

Inhaltsverzeichnis

Vorwort zur 4. Auflage XIX

Kurzbiografien der Autoren XXI

Geleitwort XXIII

1	Anorganische Grundprodukte	1
1.1	Wasserstoff und seine Verbindungen	1
1.1.1	Wasserstoff	1
1.1.1.1	Allgemeines	1
1.1.1.2	Wirtschaftliche Bedeutung und Verwendung	1
1.1.1.3	Vorkommen und Rohstoffe	3
1.1.1.4	Herstellung von Wasserstoff	3
1.1.1.5	Neue Trends zur Synthese von Wasserstoff	6
1.1.2	Wasser	8
1.1.2.1	Allgemeines	9
1.1.2.2	Wirtschaftliche Bedeutung und Verwendung	9
1.1.2.3	Vorkommen und Rohstoffe	10
1.1.2.4	Aufbereitung von Wasser	11
1.1.3	Wasserstoffperoxid und anorganische Peroxoverbindungen	20
1.1.3.1	Allgemeines	21
1.1.3.2	Wirtschaftliche Bedeutung und Verwendung	22
1.1.3.3	Wasserstoffperoxid	24
1.1.3.4	Peroxoverbindungen	28
1.2	Stickstoff und Stickstoffverbindungen	31
1.2.1	Allgemeines	32
1.2.2	Wirtschaftliche Bedeutung und Verwendung	33
1.2.3	Vorkommen und Rohstoffe	37
1.2.4	Stickstoffverbindungen	38
1.3	Phosphor und seine Verbindungen	50
1.3.1	Allgemeines	50
1.3.2	Wirtschaftliche Bedeutung und Verwendung	51

VI | Inhaltsverzeichnis

- 1.3.3 Vorkommen und Rohstoffe für Phosphor und anorganische Phosphorverbindungen 56
- 1.3.4 Herstellung von Phosphor 59
 - 1.3.4.1 Herstellung von weißem Phosphor 59
 - 1.3.4.2 Herstellung von rotem Phosphor 61
- 1.3.5 Herstellung von Phosphorverbindungen 62
 - 1.3.5.1 Phosphorsäure 62
 - 1.3.5.2 Phosphorpentoxid 71
 - 1.3.5.3 Phosphorpentasulfid 72
 - 1.3.5.4 Halogenide des Phosphors 72
 - 1.3.5.5 Säuren und Salze des Phosphors mit P^{5+} 74
 - 1.3.5.6 Organische Verbindungen des Phosphors 75
- 1.4 Schwefel und Schwefelverbindungen 79
 - 1.4.1 Allgemeines 80
 - 1.4.2 Wirtschaftliche Bedeutung und Verwendung 80
 - 1.4.3 Vorkommen und Rohstoffe 81
 - 1.4.4 Herstellung von Schwefel 82
 - 1.4.4.1 Schwefel aus Elementarschwefelvorkommen 82
 - 1.4.4.2 Schwefel aus Schwefelwasserstoff und Schwefeldioxid 82
 - 1.4.4.3 Schwefel aus Pyrit 83
 - 1.4.5 Herstellung und Verwendung von Schwefelverbindungen 83
 - 1.4.5.1 Schwefeldioxid, 100 %ig 83
 - 1.4.5.2 Schwefeltrioxid, 100 %ig 84
 - 1.4.5.3 Schwefelsäure 85
 - 1.4.5.4 Dischwefeldichlorid 95
 - 1.4.5.5 Schwefeldichlorid 95
 - 1.4.5.6 Thionylchlorid 95
 - 1.4.5.7 Sulfurylchlorid 96
 - 1.4.5.8 Chlorsulfonsäure 96
 - 1.4.5.9 Fluorsulfonsäure 97
 - 1.4.5.10 Salze der Schwefligen Säure 97
 - 1.4.5.11 Natriumthiosulfat und Ammoniumthiosulfat 97
 - 1.4.5.12 Natriumdithionit und Natriumhydroxymethansulfinat 98
 - 1.4.5.13 Schwefelwasserstoff 99
 - 1.4.5.14 Natriumsulfid 100
 - 1.4.5.15 Natriumhydrogensulfid 100
 - 1.4.5.16 Schwefelkohlenstoff 100
 - 1.5 Halogene und Halogenverbindungen 101
 - 1.5.1 Fluor und Fluorverbindungen 101
 - 1.5.1.1 Allgemeines 102
 - 1.5.1.2 Wirtschaftliche Bedeutung und Verwendung von Fluor 102
 - 1.5.1.3 Vorkommen und Rohstoffe 103
 - 1.5.1.4 Herstellung von Fluor 105
 - 1.5.1.5 Herstellung und Verwendung von Fluorverbindungen 107
 - 1.5.2 Chlor und Chlorverbindungen 117

