

DR.-ING. W. SCHREITER

SELTENE METALLE

BAND III

TANTAL, TELLUR, THALLIUM, THORIUM, TITAN, URAN,
VANADIUM, WOLFRAM, YTTRIUM, ZIRKONIUM

Mit 58 Tabellen, 37 Stammbäumen
und 12 Bildern



VEB DEUTSCHER VERLAG FÜR GRUNDSTOFFINDUSTRIE
LEIPZIG 1962

Inhaltsverzeichnis

1 Tantal	17
1.1 Besondere Kennzeichen und Eigenschaften des Tantals	17
1.11 Allgemeines	17
1.12 Stellung im Periodensystem	17
1.13 Produktion und Preis	17
1.14 Vorkommen	18
1.15 Chemische Eigenschaften	19
1.16 Chemische Verbindungen	21
1.17 Physikalische Eigenschaften	22
1.2 Gewinnungsverfahren	25
1.21 Aufschluß des Erzkonzentrates	26
1.211 Schmelzen mit Natriumhydroxyd	26
1.212 Säureaufschluß	27
1.22 Trennung des Tantals von Niob	
1.221 Trennung des Tantals von Niob durch fraktionierte Kristallisation ihrer Fluoride	28
1.222 Lösungsmittelextraktion	30
1.223 Ionenaustausch	31
1.3 Herstellung von metallischem Tantal	31
1.31 Thermische Reduktion mit Natrium	31
1.32 Schmelzflußelektrolyse	32
1.33 Umsetzung des Tantalpentachlorids mit Magnesium (Krollverfahren)	32
1.34 Thermische Zersetzung des Tantalpentachlorids	33
1.35 Reduktion von Tantalchlorid mit Wasserstoff	33
1.36 Zersetzung von Tantalaluminid (Al_3Ta) durch Kupfer	33
1.37 Thermische Reduktion einer Mischung von Tantaloxyd und Tantalkarbid	34
1.4 Herstellung von Ferrotantal	34
1.5 Aufarbeitung von Tantalabfall	34
1.6 Weiterverarbeitung des Tantalpulvers	35
1.61 Schmelzen im Lichtbogen- oder Elektronenstrahlöfen	35
1.62 Pulvermetallurgische Verarbeitung	36
1.63 Verformung	38
1.7 Anwendungsgebiete	39
1.71 Chemische Industrie	39
1.72 Tantalgleichrichter	40
1.73 Tantalkondensator	40
1.74 Rostfreier Stahl	41
1.75 Elektronische Industrie	41
1.76 Chirurgie und Labortechnik	42
1.77 Legierungen	42
1.78 Tantalkarbid	43
1.781 Karburierung von Tantal	43
1.79 Sonstige Verwendungszwecke	44

2 Tellur

2.1 Besondere Kennzeichen und Eigenschaften des Tellurs	50
2.11 Allgemeines	50
2.12 Stellung im Periodensystem	50
2.13 Produktion und Preis	51
2.14 Vorkommen	51
2.15 Chemische Eigenschaften	52
2.16 Chemische Verbindungen	52
2.17 Physikalische Eigenschaften	52
2.2 Gewinnungsverfahren	55
2.21 Gewinnung aus tellurhaltigen Golderzen	55
2.22 Gewinnung aus tellurhaltigem Wismuterz	55
2.23 Gewinnung aus Bleikammerschlamm	55
2.24 Gewinnung aus Kupferanodenschlamm	56
2.241 Tellurgewinnung aus Kupferflotationskonzentraten in Copper Cliff	56
2.3 Tellur im Raffinatkupfer, im Rohwismut und in Antimonschlacken	57
2.31 Tellur als Elektrolysegift in der Zinkelektrolyse	58
2.4 Lösungsmittelextraktion	58
2.5 Herstellung von metallischem Tellur	59
2.51 Erzeugung von Reinsttellur	60
2.52 Gewinnung von Reinsttellur aus rumänischen Erzen	60
2.6 Herstellung von Tellureinkristallen	61
2.7 Zonenschmelzen	61
2.8 Anwendungsgebiete	62
2.9 Giftwirkung	66

