

Inhalt

Vorwort zur 6. Auflage — V

Dietrich Gudat

1	Anorganische Molekülchemie — 1
1.1	Methodische Grundlagen — 2
1.1.1	Arbeitstechniken — 2
1.1.2	Charakterisierungsmethoden — 5
1.1.3	Grundlagen quantenchemischer Methoden — 9
1.1.3.1	Wellenfunktionen und Dichtefunktionale — 9
1.1.3.2	Interpretation von Wellenfunktionen und Elektronendichteveilchen — 12
1.2	Grundlegende Aspekte von Struktur und Reaktivität — 15
1.2.1	Elementare Trends – Die Sonderstellung der Elemente der 2. Periode — 15
1.2.2	Geometrische Struktur von Molekülen — 19
1.2.3	Intermolekulare Wechselwirkungen und Reaktivität — 20
1.2.4	Mehrzentrenbindungen — 24
1.2.4.1	Energetische und strukturelle Aspekte von Dreizentrenbindungen — 25
1.2.4.2	Hyperkoordinierte Verbindungen mit 4e-3z-Bindungen — 28
1.2.4.3	Elektronenmangelverbindungen und 2e-3z-Bindungen — 32
1.2.5	Reaktionsmechanismen — 34
1.2.6	Kinetische Stabilisierung — 36
1.2.7	Moleküle mit geometrisch beschränkter Struktur — 41
1.3	Molekülgerüste: Ketten, Ringe, Polycyclen, Käfige — 45
1.3.1	Molekulare Silikate und Silikatanaloga — 46
1.3.1.1	Silsesquioxane — 47
1.3.1.2	Molekulare Modelle für Silikatoberflächen — 50
1.3.1.3	Heterosubstituierte Silsesquioxane — 52
1.3.2	Element-Modifikationen: Sauerstoff, Stickstoff, Phosphor, Schwefel — 54
1.3.2.1	Stickstoff — 54
1.3.2.2	Sauerstoff — 57
1.3.2.3	Phosphor — 59
1.3.2.4	Schwefel — 64
1.3.3	Aktivierung von Element-Element-Bindungen und Gerüstumwandlungen — 67
1.3.3.1	Nukleophile Aktivierung und polyatomare Anionen — 67
1.3.3.2	Elektrophile Aktivierung und polyatomare Kationen — 71
1.3.3.3	Aktivierung durch Ambiphile — 76
1.3.4	Gerüststrukturen aus Gruppe-14-Elementen: Oligo- und Polysilane — 78
1.4	Subvalente Verbindungen — 85
1.4.1	Carbenanaloga — 85

1.4.1.1	Elektronische Zustände von Carbenanaloga — 87
1.4.1.2	Stabilität und nukleophiler bzw. elektrophiler Charakter von Carben- und Nitrenanaloga — 90
1.4.1.3	Synthese von Carbenanaloga — 96
1.4.1.4	Chemische Reaktivität von Carbenanaloga — 99
1.4.2	Borylene und deren Homologe — 104
1.4.3	Radikale — 108
1.4.3.1	Persistente und stabile neutrale Monoradikale mit Hauptgruppenelementen — 108
1.4.3.2	Dreielektronenbindungen — 111
1.4.3.3	Diradikale und Diradikaloide — 113
1.5	Mehrfachbindungssysteme — 117
1.5.1	Klassische und nichtklassische isolierte Doppelbindungen — 117
1.5.2	Dreifachbindungen — 121
1.5.3	Konjugierte und aromatische π -Systeme — 125
1.6	Elektronenreiche Verbindungen — 129
1.6.1	Edelgasverbindungen — 130
1.6.2	Ylide — 136
1.7	Clusterverbindungen mit Elektronenmangel — 144
1.7.1	Deltaedrische Polyborane — 144
1.7.1.1	Bindungsverhältnisse — 144
1.7.2	Heteroborane — 150
1.8	Moderne Aspekte von Säure-Base- und Wasserstoffchemie — 153
1.8.1	Supersäuren — 153
1.8.1.1	Protonendonatorstärken und Aciditätsskalen — 153
1.8.1.2	Chemie ausgewählter Supersäuren — 157
1.8.1.3	Anwendungen von Supersäuren — 159
1.8.1.4	Kationische Lewis-Säuren und schwach koordinierende Anionen — 161
1.8.2	Lewis-Säure/Base-Komplexe — 164
1.8.2.1	Donor-Akzeptor-Komplexe und dative Bindungen — 164
1.8.2.2	Synthese von Donor-Akzeptor-Komplexen — 167
1.8.2.3	Reaktionen funktionalisierter Lewispaare unter Erhalt der dativen Bindung — 169
1.8.2.4	Amin-Boran-Addukte: Neues Interesse an alten Molekülen — 171
1.8.3	Frustrierte Lewispaare und die metallfreie Aktivierung von H_2 und CO_2 — 175

