

DR.-ING. W. SCHREITER

SELTENE METALLE

BAND II

INDIUM, LITHIUM, MOLYBDÄN, NIOB, PLATINMETALLE,
RADIUM, RHENIUM, RUBIDIUM, SELEN,
SELTENE ERDEN, SILIZIUM, SKANDIUM

Mit 86 Tabellen, 39 Stammbäumen
und 7 Bildern



VEB DEUTSCHER VERLAG FÜR GRUNDSTOFFINDUSTRIE
LEIPZIG 1961

Inhaltsverzeichnis

1 Indium	19
1.1 Besondere Kennzeichen und Eigenschaften des Indiums	19
1.11 Allgemeines	19
1.12 Stellung im Periodensystem	19
1.13 Produktion und Preis	20
1.14 Vorkommen	20
1.15 Chemische Eigenschaften	20
1.16 Chemische Verbindungen	21
1.17 Physikalische Eigenschaften	21
1.2 Gewinnungsverfahren	26
1.21 Zinkblende und Rohzink	26
1.211 Verfahren von Reich und Richter	28
1.212 Verfahren von Winkler	28
1.213 Verfahren der American Smelting and Refining Company	29
1.214 Verfahren der Anaconda Copper Mining Company	31
1.215 Verfahren der Consolidated Mining and Smelting Company	31
1.216 Verfahren der National Zinc Corporation	33
1.217 Verfahren von Selje (Jugoslawien)	34
1.218 Gewinnung von Indium aus Waschzink des New-Jersey-Verfahrens	34
1.22 Gewinnung von Indium aus Flugstäuben der Bleiverhüttung (Verfahren der Tschimkenter Bleihütte)	37
1.23 Gewinnung von Indium aus goldhaltigen Erzen von Darassun	37
1.24 Zinnhaltiges Werkblei	37
1.25 Raffination von Rohindium auf trockenem Weg	38
1.251 Raffination durch Disproportionierung	38
1.252 Raffination durch Polen mit Wasserdampf	39
1.26 Raffination auf nassem Weg	39
1.261 Unvollständiges Auflösen in Schwefelsäure	39
1.262 Vollständiges Lösen in Schwefelsäure und selektives Zementieren	40
1.263 Auflösen in Salzsäure	41
1.264 Reinigen von Indiumlösungen mittels Ionenaustauschs	41
1.3 Elektrolytische Abscheidung von Indium	41
1.31 Indiumelektrolyse	41
1.311 Trennung des Indiums von den Begleitmetallen	42
1.32 Galvanische Abscheidung von Indium	43
1.321 Aufarbeitung verbrauchter galvanischer Bäder	45
1.322 Aufarbeitung indiumhaltiger Abwässer galvanischer Anlagen	45
1.323 Wiedergewinnung von plattiertem Indium	45
1.33 Feinstreinigung	45
1.331 Elektrolyse von Reinindium	45

