Er wird in einen Oberen Mantel (fließfähig), eine Übergangszone und einen Unteren Mantel (zähflüssig) eingeteilt.

### Äußerer Erdkern

Wie das Verhalten der Erdbebenwellen zeigt, ist aufgrund der hohen Temperatur der äußere Erdkern flüssig. Trotz einer Mächtigkeit von 2.200 Kilometern sind Gesteine und Erze aus dieser Tiefe unbekannt, da sie durch keine natürlichen Kräfte an die Erdoberfläche befördert werden.

## Innerer Erdkern

Der innere Erdkern mit einem Radius von etwa 1.300 Kilometern ist trotz hoher Temperaturen fest, da die drei Aggregatzustände fest, flüssig und gasförmig nicht allein von der Temperatur bestimmt werden. Bei geschätzten 5.000 Grad Celsius ist der feste Zustand des Erdkerns auf den dort herrschenden hohen Druck zurückzuführen. Neben Nickel (Ni) und Eisen (Fe) sind in ihm auch andere Schwermetalle angereichert, wodurch sich eine Dichte von bis zu 15 Kilogramm pro Kubikdezimeter ergibt.

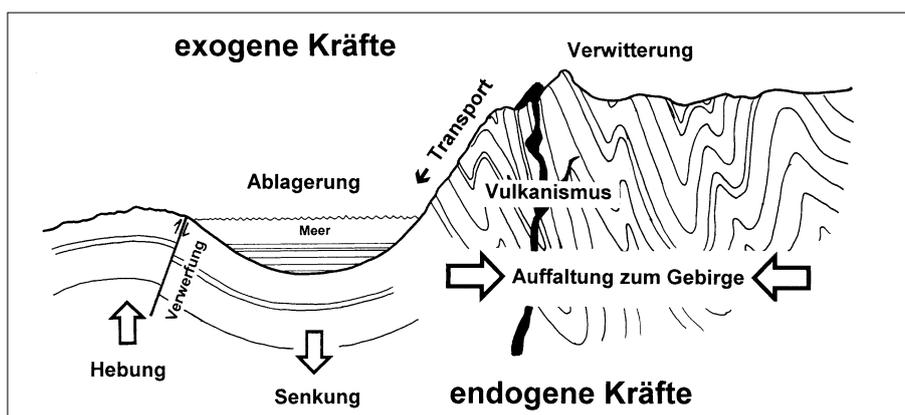
## Entstehung der Erde

Die Frage nach der Entstehung der Erde beschäftigt die Menschheit schon seit vorgeschichtlichen Zeiten. In verschiedenen Kulturkreisen existieren zahlreiche Schöpfungsgeschichten. Seit der Mitte des 19. Jahrhunderts setzen sich naturwissenschaftliche Erklärungen durch, die untersuchen, welche astrophysikalischen Prozesse zur Bildung der Erde geführt haben können.

Die Erdkruste bildet zusammen mit einem Teil des Oberen Erdmantels die Lithosphäre. Sie besteht aus festem Gestein und bildet mehr oder weniger starre Platten. Im Verhältnis zum gesamten Erddurchmesser gesehen entspricht sie gerade mal der hauchdünnen Schale eines Apfels. Die Lithosphäre ist nicht unbeweglich, sondern »schwimmt« wiederum auf der zähplastischen Asthenosphäre, die ebenfalls zum Oberen Mantel gehört. Ebenso wie eine dünne Eisschicht auf einem See schon bei leichtem Wellengang knirscht und bricht, kann sich die Erdkruste durch Strömungen im Erdmantel verformen. Man nennt diese aus dem Innern der Erde kommenden Kräfte auch **endogene Kräfte**. Dabei können kilometerdicke Gesteinspakete zu Gebirgen hochgefaltet werden oder auseinanderbrechen, wobei Erdbeben und Verwerfungen entstehen. Durch Risse in der Kruste kann glutflüssiges Gestein nach oben dringen; durchbricht es die Erdoberfläche, entstehen Vulkane und ihre typischen Gesteine. Gebiete können durch Verlagerung von Massen im Erdinnern absinken oder aufsteigen. Auf diese Weise entstehen Meeresbecken, wie schon mehrmals in der erdgeschichtlichen Vergangenheit geschehen, die durch Hebungsvorgänge aber auch wieder trocken gelegt wurden. Die Erdoberfläche ist also keineswegs unveränderlich; die Jahrtausende messenden Zeiträume, die für solche Veränderungen notwendig sind, lassen sie dem Menschen jedoch starr und unbeweglich erscheinen.

Andererseits wirken auch Kräfte von außen, sogenannte **exogene Kräfte**, zerstörend auf bestehende Gesteine ein. Diese Verwitterungs- und Erosionskräfte beginnen sofort nach der Entstehung eines Gebirges damit, dieses wieder einzuebenn, wobei aus dem Abtragungsmaterial neue Gesteine entstehen können.

Bei diesem Wechselspiel von Verwitterungs- und Erosionskräften wird auch klar, dass die Erdkruste nicht einförmig aus einer Gesteinsart aufgebaut sein kann; vielmehr finden wir auf wenigen Kilometern oft unterschiedlichste Gesteine, die uns die früheren Vorgänge auf unserem Planeten ablesen lassen wie in einem Buch.



## Merke

### Zahlen zur Erde

**Form:** abgeflachte Kugel (= Geoid)

**Durchmesser:** etwa 12.740 km

**mittlere Dichte:** 5,5 t/m<sup>3</sup>

**Druck im Erdkern:** 3.400.000 kg/cm<sup>2</sup>

**Temperatur im Erdkern:** ca. 5.000 °C

Formung der Erdkruste durch innere (endogene) und äußere (exogene) Kräfte

## Aufbau der Gesteine

Um das Wesen und den Aufbau der Gesteine verstehen zu können, müssen zunächst einige Grundbegriffe der Gesteinskunde geklärt werden.

Die Erdkruste und ein Teil des oberen Erdmantels werden von festen Gesteinen aufgebaut. Natursteine, die sich für bautechnische Zwecke und Bildhauerarbeiten verwenden lassen, werden auch als Naturwerkstein bezeichnet. Bedingt durch unterschiedlichste Bildungsorte und -umstände gibt es eine Vielzahl unterschiedlicher Gesteinsarten. Betrachtet man ein Gestein näher, so bemerkt man, dass die Gesteinsmasse meist nicht einheitlich, also homogen ist. Sie besteht aus verschiedenartigen, heterogenen Bestandteilen, die wir als Minerale bezeichnen.

▷  
Gesteine sind Mineralgemenge,  
hier: Marmor (Ajax).

