

Inhaltsverzeichnis

1	Einführung	1
1.1	Was ist ein Erz?	3
1.2	Ausgewählte Erzminerale	4
1.2.1	Sulfide	4
1.2.2	Oxide und Hydroxide	6
1.2.3	Karbonate	8
1.3	Ressourcen, Reserven und Verbrauch	9
1.4	Rohstoffmarkt	12
1.5	Wo suchen und wie?	13
1.6	Fernerkundung	15
1.7	Geophysikalische Exploration	17
1.8	Geochemische Exploration	22
1.9	Bohrungen	22
1.10	Tagebau	25
1.11	Bergbau unter Tage	26
1.12	<i>In-situ</i> -Laugung	29
1.13	Zukunftsmusik? Bergbau in der Tiefsee	30
1.14	Umweltzerstörung, Flächenverbrauch und soziale Verantwortung	30
1.15	Aufbereitung	32
1.16	Verhüttung	36
1.17	Recycling	39
1.18	Gegossen, geschmiedet und ziseliert	39
1.19	Die Zusammensetzung der Erde	41
1.20	Geochemische Einteilung der Elemente	44
	Literatur	48
2	Die Welt der Metalle	49
2.1	Eisen und Stahlveredler	49
2.1.1	Eisen (Fe)	49
2.1.2	Mangan (Mn)	50
2.1.3	Chrom (Cr)	52
2.1.4	Nickel (Ni)	53
2.1.5	Kobalt (Co)	53
2.1.6	Molybdän (Mo)	53
2.1.7	Vanadium (V)	54
2.1.8	Wolfram (W)	55
2.1.9	Tantal (Ta) und Niob (Nb)	55
2.2	Buntmetalle	56
2.2.1	Kupfer (Cu)	56
2.2.2	Blei (Pb)	57
2.2.3	Zink (Zn)	58
2.2.4	Kadmium (Cd)	59
2.2.5	Zinn (Sn)	59
2.3	Edelmetalle	60
2.3.1	Gold (Au)	60
2.3.2	Silber (Ag)	61
2.3.3	Platingruppenelemente (PGE)	61
2.4	Leichtmetalle	62
2.4.1	Aluminium (Al)	62
2.4.2	Titan (Ti)	63
2.4.3	Magnesium (Mg)	63
2.5	Seltenerdelemente (SEE)	63
2.6	Weitere Metalle und Halbmetalle	70
2.6.1	Lithium (Li)	70
2.6.2	Bor (B)	70

2.6.3	Beryllium (Be)	70
2.6.4	Germanium (Ge)	71
2.6.5	Indium (In)	71
2.6.6	Gallium (Ga)	71
2.6.7	Selen (Se) und Tellur (Te)	71
2.6.8	Thallium (Tl)	72
2.6.9	Quecksilber (Hg)	72
2.6.10	Antimon (Sb)	72
2.6.11	Arsen (As)	73
2.6.12	Bismut (Bi)	73
2.6.13	Uran (U) und Thorium (Th)	73
2.6.14	Zirkonium (Zr) und Hafnium (Hf)	74
2.6.15	Silizium (Si)	75
	Literatur	76
3	Magmatische Lagerstätten	79
3.1	Fraktionierung in Magmen (Einführung)	81
3.1.1	Schmelzbildung und Fraktionierung	81
3.1.2	Entmischung von Magmen	89
3.2	Podiforme Chromitlagerstätten in Ophiolithen	94
3.3	Layered Mafic Intrusions (LMI)	95
3.3.1	Magmatisches Layering und seine Ursachen	99
3.3.2	Chrom, Nickel und Platin in basischen Magmen	102
3.3.3	Bushveld	105
3.3.4	Great Dyke	108
3.3.5	Sudbury	109
3.4	Komatiit	113
3.5	Anorthosit	114
3.6	Kiruna-Typ Magnetit-Apatit-Eisenerz	115
3.7	Granit (Einführung)	116
3.7.1	Zinngranit	118
3.8	Pegmatit	118
3.9	Alkaligesteinskomplexe (Einführung)	123
3.10	Karbonatit	124
3.10.1	Phoscorit	128
3.11	Agpait	130
3.11.1	Ilimaussaq	132
3.11.2	Khibina und Lovozero	135
3.12	Ivigtut	136
	Literatur	137
4	Hydrothermale Lagerstätten	143
4.1	Adern und Gänge	148
4.1.1	Hydrothermale Gänge im Schwarzwald	151
4.1.2	Polymetallische Gänge im Erzgebirge	154
4.2	Orogenic Goldadern	157
4.3	Epithermale Gold- und Gold-Silber-Lagerstätten	161
4.4	Kupferporphyr	165
4.4.1	Molybdän-Porphyr (Climax-Typ)	181
4.4.2	Goldporphyr (<i>intrusion-related gold</i>)	181
4.5	Zinn-Wolfram-Lagerstätten	181
4.6	Greisen	185
4.7	Eisenoxid-Kupfer-Gold-Lagerstätten (IOCG)	188
4.8	Chimney und Manto	190
4.9	Skarn	190
4.10	Metasomatische Sideritlagerstätten	193
4.11	Carlin-Typ-Gold	193
4.12	Mississippi-Valley-Typ (MVT)	195
4.13	Sandsteingebundene Kupfer- und Blei-Zink-Lagerstätten	199