1.332 Amalgamelektrolyse	46
1.333 Elektrolytische Abscheidung von flüssigem Indium oder einer Indium-Cadmium-Legierung	49
1.4 A ^{III} B ^V -Verbindungen des Indiums	49
1.5 Verarbeitung von Indium	50
1.51 Schmelzen	50
1.52 Herstellung von Blechen, Bändern, Drähten, Stäben, Pulver und Pellets	50
1.6 Anwendungsgebiete	51
1.61 Gleitlager	51
1.62 Legierungen	52
1.621 Niedrigschmelzende Legierungen	52
1.622 Weichlot	54
1.623 Glasverbindende Legierung	56
1.624 Ferromagnetische Legierung	57
1.625 Sonstige Legierungen	57
1.63 Halbleiter	58
1.64 Kerntechnik	60
1.65 Sonstige Verwendungszwecke	60
1.7 Giftwirkung	61
2 Lithium	68
2.1 Besondere Kennzeichen und Eigenschaften des Lithiums	68
2.11 Allgemeines	68
2.12 Stellung im Periodensystem	68
2.13 Produktion und Preis	69
2.14 Vorkommen	69
2.15 Chemische Eigenschaften	72
2.16 Chemische Verbindungen	73
2.17 Physikalische Eigenschaften	74
2.2 Gewinnungsverfahren	78
2.21 Aufschlußverfahren mit Säure	79
2.211 Aufschluß von Amblygonit	79
2.212 Aufschluß von Lepidolith	79
2.213 Aufschluß von Spodumen	81
2.213.1 Aufschluß mit einem Gemisch von Kalziumkarbonat und Kalziumsulfat	81
2.213.2 Aufschluß nach Vorbehandlung durch Erhitzen auf 1100 °C	81
2.214 Herstellung von Lithiumhydroxyd	83
2.22 Aufschlußverfahren mit Kalk	84
2.23 Basenaustausch mit Alkalien	86
2.231 Aufschluß von Lepidolith	86
2.232 Aufschluß von Spodumen	86
2.233 Aufschluß von Zinnwaldit	88
2.24 Aufschluß durch Chlorierung	88
2.241 Aufschluß mit Kalziumkarbonat und Kalziumchlorid	88
2.242 Aufschluß mit Kalziumkarbonat und Ammoniumchlorid	89

2.25 Gewinnung von Lithium als Zwischenprodukt aus den Salzlagern der Boraxgewinnung von Searless Lake	90
2.26 Gewinnung von Elektrolytlithium	92
2.261 Schmelzflußelektrolyse	92
2.261.1 Reinigung des Elektrolytlithiums	94
2.262 Elektrolyse aus organischer Lösung	94
2.27 Metallothermische Erzeugung	94
2.28 Trennung der Lithiumisotope	95
2.29 Lösungsmittlextraktion	96
2.3 Lithiumverarbeitung	96
2.31 Schmelzen und Gießen	96
2.32 Kaltverarbeitung	96
2.33 Maschinelle Verarbeitung	97
2.4 Anwendungsgebiete	97
2.41 Legierungen	97
2.42 Lithium als Desoxydations- und Entgasungsmittel	100
2.43 Verwendung von Lithium auf dem Gebiet der Kerntechnik	101
2.431 Anwendung des Lithiumisotops 6	101
2.432 Anwendung des Lithiumisotops 7	103
2.44 Schmiermittel	105
2.45 Glas- und Porzellanindustrie	106
2.46 Flußmittel (Hartlöten und Schweißen)	107
2.47 Klima- und Kühlanlagen	107
2.48 Arzneistoffe	107
2.49 Sonstige Verwendungszwecke	108
2.5 Sicherheitsmaßnahmen beim Arbeiten mit Lithiummetall	109
2.6 Giftwirkung	109
3 Molybdän	115
3.1 Besondere Kennzeichen und Eigenschaften des Molybdäns	115
3.11 Allgemeines	115
3.12 Stellung im Periodensystem	115
3.13 Produktion und Preis	116
3.14 Vorkommen	116
3.15 Chemische Eigenschaften	118
3.16 Chemische Verbindungen	118
3.17 Physikalische Eigenschaften	121
3.2 Gewinnungsverfahren	124
3.21 Molybdänglanz	125
3.211 Rösten	125
3.212 Sinteraufschluß mit Soda	126
3.213 Naßmetallurgischer Aufschluß des Röstgutes mit Ammoniak	127
3.214 Naßmetallurgischer Aufschluß mit Ätznatron oder Sodalösungen	130
3.22 Gelbbleierz	132
3.221 Schmelzen mit Soda und Kohle	132
3.222 Schmelzen mit Natriumsulfid	132
3.223 Naßmetallurgischer Aufschluß mit Schwefelalkalien	132
3.224 Aufarbeitung eines Wulfeniterzes	133