Hans-Jürgen Meyer

2	Festkörperchemie — 183
2.1	Festkörperreaktionen — 184
2.1.1	Reaktionsbehälter — 186
2.1.2	Fest-fest-Reaktionen — 187

2.1.3	Reaktionen in Schmelzen — 189
2.1.3.1	Ionische Flüssigkeiten — 191
2.1.4	Chemische Transportreaktionen — 191
2.1.5	Reaktionen bei „tiefen“ Temperaturen — 195
2.1.6	Modifizierung von Feststoffen — 196
2.1.6.1	Interkalation — 197
2.1.6.2	Ionenaustausch — 198
2.1.7	Reaktionen bei hohen Drücken — 199
2.1.7.1	Reaktive Gase — 199
2.1.7.2	Solvothermal synthesen — 200
2.1.7.3	Fest-fest-Reaktionen bei hohen Drücken — 202
2.2	Kristallstrukturen — 204
2.2.1	Dichteste Packungen von Atomen — 204
2.2.2	Lückenbesetzungen in dichtest gepackten Strukturen — 207
2.2.3	Beschreibung wichtiger Strukturtypen — 207
2.2.3.1	Natriumchlorid-Struktur — 207
2.2.3.2	Caesiumchlorid-Struktur — 207
2.2.3.3	Nioboxid-Struktur — 208
2.2.3.4	Nickelarsenid-Struktur — 209
2.2.3.5	Wolframcarbid-Struktur — 209
2.2.3.6	Kubische Zinksulfid-Struktur (Zinkblende) — 209
2.2.3.7	Hexagonale Zinksulfid-Struktur (Wurtzit) — 209
2.2.3.8	Calciumfluorid-Struktur (Fluorit) — 210
2.2.3.9	Titandioxid-Struktur (Rutil) — 210
2.2.3.10	β -Cristobalit-Struktur — 211
2.2.3.11	Cuprit-Struktur — 211
2.2.3.12	Cadmiumiodid-Struktur — 212
2.2.3.13	Cadmiumchlorid-Struktur — 213
2.2.3.14	Beschreibung von Schichtstrukturen — 213
2.2.4	Vorhersagen von Kristallstrukturen — 214
2.2.5	Kristallstrukturanalyse und kristallographische Datenbanken — 215
2.3	Nanochemie — 216
2.3.1	Der Schmelzpunkt von Nanoteilchen — 218
2.3.2	Die elektrische Leitfähigkeit von Nanoteilchen — 219
2.3.3	Der Magnetismus von Nanoteilchen — 219
2.3.4	Die optischen Eigenschaften von Nanoteilchen — 220
2.3.5	Oberflächenchemie und Katalyse — 221
2.3.6	Synthesen von Nanoteilchen — 222
2.3.7	Gesundheitliche Risiken von Nanoteilchen — 223
2.4	Kristalldefekte — 223
2.4.1	Rotationen — 224
2.4.2	Versetzungen — 224

