

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Versorgungsbasis und Zukunftstechnologien	3
2.1	Kritikalität	3
2.2	Rohstoffbasis aus Bergbau und Urban Mining	5
2.3	Zukunftstechnologien	9
2.4	Rohstoffpreise für Metalle	11
3	Häufigkeiten und Eigenschaften der Metalle	15
3.1	Häufigkeiten der Metall-Elemente in der Erdkruste	15
3.2	Klassifizierung der Metalle	16
3.3	Eigenschaften der Metalle	19
3.3.1	Physikalisch-chemische Eigenschaften	19
3.3.2	Elektrische Leitfähigkeit und Wärmeleitfähigkeit	20
3.3.3	Optische Eigenschaften der Metalle	22
3.3.4	Magnetische Eigenschaften	25
3.3.5	Kristallstrukturen und Legierungsbildung	26
3.3.6	Eigenschaften von dünnen Schichten und Nanokörpern	27
3.3.7	Halbleitereffekte	29
3.3.8	Ausgewählte chemische Eigenschaften der Metalle	31
3.4	Toxizitäten der Industriemetalle	42
3.4.1	Toxizitätsmaße	43
3.4.2	Akute und chronische Toxizität	44
3.4.3	Gentoxizität	47
3.4.4	Ökotoxizität	48
3.4.5	Gefährdungspotenziale und Sicherheitshinweise	49
4	Metallische Rohstoffe – Mineralien, Bergbau und Anreicherung	53
4.1	Mineralien	53
4.2	Bergbau und Lagerstätten	56
4.3	Rohstoffanreicherungen	59
4.4	Rohstoffaufkommen und Fördermengen	59
5	Applikationen Strategischer Metalle	63
5.1	Keramik- und Glasmaterialien EA	63
5.1.1	Funktionskeramiken für elektrische Applikationen	64
5.1.2	Mischoxidkeramiken aus Zr und Y	65
5.1.3	Keramik- und Emaille-Pigmente	68
5.1.4	Poliermittel	70
5.2	Materialien für Laser- und Laserdioden	70
5.3	Leuchtstoffe	75
5.4	Photovoltaik	79
5.5	Bildschirme	82
5.6	Energiespeicher und Energiekonvertierungen	89

5.6.1	Stationäre H ₂ -Speicher	91
5.6.2	Mobile elektrische Speicher	92
5.7	Legierungen.....	97
5.7.1	Legierungen der Seltenen Erdmetalle	98
5.7.2	Spezielle SE-Legierungen für Hartmagnete	98
5.7.3	Spezielle SE-Legierungen für weiche Magnete	101
5.7.4	Silber-und Silberlegierungen.....	103
5.7.5	Gold-Legierungen	105
5.8	Katalysatormetalle.....	106
5.9	Leiterkarten	107
5.10	Kontrastmittel in der Medizin	108
5.11	Spezielle Metallapplikationen	110
5.11.1	Applikationen der Edelmetalle Platin und Palladium	110
5.11.2	Applikationen des Halbmetalles Selen.....	110
5.11.3	Applikationen der Refraktären Metalle Niob, Tantal und Wolfram	111
5.11.4	Applikationen vom Antimon.....	113
5.11.5	Applikationen vom Germanium.....	114
5.11.6	Applikationen vom Indium	115
6	Recycling als Rohstoffquelle.....	117
6.1	Metallische Rohstoffreserven.....	117
6.2	Gesetzliche Grundlagen	119
6.3	Aufkommen an WEEE	120
6.4	Materialverluste und Recyclingquoten.....	121
6.5	Rücknahme, Pfandsysteme und Upcycling	123
6.6	Aufarbeitung von ehemaligen Bergbau- und Hüttenhalden	124
7	Recycling Logistik.....	125
7.1	Sammeln von Elektroaltgeräten	126
7.2	Demontage von EOL-Produkten	128
7.2.1	Demontage von Laptop-Geräten	129
7.2.2	Demontage von Bildschirm- und TV-Geräten	130
7.2.3	Demontage von Solarmodulen	131
7.2.4	Demontage von Abgaskatalysatoren	132
7.2.5	Demontage von medizintechnischen Geräten	132
7.2.6	Entnahme von Ta-Kondensatoren	133
7.2.7	Recycling von Akkus	134
7.2.8	Zukünftiges Recycling von E-Motoren.....	135
7.2.9	Demontage von Handys	135
7.2.10	Sammlung von Festplatten.....	136
7.2.11	Zerlegen von Glasfaserkabeln.....	136
8	Primäre und sekundäre Metallverhüttung.....	139
8.1	Pyrometallurgie	139
8.1.1	Metalle aus Metallschmelzen	139