3 Thallium

3.1 Besondere Kennzeichen und Eigenschaften des Thalliums	70
3.11 Allgemeines	70
3.12 Stellung im Periodensystem	70
3.13 Produktion und Preis	71
3.14 Vorkommen	71
3.15 Chemische Eigenschaften	71
3.16 Chemische Verbindungen	72
3.17 Physikalische Eigenschaften	72
3.2 Gewinnungsverfahren	74
3.21 Gewinnung aus Bleikammerschlamm	75
3.22 Gewinnung aus Zementationsrückständen der Zinkelektrolyse und Cottrellfilterstäuben	75
3.23 Gewinnung aus Schachtofenflugstaub, Zinkstaub und Blei-Zink-Misch- oxyd	76
3.24 Gewinnung aus Flugstäuben und Laugereirückständen	79
3.25 Gewinnung von Thallium aus Weißarsenik und Cottrellflugstaub	81
3.26 Umarbeitung von technischem Thalliumchlorid in metallisches Thallium oder Thalliumsulfat	82
3.27 Entfernung von Thallium aus Zementkadmium	83

3.28	Thallium in der Kadmiumelektrolyse, Indiumelektrolyse	83
3.29	Lösungsmittlextraktion	83
3.3	Gewinnung von metallischem Thallium durch Elektrolyse	84
3.31	Sulfatelektrolyse	84
3.32	Perchloratelektrolyse	85
3.33	Elektrolytische Thalliumniederschläge für die Herstellung geschlossener radioaktiver Präparate	85
3.34	Schmelzflußelektrolyse	85
3.35	Amalgamlektrolyse	85
3.4	Anwendungsgebiete	86
3.41	Legierungen	86
3.42	Optische Linsen	87
3.43	Photoelektrische Zellen	87
3.44	Thalliumisotop 204 als Strahlungsquelle	88
3.45	Glas	88
3.46	Thalliumbromidemulsionen	89
3.47	Schädlingsbekämpfungsmittel	89
3.48	Verschiedene Verwendungszwecke	89
3.49	Giftwirkung	90
4	Thorium	
4.1	Besondere Kennzeichen und Eigenschaften des Thoriums	94
4.11	Allgemeines	94
4.12	Stellung im Periodensystem	94
4.13	Produktion und Preis	95
4.14	Vorkommen	96
4.15	Chemische Eigenschaften	98
4.16	Chemische Verbindungen	98
4.17	Physikalische Eigenschaften	100
4.2	Gewinnungsverfahren	102
4.21	Aufschluß mit Schwefelsäure	103
4.211	Abtrennung der Seltenen Erden	107
4.212	Abtrennung der Phosphorsäure	109
4.22	Aufschluß mit Natronlauge	110
4.23	Lösungsmittlextraktion	112
4.24	Gewinnung von reinem Thoriumnitrat aus Uranothorianit	113
4.3	Gewinnung von metallischem Thorium	114
4.31	Reduktionsverfahren	114
4.311	Reduktion von Thoriumdioxid mit Natrium oder Kalzium (gegebenenfalls Kalziumhydrid)	114
4.312	Reduktion von Thoriumfluorid unter Zusatz von Zinkchlorid (Ames-Prozeß)	115
4.313	Reduktion von Thoriumtetrachlorid mit Magnesium oder Natrium	115
4.32	Schmelzflußelektrolyse	116
4.321	Thoriumkaliumfluorid	116
4.322	Thoriumtetrachlorid	117