2.4.3	Punktdefekte nach Schottky und Frenkel — 224
2.4.4	Farbzentren — 225
2.4.5	Platztausch von Atomen (Ordnungs–Unordnungs-Vorgänge) — 226
2.4.6	Fehlordnung über Leerstellen — 228
2.4.7	Phasenwechselmaterialien als Speichermedien — 229
2.4.8	Nicht stöchiometrische Phasen — 231
2.4.9	Feste Lösungen, Dotierung und transparente Leiter — 231
2.4.10	Scherstrukturen — 233
2.5	Elektrochemische Zellen — 235
2.5.1	Messung von Sauerstoff-Partialdrücken — 235
2.5.2	Brennstoffzellen — 236
2.5.3	Batterien — 237
2.5.4	Wiederaufladbare Lithiumbatterien — 238
2.5.4.1	Elektrolyte für Lithiumbatterien — 239
2.5.4.2	Anodenmaterialien für Lithiumbatterien — 240
2.5.4.3	Kathodenmaterialien für Lithiumbatterien — 241
2.5.4.4	Wichtige Lithiumakkumulatoren — 241
2.5.5	Die Nickel-Metallhydrid-Batterie — 242
2.6	Solarzellen — 243
2.6.1	Solarzellen der ersten Generation (Si-Solarzellen) — 243
2.6.2	Solarzellen der zweiten Generation (Dünnschichttechnologie) — 244
2.6.3	Solarzellen der dritten Generation (Heteroübergang-Solarzellen) — 244
2.6.4	Farbstoffsensibilisierte Solarzellen — 245
2.6.5	Perowskit-Solarzellen — 246
2.7	Elektronische Strukturen fester Stoffe — 247
2.7.1	Die lineare Anordnung von Wasserstoffatomen — 249
2.7.2	Die Peierls-Verzerrung einer linearen Anordnung von H-Atomen — 252
2.7.3	Bandstrukturen in drei Dimensionen – Brillouin-Zonen — 253
2.7.4	Beispiele für Bandstrukturen — 255
2.7.4.1	Die Bandstruktur der $[\text{Pt}(\text{CN})_4]$ -Säulen in der Struktur von $\text{K}_2[\text{Pt}(\text{CN})_4] \cdot 3 \text{H}_2\text{O}$ — 255
2.7.4.2	Die Bandstruktur von ReO_3 – ein dreidimensionales d^1 -Metall — 258
2.7.4.3	Die Bandstruktur von MoS_2 – ein d^2 -Halbleiter — 259
2.7.4.4	Die Bandstruktur von LaI_3 – ein d^1 -Metall — 261
2.7.5	Metall-Metall-Bindungen — 263
2.7.6	Peierls-Verzerrung und Ladungsdichtewelle — 264
2.8	Magnetische Eigenschaften von Feststoffen — 265
2.8.1	Diamagnetismus — 267
2.8.2	Paramagnetismus — 267
2.8.3	Kooperative Eigenschaften — 272
2.8.4	Ferromagnetische Ordnung — 273
2.8.5	Magnetische Kopplungsmechanismen — 274

2.8.6	Antiferromagnetische Ordnung — 275
2.8.7	Paramagnetismus der Leitungselektronen (Pauli-Paramagnetismus) — 275
2.9	Der metallische Zustand — 276
2.9.1	Metalle — 276
2.9.2	Intermetallische Systeme — 278
2.9.3	Legierungen — 279
2.9.4	Intermetallische Verbindungen mit Formgedächtnis — 280
2.9.5	Hume-Rothery-Phasen — 281
2.9.6	Laves-Phasen — 283
2.9.7	Zintl-Phasen — 284
2.9.7.1	Die Synthese von Zintl-Phasen — 285
2.9.7.2	Beispiele für Zintl-Phasen — 286
2.9.7.3	Salzartige Zintl-Phasen mit isolierten Anionen — 286
2.9.7.4	Zintl-Phasen mit polyatomaren Anionen — 287
2.9.7.5	Zintl-Ionen, die Käfigstrukturen bilden — 289
2.9.7.6	Zintl-Phasen-Hydride — 291
2.9.7.7	Eigenschaften von Zintl-Phasen — 291
2.9.8	Heusler-Phasen und Skutterudite — 292
2.9.9	Thermoelektrizität — 293
2.10	Verbindungen der Metalle — 295
2.10.1	Metallhydride — 295
2.10.1.1	Salzartige Metallhydride — 295
2.10.1.2	Kovalente Metallhydride — 296
2.10.1.3	Metallartige Metallhydride — 296
2.10.1.4	Ternäre Metallhydride — 299
2.10.1.5	Metallhydridspeicher — 302
2.10.2	Metallboride — 304
2.10.2.1	Synthese von Metallboriden — 304
2.10.2.2	Strukturen der Metallboride — 305
2.10.2.3	Bor-Bor-Bindungen in Metallboriden — 309
2.10.2.4	Eigenschaften von Metallboriden — 309
2.10.3	Metallcarbide und Graphen — 310
2.10.3.1	Synthese von Metallcarbiden — 312
2.10.3.2	Salzartige Metallcarbide — 313
2.10.3.3	Metallcarbide der Übergangsmetalle — 315
2.10.3.4	Metallcarbide der Seltenerdmetalle und einiger 5f-Elemente — 316
2.10.3.5	Ternäre Metallcarbide — 317
2.10.3.6	Eigenschaften von Metallcarbiden — 319
2.10.4	Metallnitride — 320
2.10.4.1	Synthese von Metallnitriden — 321
2.10.4.2	Salzartige und metallische Metallnitride der Alkali- und Erdalkalimetalle — 322