4.14	Sandsteingebundene Uranlagerstätten und Diskordanzlagerstätten	199
4.15	Hydrothermale Systeme am Meeresboden (Einführung)	201
4.15.1	Schwarze Raucher	202
4.15.2	Marine Sole-Pools und Atlantis II	205
4.16	Vulkanogene massive Sulfidlagerstätten (VMS)	206
4.16.1	Zypern-Typ VMS im Troodos-Ophiolith	209
4.16.2	Besshi (Japan)	211
4.16.3	Kuroko (Japan)	211
4.16.4	Iberischer Pyritgürtel	215
4.17	Sedimentär-exhalative Lagerstätten (SEDEX)	217
4.18	Lahn-Dill-Typ-Eisenlagerstätten	221
	Literatur	222
5	Lagerstätten durch Sedimentation und Verwitterung	229
5.1	Kupferschiefer und Zentralafrikanischer Kupfergürtel	230
5.1.1	Zentralafrikanischer Kupfergürtel	233
5.2	Bändereisenerz (BIF)	234
5.3	Eisenoolithe	241
5.4	Bohnerz	243
5.5	Sedimentäre Manganlagerstätten	243
5.6	Manganknollen	244
5.7	Evaporite	246
5.7.1	Marine Evaporite	250
5.7.2	Salzseen und Salzpfannen	254
5.8	Phosphorit	258
5.9	Seifenlagerstätten	259
5.10	Verwitterung (Einführung)	263
5.11	Laterit und Bauxit	266
5.11.1	Bauxit	267
5.11.2	Lateritische Nickellagerstätten	269
5.11.3	Lateritische Goldlagerstätten	271
5.11.4	Lateritische SEE-Lagerstätten (Ionenabsorbtionston)	271
5.12	Duricrusts	272
	Literatur	273
6	Fossile Energie	277
6.1	Vom Moor zur Kohle	279
6.2	Von der Alge zum Erdöl	285
6.3	Erdöl und Erdgas: Migration in die Falle	289
6.4	Das Öl vom Persischen Golf	295
6.5	Förderung von Erdöl und Erdgas	297
6.6	Peak Oil	301
6.7	Fracking: Schiefergas und <i>tight oil</i>	303
6.8	Ölschiefer	309
6.9	Teersand, Schweröl	310
6.10	Methanhydrate	312
	Literatur	313
7	Industrieminerale, Steine und Erden	317
7.1	Sand, Kies und Natursteine	317
7.2	Kalk, Mergel, Dolomit	318
7.3	Tuff, Bims, Perlit, Pozzulan und Trass	319
7.4	Feldspat, Quarz und Glimmer	320
7.5	Ton und Kaolin	320
7.6	Alumosilikate	324
7.7	Wollastonit	325
7.8	Granat	325
7.9	Olivin (Forsterit)	325
7.10	Magnesit, Talk und Speckstein	326

7.11	Korund	326
7.12	Diamant	327
7.13	Diatomit (Kieselgur)	328
7.14	Fluorit und Baryt	328
7.15	Zeolithe	328
7.16	Grafit	330
7.17	Schwefel	331
	Literatur	332
Glossar		333
Weiterführende Literatur		342
Bildnachweis		343
Stichwortverzeichnis		345

Inhaltsverzeichnis der Kästen

Kasten 1.1	Das Problem der Klassifizierung von Lagerstätten	2
Kasten 1.2	Stratiform, syngenetisch, epigenetisch, schichtgebunden	4
Kasten 1.3	Pyrit	10
Kasten 1.4	Kritische Rohstoffe	12
Kasten 1.5	Seltene Erden – der Weg zu Chinas Monopol	14
Kasten 1.6	Erzmikroskopie	15
Kasten 1.7	Bergrecht	15
Kasten 1.8	Renaissance des Bergbaus in Deutschland?	29
Kasten 1.9	Das Massaker von Marikana	31
Kasten 1.10	Cyanidkatastrophe in Rumänien	32
Kasten 1.11	Aufbereitung alter Halden und Spülteiche	35
Kasten 1.12	Wie die Elemente entstanden sind	41
Kasten 1.13	Chondrite, die Geburt der Erde und ein Kern aus Eisen	43
Kasten 1.14	Die Late-Veneer-Theorie	46
Kasten 1.15	Eisenmeteorite: Metall aus dem All	47
Kasten 2.1	Stahl	51
Kasten 2.2	Superlegierungen	53
Kasten 2.3	Katalysatoren	62
Kasten 2.4	Entdeckung der Seltenerdelemente	64
Kasten 2.5	Seltene Erden – auch in der Kiesgrube nebenan!	69
Kasten 2.6	Halbleiter	75
Kasten 3.1	SiO₂-Sättigung	81
Kasten 3.2	Klassifizierung magmatischer Gesteine	82
Kasten 3.3	Schmelzdiagramme	85
Kasten 3.4	Kompatibel und inkompatibel Spurenelemente	88
Kasten 3.5	Redoxzustand, Redoxpotenzial und die Sauerstofffugazität	89
Kasten 3.6	Gediegen Eisen in Basalten	90
Kasten 3.7	Ophiolithe	91
Kasten 3.8	Chromit	95
Kasten 3.9	Ural-Platingürtel	102
Kasten 3.10	Norilsk	104
Kasten 3.11	Meteoritenkrater	112
Kasten 3.12	Die Welt im Archaikum	113
Kasten 3.13	Peralumisch, metalumisch, peralkalisch	117