8.1.2	Metallextraktionen durch Seigern.....	141
8.1.3	Extraktionen von Nd-Abfällen mit Mg oder Ag.....	142
8.1.4	Pyrolyse mittels Vergasungstechnik.....	144
8.1.5	Aufarbeitung von Armerzen und hochverdünntem Recyclinggut.....	145
8.2	Hydrometallurgie.....	148
8.2.1	Metalle aus Elektrolysen.....	148
8.2.2	Aufschlüsse mit Säuren.....	149
8.2.3	Basische Aufschlüsse zur Metallgewinnung.....	159
8.2.4	Verluste bei hydrometallurgischer Gewinnung.....	161
8.3	Extraktion mit Reaktantgasen.....	163
8.3.1	Extraktion mit Cl ₂ oder HCl.....	163
8.3.2	Extraktion mit Wasserstoff.....	167
8.3.3	Umsetzung durch Verbrennung von Recyclingmaterialien.....	168
8.4	Herstellung von Lithium.....	168
8.5	Hochreine Metalle.....	169
8.6	Recycling von Polystyrenabfällen.....	170
9	Recycling und Umwelt.....	173
9.1	Recycling als Klimaschutz.....	173
9.2	Ökotoxikologische Probleme bei der Abwasseraufarbeitung.....	174
9.2.1	Nanosilber im Abwasser.....	174
9.2.2	Gd-Ionen im Abwasser.....	174
9.2.3	Schwermetallionen aus Elektrolysebädern.....	176
9.3	Hg-Schadstoffentfrachtung beim Recycling von Leuchtstoffröhren.....	176
9.4	Schadstoffe bei Pyrolyseverfahren.....	177
10	Substitutionen Kritischer Elemente.....	179
10.1	Substitutionsmodelle.....	179
10.2	Substitutionsbeispiele für SE-Metalle.....	181
10.2.1	Statikspeicher für Kleinrechner.....	181
10.2.2	Reluktanzmotor.....	181
10.2.3	Substitution der Gd-Kontrastmittel.....	182
11	Elementanalytik.....	185
11.1	Probenahme und Probenvorbereitung.....	185
11.2	Spektroskopische Bestimmungsverfahren.....	185
11.2.1	Atomemissionsanalyse (AES).....	187
11.2.2	ICP-Massenspektroskopie (ICP-MS).....	188
11.2.3	Röntgenfluoreszenzanalyse RFA.....	189
11.2.4	Qualitative UV/VIS-Spektroskopie.....	190
11.2.5	IR-Spektroskopie.....	191
11.3	Quantitative Analytik, Reinheit und Konzentrationsmaße.....	193
11.3.1	Quantitative UV/VIS-Spektroskopie.....	193
11.3.2	Atomabsorptionsspektroskopie (AAS).....	194
11.3.3	Dotierung und Reinheit.....	195

11.4	Sensorik und analytische Schnellbestimmungen.....	196
12	Anhang.....	199
	Tabellen	199
	Wissenschaftlervverzeichnis.....	205
	Glossar	209
	Literatur.....	239
	Index	249

Strategische Metalle - Eigenschaften, Anwendung und
Recycling

Adler, B.

2017, VIII, 252 S. 109 Abb., 35 Abb. in Farbe., Softcover

ISBN: 978-3-662-53035-1