2.10.4.3	Kovalente Metallnitride und Elektrolumineszenz — 324
2.10.4.4	Metallnitride der Übergangsmetalle — 325
2.10.4.5	Ternäre Metallnitride und Nitridometallate — 325
2.10.4.6	Eigenschaften von Metallnitriden — 326
2.10.4.7	Metallnitride der Seltenerdmetalle und 5f-Elemente — 327
2.10.4.8	Nitridische Verbindungen — 328
2.10.5	Metalloxide — 329
2.10.5.1	Sauerstoffverbindungen der Alkalimetalle — 330
2.10.5.2	Oxide der Erdalkalimetalle und des Aluminiums — 332
2.10.5.3	Binäre Metalloxide der Übergangsmetalle — 332
2.10.5.4	Ternäre Metalloxide und Oxometallate — 344
2.10.5.5	Metallreiche Oxometallate – Metallcluster — 345
2.10.5.6	Perowskite — 348
2.10.5.7	Wolframoxide und Oxidbronzen — 350
2.10.5.8	Spinelle — 351
2.10.5.9	Magnetoplumbit — 355
2.10.5.10	Granate — 356
2.10.5.11	Synthesen von Metalloxiden über wässrige Lösungen, Sol-Gel-Synthese von YAG — 357
2.10.5.12	Leuchtstoffe — 359
2.10.5.13	Supraleitfähigkeit — 362
2.10.5.14	Oxide der Seltenerdmetalle — 370
2.10.6	Metallsulfide — 372
2.10.6.1	Schwefelreiche Metallsulfide — 373
2.10.6.2	Trisulfide — 373
2.10.6.3	Disulfide — 373
2.10.6.4	Monosulfide — 378
2.10.6.5	Metallreiche Metallsulfide — 379
2.10.6.6	Ternäre Metallsulfide der Übergangsmetalle — 382
2.10.6.7	Sulfide der Seltenerdmetalle — 383
2.10.7	Metallfluoride — 384
2.10.7.1	Heptafluoride — 386
2.10.7.2	Hexafluoride — 386
2.10.7.3	Pentafluoride — 387
2.10.7.4	Tetrafluoride — 388
2.10.7.5	Trifluoride — 390
2.10.7.6	Metalldifluoride und -subfluoride — 391
2.10.7.7	Fluoridometallate — 392
2.10.8	Metallchloride, -bromide und -iodide — 393
2.10.8.1	Hexahalogenide und Pentahalogenide — 394
2.10.8.2	Tetrahalogenide — 395
2.10.8.3	Trihalogenide — 396

2.10.8.4	Dihalogenide und Monohalogenide — 397
2.10.8.5	Metallhalogenide mit Metallclustern — 399
2.10.9	Halogenide der Seltenerdmetalle — 410
2.10.9.1	Trihalogenide — 410
2.10.9.2	Dihalogenide — 412
2.10.9.3	Monohalogenide — 416
2.11	Keramische Materialien — 418
2.11.1	Herstellung von Hochleistungskeramiken — 418
2.11.2	Cermets und Komposite — 418
2.11.3	Einteilung keramischer Materialien — 419
2.11.3.1	Silicatkeramik — 420
2.11.3.2	Zeolithe und poröse Feststoffe — 420
2.11.3.3	Oxidkeramik — 422
2.11.3.4	Boridkeramik — 423
2.11.3.5	Carbidkeramik — 423
2.11.3.6	Nitridkeramik — 425
2.11.3.7	Silicidkeramik — 427
2.11.3.8	Glaskeramik — 427