4.33	Thermische Zersetzung von Thoriumjodid	118
4.331	Thermische Zersetzung von aus Thoriumkarbid hergestelltem Thoriumjodid	119
4.34	Amalgammetallurgische Thoriumgewinnung	119
4.4	Aufbereitung von neutronenbestrahlten Thoriumstäben	120
4.5	Weiterverarbeitung des Thorimpulvers	120
4.51	Schmelzen und Gießen	120
4.52	Pulvermetallurgische Verarbeitung	121
4.6	Verformung	123
4.7	Herstellung von Thoriumbrutstäben	124
4.8	Anwendungsgebiete	124
4.81	Glühstrümpfe	124
4.82	Getter, Elektronenröhren	125
4.83	Glühlampen	126
4.84	Elektroden	126
4.85	Legierungen	126
4.86	Mesothorium	127
4.87	Thorium im Reaktorbau	128
4.88	Katalysator	130
4.89	Thoriumverbindungen	130
4.9	Giftwirkung	132
4.91	Vorsichtsmaßnahmen beim Arbeiten mit Thorimpulver	132
5 Titan		
5.1	Besondere Kennzeichen und Eigenschaften des Titans	137
5.11	Allgemeines	137
5.12	Stellung im Periodensystem	137
5.13	Produktion und Preis	138
5.14	Vorkommen	139
5.15	Chemische Eigenschaften	140
5.16	Chemische Verbindungen	141
5.17	Physikalische Eigenschaften	143
5.2	Gewinnungsverfahren	146
5.21	Krollverfahren	149
5.211	Ausgangsmaterialien	149
5.22	Reduktion des Titanetrachlorids mit Natrium	157
5.23	Van-Arkel-de-Boer-Verfahren (Jodidverfahren)	158
5.24	Schmelzflußelektrolyse	159
5.25	Phasentausch mit Natriumamalgam	159
5.26	Verarbeitung von Titanabfällen	160
5.3	Herstellung von Titandioxyd	160
5.4	Herstellung von Ferrotitan	163
5.41	Aluminothermisches Verfahren	163
5.42	Elektroaluminothermisches Verfahren	163
5.5	Herstellung von Titanhydrid (Hydrimetverfahren)	164
5.6	Verarbeitung von Titan	165

5.61	Pulvermetallurgie	165
5.611	Poröse Titanmetallfilter	166
5.62	Schmelzen	166
5.63	Warmverformung	167
5.631	Schmieden	167
5.632	Warmwalzen	168
5.633	Stauchen und Warmpressen	168
5.634	Glühen und Beizen	168
5.64	Kaltbearbeitung	168
5.65	Spangebende Bearbeitung	169
5.66	Schweißen	169
5.7	Anwendungsgebiete	169
5.71	Militärische Zwecke	169
5.711	Raketenwerkstoff	170
5.72	Chemische und verwandte Industrie	170
5.73	Medizin	170
5.74	Kerntechnik	170
5.75	Anodischer Korrosionsschutz für Schiffskörper	171
5.76	Anwendung von Titanlegierungen	171
5.761	Stahl und Eisen	171
5.762	Nichteisenmetallegerungen	172
5.763	Dauermagnetlegierungen	174
5.77	Anwendung von Titandioxyd	174
5.771	Titanpigment	175
5.772	Schweißstäbe	175
5.773	Rutilkeramik	175
5.774	Bariumtitanat	175
5.8	Anwendung von Titankarbid und anderen Titanverbindungen	176
5.81	Hartmetall	176
5.82	Cermets	177
5.83	Titanborid	177
5.84	Titanhydrid	177
5.85	Sonstige Titanverbindungen	177
5.86	Vorsichtsmaßnahmen beim Umgang mit Titan	178
6	Uran	
6.1	Besondere Kennzeichen und Eigenschaften des Urans	184
6.11	Allgemeines	184
6.12	Stellung im Periodensystem	184
6.13	Produktion und Preis	185
6.14	Vorkommen	186
6.15	Chemische Eigenschaften	192
6.16	Chemische Verbindungen	194
6.17	Physikalische Eigenschaften	198
6.171	Uranmetall	198
6.172	Uranlegierungen	202