3.23	Gewinnung des Molybdäns aus der Mansfelder Ofensau	133
3.231	Verfahren der Deutschen Molybdänwerke	134
3.232	Verfahren der ehemaligen Mansfeldschen Kupferschieferbauenden Gewerkschaft Eisleben.	136
3.233	Verfahren der ehemaligen Vereinigten Kaliwerke Aschersleben .	137
3.234	Verfahren der Gebr. Borchers AG, Goslar/Harz	138
3.24	Erzeugung von reinem Molybdän(VI)-oxyd durch Destillation	140
3.3	Molybdän als Legierungszusatz für die Herstellung von Stahl und Le- gierungen	140
3.31	Molybdän(VI)-oxyd in Brikettform	141
3.32	Kalziummolybdat	141
3.33	Ferromolybdän.	142
3.4	Erzeugung von Molybdänpulver	144
3.41	Elektrolyse	144
3.42	Reduktion mit Metall.	145
3.43	Reduktion mit Wasserstoff	145
3.5	Herstellung von Molybdän-Halbzeug	145
3.51	Direktsinterverfahren (Coolidge-Verfahren)	146
3.52	Indirektsinterverfahren	146
3.53	Vakuum-Lichtbogenschmelzverfahren	147
3.54	Elektronenstrahlschmelzen	148
3.6	Molybdänverarbeitung.	149
3.7	Oberflächenschutz des Molybdäns bei hohen Temperaturen	150
3.8	Anwendungsgebiete	152
3.81	Stahl und Eisen	152
3.82	Legierungen für Sonderzwecke	153
3.83	Elektronenröhren und Glühlampen	154
3.84	Heizleiter	155
3.85	Heizelektroden für Glasschmelzöfen.	155
3.86	Glaseinschmelzlegierungen	155
3.87	Kontaktwerkstoff	156
3.88	Katalysator	156
3.89	Thermoelemente	156
3.9	Sonstige Verwendungszwecke.	156
3.91	Molybdändisilizid.	157
3.92	Molybdändisulfid.	157
3.93	Aufspritzen von Molybdän.	158
3.94	Farbkörper	158
3.95	Molybdän-Isotop 99	158
3.96	Düngemittel	159
3.97	Giftwirkung	159
4	Niob	164
4.1	Besondere Kennzeichen und Eigenschaften des Niobs	164
4.11	Allgemeines	164
4.12	Stellung im Periodensystem	164

4.13	Produktion und Preis	165
4.14	Vorkommen	166
4.15	Chemische Eigenschaften	167
4.16	Chemische Verbindungen	168
4.17	Physikalische Eigenschaften	170
4.2	Gewinnungsverfahren	174
4.21	Aufbereitung	174
4.22	Verarbeitung der Niob-Tantal-Konzentrate	174
4.221	Schmelzaufschluß mit Kalium oder Natriumhydrogensulfat	174
4.222	Schmelzaufschluß mit Natriumhydroxyd	175
4.223	Aufschluß mit Flußsäure	177
4.224	Aufschluß mit Fluß- und Schwefelsäure	178
4.225	Aufschluß eines Cerniobats mit Schwefelsäure	179
4.226	Aufschluß durch Chlorierung	180
4.23	Trennung von Niob und Tantal	181
4.24	Lösungsmittlextraktion	185
4.25	Ionenaustausch	187
4.26	Verarbeitung zinnarmer niobtantalhaltiger Schlacken	187
4.3	Herstellung von metallischem Niob	188
4.31	Thermische Reduktion des Doppelfluorids mit metallischem Natrium oder Kalzium	188
4.32	Schmelzflußelektrolyse von Kaliumnioboxyfluorid	190
4.33	Thermische Reduktion einer Mischung aus Nioboxyd und Niobkarbid	190
4.34	Thermische Zersetzung des Chlorids nach dem abgeänderten van-Arkel- Verfahren	191
4.4	Erzeugung von Ferroniob	191
4.41	Herstellung auf aluminothermischem Weg	191
4.42	Herstellung auf elektrothermischem Weg	193
4.5	Herstellung des massiven duktilen Niobs	194
4.51	Schmelzen	195
4.52	Pulvermetallurgische Verfahren	195
4.521	Sintern durch Stromdurchgang	196
4.522	Sintern nach dem Induktionsverfahren	196
4.6	Bearbeitung	197
4.61	Schutzüberzüge	197
4.7	Anwendungsgebiete	198
4.71	Rostfreier Stahl, Sonderstähle, Flußstahl	198
4.72	Sonderlegierungen von Nichteisenmetallen	200
4.73	Oxydationsbeständige Nioblegerungen	201
4.74	Hartmetallegerung	201
4.75	Schweißelektroden	201
4.76	Kerntechnik	201
4.761	Hülsenmaterial	201
4.762	Legierungsbestandteil	202

