

Inhalt

Vorwort	V
1 Einführung: Regeln und Normen erleichtern die Verständigung	1
1.1 Reaktionsgleichungen und Reaktionsschemata	2
1.2 Größen und Einheiten	4
1.3 Nomenklatur – systematisch oder traditionell?	9
2 Aufbau der Atome	13
2.1 Atomkern und Elementarteilchen	14
Isotope	16
<i>Exkurs:</i> Massenspektrometrie	16
Massendefekt und Kernbindungsenergie	18
Radioaktivität	19
2.2 Kernreaktionen	21
<i>Exkurs:</i> Isotopentrennung	23
Energiegewinnung durch Kernspaltung	23
2.3 Der Aufbau der Elektronenhülle	24
<i>Exkurs:</i> Atomabsorptionsspektroskopie (AAS)	26
Die Schrödinger-Gleichung und ihre Bedeutung	27
Die Form der Atomorbitale	30
Besetzung der Orbitale mit Elektronen	33
Elektronenkonfigurationen von Ionen	38
3 Ein Überblick über das Periodensystem	39
3.1 Das moderne Periodensystem	41
3.2 Die Entstehung der Elemente	44
Stabilität der Elemente und ihrer Isotope	44
<i>Exkurs:</i> Zur Geschichte des Schalenmodells der Atomkerne	46
3.3 Einteilung der Elemente	47
3.4 Periodische Eigenschaften: Atomradius	49
Die Slater-Regeln	51
3.5 Periodische Eigenschaften: Ionisierungsenergie	52
3.6 Periodische Eigenschaften: Elektronenaffinität	54
3.7 Biochemie der Elemente	55
4 Die Ionenbindung	59
4.1 Eigenschaften ionischer Verbindungen	60
<i>Exkurs:</i> Energetische Verhältnisse bei der Ionenbindung	62

4.2	Polarisierung und Kovalenz	63
4.3	Hydratation von Ionen	65
4.4	Ionengitter	66
	Die dichteste Kugelpackung	67
	Aufbau einfacher AB-Verbindungen	72
	Aufbau einfacher AB ₂ -Verbindungen	74
	Ausnahmen von den Regeln	76
	Kristallstrukturen mit komplexen Ionen	77
5	Die kovalente Bindung	79
5.1	Lewis-Konzept und Oktettregel	80
5.2	Gebrochene Bindungsordnungen und das Konzept der Mesomerie	81
5.3	Formalladungen	82
5.4	Das Valenzschalen-Elektronenpaar-Abstoßungsmodell (VSEPR-Modell)	82
	Lineare Geometrie	84
	Trigonal-planare Geometrie	84
	Tetraedrische Geometrie	85
	Trigonal-bipyramidale Geometrie	86
	Oktaedrische Geometrie	87
	Mehr als sechs Bindungspartner	88
5.5	Stoffe mit kovalenten Netzwerken	89
5.6	Intermolekulare Kräfte	90
	Dispersionskräfte	90
5.7	Elektronegativität und polare Bindung	91
5.8	Dipol/Dipol-Wechselwirkungen	94
5.9	Wasserstoffbrückenbindungen	94
5.10	Die Valenzbindungstheorie (VB-Theorie)	95
	Hybridisierung von Orbitalen	95
5.11	Einführung in die Molekülorbitaltheorie (MO-Theorie)	97
	Molekülorbitale zweiatomiger Moleküle der ersten Periode	99
	Molekülorbitale zweiatomiger Moleküle der zweiten Periode	100
	Molekülorbitale heteronuklearer zweiatomiger Moleküle	104
6	Die metallische Bindung	109
6.1	Bindungsmodelle für Metalle und Halbleiter	110
	Das Bändermodell	111
	Halbleiter, Dotierung	112
	Die Struktur der Metalle	115
6.2	Bindungstypen im Vergleich	116
	Das Bindungsdreieck	116
	Periodische Trends im Bindungsverhalten	117
	<i>Exkurs:</i> Zintl-Phasen	118
7	Thermodynamik anorganischer Stoffe	121
7.1	Energieumsatz bei chemischen Reaktionen	122
	Enthalpie	123
	Von der Bildungsenthalpie zur Reaktionsenthalpie	124
	<i>Exkurs:</i> Was ist ein Standardzustand?	124