1.5.2.1	Allgemeines	118
1.5.2.2	Wirtschaftliche Bedeutung und Verwendung	118
1.5.2.3	Vorkommen und Rohstoffe	120
1.5.2.4	Herstellung von Chlor	120
1.5.2.5	Herstellung und Verwendung von Chlorverbindungen	131
1.5.3	Brom und Bromverbindungen	141
1.5.3.1	Allgemeines	142
1.5.3.2	Wirtschaftliche Bedeutung und Verwendung	142
1.5.3.3	Vorkommen und Rohstoffe	144
1.5.3.4	Herstellung von Brom	144
1.5.3.5	Herstellung von Bromverbindungen	146
1.5.4	Iod und Iodverbindungen	147
1.5.4.1	Allgemeines	147
1.5.4.2	Wirtschaftliche Bedeutung und Verwendung	148
1.5.4.3	Vorkommen und Rohstoffe	149
1.5.4.4	Herstellung von Iod	149
1.5.4.5	Herstellung von Iodverbindungen	150
1.6	Technische Gase	151
1.6.1	Allgemeines	151
1.6.2	Wirtschaftliche Bedeutung und Verwendung	153
1.6.3	Herstellung	155
1.6.3.1	Sauerstoff und Stickstoff	155
1.6.3.2	Edelgase	156
1.6.3.3	Kohlenstoffmonoxid	160
1.6.3.4	Kohlenstoffdioxid	163
2	Mineralische Dünger	171
2.1	Phosphorhaltige Düngemittel	171
2.1.1	Wirtschaftliche Bedeutung	172
2.1.1.1	Gesamtphosphordünger	172
2.1.1.2	Superphosphat	173
2.1.1.3	Tripelsuperphosphat	173
2.1.1.4	Ammoniumphosphate	174
2.1.1.5	Thomasphosphate	174
2.1.2	Rohstoffe	174
2.1.3	Gewinnung der Phosphate	175
2.1.3.1	Schwefelsäureaufschluss zur Herstellung von Superphosphat	175
2.1.3.2	Phosphorsäureaufschluss	176
2.1.3.3	Salpetersäureaufschluss	176
2.1.3.4	Aufschluss durch Glühverfahren	177
2.1.3.5	Thomasphosphat	177
2.1.3.6	Ammoniumphosphate	177
2.1.3.7	Nitrophosphate	179
2.2	Stickstoffhaltige Düngemittel	180
2.2.1	Wirtschaftliche Bedeutung	180

VIII | *Inhaltsverzeichnis*

- 2.2.1.1 Ammoniumsulfat 181
- 2.2.1.2 Ammoniumnitrat 182
- 2.2.1.3 Harnstoff 182
- 2.2.2 Herstellung von stickstoffhaltigen Düngemitteln 183
- 2.2.2.1 Ammoniumsulfat 184
- 2.2.2.2 Harnstoff 184
- 2.2.2.3 Ammoniumnitrat 187
- 2.3 Kaliumhaltige Düngemittel 189
- 2.3.1 Vorkommen von Kalisalzen 189
- 2.3.2 Wirtschaftliche Bedeutung von kaliumhaltigen Düngemitteln 190
- 2.3.3 Herstellung von kaliumhaltigen Düngemitteln 191
- 2.3.3.1 Kaliumchlorid 191
- 2.3.3.2 Kaliumsulfat 193
- 2.3.3.3 Kaliumnitrat 194