4.77 Hochvakuumtechnik	202
4.78 Elektrolytischer Gleichrichter	203
4.79 Dauermagnete	204
4.8 Sonstige Verwendungszwecke	204
5 Platinmetalle	211
5.1 Besondere Kennzeichen und Eigenschaften der Platinmetalle	211
5.11 Allgemeines	211
5.12 Stellung im Periodensystem	211
5.13 Produktion und Preis	214
5.14 Vorkommen	215
5.15 Chemische Eigenschaften	216
5.151 Ruthenium	217
5.152 Rhodium	217
5.153 Palladium	218
5.154 Osmium	218
5.155 Iridium	218
5.156 Platin	219
5.16 Physikalische Eigenschaften	219
5.161 Ruthenium	221
5.162 Rhodium	221
5.163 Palladium	221
5.164 Osmium	222
5.165 Iridium	222
5.166 Platin	222
5.2 Gewinnungsverfahren	222
5.21 Behandlung der Konzentrate der Platinmetalle mit Königswasser	225
5.211 Chlorierung eines Rhodium-Ruthenium-Iridium-Konzentrates	227
5.212 Entfernung der in den Rohkonzentraten der Platinmetalle enthaltenen Nichtedelmetalle und nichtmetallischen Verunreinigungen	229
5.22 Trennung der Metalle der Platingruppe durch Ionenaustausch	229
5.23 Raffination von Platin und Rhodium durch Ionenaustausch	231
5.3 Verarbeitung der Platinmetalle	231
5.31 Schmelzen und Gießen	231
5.32 Pulvermetallurgische Herstellung	232
5.33 Warm- und Kaltverformung	233
5.34 Löten und Schweißen	235
5.4 Hauptsächliche Anwendungsgebiete	235
5.41 Elektrotechnik	236
5.411 Elektrische Kontakte	236
5.412 Heizleiter	237
5.413 Potentiometer	238
5.42 Chemische Industrie	238
5.421 Konstruktionswerkstoff	238
5.422 Katalysatoren	238
5.423 Anorganische Chemie	239
5.424 Organische Chemie	240

5.425 Wiedergewinnung der Platinmetalle	241
5.426 Spinndüsen	241
5.427 Elektrochemische Zwecke	241
5.428 Chemisches Laboratorium	242
5.429 Glasindustrie	242
5.43 Sonstige Verwendungszwecke	243
5.5 Giftwirkung	250
5.51 Platin	250
5.52 Osmium	250
5.53 Ruthenium	250
6 Radium	255
6.1 Besondere Kennzeichen und Eigenschaften des Radiums	255
6.11 Allgemeines	255
6.12 Stellung im Periodensystem	255
6.13 Produktion und Preis	256
6.14 Vorkommen	256
6.15 Chemische Eigenschaften	257
6.16 Physikalische Eigenschaften	257
6.161 Radium	257
6.162 Radon	258
6.2 Gewinnungsverfahren	258
6.21 Gewinnung aus Pechblendekonzentrat	259
6.211 Rösten	259
6.212 Fällung des Rohsulfats	260
6.213 Aufarbeitung des weißen Kuchens	260
6.22 Gewinnung aus Carnotit	262
6.23 Gewinnung aus Autunit	262
6.3 Darstellung von metallischem Radium	263
6.4 Anwendungsgebiete	263
6.41 Therapie	263
6.42 Mutationen	264
6.43 Leuchtfarben	264
6.44 Radioaktivität	265
6.45 Kerntechnik	265
6.46 Radium-Standard	265
6.47 Radiumuhr	266
6.48 Alphantron-Vakuummeter	266
6.49 Atombatterie	266
6.5 Giftwirkung	266
7 Rhenium	268
7.1 Besondere Kennzeichen und Eigenschaften des Rheniums	268
7.11 Allgemeines	268
7.12 Stellung im Periodensystem	268
7.13 Produktion und Preis	268
7.14 Vorkommen	269
7.15 Chemische Eigenschaften	271