▷▷  
Dünnschliff (ca. 70-fache  
Vergrößerung) des griechischen Marmors  
Ajax: Zu sehen sind die einzelnen  
Calcitkristalle mit ihren Lichtreflexen in  
verschiedenen Interferenzfarben sowie die  
Parallellamierung in der Kristallstruktur.



▷  
Gesteine sind Mineralgemenge,  
hier: Granit (Grigio Sardo).

▷▷  
Dünnschliff (14-fache  
Vergrößerung) eines typischen Granits:  
Man erkennt einheitlich hellgraue und  
schwarze Quarzkörner, hell- und  
dunkelgrau parallel gestreiften Feldspat  
und gelblich roten Glimmer.



## Grundwissen Minerale

Gesteine sind aus Mineralen aufgebaut. Minerale sind natürlich vorkommende, anorganisch-chemische Verbindungen, die selten aus nur einem einzigen chemischen Element bestehen. Diese in sich chemisch reinen Stoffe sind auch durch jeweils typische physikalische Eigenschaften gekennzeichnet. Man kennt heute etwa 4.600 verschiedene Minerale. Dabei sind nur einige Dutzend am Aufbau der Gesteine beteiligt. Viele der selteneren Mineralarten sind als Erze und Rohstofflieferanten von großer Bedeutung. Zu den häufigen Mineralen gehören Feldspat, Quarz, Glimmer und Kalkspat. Die meisten Minerale sind chemische Verbindungen (mehr zu Mineralen auf Seite 21–23).

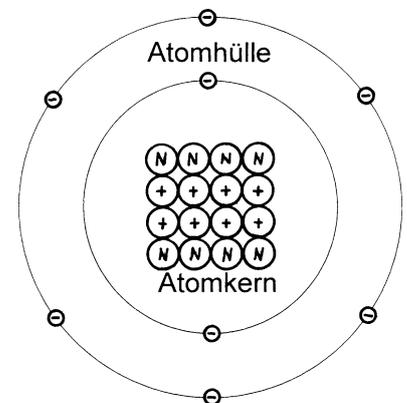
## Grundlagen der Chemie

Für das Verständnis der weiteren Texte ist es hilfreich, einige grundlegende Begriffe aus der Chemie zu erklären.

### Atome

Das kleinste Teilchen eines Grundstoffs oder chemischen Elements ist das Atom (griechisch »atomos« = unteilbar). Atome sind so klein, dass sie auch heute mit modernsten Elektronenmikroskopen nur als Punkte dargestellt werden können. Doch schon 1913 vermutete der dänische Physiker Nils Bohr, dass das einzelne Atom aus noch kleineren Bauteilen bestehen müsse. Sein für die Chemie noch heute gültiges Atommodell besteht aus Protonen (elektrisch positiv geladene Teilchen), Neutronen (neutrale, also ungeladene Teilchen) und Elektronen (elektrisch negativ geladene Teilchen). Dabei bauen Protonen und Neutronen das Innere des Atoms, den Atomkern, auf. Die Elektronen dagegen kreisen mit hoher Geschwindigkeit in verschiedenen Schalen um den Kern und bilden die Atomhülle. Ein Atom ist nach außen hin ungeladen, also neutral. Daher müssen immer gleich viele positive Protonen und negative Elektronen vorhanden sein.

Die Atome der verschiedenen chemischen Grundstoffe unterscheiden sich durch die unterschiedliche Anzahl ihrer Bausteine. Der Aufbau eines Atoms, vor allem die Zahl der Elektronen in seiner äußersten Schale, bestimmt das chemische Verhalten des jeweiligen chemischen Elements.



Schematisches Atommodell von Sauerstoff (O) (nicht maßstabsgetreu): + = Proton; N = Neutron; - = Elektron

### Chemische Elemente

Man kennt auf der Erde und im Weltall 109 solcher natürlich vorkommender chemischer Elemente. Aus diesem »chemischen Baukasten« lassen sich alle Materialien der Erde zusammensetzen (Synthese). Die Grundstoffe lassen sich in zwei Gruppen einteilen, nämlich die Metalle wie Eisen, Aluminium, Kupfer, Blei, Silber oder Gold und die Nichtmetalle wie Sauerstoff, Stickstoff, Chlor, Kohlenstoff oder Schwefel.

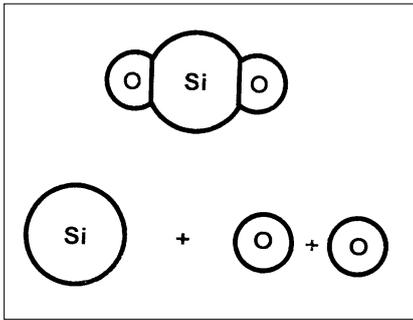
In der Chemie werden statt der ausgeschriebenen Namen der Übersichtlichkeit halber Kürzel verwendet. Zum Beispiel: Sauerstoff (O) [lateinisch »oxygenium«] oder Eisen (Fe) [lateinisch »ferrum«]. Von den 109 chemischen Elementen sind es hauptsächlich acht, die die Erdkruste und damit unsere Gesteine aufbauen: diese acht – zum Teil wenig bekannten Elemente – machen 98,5 Gewichtsprozent der Erdkruste aus, während häufig benutzte Stoffe des täglichen Lebens wie Kohlenstoff (Kohle), Kupfer, Blei und Zink sich mit den weiteren Elementen die übrigen 1,5 Prozent teilen müssen.

Sauerstoff	O	46,6%	} 98,5%
Silicium	Si	27,7%	
Aluminium	Al	8,1%	
Eisen	Fe	5,0%	
Calcium	Ca	3,6%	
Natrium	Na	2,8%	
Kalium	K	2,6%	
Magnesium	Mg	2,1%	

Die acht häufigsten chemischen Elemente in der Erdkruste

### Moleküle

Von den meisten Stoffen des täglichen Lebens weiß man, dass sie aus mehreren einfacheren Grundstoffen zusammengesetzt sind. So verbinden sich Wasserstoff und Sauerstoff zu der chemischen Verbindung Wasser. Dabei



Atome, die ein Quarz-Molekül bilden.

werden die Ausgangsstoffe nicht einfach nur miteinander vermischt, sondern sie verbinden sich fest zu einem neuen Stoff mit neuen Eigenschaften. So verbindet sich das weiche Metall Aluminium mit dem Gas Sauerstoff zu einem der härtesten Minerale, dem Korund. Dieser wegen seiner Eigenschaften als Schleifmittel verwendete Stoff ist auch als Edelstein, nämlich als Saphir oder Rubin, begehrt und nichts erinnert in ihm mehr an die »unedlen« Eigenschaften seiner Ausgangsstoffe.