- 3 Metalle und ihre Verbindungen 197**
- 3.1 Alkali- und Erdalkalimetalle und ihre Verbindungen 197
- 3.1.1 Alkalimetalle und ihre Verbindungen 197
- 3.1.1.1 Lithium und seine Verbindungen 198
- 3.1.1.2 Natrium und seine Verbindungen 206
- 3.1.1.3 Kalium und seine Verbindungen 217
- 3.1.1.4 Rubidium und seine Verbindungen 220
- 3.1.1.5 Caesium und seine Verbindungen 221
- 3.1.2 Erdalkalimetalle und ihre Verbindungen 223
- 3.1.2.1 Allgemeines 223
- 3.1.2.2 Beryllium und seine Verbindungen 223
- 3.1.2.3 Magnesium und seine Verbindungen 225
- 3.1.2.4 Calcium und seine Verbindungen 230
- 3.1.2.5 Strontium und seine Verbindungen 234
- 3.1.2.6 Barium und seine Verbindungen 237
- 3.2 Aluminium und seine Verbindungen 240
- 3.2.1 Allgemeines 241
- 3.2.2 Wirtschaftliche Bedeutung und Verwendung 241
- 3.2.2.1 Aluminiummetall 241
- 3.2.2.2 Aluminiumverbindungen 242
- 3.2.3 Vorkommen und Rohstoffe 244
- 3.2.4 Herstellung von Aluminium 245
- 3.2.4.1 Recycling 246
- 3.2.5 Herstellung von Aluminiumverbindungen 246
- 3.3 Eisen und Stahl 248
- 3.3.1 Allgemeines 249
- 3.3.2 Wirtschaftliche Bedeutung und Verwendung 249
- 3.3.3 Vorkommen und Rohstoffe 251
- 3.3.4 Eisen, metallisch 252
- 3.3.4.1 Hochofenprozess 253

3.3.5	Stahl	256
3.3.5.1	Wind- und Herdfrischverfahren	256
3.3.5.2	Elektroschmelzverfahren	257
3.3.5.3	Edelstahl	258
3.3.6	Eisenverbindungen	258
3.4	Kupfer	260
3.4.1	Allgemeines	260
3.4.2	Wirtschaftliche Bedeutung und Verwendung	261
3.4.2.1	Kupfermetall	261
3.4.2.2	Kupferverbindungen	261
3.4.3	Vorkommen und Rohstoffe	262
3.4.3.1	Sekundärrohstoffe	263
3.4.4	Herstellung von Kupfer	264
3.4.4.1	Pyrometallurgische Herstellung von Kupfer	264
3.4.4.2	Kupferraffination	267
3.4.4.3	Hydrometallurgische Kupfergewinnung	269
3.4.5	Herstellung von Kupferverbindungen	273
3.5	Silicium und seine anorganischen Verbindungen	275
3.5.1	Allgemeines	275
3.5.2	Wirtschaftliche Bedeutung und Verwendung	276
3.5.3	Vorkommen und Rohstoffe	277
3.5.4	Herstellung von Ferrosilicium und technischem Silicium	277
3.5.5	Herstellung von anorganischen Siliciumverbindungen	279
3.5.5.1	Siliciumhalogenide	280
3.5.5.2	Kieselsäureester $\text{Si}(\text{OR})_4$	281
3.6	Blei und seine Verbindungen	281
3.6.1	Allgemeines	281
3.6.2	Wirtschaftliche Bedeutung	282
3.6.3	Vorkommen	283
3.6.4	Herstellung	284
3.6.5	Bleiverbindungen	287
3.6.5.1	Bleiacetate, -carbonate	287
3.6.5.2	Bleihalogenide	288
3.6.5.3	Bleioxide	288
3.6.5.4	Bleipigmente	291
3.6.5.5	Bleisulfate	291
3.6.5.6	Organische Bleiverbindungen	291
3.7	Zinn und seine Verbindungen	293
3.7.1	Allgemeines	293
3.7.2	Wirtschaftliche Bedeutung und Verwendung	293
3.7.3	Vorkommen und Rohstoffe	294
3.7.4	Herstellung von Zinn	295
3.7.5	Herstellung und Verwendung von Zinnverbindungen	295
3.8	Buntmetalle	296
3.8.1	Titan und seine Verbindungen	296