7.16	Chemische Verbindungen	271
7.17	Physikalische Eigenschaften	273
7.2	Gewinnungsverfahren	276
7.21	Das Verhalten des Rheniums bei der Verarbeitung von Kupfererzen	277
7.22	Mansfelder Ofensau	277
7.23	Bleizinkhaltiger Flugstaub	279
7.24	Rheniumhaltiges Molybdänglanzkonzentrat	281
7.241	Verhalten des Rheniums bei der Verarbeitung von Molybdänkonzentrat	281
7.242	Drucklaugung von rheniumhaltigem Molybdänkonzentrat	283
7.25	Flugstaub vom Rösten von Molybdänglanzkonzentraten	283
7.251	Reinigung des Kaliumperrhenats	284
7.26	Flotationsabwässer, Grubenwässer	285
7.27	Wirbelschichtröstung von Molybdänglanzkonzentraten	285
7.28	Ionenaustausch	285
7.29	Lösungsmittlextraktion	286
7.3	Herstellung von metallischem Rhenium	286
7.31	Reduktion der Rheniumverbindungen mit Wasserstoff	287
7.311	Reduktion aus Kaliumperrhenat	287
7.312	Reduktion aus Ammoniumperrhenat	288
7.32	Thermische Zersetzung	288
7.33	Galvanische Abscheidung	288
7.4	Herstellung von reinem metallischem Rhenium	289
7.41	Herstellung durch Oxydieren von metallischem Rhenium	289
7.42	Herstellung aus Ammoniumperrhenat	290
7.43	Herstellung durch Chlorieren von metallischem Rhenium	290
7.5	Herstellung von Reinsthenium	291
7.6	Umwandlung des Metallpulvers in festes Rhenium	291
7.7	Aufarbeitung von Legierungsabfällen (Wolfram-Rheniumlegierungen)	292
7.8	Bearbeitbarkeit	292
7.9	Anwendungsgebiete	293
7.91	Schreibfederspitzen für Füllhalter, Kompaßnadeln	293
7.92	Glühfäden	294
7.93	Elektrischer Kontakt	294
7.94	Thermoelemente	295
7.95	Katalysator	295
7.96	Verwendung bei hohen Temperaturen	296
7.97	Galvanischer Niederschlag	296
7.98	Sonstige Verwendungsmöglichkeiten	296
8	Rubidium	300
8.1	Besondere Kennzeichen und Eigenschaften des Rubidiums	300
8.11	Allgemeines	300
8.12	Stellung im Periodensystem	300
8.13	Vorkommen, Produktion und Preis	300
8.14	Chemische Eigenschaften	301
8.15	Physikalische Eigenschaften	302