6.173 Uranverbindungen	202
6.174 Nuklearreines Uran.	203
6.2 Gewinnungsverfahren	204
6.21 Vorbehandlung der Uranerze.	208
6.211 Konzentration des Erzes	208
6.212 Rösten	210
6.213 Spezielle chemische Behandlung	210
6.214 Trennung der Laugenflüssigkeit und der Abgänge (Fest-Flüssig-Trennung)	211
6.22 Gewinnung des Urans aus der Lösung	211
6.221 Chemische Fällung	211
6.222 Reduktion und chemische Fällung	212
6.223 Elektrolytische Trennung	212
6.224 Neue Verarbeitungsprobleme	212
6.3 Ionenaustauschverfahren.	213
6.31 Ionenaustausch in saurer uranhaltiger Lösung	214
6.32 Ionenaustausch in alkalischer uranhaltiger Lösung	214
6.33 Ionenaustauschverfahren in Austauschersäulen	216
6.34 Ionenaustauschverfahren in bewegten Körben (RIP-Verfahren)	221
6.35 Ionenaustauschverfahren in luftgerührten Behältern (Inflico-Verfahren)	223
6.36 Ionenaustauschverfahren mit pulsierten Ionenaustauschkolonnen	223
6.4 Lösungsmittelextraktion	223
6.41 Extraktion mit Äther, Alkohol und Ketonen	226
6.42 DAPEX-Verfahren	226
6.43 AMEX-Verfahren	227
6.44 Solvent-In-Pulp-(SIP-)Verfahren	228
6.5 Angewandte Gewinnungsverfahren	228
6.51 Gewinnung aus Pechblende	229
6.511 Pechblende von Joachimsthal	229
6.512 Kanadische Pechblende	230
6.513 Afrikanische Pechblende	230
6.52 Gewinnung aus komplexen Erzen	233
6.521 Gewinnung aus Carnotit	233
6.522 Gewinnung aus Gold-Uran-Erzen	239
6.523 Gewinnung aus Uran-Kupfer-Erzen	241
6.524 Gewinnung aus Zirkonium-Uran-Erzen	242
6.525 Gewinnung aus Uran-Thorium-Erzen	242
6.526 Gewinnung aus uranhaltigen Phosphormineralien	242
6.527 Gewinnung aus uranhaltigen Pyriterzen	244
6.53 Gewinnung aus uranföhrenden Kohlen und Ölschiefern	245
6.531 Kohle	245
6.532 Ölschiefer	245
6.6 Erzeugung von Uranoxyd und metallischem Uran	246
6.61 Erzeugung von Urandioxyd	246
6.62 Erzeugung von metallischem Uran	247
6.63 Herstellung von angereichertem Urandioxyd	250
6.64 Schmelzen von Uran	251

6.65	Pulvermetallurgie des Urans	252
6.66	Zonenschmelzen des Urans	254
6.67	Verarbeitung von Uran	255
6.68	Herstellung von Brennstoffelementen (Brennelementen)	256
6.69	Aufarbeitung von erschöpftem Reaktorbrennstoff	256
6.681	Naßmetallurgische Verfahren	257
6.7	Gewinnung der Radioisotope aus bestrahltem Uran	261
6.8	Aufarbeitung von radioaktiven Abfallstoffen	263
6.9	Anwendungsgebiete	264
6.91	Verwendung des Urans im Kernreaktor	264
6.92	Kernreaktoren	267
6.93	Technische Anwendung von Radioisotopen	268
6.94	Keramik	270
6.95	Glas	270
6.96	Urdox	270
6.97	U ₃ O ₈ -Standardpräparate	270
6.98	Reinigungsmittel für inerte Gase	271
6.99	Giftwirkung	271
7	Vanadium	
7.1	Besondere Kennzeichen und Eigenschaften des Vanadiums	280
7.11	Allgemeines	280
7.12	Stellung im Periodensystem	281
7.13	Produktion und Preis	281
7.14	Vorkommen	281
7.15	Chemische Eigenschaften	284
7.16	Chemische Verbindungen	284
7.17	Physikalische Eigenschaften	285
7.2	Gewinnungsverfahren	287
7.21	Gewinnung aus Patronit	288
7.22	Gewinnung aus Roscoelith	288
7.23	Gewinnung aus Carnotit	288
7.24	Gewinnung aus vanadiumhaltigen Kupfererzen	291
7.25	Gewinnung aus Zirkonerzen und Bauxiten	292
7.26	Gewinnung aus vanadiumhaltigen Phosphaten	293
7.27	Gewinnung aus Titaneisenerz	294
7.28	Gewinnung aus Magnetitkonzentrat	296
7.29	Sonstige Verfahren	296
7.3	Erzeugung von Ferrovandium	297
7.31	Reduktion mit Kohlenstoff	298
7.32	Reduktion mit Silizium	298
7.33	Reduktion mit Aluminium	299
7.4	Erzeugung von reinem Vanadium	299
7.41	Chloridverfahren	300
7.42	Oxydverfahren	300
7.421	Vanadiumpentoxyd als Ausgangsmaterial	301
7.422	Vanadiumtrioxyd als Ausgangsmaterial	301
7.5	Pulvermetallurgische Verarbeitung	302
7.6	Schmelzen und Gießen	302