Kasten 3.14	Coltan	122
Kasten 3.15	Phalaborwa	125
Kasten 3.16	Bayan Obo	129
Kasten 4.1	Was ist ein Fluid?	144
Kasten 4.2	Katathermal, mesothermal, epithermal, pneumatolytisch	145
Kasten 4.3	Lösung als Komplexe	148
Kasten 4.4	Flüssigkeitseinschlüsse	148
Kasten 4.5	Mineral- und Thermalwasser im Schwarzwald	151
Kasten 4.6	Kobalt-Nickel-Arsen-Silber-Bismut-Uran-Gänge in Wittichen	153
Kasten 4.7	Wassergefüllte »mobile Brüche«	160
Kasten 4.8	Minas Gerais	162
Kasten 4.9	Kordilleren-Typ polymetallische Adern	165
Kasten 4.10	Quecksilber und Zinnober von Almadén	166
Kasten 4.11	Gediegen Kupfer vom Oberen See	167
Kasten 4.12	Porphyrr und Kupferporphyrr	168
Kasten 4.13	Stockwerk, massive und versprengte Erze	171
Kasten 4.14	Alteration	173
Kasten 4.15	El Teniente	176
Kasten 4.16	Die Oxidationszone in Kupferlagerstätten und der Eiserne Hut	179
Kasten 4.17	Der Cerro Rico von Potosí	182
Kasten 4.18	San Rafael	185
Kasten 4.19	Cornwall	186
Kasten 4.20	Olympic Dam	189
Kasten 4.21	Glasköpfe, Holzzinn und Schalenblende	197
Kasten 4.22	Tsumeb (Namibia), Kipushi (Kongo), Kabwe (Sambia)	199
Kasten 4.23	Oklo: ein natürlicher Atomreaktor	200
Kasten 4.24	»Chalcopyrite Disease«	204
Kasten 4.25	Leben in den Sole-Pools	205
Kasten 4.26	Dehnung im Backarc	209
Kasten 4.27	Abitibi-Grünsteingürtel	212
Kasten 4.28	Rammelsberg	218
Kasten 4.29	Salton Sea	222
Kasten 5.1	Mansfelder Kupferschiefer	233
Kasten 5.2	Stromatolithen: Frühes Leben sorgte für Sauerstoff in der Atmosphäre	238
Kasten 5.3	Kursker Magnetanomalie	240
Kasten 5.4	Beendete ein Meteoriteneinschlag die Bildung der BIF?	240
Kasten 5.5	Snowball Earth	241
Kasten 5.6	Bergbau auf Eisenerz und Rohstoff für den Straßenbau	243
Kasten 5.7	Glomar Explorer	245
Kasten 5.8	Bergwerk Merkers	248
Kasten 5.9	Zigong	248
Kasten 5.10	Kara-Bogas-Gol	251
Kasten 5.11	Sabkha	252
Kasten 5.12	Salzseen als Lebensraum	257
Kasten 5.13	Salz in der Antarktis	258
Kasten 5.14	Minjingu	259
Kasten 5.15	Sukulu und Bukusu (Uganda)	260
Kasten 5.16	Fluviatiler Transport und Sedimentation	262
Kasten 5.17	Nuggets	263
Kasten 5.18	Witwatersrand	264
Kasten 5.19	Schwerter aus dem Moor	272
Kasten 6.1	Das frühe Ölzeitalter	278
Kasten 6.2	Koks	280
Kasten 6.3	Kohleverflüssigung	280
Kasten 6.4	Die Zusammensetzung lebender Organismen	286
Kasten 6.5	Abiotische Kohlenwasserstoffe	288
Kasten 6.6	Zusammensetzung von Erdöl	291

Kasten 6.7	Permeabilität mit Wasser und Öl in den Poren	293
Kasten 6.8	Flüssiggas	301
Kasten 6.9	Erdölraffinerie	302
Kasten 6.10	Deepwater Horizon	304
Kasten 7.1	Zement, Beton und Mörtel	318
Kasten 7.2	Glas	321
Kasten 7.3	Keramik	323
Kasten 7.4	Asbest: Vom gefragten Rohstoff zur Altlast	327
Kasten 7.5	Füllstoffe	328