x | *Inhaltsverzeichnis*

3.8.1.1	Allgemeines	296
3.8.1.2	Wirtschaftliche Bedeutung und Verwendung	296
3.8.1.3	Vorkommen und Rohstoffe	297
3.8.1.4	Herstellung von Titan	297
3.8.2	Vanadium	298
3.8.2.1	Allgemeines	298
3.8.2.2	Wirtschaftliche Bedeutung und Verwendung	298
3.8.2.3	Vorkommen und Rohstoffe	299
3.8.2.4	Vanadium, metallisch	300
3.8.2.5	Ferrovandium	300
3.8.2.6	Vanadiumverbindungen	301
3.8.3	Chrom und seine Verbindungen	301
3.8.3.1	Vorkommen	302
3.8.3.2	Herstellung	302
3.8.3.3	Wirtschaftliche Bedeutung	304
3.8.3.4	Chromverbindungen	306
3.8.4	Wolfram und seine Verbindungen	313
3.8.4.1	Allgemeines	313
3.8.4.2	Wirtschaftliche Bedeutung und Verwendung	314
3.8.4.3	Vorkommen und Rohstoffe	315
3.8.4.4	Gewinnung von Wolfram	316
3.8.4.5	Gewinnung von Wolframverbindungen	317
3.8.5	Mangan und Manganverbindungen	317
3.8.5.1	Allgemeines	317
3.8.5.2	Wirtschaftliche Bedeutung und Verwendung	318
3.8.5.3	Vorkommen und Rohstoffe	319
3.8.5.4	Herstellung von Mangan	320
3.8.5.5	Herstellung von Manganverbindungen	321
3.8.6	Molybdän und seine Verbindungen	326
3.8.6.1	Wirtschaftliche Bedeutung und Verwendung	327
3.8.6.2	Vorkommen und Rohstoffe	328
3.8.6.3	Gewinnung von Molybdän	329
3.8.6.4	Ferromolybdän	329
3.8.6.5	Gewinnung der Molybdänverbindungen	330
3.8.7	Cobalt	330
3.8.7.1	Allgemeines	330
3.8.7.2	Wirtschaftliche Bedeutung und Verwendung	331
3.8.7.3	Vorkommen und Rohstoffe	333
3.8.7.4	Herstellung von Cobalt	334
3.8.7.5	Herstellung von Cobaltverbindungen	338
3.8.8	Nickel	339
3.8.8.1	Allgemeines	339
3.8.8.2	Wirtschaftliche Bedeutung und Verwendung	340
3.8.8.3	Vorkommen und Rohstoffe	341
3.8.8.4	Herstellung von Nickel	342

3.8.8.5	Herstellung von Nickelverbindungen	348
3.8.9	Zink und seine Verbindungen	350
3.8.9.1	Allgemeines	350
3.8.9.2	Wirtschaftliche Bedeutung und Verwendung	350
3.8.9.3	Vorkommen und Rohstoffe	351
3.8.9.4	Herstellung von Zink	351
3.8.9.5	Herstellung und Verwendung von Zinkverbindungen	352
3.9	Edelmetalle	352
3.9.1	Gold und seine Verbindungen	352
3.9.1.1	Allgemeines	353
3.9.1.2	Wirtschaftliche Bedeutung und Verwendung	353
3.9.1.3	Vorkommen und Rohstoffe	354
3.9.1.4	Gewinnung und Herstellung von Gold	356
3.9.1.5	Herstellung von Goldverbindungen	357
3.9.2	Silber und seine Verbindungen	358
3.9.2.1	Allgemeines	358
3.9.2.2	Wirtschaftliche Bedeutung und Verwendung	359
3.9.2.3	Vorkommen und Rohstoffe	359
3.9.2.4	Herstellung von Silber	360
3.9.2.5	Herstellung und Verwendung von Silberverbindungen	362
3.9.3	Platin, Palladium und seine Verbindungen	363
3.9.3.1	Allgemeines	364
3.9.3.2	Wirtschaftliche Bedeutung und Verwendung	364
3.9.3.3	Vorkommen und Rohstoffe	366
3.9.3.4	Herstellung von Platin und Palladium	367
3.9.3.5	Herstellung und Verwendung von Platin- und Palladiumverbindungen	369
3.9.4	Osmium und seine Verbindungen	371
3.9.4.1	Allgemeines	371
3.9.4.2	Wirtschaftliche Bedeutung und Verwendung	372
3.9.4.3	Vorkommen und Rohstoffe	372
3.9.4.4	Herstellung und Verwendung von Osmiumverbindungen	373
3.9.5	Iridium und seine Verbindungen	373
3.9.5.1	Allgemeines	373
3.9.5.2	Wirtschaftliche Bedeutung und Verwendung	374
3.9.5.3	Vorkommen und Rohstoffe	375
3.9.5.4	Herstellung von Iridium	375
3.9.5.5	Herstellung und Verwendung von Iridiumverbindungen	375
3.9.6	Rhodium und seine Verbindungen	376
3.9.6.1	Allgemeines	376
3.9.6.2	Wirtschaftliche Bedeutung und Verwendung	377
3.9.6.3	Vorkommen und Rohstoffe	378
3.9.6.4	Herstellung von Rhodium	378
3.9.6.5	Herstellung und Verwendung von Rhodiumverbindungen	378
3.9.7	Rhenium und seine Verbindungen	379