7.7 Warm- und Kaltverformung	302
7.8 Das Vanadiumoxydproblem	303
7.9 Anwendungsgebiete	304
7.91 Kerntechnik	304
7.92 Vanadium als Legierungsbestandteil	304
7.93 Katalysator	306
7.94 Emailherstellung	307
7.95 Normalwiderstände, Potentiometer	308
7.96 Medizinische Zwecke	308
7.97 Giftwirkung	308
8. Wolfram	
8.1 Besondere Kennzeichen und Eigenschaften des Wolframs	312
8.11 Allgemeines	312
8.12 Stellung im Periodensystem	313
8.13 Produktion und Preis	313
8.14 Vorkommen	314
8.15 Chemische Eigenschaften	316
8.16 Chemische Verbindungen	316
8.17 Physikalische Eigenschaften	317
8.2 Gewinnungsverfahren	319
8.21 Aufschlußverfahren	321
8.211 Wolframitaufschluß	322
8.22 Reinigen der Natriumwolframatlösungen	325
8.23 Abscheidung des Wolframs aus der Natriumwolframatlösung	325
8.231 Unmittelbares Ausfällen durch Säuren als Wolframsäure	325
8.232 Ausfällen als Kalziumwolframat und dessen anschließende Zer- setzung durch Säure	325
8.233 Kristallisation als Natriumwolframat oder -parawolframat	326
8.24 Reinigung der technischen Wolframsäure	326
8.241 Ammoniakverfahren	327
8.25 Aufarbeitung von Abfallmaterial (Drahtabfälle usw.)	328
8.3 Erzeugung von Ferrowolfram	328
8.31 Vorbereitung der Erze zur Verhüttung	328
8.32 Möllierung	330
8.33 Öfen und Ofengang	330
8.34 Direkte Reduzierung mit Aluminium oder Ferrosilizium	331
8.35 Verarbeitung der anfallenden Flugstäube	331
8.4 Reduktion der Wolframsäure zu Metallpulver	332
8.41 Zusätze zur Wolframsäure vor der Reduktion	332
8.42 Reduktion mit Wasserstoff	333
8.43 Reduktion mit Kohlenstoff	334
8.5 Umwandlung des Metallpulvers in festes Metall	334
8.51 Verdichten in hydraulischen Pressen und Vorsintern	335
8.52 Sintern	335
8.53 Hämmern des Wolframstabes in einer Hämmermaschine	335