Moleküle sind im weiteren Sinn zwei- oder mehratomige Teilchen, die durch chemische Bindungen zusammengehalten werden und wenigstens so lange stabil sind, dass sie spektroskopisch beobachtet werden können. Es kann sich um neutrale Teilchen, aber auch um Radikale, Ionen oder auch ionische Addukte handeln. Will man etwas über den inneren Aufbau eines Minerals erfahren, so ist ein enormer Aufwand an Apparaturen notwendig, um in die Mikrowelt der kleinsten Bausteine vorzudringen. Würde man ein Mineral mit mechanischen Mitteln pulverisieren, so würde schließlich eine Grenze erreicht, an der eine weitere Zerkleinerung nicht mehr möglich ist. Diese kleinste Einheit einer chemischen Verbindung nennt man Molekül.

### Gemenge

Ein Gemenge erhält man durch Mischung verschiedener Stoffe in völlig beliebigem Mischungsverhältnis. Im Gegensatz zu einer chemischen Verbindung behalten die Ausgangsstoffe darin ihre ursprünglichen Eigenschaften bei und können jederzeit mit einfachen physikalischen Mitteln wieder voneinander getrennt werden. Die meisten Natursteine sind Gemenge verschiedener Minerale. Granit zum Beispiel besteht aus den Mineralen Feldspat, Quarz und Glimmer.

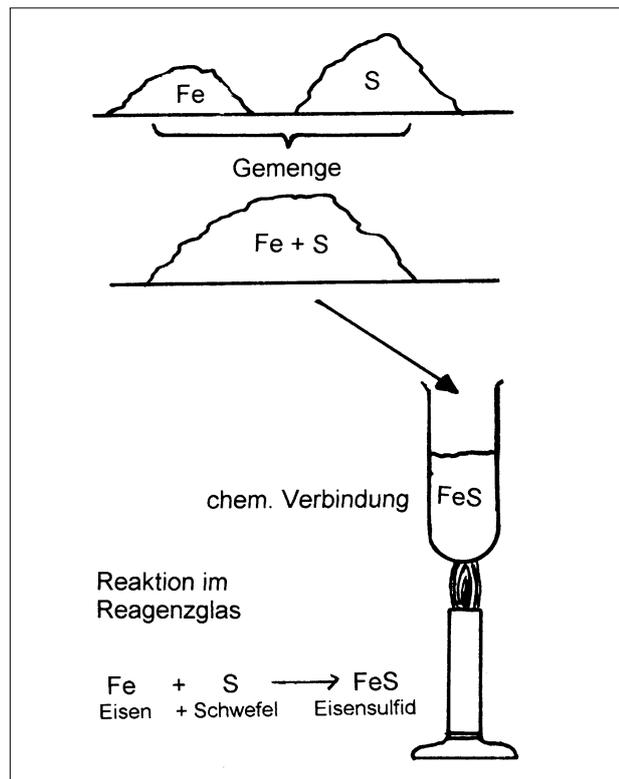
#### Versuch

##### Gemenge oder Verbindung?

Den Unterschied zwischen Gemenge und chemischer Verbindung kann man sich gut mit einem einfachen Versuch verdeutlichen: 56 g Eisenpulver und 32 g Schwefel werden gut miteinander vermischt; es entsteht ein Gemenge.

Die Trennung dieses Gemenges kann mit einem Stabmagneten erfolgen; der Schwefel bleibt zurück. Möglich wäre auch die Auflösung des Schwefels in einem geeigneten Lösungsmittel wie Tetrachlorkohlenstoff. Jetzt bleibt das darin unlösliche reine Eisen zurück, der Schwefel kann durch Verdunsten des Lösungsmittels zurückgewonnen werden.

Erhitzt man dagegen dieses Gemenge in einem Reagenzglas, so glüht der Inhalt auch nach Wegnahme der Flamme hell auf. Dieser Vorgang zeigt an, dass eine chemische Reaktion erfolgt ist, bei der große Energiemengen frei werden. Die Schwefel- und Eisenatome sind nun fest aneinander gebunden. Der neu entstandene Stoff heißt Eisensulfid und besitzt völlig andere Eigenschaften als die Ausgangsstoffe und lässt sich physikalisch nicht mehr trennen.



◁ Durch chemische Reaktionen entstehen neue Verbindungen.

Verschiedene Typen von Gemengen  
▽

Bezeichnung des Gemenges	Bestandteile	Trennmethode
Gemisch	z. B. Holz- und Eisenspäne	mit Magneten
Lösung	z. B. Wasser und Kochsalz	Wasser verdunsten lassen
Emulsion	z. B. Wasser und Öl	abstehen lassen, abgießen
Suspension	z. B. Wasser und Zement	durch Filter laufen lassen

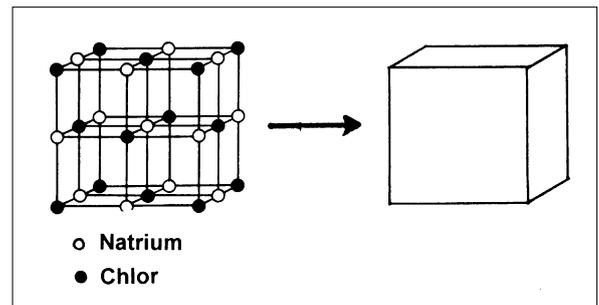
# Minerale

Über 95 Prozent der Minerale in der Erdkruste besitzen einen nach exakten Gesetzen geregelten inneren Aufbau. Kräfte, die von den Atomen ausgehen, zwingen jedes Einzelne in eine genau bestimmte Anordnung im dreidimensionalen Raum.

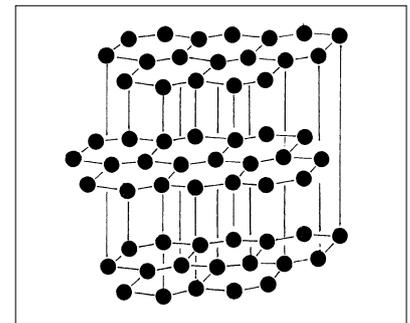
## Form und Aufbau

Würde man sich die einzelnen Teilchen eines Minerals mit Drähten verbunden vorstellen, erhielte man eine gitterförmige Struktur, das sogenannte Raumgitter oder Kristallgitter. Je nach Art und Anordnung der Atome im Mineral liegt ein charakteristisches Kristallgitter vor. Dieser regelmäßige innere Aufbau hat aber auch eine regelmäßige äußere Form mit exakten Flächen und Kanten, die in genau festgelegten Winkeln zueinander stehen, zur Folge. Die Kristallform ist deshalb ein charakteristisches Merkmal eines Minerals.