XII | *Inhaltsverzeichnis*

3.9.7.1	Allgemeines	379
3.9.7.2	Wirtschaftliche Bedeutung und Verwendung	380
3.9.7.3	Vorkommen und Rohstoffe	380
3.9.7.4	Herstellung von Rhenium	381
3.9.7.5	Herstellung und Verwendung von Rhenium(VII)-Verbindungen	381
3.9.8	Quecksilber und seine Verbindungen	382
3.9.8.1	Allgemeines	383
3.9.8.2	Wirtschaftliche Bedeutung und Verwendung	383
3.9.8.3	Vorkommen und Rohstoffe	385
3.9.8.4	Herstellung von Quecksilber	385
3.9.8.5	Herstellung und Verwendung von Quecksilberverbindungen	386
3.10	Anhang	392
4	Halbleiter- und Technologiematerialien	395
4.1	Silicium als Halbleiter	395
4.1.1	Allgemeines	396
4.1.2	Wirtschaftliche Bedeutung und Verwendung	397
4.1.3	Vorkommen und Rohstoffe	398
4.1.4	Herstellung von Reinstsilicium	399
4.2	Germanium	407
4.2.1	Allgemeines	408
4.2.2	Wirtschaftliche Bedeutung und Verwendung	408
4.2.3	Vorkommen und Rohstoffe	409
4.2.4	Herstellung von Germanium	409
4.3	Gallium	409
4.3.1	Allgemeines	410
4.3.2	Wirtschaftliche Bedeutung und Verwendung	410
4.3.3	Vorkommen und Rohstoffe	410
4.3.4	Herstellung von Gallium	411
4.4	Indium	411
4.4.1	Allgemeines	412
4.4.2	Wirtschaftliche Bedeutung und Verwendung	412
4.4.3	Vorkommen und Rohstoffe	413
4.4.4	Herstellung von Indium	413
4.5	Bor	414
4.5.1	Allgemeines	414
4.5.2	Wirtschaftliche Bedeutung und Verwendung	414
4.5.3	Vorkommen und Rohstoffe	415
4.5.4	Herstellung von Bor	415
4.6	Arsen	416
4.6.1	Allgemeines	416
4.6.2	Wirtschaftliche Bedeutung und Verwendung	416
4.6.3	Vorkommen und Rohstoffe	417
4.6.4	Herstellung von Arsen	417
4.7	Antimon	418

4.7.1	Allgemeines	418
4.7.2	Wirtschaftliche Bedeutung und Verwendung	419
4.7.3	Vorkommen und Rohstoffe	419
4.7.4	Herstellung von Antimon	420
4.8	Seltene Erden	420
4.8.1	Allgemeines	421
4.8.2	Wirtschaftliche Bedeutung und Verwendung	422
4.8.3	Vorkommen und Rohstoffe	422
4.8.4	Herstellung der Seltenen Erden	423
4.8.4.1	Scandium	423
4.8.4.2	Yttrium, Lanthan und Lanthanoide	423
4.9	Niob	425
4.9.1	Allgemeines	425
4.9.2	Wirtschaftliche Bedeutung und Verwendung	426
4.9.3	Vorkommen und Rohstoffe	426
4.9.4	Herstellung	427
4.10	Tantal	427
4.10.1	Allgemeines	428
4.10.2	Wirtschaftliche Bedeutung und Verwendung	428
4.10.3	Vorkommen und Rohstoffe	429
4.10.4	Herstellung von Tantal	430
4.11	Verbindungshalbleiter	430
5	Organosiliciumverbindungen	433
5.1	Industriell bedeutende Organosiliciumverbindungen	433
5.1.1	Nomenklatur	433
5.2	Technisch bedeutende Silane	434
5.2.1	Unsubstituierte Silane	434
5.2.2	Halogensilane	434
5.2.3	Organosilane	436
5.3	Siloxane/Silicone	439
5.3.1	Allgemeines	439
5.3.2	Nomenklatur	439
5.3.3	Wirtschaftliche Situation	440
5.3.4	Herstellung	441
5.3.5	Technische Durchführung der Polymerisation	445
5.3.6	Herstellung verzweigter Polysiloxane	446
5.4	Technische Siliconprodukte	447
5.4.1	Siliconöle	447
5.4.2	Siliconöfolgeprodukte	449
5.4.3	Siliconkautschuke	450
5.4.3.1	Kaltvulkanisierender Einkomponenten-Siliconkautschuk	450
5.4.3.2	Kaltvulkanisierender Zweikomponentensiliconkautschuk	450
5.4.3.3	Heißvulkanisierender, peroxidisch vernetzender Siliconkautschuk	451
5.4.3.4	Heißvulkanisierender, additionsvernetzender Siliconkautschuk	452