8.2 Gewinnungsverfahren	303
8.21 Gewinnung aus carnallitischem Rohsalz	303
8.22 Gewinnung von Rubidiummetall	304
8.3 Anwendungsgebiete	305
9 Selen	307
9.1 Besondere Kennzeichen und Eigenschaften des Selens	307
9.11 Allgemeines	307
9.12 Stellung im Periodensystem	307
9.13 Produktion und Preis	307
9.14 Vorkommen	308
9.15 Chemische Eigenschaften	309
9.16 Chemische Verbindungen	309
9.17 Physikalische Eigenschaften	310
9.2 Gewinnungsverfahren	314
9.21 Bleikammerschlamm	315
9.211 Trockenes Verfahren	315
9.212 Nasse Verfahren	315
9.22 Anodenschlamm	315
9.221 Rösten mit Soda	316
9.222 Oxydierendes oder sulfatisierendes Rösten	317
9.223 Schmelzen mit Soda und Salpeter	318
9.224 Verschiedene Verfahren	319
9.23 Angewandte Gewinnungsverfahren	320
9.231 Quecksilberhaltiger Selenschlamm aus Bleikammern und Türmen der Schwefelsäurefabriken	320
9.232 Selenreicher Flugstaub aus dem Trocken-Cottrell	320
9.233 Selenhaltiger Flugstaub aus Bleikammern und Türmen der Schwefelsäurefabriken	320
9.24 Zwischenprodukte der Anodenschlammaufbereitung	321
9.241 Abtrennung des Tellurs	321
9.242 Gewinnung des Selens	322
9.243 Doré-Schlacke	322
9.244 Selenhaltige Zementationsschlämme	322
9.25 Selengewinnung aus Pflanzen	323
9.26 Selengewinnung aus Kupferflotationskonzentrationen in Copper Cliff (Kanada)	323
9.27 Gewinnung von Selen aus Anodenschlamm der elektrolytischen Kupfer- raffination im Mansfeld-Kombinat „Wilhelm Pieck“	326
9.28 Rückgewinnung von Selen aus Selengleichrichter-Schrott	327
9.3 Herstellung von Rohselen	327
9.4 Raffination von Rohselen	327
9.5 Herstellung von Reinstselen	328
9.51 Gewinnung von Reinstselen im Mansfeld-Kombinat „Wilhelm Pieck“	329
9.6 Selen als Elektrolysegift in der Zinkelektrolyse	330

9.7 Herstellung von Selenverbindungen	330
9.8 Anwendungsgebiete	331
9.81 Gleichrichter	331
9.82 Lichtempfindliche Zellen	332
9.83 Glas- und keramische Industrie	333
9.84 Sonstige Verwendungszwecke	334
9.9 Giftwirkung	335
10 Seltene Erden	341
10.1 Besondere Kennzeichen und Eigenschaften der Seltenen Erden	341
10.11 Allgemeines	341
10.12 Stellung im Periodensystem	344
10.13 Produktion und Preis	344
10.14 Vorkommen	346
10.141 Mineralien, die vorzugsweise Cererden enthalten	348
10.142 Mineralien, die vorzugsweise Yttererden enthalten	349
10.15 Chemische Eigenschaften	350
10.16 Chemische Verbindungen	352
10.17 Physikalische und mechanische Eigenschaften	354
10.2 Gewinnung der Roherden	357
10.21 Aufschlußverfahren	358
10.211 Gewinnung aus Monazitsand	358
10.212 Gewinnung aus Bastnäsit	361
10.213 Gewinnung aus Kolakonzentraten	362
10.22 Erzeugung von Mischmetall, Didym und metallischem Cer	363
10.221 Thermische Reduktion	364
10.222 Schmelzflußelektrolyse	364
10.23 Gewinnung der einzelnen Seltenen Erden	366
10.231 Cer	371
10.232 Lanthan, Neodym und andere Erdmetalle	371
10.233 Gewinnung von Gadolinium	371
10.234 Gewinnung von Thulium	372
10.235 Gewinnung von Europium	372
10.3 Verarbeitung	373
10.31 Schmelzen	373
10.32 Warm- und Kaltverformung	373
10.321 Maschinelle Bearbeitung - Pulvermetallurgie	374
10.4 Anwendungsgebiete	374
10.41 Auer-Glühstrumpf	374
10.42 Bogenlampenkohlen	375
10.43 Glasherstellung, Optik	375
10.44 Emailtechnik, Keramik und Poliermittel	376
10.45 Cereisen (Zündmetall)	377
10.451 Schmelzen von Cereisen	378
10.46 Wirkung auf Grauguß und Stahl	378
10.461 Stahlherstellung	379
10.462 Rostfreier und warmfester Stahl, legierte Stähle und sonstige Stähle	380