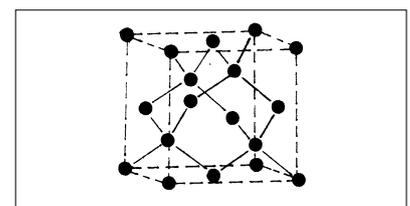
Leider findet man gut ausgebildete (= idiomorphe) Kristalle wie Bergkristall in der Natur recht selten, obwohl doch der innere Aufbau fast immer regelmäßig ist. Grund dafür ist, dass sich exakte äußere Formen nur dann einstellen, wenn der Kristall bei seinem »Wachstum« genügend Platz hatte (in Klüften oder blasigen Hohlräumen, den sogenannten Drusen im Gestein). Bei beengten Verhältnissen behindert ein Kristall den anderen bei seinem Wachstum und lässt keine eigenständige, regelmäßige Form zu. Solche Verhältnisse findet man in jedem Granit. Trotzdem besitzt darin jedes Kristallkorn einen völlig geregelten inneren Aufbau. Man spricht in einem solchen Fall von xenomorphen Kristallen.



Der Aufbau des Kristallgitters bestimmt die Kristallform.



Kristallgitter von Graphit



Kristallgitter von Diamant

## Entstehung

Kristalle entstehen in der Natur aus wässrigen Lösungen, aus glutflüssigen Gesteinsschmelzen, durch hohe Drücke und Temperaturen in der Erdtiefe und aus vulkanischen Dämpfen. Welchen Einfluss die Anordnung der kleinsten Bausteine im Kristallgitter eines Minerals besitzt, sieht man am chemischen Element Kohlenstoff (C). Dieser kann in der Natur in zwei völlig verschiedenen Kristallgittern vorliegen, nämlich als sehr weicher und abfärbender grauschwarzer Graphit (deshalb als Bleistiftmine verwendbar) oder als klarer und extrem harter Diamant.

## Farbe

Minerale besitzen oft sehr auffällige und kräftige Farben. So erhielten Farbtöne wie Zinnoberrot (Zinnober = Quecksilbersulfid) oder Malachitgrün (Malachit = Kupferkarbonat) ihren Namen von Mineralen. Trotzdem wird der Farbe für die Bestimmung eines Minerals eine zu große Bedeutung beigemessen. Eine Vielzahl von ihnen tritt nämlich nicht nur in einer Farbe auf. So ist der reine Kalifeldspat farblos oder weiß; schon geringste Beimengungen von Eisenoxiden können ihn aber kräftig rot oder gelb verfärben.

## Strichfarbe

Die Strichfarbe eines Minerals ist im Gegensatz zum äußerlichen Farbeindruck ein charakteristisches Merkmal und deshalb für die Bestimmung wich-

## Merke

Die Farbe von vielen Mineralen ist durch stoffliche Verunreinigungen oder andere Einflüsse verursacht und deshalb nicht immer für das jeweilige Mineral charakteristisch.

tig. Den Strich eines Minerals erhält man, wenn man ein Probemuster über ein Stück unglasiertes Porzellan reibt. Die Farbe des Mineralabriebs unterscheidet sich oft von der äußeren Farbe des Minerals. Alle Silikate, zum Beispiel roter Feldspat, ergeben einen weißen, silberfarbenen Hämatit.

### Glanz

Minerale zeigen an ihren Kristallflächen oder Bruchstellen einen für sie typischen Glanz: Quarz zeigt Glasglanz, Hornblende zeigt Seidenglanz, Pyrit zeigt Metallglanz, Zinkblende und Diamant zeigen Diamantglanz.

### Ritzhärte

Eine wichtige und bei der Gesteinsbearbeitung deutlich spürbare Eigenschaft von Mineralen ist ihre Härte. Der Mineraloge Friedrich Mohs schuf eine nach ihm benannte Härteskala mit den Härtegraden von 1 bis 10 (1 = weichstes, 10 = härtestes Mineral), in die alle bekannten Minerale eingeordnet werden können. Mohs klassifizierte die Minerale nach ihrer Ritzhärte, das heißt dem Widerstand, den sie beim Ritzen mit einem härteren Mineral diesem entgegensetzen. Zu beachten ist, dass der tatsächliche Härteunterschied zwischen 1 und 9 ungefähr so groß ist wie derjenige zwischen 9 und 10!

Härteskala nach Mohs

Härte	Mineral	Bemerkungen	Ersatzuntersuchung
1	Talk	Speckstein, fettig anfühlend, Schneiderkreide	mit Fingernagel leicht ritzbar
2	Steinsalz, Gips	NaCl = Kochsalz, CaSO <sub>4</sub> · 2H <sub>2</sub> O = Gips	mit Fingernagel noch ritzbar
3	Kalkspat	= Calcit = CaCO <sub>3</sub> (Calciumkarbonat)	mit Kupferdraht ritzbar
4	Flussspat	= Fluorit, als »Flussmittel« verwendet	mit Eisennagel ritzbar
5	Apatit	Phosphorverbindung, Bestandteil der Zähne	mit Messer ritzbar
6	Orthoklas	= Kalifeldspat	mit Feile ritzbar
7	Quarz	SiO <sub>2</sub> , als Bergkristall oder Feuerstein (Flint)	mit Widia ritzbar
8	Topas	Halbedelstein	ritzt Quarz
9	Korund	als Edelstein Rubin und Saphir, Schleifmittel	ritzt Topas
10	Diamant	kristallisierte Form des Kohlenstoffs	ritzt Korund

### Merke

#### Die Härte von Gesteinen

Die Härteskala nach Mohs gibt die Ritzhärte von Mineralen an. Man kann damit jedoch nicht die Härte eines Gesteins angeben, da dieses ja aus verschiedenen, unterschiedlich harten Mineralbestandteilen besteht. Viele Sandsteine sind »weich«, obwohl sie zum größten Teil aus dem Mineral Quarz bestehen, das die Härte 7 besitzt! Außerdem spielt auch die Bindung der Körner untereinander eine große Rolle.

### Spaltbarkeit

Spaltbarkeit ist ein Ausdruck von Richtungsunterschieden in der Festigkeit eines Kristalls. Innerhalb eines Kristalls kann es verschiedene Spalttrichtungen mit unterschiedlicher Qualität geben.

Gute Spaltbarkeit ist für Minerale wie Glimmer, Kalkspat oder Feldspat typisch. Andere Minerale zeigen nur unregelmäßigen, oft »muscheligen« Bruch. Auch entlang einer Spaltfläche ist es nicht egal, in welcher Richtung der Schlag oder Druck erfolgt.