XIV | *Inhaltsverzeichnis*

- 5.4.3.5 Eigenschaften von Silicongummi 453
- 5.4.4 Siliconharze 453
- 5.4.5 Silicon-Copolymere, -Blockcopolymere und -Pfcopopolymere 454

- 6 Anorganische Festkörper 457**
- 6.1 Silikatische Erzeugnisse 457
 - 6.1.1 Glas 457
 - 6.1.1.1 Allgemeines 457
 - 6.1.1.2 Wirtschaftliche Bedeutung und Verwendung 460
 - 6.1.1.3 Vorkommen und Rohstoffe 461
 - 6.1.1.4 Herstellung von Glas 463
 - 6.1.1.5 Glaseigenschaften und Verwendung 468
 - 6.1.1.6 Herstellung von Alkalisilikaten 469
 - 6.1.2 Zeolithe 470
 - 6.1.2.1 Allgemeines 470
 - 6.1.2.2 Wirtschaftliche Bedeutung und Verwendung 473
 - 6.1.2.3 Vorkommen und Rohstoffe 475
 - 6.1.2.4 Herstellung von synthetischen Zeolithen 475
- 6.2 Anorganische Fasern 478
 - 6.2.1 Einführung 479
 - 6.2.2 Verfahren zur Herstellung von anorganischen Fasern 481
 - 6.2.2.1 Natürliche Mineralfasern 481
 - 6.2.2.2 Künstliche Mineralfasern 482
 - 6.2.2.3 Synthetische keramische Fasern 496
 - 6.2.2.4 Kohlenstofffasern 502
 - 6.2.2.5 Metallfasern 504
 - 6.2.3 Ausgewählte Fasereigenschaften und Anwendungsfelder 505
 - 6.2.3.1 Einführung 505
 - 6.2.3.2 Natürliche Mineralwollen 508
 - 6.2.3.3 Künstliche Mineralwollen 509
 - 6.2.3.4 Textilglasfasern 511
 - 6.2.3.5 Polykieselsäurefasern 513
 - 6.2.3.6 Synthetische keramische Fasern 516
 - 6.2.3.7 Kohlenstofffasern 518
 - 6.2.3.8 Metallfasern 520
 - 6.2.3.9 Faser-Verbundwerkstoffe 522
 - 6.2.4 Physiologische und legislative Aspekte 526
- 6.3 Baustoffe 527
 - 6.3.1 Allgemeines 528
 - 6.3.2 Kalk 529
 - 6.3.2.1 Allgemeines 529
 - 6.3.2.2 Wirtschaftliche Bedeutung und Verwendung 529
 - 6.3.2.3 Vorkommen und Rohstoffe 530
 - 6.3.2.4 Gebrannter Kalk 530
 - 6.3.2.5 Gelöschter Kalk 531