7.2	Ermittlung der Gitterenergie ionischer Verbindungen – der Born-Haber-Kreisprozess	127
	Warum gibt es weder MgF_3 noch MgF ?	128
7.3	Theoretische Berechnung der Gitterenergie – Coulomb-Energie und Madelung-Konstante	129
7.4	Thermodynamik des Lösevorgangs ionischer Verbindungen	131
	<i>Exkurs:</i> Kälte- und Wärmepackungen	133
7.5	Bildung kovalenter Verbindungen	134
7.6	Entropie	134
	<i>Exkurs:</i> Statistische Deutung der Entropie	136
7.7	Die freie Enthalpie als treibende Kraft einer Reaktion	137
	<i>Exkurs:</i> Metastabile Stoffe	137
	<i>Exkurs:</i> Temperaturabhängigkeit der Gleichgewichtskonstanten	138
8	Reine Stoffe und Zweistoffsysteme	141
8.1	Ideale und reale Gase	142
	Das ideale Gas	142
	Reale Gase	145
	Gasgemische	147
8.2	Flüssigkeiten	147
8.3	Kristalline Feststoffe	149
	<i>Exkurs:</i> Röntgenstrukturanalyse	151
8.4	Amorphe Stoffe und Gläser	152
	<i>Exkurs:</i> Flüssigkristalle	153
8.5	Phasendiagramme reiner Stoffe	154
8.6	Lösungen	158
	Löslichkeit von Gasen	158
	<i>Exkurs:</i> Hydrothermalsynthese	159
	Mischbarkeit von Flüssigkeiten	160
8.7	Dampfdruck einer Lösung – Siedetemperaturerhöhung und Schmelztemperaturerniedrigung	161
8.8	Osmose und Umkehrosmose	163
8.9	Siedediagramme, Destillation und Rektifikation	164
	Azeotrope lassen sich durch Destillation nicht trennen	165
	<i>Exkurs:</i> Destillation	167
8.10	Schmelzdiagramme und Kristallisation	168
	<i>Exkurs:</i> Thermische Analyse und Differenzthermoanalyse (DTA)	171
8.11	Moderne Trennverfahren, Chromatographie	172
	Die Nernst-Verteilung	173
	Chromatographische Verfahren	173
9	Das chemische Gleichgewicht	179
9.1	Umkehrbare Reaktionen und chemisches Gleichgewicht	180
	Gleichgewichtsverschiebung und das Prinzip des kleinsten Zwangs	182
9.2	Quantitative Beschreibung des chemischen Gleichgewichts	184
	Löslichkeitsgleichgewicht und Löslichkeitsprodukt	184
	<i>Exkurs:</i> Ionenstärke und Aktivitätskoeffizient	187
	Homogene Gleichgewichte und das Massenwirkungsgesetz	188
	Heterogene Gleichgewichte	190