## Weitere Merkmale

Neben den bisher aufgeführten, leicht erkennbaren Merkmalen lassen sich weitere Eigenschaften wie Dichte, chemische Angreifbarkeit, Fluoreszenz im ultravioletten Licht und Radioaktivität zur Mineralbestimmung heranziehen.

Von den 4.600 bekannten Mineralarten sind nur einige Dutzend am Aufbau der Gesteine beteiligt. Je nach Mengenanteil im Gestein unterscheidet man Hauptgemengteile (HGT; Minerale, die mit zehn bis zu 100 Prozent Anteil im Gestein auftreten), Nebengemengteile (NGT; Minerale, die mit ein bis zehn Prozent Anteil nur untergeordnet im Gestein vorhanden sind) und Akzessorien mit weniger als einem Prozent Anteil.

## Wichtige Minerale

Da die Eigenschaften eines Werksteins von der Art seiner Minerale und von ihrer Anordnung im Gestein, ihrem Gefüge, abhängen, ist es wichtig, die gesteinsbildenden Minerale und ihre Eigenschaften gut zu kennen.

### Quarz

Quarz ist eines der häufigsten Minerale. Dies ist nicht verwunderlich, besteht er doch aus den zwei häufigsten chemischen Elementen der Erdkruste, nämlich Sauerstoff und Silicium (chemische Formel:  $\text{SiO}_2$  = Siliciumdioxid). Dichte: 2,65 Gramm pro Kubikzentimeter, Härte: 7.

### Feldspat

Als Feldspat wird eine große Gruppe sehr häufig vorkommender Silikat-Minerale bezeichnet. Feldspäte haben eine mittlere Härte nach Mohs von 6 bis 7 und eine sehr variable Farbe, die von Farblos über Weiß, Rosa, Grün, Blau bis Braun reicht. Die Strichfarbe ist Weiß.

In der praktischen Petrografie unterscheidet man üblicherweise Alkalifeldspäte und Plagioklasfeldspäte.

#### Alkalifeldspäte

Wichtigster Vertreter der Alkalifeldspäte ist der Kalifeldspat oder Orthoklas. Kennzeichen: häufig rot, rötlich, gelblich, weiß, manchmal grün («Amazonit»), blaugrau. Nie schwarz. Gut spaltbar, deshalb im Gestein oft glitzernde Körner. Häufigstes Mineral im Granit, bestimmt dessen Farbe (chemische Formel:  $\text{KAlSi}_3\text{O}_8$ ). Dichte: 2,53 bis 2,56 Gramm pro Kubikzentimeter, Härte: 6.

#### Plagioklasfeldspäte

Plagioklasfeldspäte enthalten Natrium und Calcium und sind gut spaltbar. Beispiele sind Albit ( $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ ) und Anorthit ( $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$ ). Kennzeichen: weiß, grau, manchmal transparent, zuweilen Farbschiller (chemische Formel:  $\text{KAlSi}_3\text{O}_8$ ). Dichte: 2,6 bis 2,77 Gramm pro Kubikzentimeter, Härte: 6.



Quarz, auch Tiefquarz genannt, ist ein Mineral mit der chemischen Zusammensetzung  $\text{SiO}_2$ . Mit einer Mohshärte von 7 gehört Quarz zu den harten Mineralen.



Orthoklasfeldspäte sind Mischkristalle. Sie sind bei hohen Temperaturen stabil mischbar. Bei der Abkühlung kommt es zu Entmischungen von Albit im Kalifeldspat.



Plagioklasfeldspäte zeichnen sich durch unterschiedlich hohe Gehalte an Calcium und Natrium aus. Diese Mischkristallreihe der Plagioklase besitzt ebenfalls temperaturabhängige Entmischungen.

## Glimmer

Glimmer bilden eine Gruppe von leicht erkennbaren Mineralen, die besonders in metamorphen Gesteinen, plutonischen Magmatiten und ähnlich zusammengesetzten Gesteinen auftreten. Alle Glimmer sind Schichtsilikate mit sehr ähnlichen, charakteristischen Eigenschaften: schuppige Kristalle mit einer einzigen, extrem guten Spaltbarkeit und starkem Glanz. Dichte: 2,7 bis 3,2 Gramm pro Kubikzentimeter, Härte: 2 bis 3.

Die häufigsten Glimmerarten sind:

### Biotit

Dunkelbrauner bis schwarzer Glimmer, der als einziges schwarzes Gemengteil in Graniten auftritt und Eisen in gebundener Form enthält.

### Muscovit

Ein Hellglimmer, silbrig glänzend. In feinschuppiger Form, die schiefrigen Gesteinen einen Seidenglanz verleiht, nennt man dieses Mineral auch Serizit.

### Glaukonit

Glaukonit ist an Sedimentgesteine gebunden und ein Indikator für marine Ablagerungen und für die Grünfärbung von Sandsteinen verantwortlich.

## Pyroxene

Pyroxene sind wichtige Gemengteile der dunklen basischen magmatischen Gesteine. Sie bestehen aus einzelnen Vertretern. Bekannt ist Augit. Härte: 5 bis 6.

## Amphibole

Amphibole sind eine vielgliedrige Mineralgruppe, zu der wichtige Gemengteile in magmatischen und metamorphen Gesteinen gehören. Häufigstes Mineral ist die Hornblende. Kennzeichen: schwarze, dunkelgrüne, oft stängelige Kristalle. Amphibole sind mit dem bloßen Auge schwer von den Pyroxenen zu unterscheiden. Härte: 5 bis 6.



Pyroxene zeigen eine große chemische Variabilität und treten weltweit in verschiedenen Paragenesen auf (im Bild Pyroxen im Harzburger Gabbro).



Die Amphibolgruppe, kurz Amphibole, umfasst Silikate, die sich strukturell durch Doppelketten aus eckenverknüpften  $\text{SiO}_4$ -Tetraedern auszeichnen (im Bild ein Amphibol aus Norwegen).



Als Olivinegruppe wird eine Reihe von Silikaten mit identischer Kristallstruktur bezeichnet.



Die Serpentinegruppe (Orpith, Schlangenstein) bezeichnet eine Reihe monokliner Silikate mit ähnlicher Kristallstruktur.

## Olivin

Das Mineral Olivin tritt meist zusammen mit schwarzen Pyroxenen auf. Selten treten große, klare Körner in schleifwürdiger Qualität auf, die im Juweliergewerbe als Peridot in den Handel kommen. Das Mineral ist Hauptbestandteil der ultrabasischen magmatischen Gesteine des oberern Mantels und tritt auch in Basalten auf. Dichte: 3,3 Gramm pro Kubikzentimeter, Härte: 6.