- 6.3.2.6 Dampfgehärtete Baustoffe 533
- 6.3.3 Zement 533
 - 6.3.3.1 Allgemeines 533
 - 6.3.3.2 Wirtschaftliche Bedeutung und Verwendung 535
 - 6.3.3.3 Rohstoffe 535
 - 6.3.3.4 Portlandzement 535
 - 6.3.3.5 Hüttenzemente 539
 - 6.3.3.6 Puzzolanzemente 539
 - 6.3.3.7 Tonerdezement 541
 - 6.3.3.8 Asbestzement 541
 - 6.3.3.9 Sonstige Zementarten 542
 - 6.3.3.10 Vorgänge beim Erstarren von Zement 542
- 6.3.4 Gips 544
 - 6.3.4.1 Allgemeines 544
 - 6.3.4.2 Wirtschaftliche Bedeutung und Verwendung 547
 - 6.3.4.3 Vorkommen und Rohstoffe 548
 - 6.3.4.4 Chemieanhydrit aus der Flusssäureherstellung 550
 - 6.3.4.5 Chemiegips 550
- 6.3.5 Grobkeramische Produkte für die Bauindustrie 552
- 6.3.6 Blähprodukte 553
 - 6.3.6.1 Allgemeines 553
 - 6.3.6.2 Vorkommen und Rohstoffe 554
 - 6.3.6.3 Wirtschaftliche Bedeutung und Verwendung 556
 - 6.3.6.4 Herstellung von Blähprodukten 556
 - 6.3.6.5 Blähprodukte aus Gläsern (Foam-glass) 558
- 6.3.7 Geopolymere 558
 - 6.3.7.1 Allgemeines 558
 - 6.3.7.2 Verwendung und wirtschaftliche Bedeutung 559
 - 6.3.7.3 Vorkommen und Rohstoffe 559
 - 6.3.7.4 Reaktion 560
 - 6.3.7.5 Eigenschaften 561
- 6.4 Keramik 562
 - 6.4.1 Allgemeines 563
 - 6.4.2 Einteilung der keramischen Erzeugnisse 563
 - 6.4.3 Allgemeine Verfahrensschritte zur Herstellung von Keramiken 565
 - 6.4.4 Tonkeramische Erzeugnisse 565
 - 6.4.4.1 Zusammensetzung und Rohstoffe 567
 - 6.4.4.2 Abbau und Aufbereitung von Rohkaolin 569
 - 6.4.4.3 Herstellung tonkeramischer Massen 569
 - 6.4.4.4 Formgebungsverfahren 570
 - 6.4.4.5 Trocknungsverfahren 574
 - 6.4.4.6 Keramischer Brand 574
 - 6.4.4.7 Eigenschaften und Anwendung tonkeramischer Produkte 577
 - 6.4.5 Sonderkeramische Erzeugnisse 579
 - 6.4.5.1 Oxidkeramik 579

XVI | *Inhaltsverzeichnis*

- 6.4.5.2 Elektro- und Magnetokeramik 585
- 6.4.5.3 Feuerfeste Keramik 591
- 6.4.5.4 Nichtoxidkeramik 599
- 6.5 Hartstoffe 609
- 6.5.1 Allgemeines 609
- 6.5.2 Wirtschaftliche Bedeutung und Verwendung 610
- 6.5.3 Allgemeine Herstellungsverfahren und Eigenschaften von Metallcarbiden 610
- 6.5.4 Carbide der IV. Nebengruppe 611
- 6.5.4.1 Titancarbid 611
- 6.5.4.2 Zirconiumcarbid und Hafniumcarbid 613
- 6.5.5 Carbide der V. Nebengruppe 613
- 6.5.5.1 Vanadiumcarbid 613
- 6.5.5.2 Niobcarbid und Tantalcarbid 613
- 6.5.6 Carbide der VI. Nebengruppe 613
- 6.5.6.1 Chromcarbid 613
- 6.5.6.2 Molybdän-carbid 614
- 6.5.6.3 Wolframcarbid 614
- 6.5.6.4 Hartmetalllegierungen auf Basis von Wolframcarbid 615
- 6.5.7 Thoriumcarbid und Urancarbid 616
- 6.5.8 Metallnitride 617
- 6.5.9 Metallboride 618
- 6.5.10 Metallsilicide 619
- 6.6 Kohlenstoffmodifikationen 620
- 6.6.1 Allgemeine Vorbemerkungen 620
- 6.6.2 Diamant 620
- 6.6.2.1 Allgemeines 621
- 6.6.2.2 Wirtschaftliche Bedeutung und Verwendung 622
- 6.6.2.3 Gewinnung natürlicher Diamanten 623
- 6.6.2.4 Herstellung synthetischer Diamanten 624
- 6.6.3 Natürlicher Graphit 626
- 6.6.3.1 Allgemeines 627
- 6.6.3.2 Wirtschaftliche Bedeutung und Verwendung 627
- 6.6.3.3 Vorkommen, Rohstoffe und Gewinnung 629
- 6.6.4 Synthetischer Kohlenstoff und synthetischer Graphit 630
- 6.6.4.1 Allgemeines 633
- 6.6.4.2 Wirtschaftliche Bedeutung und Verwendung 633
- 6.6.4.3 Vorkommen und Rohstoffe 634
- 6.6.4.4 Herstellung von synthetischem Kohlenstoff und synthetischem Graphit 635
- 6.6.5 Spezielle Kohlenstoff- und Graphitarten 640
- 6.6.5.1 Allgemeines 641
- 6.6.5.2 Pyrokohlenstoff und Pyrographit 642
- 6.6.5.3 Glaskohlenstoff und Schaumkohlenstoff 643
- 6.6.5.4 Graphitfolien und -membranen 644