Christoph Janiak

3	Komplex-/Koordinationschemie — 429
3.1	Einleitung — 429
3.2	Geschichte — 431
3.3	Nomenklatur von Komplexverbindungen — 433
3.4	Ligandenklassen — 436
3.5	Oxidationszahl und Valenzelektronenzahl des Metallatoms in Komplexverbindungen — 441
3.6	Gesamt-Valenzelektronenzahl in Komplexen — 442
3.7	Koordinationszahl und -polyeder von Komplexverbindungen — 444
3.8	Isomerie bei Komplexverbindungen — 454
3.9	Die Bindung in Komplexen und ihre Effekte — 461
3.9.1	Valenzbindungstheorie (VB-Theorie) — 461
3.9.2	Kristalfeldtheorie (CF-Theorie) — 462
3.9.3	Stereochemische und thermodynamische Effekte der Kristalfeldauflösung — 471
3.9.4	Kristalfeldauflösung – UV/Vis-Spektroskopie — 478
3.9.5	Kristalfeldtheorie – Defizite des Modells — 481
3.9.6	Kristalfeldtheorie – Mehrelektronennäherung — 482
3.9.7	Ligandenfeldtheorie — 498
3.9.8	Molekülorbitaltheorie (MO-Theorie) — 507
3.10	Stabilität von Metallkomplexen — 518
3.10.1	Thermodynamische und kinetische Stabilität — 518

3.10.2	Stabilitätskonstanten und Komplexbildungsgleichgewichte — 520
3.10.3	Stabilitätstrends — 526
3.10.4	Der Chelateffekt – Grundlagen — 532
3.10.5	Der Chelateffekt – Anwendungen — 535
3.11	Reaktivität von Metallkomplexen, Kinetik und Mechanismen — 546
3.11.1	Substitutionsreaktionen — 546
3.11.2	Redoxreaktionen – Elektronentransfer mit Komplexen — 560
3.11.3	Ligandenreaktionen in der Koordinationsphäre von Metallatomen — 573
3.12	Disauerstoff-Metallkomplexe — 578
3.13	Distickstoff-Metallkomplexe — 583
3.14	Cyanido-Metallkomplexe — 590
3.15	Metall–Metall-Bindungen und Metallcluster — 597
3.16	Medizinische Anwendungen von Metallkomplexen — 604
3.17	Metall-organische Gerüstverbindungen (MOFs), poröse Koordinationspolymere — 608
3.18	Lumineszenz bei Metallkomplexen — 613
3.19	Molekulare Magnete — 623
3.20	Methoden zur Untersuchung von Metallkomplexen — 626
3.21	Anhang — 636
3.21.1	Molekülsymmetrie und Gruppentheorie — 636
3.21.2	Systematische Ermittlung von Russell-Saunders-Termen — 643

Christoph Janiak

4	Organometallchemie — 647
4.1	Einleitung und Metall-Kohlenstoff-Bindung — 647
4.2	Hauptgruppenmetall- und -elementorganyle — 651
4.2.1	Alkalimetallorganyle — 651
4.2.2	Erdalkalimetallorganyle — 657
4.2.3	Organyle der 13. Gruppe: B, Al — 659
4.2.4	Organyle der 14. Gruppe: Si, Sn und Pb — 667
4.2.5	Elementorganyle der 15. Gruppe: Phosphor — 680
4.2.6	Fluktuierende Hauptgruppenmetallorganyle — 689
4.2.7	Hauptgruppenmetall- π -Komplexe — 691
4.2.8	Subvalente Hauptgruppen- σ -Organyle und Element-Element-Bindungen — 698
4.2.9	Kation-Aren- π -Wechselwirkungen — 704
4.3	Übergangsmetallorganyle — 706
4.3.1	Carbonylkomplexe — 706
4.3.1.1	Binäre Metallcarbonyle – Synthesen, Strukturen, Eigenschaften — 707
4.3.1.2	„Nichtklassische“ Metallcarbonyle — 728
4.3.1.3	Metallcarbonylderivate — 730
4.3.1.4	Isoelektronische Liganden zu CO — 736