## Serpentinit

Serpentinit, ein typisches Mineral metamorpher Gesteine, entsteht durch chemische Umwandlung aus dem Mineral Olivin. Kennzeichen: dunkelgrün, oft glatte, sich fettig anfühlende Bruchflächen. Dichte: 2,4 bis 3,5 Gramm pro Kubikzentimeter, Härte: 3 bis 5.

## Calcit, Kalkspat

Dieses häufig vorkommende Mineral, das Hauptbestandteil der Marmore und Kalksteine ist, wird chemisch als Calciumkarbonat ( $\text{CaCO}_3$ ) bezeichnet. Kennzeichen: weiß, oft aber durch verschiedene Eisenverbindungen »verunreinigt« und dann meist durch das Eisenoxid Limonit gelblich oder rötlich verfärbt. Ein charakteristisches Merkmal des Calcits ist – neben seiner geringen Härte und der vollkommenen Spaltbarkeit –, dass dieses Mineral durch Säuren stark angegriffen wird; sie lösen es auf und verwandeln es in leichtlösliche Salze. Dichte: 2,6 bis 2,8 Gramm pro Kubikzentimeter, Härte: 3.

## Dolomit

Dolomit ist ein dem Kalkspat ähnliches Mineral mit der Zusammensetzung Calciummagnesiumkarbonat. Kennzeichen: meist weiß, gelblich oder schmutzig braun. Dichte: 2,9 Gramm pro Kubikzentimeter, Härte: 3,5 bis 4.

Anteil der Minerale am Aufbau der kontinentalen Erdkruste (in Volumen-%)

Feldspäte	51%	} Silikate: 87%
Quarz	12%	
Pyroxene	11%	
Glimmer	5%	
Amphibole	5%	
Olivin	3%	
Calcit und Dolomit	2%	
andere	11%	



Im Allgemeinen ist Gips farblos oder weiß. Er kann durch Aufnahme von Beimengungen aber auch eine gelbliche, rötliche, graue oder braune Farbe annehmen.

## Gips

Gips, geologisch Gipsspat und chemisch Calciumsulfat, ist ein sehr häufig vorkommendes Mineral aus der Mineralklasse der »Sulfate«. Gips ist meist nur als Baugips bekannt. Rohstoff dafür ist der mineralische Gips ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ), Calciumsulfat mit »Kristallwasser«, dem zu diesem Zweck ein Teil des im Kristallgitter eingeschlossenen Wassers durch Erhitzen ausgetrieben wird. Beim Abbinden nimmt der Baugips das fehlende Wasser aus dem Anmachwasser wieder auf und erhärtet dabei. Kennzeichen: milchig, weiß, sehr gut spaltbar. Dichte: 2,3 Kilogramm pro Kubikzentimeter; Härte: 2.

## Minerale in Spuren

Auch Minerale, die nur in Spuren auftreten, können sich auf die Färbung eines Gesteins auswirken:

### Limonit

Limonit ist eine Eisenverbindung ( $\text{FeO}(\text{OH})$  = »natürlicher Rost«), die andere Minerale und Gesteine je nach Konzentration braun, gelb, beige oder elfenbein färbt.

### Hämatit

Hämatit ist ein Eisenoxid ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$  = Eisenoxid), das andere Minerale und Gesteine je nach Anreicherung rot oder rosa färbt.

### Pyrit

Pyrit ist eine messingglänzende Verbindung aus Eisen und Schwefel ( $\text{FeS}_2$ ), die auch »Katzengold« genannt wird. Dieses Mineral verwittert rasch zu braunem Limonit und ist dann oft für die braune oder gelbe Verfärbung von ursprünglich hellen Gesteinen (vor allem Marmor!) verantwortlich.

## Weitere Minerale

Neben den beschriebenen existiert natürlich noch eine Vielzahl anderer Minerale, die in Gesteinen eingemengt sind. Ihr Anteil ist allerdings so gering, dass sie die für den Steinmetz wichtigen technischen Gesteinseigenschaften nicht beeinflussen. Die häufigsten Minerale gehören zur Mineralklasse der Silikate, sind also chemisch hauptsächlich aus Silicium, Sauerstoff sowie verschiedenen Metallen zusammengesetzt.

## Wichtige Gesteine in der Steinbearbeitung

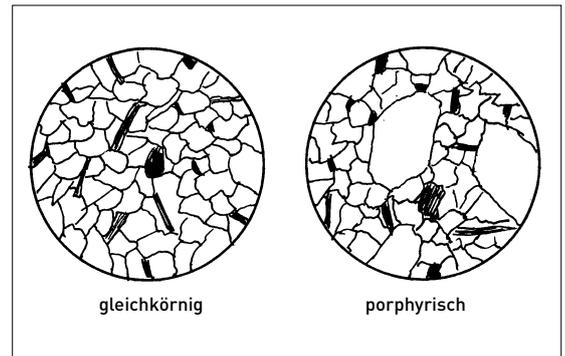
Die Gesteinsart bestimmt die Eigenschaften eines Natursteins. Es ist daher unerlässlich, die verschiedenen Gesteinsarten unterscheiden zu können, um einen Stein fachgerecht zu bearbeiten und seine Einsatzmöglichkeiten zu bestimmen.

Die **Gesteinsart** wird nach genauen wissenschaftlichen Regeln durch Art und Mengenanteile der beteiligten Minerale, den Mineralbestand, festgelegt. Auch deren Anordnung, Korngröße oder Kornform, also das Gefüge, bestimmen die Gesteinsart mit. Ist die Gesteinsart bekannt, so kennt man auch deren Eigenschaften. Gesteine werden nach ihren Bildungsbedingungen in drei große Gruppen unterteilt. Alle Gesteine, die auf der Erdoberfläche zur Bearbeitung gewonnen werden, lassen sich einer der folgenden Gruppen zuordnen:

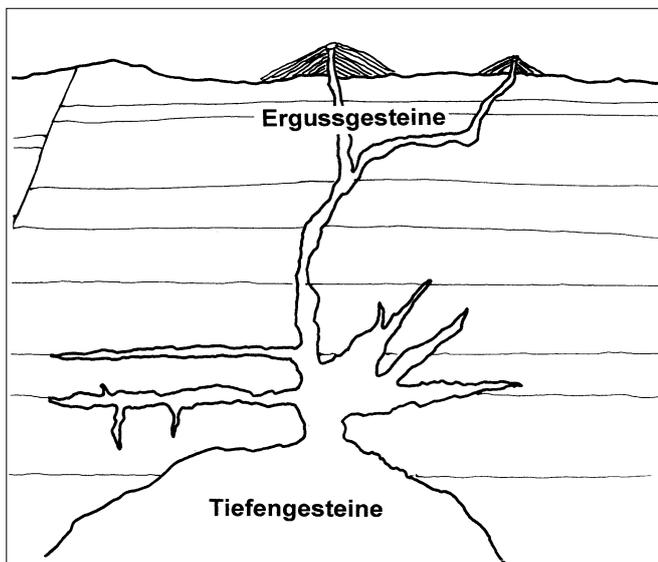
**Magmageseine:** Magmageseine sind aus einer heißen, flüssigen Gesteinsschmelze erstarrt. »Magma« bedeutet in der griechischen Sprache »geknetete Masse«. Gemeint sind heiße, glutflüssige Gesteinsschmelzen, die dem oberen Erdmantel oder der unteren Kruste entstammen.