	Berechnung von Gleichgewichtskonzentrationen und -drücken	191
	Gekoppelte Gleichgewichte	192
9.3	Massenwirkungsgesetz und chemische Energetik	195
10	Säuren und Basen	199
	Das Arrhenius-Konzept	200
10.1	Das Brønsted-Lowry-Konzept	201
10.2	Quantitative Beschreibung von Säure/Base-Gleichgewichten in wässriger Lösung	203
	Säurekonstante und Basenkonstante	203
10.3	Säure/Base-Titration und Titrationskurven	207
	<i>Exkurs:</i> Säure/Base-Indikatoren	211
	Pufferlösungen in der Praxis – ideales und reales Verhalten	212
10.4	Trends im Säure/Base-Verhalten	214
	Säurestärke und Moleküleigenschaften	215
	Hydratisierte Metallkationen als Brønsted-Säuren	217
	Säure/Base-Reaktionen von Oxiden	218
	<i>Exkurs:</i> Nichtwässrige Lösemittel	219
10.5	Säuren und Basen nach Lewis	220
	<i>Exkurs:</i> Supersäuren	221
10.6	Harte und weiche Säuren und Basen nach Pearson	222
	Anwendung des HSAB-Konzepts	223
11	Oxidation und Reduktion	231
11.1	Regeln zur Bestimmung von Oxidationszahlen	232
	Oxidationszahl und Formalladung	235
	Oxidationszahlen und Periodensystem	235
11.2	Redox-Gleichungen	236
11.3	Spannungsreihe und Standard-Elektrodenpotential	238
11.4	Die Nernstsche Gleichung	241
	<i>Exkurs:</i> Vom Experiment zum Standardpotential	243
	<i>Exkurs:</i> Konzentrationsketten	244
11.5	Redox-Reaktionen in der analytischen Chemie	245
11.6	Elektrodenpotential und Energieumsatz bei Redox-Reaktionen	246
11.7	Oxidationszustands-/Frost-Diagramme	248
11.8	Elektrolyse	250
11.9	Galvanische Spannungsquellen	253
11.10	Korrosion und Korrosionsschutz	256
12	Komplexreaktionen	261
12.1	Grundbegriffe der Komplexchemie	263
12.2	Nomenklatur der Komplexverbindungen	266
12.3	Isomerie bei Komplexverbindungen	267
	Strukturisomerie	268
12.4	Beschreibung von Ligandenaustauschreaktionen durch Stabilitätskonstanten	269
	Stabilitätskonstanten	270
12.5	Chelatkomplexe	272
	Der Chelateffekt	274
	<i>Exkurs:</i> Grundlagen der Photometrie	275

12.6	Komplexe und Komplexometrie	277
	Bestimmung der Wasserhärte	280
12.7	Biologische Aspekte	281
13	Geschwindigkeit chemischer Reaktionen	287
13.1	Grundbegriffe	289
13.2	Geschwindigkeitsgesetze und Reaktionsordnung	291
	<i>Exkurs:</i> Methode der Anfangsgeschwindigkeit	295
13.3	Warum steigt die Reaktionsgeschwindigkeit mit der Temperatur?	296
	<i>Exkurs:</i> Übergangszustand und Aktivierungsenergie	299
	<i>Exkurs:</i> Explosion und Detonation	301
13.4	Katalyse	302
14	Wasserstoff	307
14.1	Isotope des Wasserstoffs	308
	<i>Exkurs:</i> Isotope in der Chemie	309
	<i>Exkurs:</i> NMR-Spektroskopie	310
14.2	Eigenschaften des Wasserstoffs	312
	Herstellung von Wasserstoff	313
	<i>Exkurs:</i> Wasserstoff als Treibstoff	314
14.3	Hydride	315
	Ionische Hydride	316
	Kovalente Hydride	316
	<i>Exkurs:</i> Wasserstoffbrückenbindung und MO-Modell	318
	Metallische Hydride des d-Blocks	319
14.4	Wasser und Wasserstoffbrückenbindungen	320
	Biologische Aspekte der Wasserstoffbrückenbindung	322
14.5	Die wichtigsten Reaktionen im Überblick	323
15	Die Elemente der Gruppe 1: Die Alkalimetalle	325
15.1	Die Eigenschaften der Elemente	326
15.2	Eigenschaften der Alkalimetallverbindungen	327
	Flammenfärbungen	328
	<i>Exkurs:</i> Komplexbildung mit Kronenethern	329
	<i>Exkurs:</i> Die Reaktion der Alkalimetalle mit Ammoniak	330
15.3	Löslichkeitstrends bei Salzen der Alkalimetalle	330
15.4	Lithium und seine Verbindungen	334
	<i>Exkurs:</i> Lithium-Ionen-Batterien	335
15.5	Natrium: Gewinnung und Verwendung des Metalls	336
15.6	Verbindungen mit Sauerstoff	337
15.7	Hydroxide	339
	Herstellung von Natriumhydroxid	339
	Verwendung von Natriumhydroxid	342
15.8	Gewinnung von Natriumchlorid und Kaliumchlorid	343
15.9	Natriumcarbonat	344
	Herstellung von Natriumcarbonat	345
	Verwendung von Natriumcarbonat	345
	Natriumhydrogencarbonat	346