8.6	Erzeugung von Wolframkarbid und Karburierung von Wolfram	336
8.7	Hydrostatisches Pressen, Schlickerguß	336
8.8	Verarbeitung des Wolframs	336
8.81	Draht	336
8.82	Blech	337
8.83	Feinmechanische Werkstücke großer Präzision	337
8.84	Flammenplattieren mit Wolframkarbid	337
8.9	Anwendungsgebiete	338
8.91	Elektrotechnik und Elektronenindustrie	338
8.911	Glühlampen	338
8.912	Heizleiter aus Wolframdrähten	339
8.913	Elektronenröhren	339
8.914	Röntgenröhren	340
8.915	Eingeschmolzene Durchführungen	340
8.916	Kontaktstücke	340
8.917	Wolfram-Sintermetall-Schaltstücke	341
8.918	Wolfram als Strahlenquelle in Ionenstrahlantrieben	341
8.92	Schwermetall	341
8.93	Wolfram in der Schweißtechnik	342
8.94	Wolframkarbide	342
8.941	Gegossene Wolframkarbide	342
8.942	Gesinterte Hartmetalle	343
8.95	Wolframstähle	344
8.96	Wolfram im Kernreaktor	344
8.97	Nichteisen-Wolfram-Legierungen, Thermoelemente und Wolframverbindungen	345
8.98	Wolfram für die Weltraumfahrt	347
8.99	Giftwirkung	348
9	Yttrium	
9.1	Besondere Kennzeichen und Eigenschaften des Yttriums	353
9.11	Allgemeines	353
9.12	Vorkommen und Preis	353
9.13	Chemische und physikalische Eigenschaften	354
9.2	Erzeugung von metallischem Yttrium	355
9.21	Trennung des Yttriums von den Seltenen Erden durch Ionenaustausch	355
9.21	Erzeugung von metallischem Yttrium	355
9.3	Aufarbeitung von Yttriumabfällen und Yttriumoxyd	357
9.4	Verarbeitung	358
9.5	Anwendungsgebiete	359
9.6	Giftwirkung	360
10	Zirkonium	
10.1	Besondere Kennzeichen und Eigenschaften des Zirkoniums	362
10.11	Allgemeines	362
10.12	Stellung im Periodensystem	362

10.13	Produktion und Preis	363
10.14	Vorkommen	363
10.15	Chemische Eigenschaften	364
10.16	Chemische Verbindungen	367
10.17	Physikalische Eigenschaften	368
10.2	Gewinnungsverfahren	370
10.21	Aufschluß durch Chlorierung	372
10.211	Direkte Chlorierung des Zirkons	372
10.212	Chlorierung von Zirkoniumkarbid	372
10.22	Schmelzaufschluß mit Natriumhydroxyd	378
10.23	Schmelzaufschluß mit Kaliumsiliziumfluorid	380
10.3	Zirkonium-Hafnium-Trennung	380
10.31	Fraktionierte Kristallisation	381
10.32	Lösungsmittlextraktion	382
10.321	Lösungsmittlextraktion mit Methylisobutylketon (MIBK oder Hexon) und Thiocyanssäure	382
10.322	Lösungsmittlextraktion mit Tributylphosphat (TBP)	382
10.33	Ionenaustausch	384
10.4	Jodidverfahren nach van Arkel-de Boer	385
10.41	Angewandte Jodidverfahren	386
10.411	Verfahren der Foote Mineral Co.	386
10.5	Schmelzflußelektrolyse	387
10.6	Erzeugung von Zirkonimpulver und Zirkoniumhydridpulver	387
10.7	Ferrozirkon-Silizium	388
10.8	Verarbeitung von Zirkonium	390
10.81	Schmelzen	390
10.82	Warmverformung	391
10.83	Kaltverformung	392
10.84	Spanabhebende Bearbeitung	393
10.85	Löten und Schweißen	393
10.9	Anwendungsgebiete	393
10.91	Kerntechnik	394
10.911	Metallisches Zirkonium	394
10.912	Zircaloy-1, Zircaloy-2, Zircaloy-3	396
10.92	Chemische Industrie	397
10.93	Elektronische Industrie	398
10.94	Chirurgische Zwecke	399
10.95	Pyrotechnische Zwecke	399
10.96	Schweißfolien und Lötdrähte	400
10.97	Legierungen	400
10.98	Zirkoniumverbindungen	404
10.981	Zirkon (Zirkoniumsilikat)	404
10.982	Zirkoniumdioxid	406
10.983	Zirkoniumhydrid	408
10.984	Zirkoniumborid	408
10.985	Zirkoniumnitrid	409
10.986	Zirkoniumchemikalien	409
10.99	Vorsichtsmaßnahmen bei der Verarbeitung von Zirkonium	409