4.3.1.5	Anwendungen von Metallcarbonylen und Derivaten — 745
4.3.2	Carben-(Alkylien-)Komplexe — 748
4.3.3	Carbin-(Alkylidin-)Komplexe — 765
4.3.4	Übergangsmetall- π -Komplexe — 768
4.3.4.1	Olefin-(Alken-)Komplexe — 768
4.3.4.2	Alkin-(Acetylen-)Komplexe — 776
4.3.4.3	Allylkomplexe — 777
4.3.4.4	Komplexe mit cyclischen π -Liganden — 780
4.3.5	Agostische Wechselwirkungen — 795
4.3.6	Elementarreaktionen mit Metallorganylen — 798
4.3.7	Metallorganische Verbindungen der Lanthanoide — 807
4.4	Katalyse — 808
4.4.1	Homogenkatalytische Verfahren — 808
4.4.1.1	Acetaldehyd durch Ethenoxidation und Aceton durch Propenoxidation (Wacker-Hoechst-Verfahren) — 808
4.4.1.2	Essigsäureherstellung durch Carbonylierung von Methanol (BASF- und Monsanto-Verfahren) — 811
4.4.1.3	Aldehyde aus Olefinen durch Hydroformylierung („Oxo-Synthese“) — 814
4.4.1.4	Butadienhydrocyanierung, Adiponitrilsynthese — 818
4.4.1.5	Butadientrimerisierung und -dimerisierung — 820
4.4.1.6	Der Shell Higher Olefin Process (SHOP), Ethenoligomerisierung — 822
4.4.1.7	Asymmetrische Hydrierungen – Synthese von L-Dopa und L-Phenylalanin — 823
4.4.1.8	Enantioselektive Olefinisomerisierung, L-Menthol-Synthese — 827
4.4.1.9	Transferhydrierung von Alkoholen zu Ketonen — 829
4.4.1.10	Metallocenkatalysatoren für die Olefinpolymerisation — 830
4.4.2	Heterogenkatalytische Verfahren — 841
4.4.2.1	Fischer-Tropsch-Synthese — 842
4.4.2.2	Olefin-/Alken-Metathese — 847
4.4.2.3	Olefinpolymerisation mit heterogenen Katalysatoren, klassische Ziegler-Natta-Katalyse — 852

Carola Schulzke

5	Bioanorganische Chemie — 857
5.1	Das Fach Bioanorganische Chemie — 857
5.2	Grundlegendes — 858
5.3	Biometalle als Zentren hochkomplexer Koordinationsverbindungen — 861
5.3.1	Das Protein als Ligand — 862
5.3.2	Makrozyklische Liganden — 865
5.4	Aufnahme, Transport und Speicherung von Eisen — 867
5.4.1	Der Begriff Homöostase — 867
5.4.2	Eisen als Bioelement – Grundlagen — 867

5.4.3	Siderophore für die Aufnahme von Eisen — 869
5.4.4	Transport von Eisenionen mittels Transferrin — 871
5.4.5	Ferritin als Eisenspeicherprotein — 874
5.5	Sauerstoffaufnahme, -transport und -speicherung — 879
5.5.1	Das Sauerstofftransportprotein Hämocyanin — 879
5.5.2	Das Sauerstofftransportprotein Hämerythrin — 882
5.5.3	Hämoglobin und Myoglobin — 883
5.6	Redoxprozesse hämartiger Eisenproteine und -enzyme — 892
5.6.1	Biologische Redoxprozesse — 892
5.6.2	Die Atmungskette — 893
5.6.3	Die Cytochrome — 894
5.6.4	Die Cytochrom c Oxidase — 895
5.6.5	Andere hämartige Enzyme — 898
5.7	Nichthäm-Eisenproteine und -enzyme — 902
5.7.1	Eisen-Schwefel-Kofaktoren — 902
5.7.2	Einkernige Nichthäm-Eisenenzyme — 909
5.7.3	Zweikernige Nichthäm-Eisenenzyme — 912
5.8	Nitrogenase — 915
5.9	Kupfer — 919
5.9.1	Blaue (Typ 1) Kupferproteine — 919
5.9.2	Typ-2-Kupferproteine — 922
5.9.3	Typ-3-Kupferproteine — 925
5.9.4	Mehrkernige Kupferproteine — 929
5.10	Photosynthese und der Oxygen-Evolving Complex (OEC) — 932
5.10.1	Allgemeines — 932
5.10.2	Die Lichtabsorption — 932
5.10.3	Komponenten, Reaktionen und der Elektronentransport in der Photosynthese — 936
5.10.4	Die Wasseroxidation am Oxygen-Evolving Complex — 939
5.11	Beispiele für Proteine und Enzyme mit weiteren Übergangsmetallen — 944
5.11.1	Zink — 944
5.11.2	Nickel — 951
5.11.3	Cobalt — 964
5.11.4	Vanadium — 967
5.11.5	Molybdän und Wolfram — 971
	Sachregister — 979