15.10	Ähnlichkeiten zwischen Lithium und den Erdalkalimetallen	346
15.11	Biologische Aspekte	347
	<i>Exkurs:</i> Lithiumsalze in der Medizin	348
15.12	Die wichtigsten Reaktionen im Überblick	348
16	Die Elemente der Gruppe 2: Die Erdalkalimetalle	351
	Gruppentrends	352
16.1	Eigenschaften der Erdalkalimetallverbindungen	353
	Löslichkeit der Erdalkalimetallsalze	354
16.2	Beryllium	355
16.3	Magnesium	356
16.4	Calcium, Strontium und Barium	358
16.5	Oxide	358
16.6	Hydroxide	359
16.7	Calciumcarbonat	360
	<i>Exkurs:</i> Tropfsteinhöhlen	361
	<i>Exkurs:</i> Wasserhärte	361
	<i>Exkurs:</i> Wie bildet sich Dolomit?	362
16.8	Zement	363
16.9	Erdalkalimetallsalze in Alltag und Technik	363
	Magnesiumsulfat und Calciumsulfat	363
	Calciumchlorid	364
	Calciumcarbid	364
	Strontium- und Bariumverbindungen in der Technik	365
16.10	Ähnlichkeiten zwischen Beryllium und Aluminium	366
16.11	Biologische Aspekte	366
16.12	Die wichtigsten Reaktionen im Überblick	367
17	Die Elemente der Gruppe 13	371
	Gruppeneigenschaften	372
	Cluster-Verbindungen	373
17.1	Bor und seine Verbindungen mit Sauerstoff	373
17.2	Borane	375
	<i>Exkurs:</i> Struktur und Bindung in Bor/Wasserstoff-Verbindungen	376
	Natriumtetrahydroborat: NaBH_4	379
	<i>Exkurs:</i> Anorganische Fasern	380
17.3	Borhalogenide	380
17.4	Isoelektronische Bor/Stickstoff- und Kohlenstoffverbindungen	381
	<i>Exkurs:</i> Das CVD-Verfahren und die Bildung von Hartstoffen	382
17.5	Aluminium und seine Eigenschaften	384
	Chemische Eigenschaften des Aluminiums	385
17.6	Herstellung von Aluminium	386
17.7	Aluminiumhalogenide	388
	<i>Exkurs:</i> Alaune	389
	<i>Exkurs:</i> Spinelle	389
17.8	Gallium und Indium	390
17.9	Thallium und der Inert-Pair-Effekt	390
17.10	Ähnlichkeiten zwischen Bor und Silicium	392

17.11	Biologische Aspekte	393
17.12	Die wichtigsten Reaktionen im Überblick	394
18	Die Elemente der Gruppe 14: Die Kohlenstoffgruppe	397
	Gruppeneigenschaften	398
18.1	Kohlenstoff und seine Modifikationen	399
	Diamant	399
	Graphit	400
	Fullerene	402
	<i>Exkurs:</i> Die Entdeckung der Fullerene	403
	Kohlenstoffprodukte in Alltag und Technik	404
18.2	Isotope des Kohlenstoffs	405
	<i>Exkurs:</i> Warum gibt es so viele Kohlenstoffverbindungen?	406
18.3	Carbide	406
	Ionische Carbide	406
	Kovalente Carbide	407
	Metallische Carbide	407
18.4	Kohlenstoffmonoxid	408
18.5	Kohlenstoffdioxid	409
	<i>Exkurs:</i> Kohlenstoffdioxid, ein überkritisches Lösemittel	411
	<i>Exkurs:</i> Kohlenstoffdioxid, das Killergas	412
18.6	Hydrogencarbonate und Carbonate	412
	Hydrogencarbonate	412
	Carbonate	413
18.7	Der Treibhauseffekt	413
18.8	Kohlenstoffdisulfid und Kohlenstoffoxidsulfid	416
18.9	Die Halogenide des Kohlenstoffs	416
18.10	Chlorfluorkohlenwasserstoffe (CFKs) und verwandte Verbindungen	418
18.11	Methan	419
18.12	Cyanide	420
18.13	Silicium – das Element der Halbleitertechnik	420
	<i>Exkurs:</i> Metallsilicide	422
18.14	Molekülverbindungen des Siliciums	423
18.15	Siliciumdioxid	424
	Kieselgel	425
	Aerosile	425
	<i>Exkurs:</i> Silicium/Schwefel-Verbindungen	426
18.16	Silicate und Alumosilicate	427
	<i>Exkurs:</i> Vom Wasserglas zum Kieselgel	427
	Zeolithe	430
18.17	Gläser	432
18.18	Keramische Werkstoffe	434
18.19	Silicone	435
18.20	Germanium, Zinn und Blei	436
	<i>Exkurs:</i> Lichtwellenleiter – Informationsübertragung mit Licht	437
	Oxidationsstufen im Überblick	439
	Zinn- und Bleioxide	441
	Zinn- und Bleichloride	441
	Tetraethylblei	442