**Sedimentgesteine:** Sedimentgesteine haben sich ursprünglich als lockerer Abtragungsschutt meist am Meeresgrund abgelagert und nachträglich verfestigt. Zu ihnen rechnet man die klastischen, chemischen und organogenen Gesteine, die an der Erdoberfläche (Meer, Land) abgelagert wurden.

**Metamorphe Gesteine:** Metamorphe Gesteine sind frühere Magma- oder Sedimentgesteine, die in der Erdkruste unter hohen Drücken und Temperaturen umgewandelt wurden.



Ein gleichkörniges Gefüge besteht aus gleichgroßen Korngrößen. Ein porphyrisches Gefüge ist durch das Nebeneinander zweier Korngrößenklassen gekennzeichnet. Im typischen Fall fehlen die dazwischen liegende Korngrößen.



◁ Auftreten der Magmageseine (Magmatite)

▽ System der Magmageseine

Tiefengesteine (Plutonite)		zugehörige Ergussgesteine (Vulkanite)
Granit	↔	Rhyolit
Syenit	↔	Trachyt
Diorit	↔	Andesit
Gabbro	↔	Basalt, Diabas
Peridotit	↔	Pikrit
Foyait	↔	Phonolit

## Magmageseine

Die Tiefengesteine, die man auch als Plutonite (nach Pluto, dem griechischen Gott der Unterwelt) bezeichnet, entstanden durch Abkühlung und Erstarrung riesiger Magmamassen mehrere Kilometer unter der Erdoberfläche. Diese Magmakörper, die oft viele Kilometer groß sind und unregelmäßige Formen haben, konnten wegen ihrer Größe und der mächtigen Überdeckung, die als ein wärmedämmender Mantel wirkte, nur über Jahrmillionen abkühlen. Sichtbare Folge ist, dass die Moleküle in der Schmelze genügend Zeit hatten, sich bei der Erstarrung zu größeren Kristallkörnern zu gruppieren, die nun das ganze Gestein aufbauen.

Dass die ursprünglich in solcher Tiefe erstarrten Gesteine überhaupt zugänglich sind, ist den Verwitterungsvorgängen an der Erdoberfläche zu verdanken. Man unterscheidet hauptsächlich sechs Gruppen von Tiefengesteinen (zusätzlich zu den in der Tabelle genannten auch Foyait):

### Merke

Kennzeichen von Tiefengesteinen: vollkristallin, weitgehend richtungsloses Gefüge, dicht

Technische Eigenschaften von	Granit	Syenit	Diorit	Gabbro	Peridotit
Dichte [in t/m <sup>3</sup> ]	2,7	2,8	2,9	3,0	bis 3,3
Werkzeugverschleiß (z. B. beim Fräsen mit Diamant)	hoch				geringer
Abriebfestigkeit	hoch				geringer
Verwitterungsbeständigkeit (z. B. Haltbarkeit der Politur)	sehr gut				schlechter

Technische Eigenschaften der Tiefengesteine



Granite (hier Kösseine-Granit) sind massige und relativ grobkristalline magmatische Tiefengesteine (Plutonite), die reich an Quarz und Feldspäten sind, aber auch dunkle Minerale, zum Beispiel Glimmer (Biotit), enthalten.

## Merke

Nicht alles, was im Handel »Granit« heißt, ist auch Granit!

## Granit

Granit (lateinisch granum = Korn) ist das häufigste und wichtigste aller Tiefengesteine.

**Bestandteile:** Quarz (20 bis 40 Prozent, glasig, schwach gefärbt), Orthoklasfeldspäte (30 bis 60 Prozent, fast alle Farben außer Schwarz sind möglich, sie bestimmen die Farbe des Granits), Plagioklasfeldspäte (0 bis 40 Prozent, meist weiß oder grau) und Biotit (3 bis 10 Prozent, schwarz). Der Merkspruch »Feldspat, Quarz und Glimmer, die drei vergess ich nimmer« gibt die Zusammensetzung von Granit vereinfacht wieder.

**Farbe:** Schon anhand der beteiligten Minerale kann man sehen, dass Granite zu den hellen Gesteinen gehören. Es ist ein weitverbreiteter Irrtum, dunkle oder gar schwarze »Hart«gesteine als Granit zu bezeichnen! Häufig treten rote bis rötliche sowie hellgraue bis fast weiße

Farben auf. Gelb gefärbte Granite findet man oft in oberflächlich gelegenen »Bänken« im Steinbruch; sie deuten auf eine beginnende Verwitterung besonders des Biotitglimmers hin – das in ihnen gebundene Eisen »rostet aus«.

**Korngröße:** feinkörnig (etwa ein Millimeter) bei schneller Abkühlung bis grobkörnig (etwa zehn Millimeter und mehr) bei sehr langsamer Abkühlung des Magmas.

**Eigenschaften:** hohe Druck- und Biegefestigkeit, hohe Abriebfestigkeit, gute Verwitterungsbeständigkeit, frost- und säurefest, gut polierfähig, relativ aufwendiger Abbau, hoher Werkzeugverschleiß, Silikosegefahr durch hohen Quarzanteil

## Syenit

Der typische Syenit ist ein helles bis rötliches magmatisches Gestein, das hauptsächlich aus Alkalifeldspäten besteht. Syenite könnte man als »Granite ohne Quarz« bezeichnen. Sie treten wesentlich seltener auf als Granite, werden aber aufgrund ihrer besonderen Farben und Merkmale zur Weiterverarbeitung gewonnen.

**Bestandteile:** Orthoklasfeldspäte (60 bis 70 Prozent, oft rotbraun), Biotit und Amphibol (20 bis 30 Prozent, schwarz).