10.47	Heizelemente	381
10.48	Nichteisenmetall-Legierungen	381
10.49	Kerntechnik	382
10.491	Radioaktive Isotope	383
10.492	Gefahrenklasse der radioaktiven Isotope der Seltenen Erden	385
10.5	Sonstige Verwendungszwecke	385
10.51	Katalysator	385
10.52	Medizinische Zwecke	386
10.53	Oxydimetrie	386
10.54	Nutzbarmachung der Sonnenenergie über chemische Reaktionen	386
10.55	Cersulfidtiegel	386
10.56	Verschiedenes	387
10.6	Giftwirkung	387
11	Silizium	393
11.1	Besondere Kennzeichen und Eigenschaften des Siliziums	393
11.11	Allgemeines	393
11.12	Stellung im Periodensystem	393
11.13	Vorkommen, Produktion und Preis	394
11.14	Chemische Eigenschaften	394
11.15	Chemische Verbindungen	395
11.16	Physikalische Eigenschaften	397
11.2	Reindarstellung von Silizium	399
11.21	Reduktion von Siliziumdioxid mit Metallen	400
11.22	Reduktion von Siliziumhalogeniden mit Metallen oder Wasserstoff	400
11.221	Reduktion von Siliziumtetrachlorid mit Zinkdampf	400
11.222	Reduktion mit Natrium- oder Kaliumdampf	401
11.223	Reduktion mit Wasserstoff	401
11.23	Thermische Zersetzung von Siliziumhalogeniden oder -hydriden	402
11.231	Siliziumtetrajodid	402
11.232	Siliziumhydride (Silane)	402
11.233	Trichlorsilan	403
11.3	Erzeugung von Silikolegierungen	404
11.31	Ferrosilizium	404
11.32	Silikoaluminium	404
11.33	Sonstige Silikolegierungen	404
11.4	Erzeugung von Siliziumverbindungen	404
11.41	Siliziumtetrachlorid	404
11.42	Siliziumkarbid	405
11.43	Silizide	406
11.5	Reinigungsverfahren	406
11.51	Zonenschmelzen	406
11.52	Zonenfloating-Verfahren	407
11.6	Anwendungsgebiete	408
11.61	Eisen und Stahl	408
11.62	Nichteisenmetallelegierungen	409
11.63	Silikolegierungen	410

11.64	Siliziumverbindungen	411
11.65	Silikone	413
11.66	Halbleiter	413
11.661	Dioden, Transistoren	414
11.662	Siliziumgleichrichter	414
11.663	Fotoelement	415
11.664	Infrarotgeräte	416
11.665	Kernbatterie	416
11.666	Widerstände	416
11.667	Thermogenerator	416
11.67	Quarzglas	416
11.68	Kieselgur	416
11.69	Natriumsilikat	417
11.7	Silikose	417
12	Skandium	420
12.1	Besondere Kennzeichen und Eigenschaften des Skandiums	420
12.11	Allgemeines	420
12.12	Stellung im Periodensystem	420
12.13	Vorkommen	420
12.14	Chemische Verbindungen	421
12.15	Physikalische Eigenschaften	422
12.2	Gewinnungsverfahren	422
12.21	Gewinnung von Skandium aus Thortveitit	423
12.22	Gewinnung von Skandiumhydroxyd aus Rückständen des Wolframit- aufschlusses	424
12.23	Reinigung von Skandiumrohhydroxyd	425
12.231	Verfahren nach Sterba-Böhm	425
12.232	Ionenaustauschverfahren	426
12.233	Lösungsmittlextraktion	426
12.234	Chlorierung	427
12.235	Fluorierung	427
12.236	Karbidierung	428
12.24	Gewinnung von metallischem Skandium	429
12.241	Schmelzflußelektrolyse	429
12.242	Reduktion des Skandiumfluorids mit Kalzium	429
	Sachwortverzeichnis	432