18.21	Biologische Aspekte	443
	Der Kohlenstoffkreislauf	443
	Silicium – ein essentielles Element	444
	Toxische Zinnverbindungen	444
	Gesundheitsgefahren durch Bleiverbindungen	444
18.22	Die wichtigsten Reaktionen im Überblick	445
19	Die Elemente der Gruppe 15	449
19.1	Gruppeneigenschaften	450
	Die Sonderstellung des Stickstoffs	451
	Die chemische Bindung – Stickstoff und Phosphor im Vergleich	452
	<i>Exkurs:</i> Raketentreibstoffe und Sprengstoffe	453
19.2	Elementarer Stickstoff und seine Reaktionen	453
	<i>Exkurs:</i> Autoabgaskatalysatoren	455
19.3	Überblick über die Chemie des Stickstoffs	456
19.4	Ammoniak und Ammoniumsalze	457
	Stickstoffdünger und die großtechnische Ammoniaksynthese	459
	<i>Exkurs:</i> Fritz Haber – Nobelpreis für den Griff in die Luft	461
19.5	Weitere Wasserstoffverbindungen des Stickstoffs	462
	Hydrazin	462
	Stickstoffwasserstoffsäure	463
	Hydroxylamin	464
19.6	Stickstoffoxide	464
	Distickstoffoxid	464
	Stickstoffmonoxid	465
	Distickstofftrioxid	466
	Stickstoffdioxid und Distickstofftetraoxid	467
	Stickstoff(V)-oxid	468
	<i>Exkurs:</i> Photochemie der Luftschadstoffe	469
19.7	Oxosäuren des Stickstoffs und ihre Salze	470
	Salpetrige Säure und Nitrite	470
	Salpetersäure und Nitrate	471
	Ostwald-Verfahren	472
	Nitrate	473
19.8	Stickstoff/Halogen-Verbindungen	475
19.9	Elementarer Phosphor und seine Modifikationen	477
	Industrielle Phosphorgewinnung	478
19.10	Oxosäuren des Phosphors und ihre Salze	480
	Phosphorsäure und ihre Salze	480
	Phosphate	481
	Kondensierte Phosphorsäuren und ihre Salze	482
19.11	Phosphoroxide und Phosphorsulfide	484
	Phosphoroxide	485
	Phosphorsulfide	486
19.12	Phosphor/Halogen-Verbindungen	486
	Phosphor(III)-halogenide	486
	Phosphor(V)-halogenide	487
	Phosphor(V)-oxidchlorid und Phosphor(V)-sulfidchlorid	489
	<i>Exkurs:</i> Phosphorverbindungen im Pflanzenschutz	489
19.13	Phosphor/Wasserstoff-Verbindungen (Phosphane) und Metallphosphide	490