## Diorit

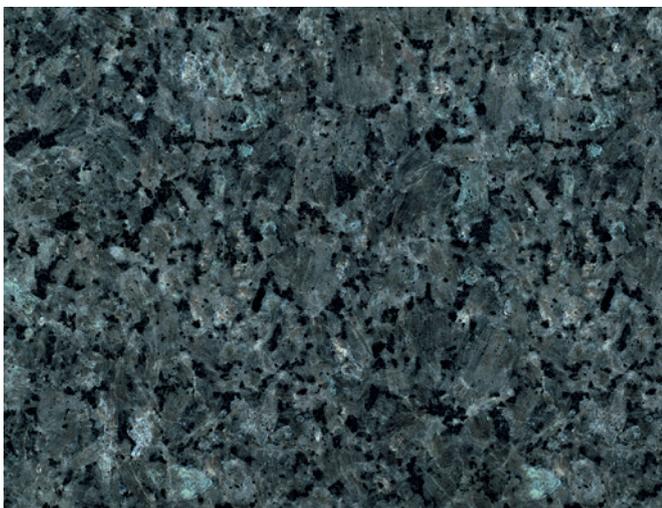
Diorite sind dunkelgraue, meist fein- bis mittelkörnige Tiefengesteine, die man mitunter in sogenannten Subduktionszonen findet. Der eigentliche Diorit enthält keinen Quarz.

**Bestandteile:** Natrium-Plagioklasfeldspäte (50 bis 60 Prozent, meist weiß, grau), Biotit und Amphibol (30 bis 40 Prozent, schwarz).

## Gabbro

Ein Gabbro ist ein dunkelgraues Gestein, das ohne eine genauere Untersuchung nicht vom Diorit zu unterscheiden ist. Da aber Diorite und Gabbros in ihren technischen Eigenschaften weitgehend gleich sind, ist für den Steinmetzen ein Auseinanderhalten dieser zwei Gesteinsfamilien ohnehin nicht notwendig. Gabbros sind nach den Graniten die häufigsten Tiefengesteine.

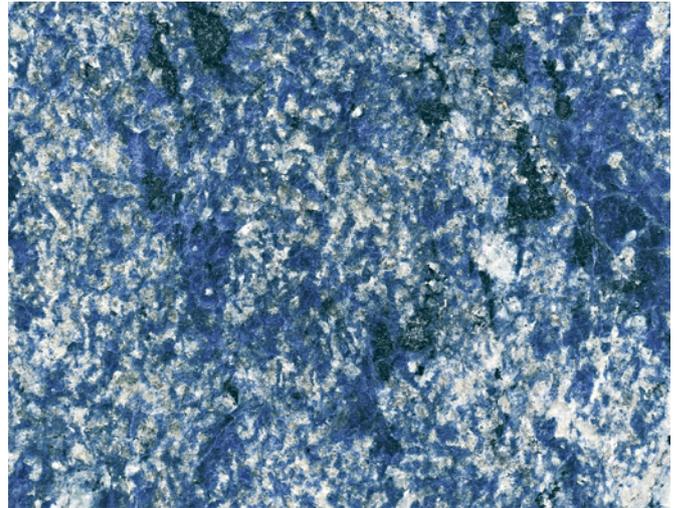
**Bestandteile:** Kalzium-Plagioklasfeldspäte (40 bis 50 Prozent, meist grau oder durchsichtig), Pyroxen (50 bis 60 Prozent, schwarz), Erz (etwa fünf Prozent) sowie metallisch glänzende Flecken.



Syenite (hier Blue Pearl) bilden eine miteinander verwandte Gruppe von Tiefengesteinen, die im Gegensatz zu Granit arm an Quarz sind.



**Gabbro (hier Nero Impala)** ist ein kompaktes, grobkörniges magmatisches Gestein plutonischen Ursprungs.



**Sodalith (hier Bahia Blue)** ist ein bei lokaler Anhäufung zwar reichlich vorhandenes, insgesamt aber eher wenig verbreitetes Mineral.

## Peridotit

Peridotite sind schwarze bis schwarzgrüne ultramafische Plutonite ohne helle Gemengteile.

**Bestandteile:** Olivin (40–60 Prozent, flaschengrün), Pyroxen (um 30 Prozent, schwarz) und Erz (um zehn Prozent, metallisch glänzend).

## Foyait

Eine besondere Stellung unter den Tiefengesteinen hinsichtlich Aussehen, Zusammensetzung und technischen Eigenschaften nehmen die Foyaite ein. Diese Gesteine entstanden aus einem Magma, das nur sehr wenig Silicium enthielt. Folglich konnte nicht nur kein Quarz ( $\text{SiO}_2$ ) entstehen, sondern der Mangel an Silicium war so groß, dass sich auch nur wenig des siliciumreichen Feldspats bilden konnte. So entstand eine Mineralgruppe, die man als Feldspatvertreter oder Foide bezeichnet. Eines dieser Minerale tritt in sehr kräftiger blauer Farbe auf (Sodalit) und kann dann das ganze Gestein intensiv färben.

Ein Nachteil dieser beliebten Gesteine sind die ungünstigen chemischen Eigenschaften der Foid-Minerale; sie sind säureempfindlich. Bei der Verwendung von Foyaiten (fälschlich oft auch »Granite« genannt) ist deshalb unbedingt zu beachten: keine Bauteile fertigen, die der chemischen Verwitterung ausgesetzt sind; als Bodenbelag nicht im Eingangsbereich von Gebäuden, wo mit Tausalzeintrag im Winter zu rechnen ist, einsetzen; nicht in Schwimmbädern, wo mit chlorhaltigem Wasser und scharfen Reinigungsmitteln zu rechnen ist, einsetzen; nicht als Material für Küchenarbeitsplatten wählen, da schon geringe Mengen Würzessig den Stein zerstören können.

## Ergussgesteine

Ergussgesteine werden oft auch als Vulkanite (nach Vulcanus, dem römischen Gott des Feuers) oder Effusivgesteine (Effusion = Erguss) bezeichnet. Die Entstehung dieser Gesteinsgruppe kann – im Gegensatz zur Erstarrung der Tiefengesteine – an aktiven Vulkanen (es existieren derzeit weltweit nahezu 450) direkt beobachtet werden. Zum Ausbruch kommen Magmen, die aus der tieferen Erdkruste oder dem oberen Erdmantel durch Spaltensysteme an die Erdoberfläche gelangen.

Das Magma kann auch aus den »Vorratskammern« stammen, die die Ursprungsstätten der Tiefengesteine sind. In diesem Fall kann das Magma in der Tiefe natürlich die gleiche Zusammensetzung wie das an der Erdober-

### Versuch

Lege ein kleines, poliertes Muster des blauen Foyaits Azul Bahia in Essig (oder verdünnte 5%ige Salzsäure) und prüfe das Ergebnis nach fünf Stunden, 24 Stunden und drei Tagen!