6.6.6	Carbon Black	645
6.6.6.1	Allgemeines	647
6.6.6.2	Wirtschaftliche Bedeutung und Verwendung	647
6.6.6.3	Herstellung von Carbon Black	651
6.6.7	Aktivkohle	656
6.6.7.1	Allgemeines	657
6.6.7.2	Wirtschaftliche Bedeutung und Verwendung	657
6.6.7.3	Vorkommen und Rohstoffe	659
6.6.7.4	Herstellung von Aktivkohle	659
6.7	Füllstoffe	662
6.7.1	Allgemeines	665
6.7.2	Wirtschaftliche Bedeutung und Verwendung	666
6.7.3	Vorkommen, Rohstoffe und Herstellung von Füllstoffen	668
6.7.3.1	Natürliche Füllstoffe	668
6.7.3.2	Synthetische Füllstoffe	670
6.8	Anorganische Pigmente	675
6.8.1	Allgemeines	676
6.8.2	Weißpigmente	680
6.8.2.1	Titandioxid	682
6.8.2.2	Lithopone und Zinksulfidpigmente	688
6.8.2.3	Zinkoxid-Weißpigmente	689
6.8.3	Buntpigmente	690
6.8.3.1	Eisenoxidpigmente	694
6.8.3.2	Chrom(III)-oxidpigmente	699
6.8.3.3	Chromat- und Molybdatpigmente	701
6.8.3.4	Mischphasenpigmente und keramische Farbkörper	702
6.8.3.5	Cadmiumpigmente	704
6.8.3.6	Bismutvanadatpigmente	705
6.8.3.7	Eisenblaupigmente	706
6.8.3.8	Ultramarinpigmente	707
6.8.4	Spezialpigmente	708
6.8.4.1	Korrosionsschutzpigmente	709
6.8.4.2	Effektpigmente	711
6.8.4.3	Lumineszenzpigmente	713
6.8.4.4	Magnetpigmente	713
7	Kernbrennstoffkreislauf	721
7.1	Die Bedeutung der Kernenergie in der Energiewirtschaft	721
7.2	Allgemeines zum Brennstoffkreislauf	725
7.3	Verfügbarkeit von Uran	726
7.4	Kernreakortypen	728
7.4.1	Allgemeines	729
7.4.2	Leichtwasserreaktoren	729
7.4.2.1	Siedewasserreaktoren	729
7.4.2.2	Druckwasserreaktoren	730

XVIII | *Inhaltsverzeichnis*

7.4.3	Graphitmoderierte Reaktoren	730
7.4.3.1	Gasgekühlte Reaktoren	730
7.4.3.2	Leichtwassergekühlte Reaktoren	731
7.4.4	Schwerwasserreaktoren	732
7.4.5	Schnellbrutreaktoren	732
7.5	Kernbrennstoffgewinnung	733
7.5.1	Urankonzentrat-(„Yellow-cake“-)Gewinnung	736
7.5.1.1	Uran aus Uranerzen	736
7.5.1.2	Uran aus Phosphaterzen bzw. Nassphosphorsäure	740
7.5.1.3	Uran aus Meerwasser	741
7.5.2	Konversion von Urankonzentrat zu Uranhexafluorid	741
7.5.2.1	Allgemeines	741
7.5.2.2	Nassverfahren zur Herstellung von UF ₆	741
7.5.2.3	Trockenverfahren zur Herstellung von UF ₆	742
7.5.3	²³⁵ U-Anreicherung	743
7.5.4	Rekonversion von UF ₆ in Kernbrennstoffe	744
7.5.4.1	In Urandioxid	744
7.5.5	Andere Urankernbrennstoffe	746
7.5.5.1	Uranmetall	746
7.5.5.2	Uran-Plutonium-Mischoxide	746
7.5.6	Herstellung der Brennelemente	747
7.6	Entsorgung von Kernkraftwerken	747
7.6.1	Allgemeines	750
7.6.2	Teilschritte der Entsorgung	752
7.6.2.1	Zwischenlagerung abgebrannter Brennelemente	752
7.6.2.2	Wiederaufarbeitung abgebrannter Brennelemente	752
7.6.2.3	Weiterverarbeitung der Uran- bzw. Plutoniumlösungen	754
7.6.2.4	Konditionierung der radioaktiven Abfälle	755
7.6.2.5	Endlagerung radioaktiver Abfälle	757

Stichwortverzeichnis 761