	Phosphan	490
	Höhere Phosphane	491
	Metallphosphide	492
19.14	Phosphor/Stickstoff-Verbindungen	493
19.15	Arsen, Antimon und Bismut	494
	Sauerstoff- und Schwefelverbindungen	495
	Halogenverbindungen	496
	<i>Exkurs:</i> Arsen(V)-chlorid – eine lange gesuchte Verbindung	497
19.16	Biologische Aspekte	497
	Stickstoff	497
	<i>Exkurs:</i> Die erste Verbindung des molekularen Stickstoffs – Stickstofffixierung	499
	Phosphor	500
	Arsen	501
	<i>Exkurs:</i> Paul Ehrlich und das Salvarsan	502
19.17	Die wichtigsten Reaktionen im Überblick	502
20	Die Elemente der Gruppe 16: Die Chalkogene	507
	Gruppeneigenschaften	508
	Die Anomalie des Sauerstoffs	509
	<i>Exkurs:</i> Sauerstoff-Isotope in der Geochemie	509
	Polykationen von Schwefel, Selen und Tellur	510
20.1	Sauerstoff	511
	Sauerstoff (O ₂)	511
	Ozon (O ₃)	514
	<i>Exkurs:</i> Die Ozonschicht in der Stratosphäre	515
20.2	Bindungsverhältnisse in Sauerstoffverbindungen	517
20.3	Wasser	519
20.4	Wasserstoffperoxid (H₂O₂)	520
20.5	Schwefel	521
	Modifikationen des Schwefels	522
	Industrielle Gewinnung von Schwefel	524
20.6	Schwefelwasserstoff und Sulfide	526
	<i>Exkurs:</i> Sulfidfällungen im Trennungsgang der qualitativen Analyse	528
	<i>Exkurs:</i> Das Haar und die Disulfid-Bindungen	528
20.7	Oxide des Schwefels	528
	Schwefeldioxid, Schweflige Säure und ihre Salze	529
	Schwefeltrioxid	531
	Schwefelsuboxide	531
20.8	Schwefelsäure (H₂SO₄)	532
	Industrielle Herstellung von Schwefelsäure	534
	Sulfate und Hydrogensulfate	536
	Thiosulfate	537
	Peroxodisulfate	538
	Oxosäuren des Schwefels im Überblick	538
20.9	Schwefelhalogenide und Schwefel/Stickstoff-Verbindungen	539
	Schwefelfluoride	540
	Schwefelchloride und -bromide	542
	Thionyl- und Sulfurylhalogenide	543
	Schwefel/Stickstoff-Verbindungen	543

20.10	Selen und Tellur	544
	Oxide und Oxosäuren	545
	Halogenide	545
20.11	Biologische Aspekte	546
	Sauerstoff	546
	Schwefel	546
	Selen	546
20.12	Die wichtigsten Reaktionen im Überblick	547
21	Die Elemente der Gruppe 17: Die Halogene	551
21.1	Gruppeneigenschaften	552
21.2	Gewinnung und Verwendung der Halogene	556
	<i>Exkurs:</i> Fluor – Element der extremen Möglichkeiten	559
21.3	Halogenwasserstoffe und Halogenide	560
	Ionische Halogenide	562
	Kovalente Halogenide	564
21.4	Sauerstoffsäuren der Halogene und ihre Salze	565
	Sauerstoffsäuren des Chlors	565
	Sauerstoffsäuren des Broms	567
	Sauerstoffsäuren des Iods	567
	<i>Exkurs:</i> Die Entdeckung des Perbromat-Ions	568
21.5	Halogenoxide	569
21.6	Interhalogenverbindungen, Polyhalogenid-Ionen und Halogen-Kationen	571
	Interhalogenverbindungen	571
	Polyhalogenid-Ionen	572
	Halogen-Kationen	573
	Pseudohalogenide und Pseudohalogene	574
21.7	Biologische Aspekte	574
21.8	Die wichtigsten Reaktionen im Überblick	575
22	Die Elemente der Gruppe 18: Die Edelgase	579
22.1	Gewinnung und Verwendung der Edelgase	581
22.2	Edelgasverbindungen	582
	<i>Exkurs:</i> Eine kurze Geschichte der Edelgasverbindungen	582
	Xenonfluoride	583
	Xenonoxide	584
	Wie lassen sich Xe/O-, Xe/N- und Xe/C-Bindungen knüpfen?	584
	<i>Exkurs:</i> Elektrophile Kationen und nukleophile Anionen	585
22.3	Biologische Aspekte	586
22.4	Die wichtigsten Reaktionen des Xenons im Überblick	586
23	Einführung in die Chemie der Übergangsmetalle	589
23.1	Bindungskonzepte für Übergangsmetallverbindungen im Überblick	591
	Die 18-Elektronen-Regel	592
	Die Valenzbindungstheorie	593
23.2	Die Ligandenfeldtheorie – Grundlagen	594
	Oktaedrische Komplexe	595

	Tetraedrische Komplexe	598
	Quadratisch-planare Komplexe	599
	Der Jahn-Teller-Effekt	599
23.3	Die Ligandenfeldtheorie – Anwendungen	601
	Magnetische Eigenschaften und ihre Deutung	601
	<i>Exkurs:</i> Magnetische Eigenschaften von Festkörpern	604
	Ligandenfeldeffekte bei Spinellen	605
	Hydratationsenthalpien	606
	Farben und Absorptionsspektren der Übergangsmetallkomplexe	606
23.4	Anwendung der Molekülorbitaltheorie auf Übergangsmetallkomplexe	609
	Carbonylkomplexe	612
23.5	Einführung in die Chemie metallorganischer Verbindungen	614
	Metallorganische Verbindungen der Hauptgruppenelemente	615
	Metallorganische Verbindungen der Übergangsmetalle	616
	Metallorganische Verbindungen als Katalysatoren	617
23.6	Thermodynamik und Kinetik bei Koordinationsverbindungen	618
23.7	Das HSAB-Konzept in der Chemie der Übergangsmetalle	619
23.8	Biologische Aspekte	621
24	Die Nebengruppenelemente	623
24.1	Ein Überblick über die d-Block-Elemente	624
	Gruppeneigenschaften	625
	Relative Stabilität der Oxidationsstufen der 3d-Metalle	626
	<i>Exkurs:</i> Nichtstöchiometrische Verbindungen	627
24.2	Gewinnung der Metalle	628
	Eisen – vom Eisenerz zum Stahl	628
	<i>Exkurs:</i> Das Boudouard-Gleichgewicht	630
	Zink	633
	Kupfer – vom Erz zum Elektrolytkupfer	634
	Gold – die Cyanidlaugerei	635
	Titan – das Kroll-Verfahren	635
	<i>Exkurs:</i> Chemische Transportreaktionen	636
	Das aluminothermische Verfahren	637
24.3	Die Elemente der Gruppe 4: Titan, Zirkon und Hafnium	638
	Titan	638
	<i>Exkurs:</i> Piezoelektrische und ferroelektrische Stoffe	640
	Zirkon und Hafnium	642
24.4	Die Elemente der Gruppe 5: Vanadium, Niob und Tantal	643
	Biologische Aspekte	645
24.5	Die Elemente der Gruppe 6: Chrom, Molybdän und Wolfram	645
	Chrom	646
	<i>Exkurs:</i> charge-transfer-Übergänge	649
	<i>Exkurs:</i> Chromate in der quantitativen Analyse	649
	<i>Exkurs:</i> Rubin – Edelstein und Lasermaterial	651
	Molybdän und Wolfram	653
	<i>Exkurs:</i> Von der ersten Glühlampe zur modernen Beleuchtung	655
	Biologische Aspekte	657
24.6	Die Elemente der Gruppe 7: Mangan, Technetium und Rhenium	658
	Oxidationsstufen von Mangan	658
	<i>Exkurs:</i> Bergbau am Meeresboden	662

24.7	Die Eisenmetalle: Eisen, Cobalt und Nickel	663
	Die Eisenmetalle im Überblick	663
	Eisen	664
	Cobalt	670
	Nickel	672
24.8	Die Platinmetalle	674
	Komplexverbindungen	675
	<i>Exkurs:</i> Heterogene Katalyse	677
	Biologische Aspekte	678
24.9	Die Elemente der Gruppe 11: Kupfer, Silber und Gold	678
	Die Elemente	678
	Oxidationsstufen	679
	Stereochemie	680
	Kupfer	681
	<i>Exkurs:</i> Supraleiter	684
	Silber	685
	<i>Exkurs:</i> Der fotografische Prozess	686
	Gold	687
	Biologische Aspekte	689
24.10	Die Elemente der Gruppe 12: Zink, Cadmium und Quecksilber	689
	Die Elemente	690
	Oxidationsstufen	691
	Zink- und Cadmiumverbindungen	691
	<i>Exkurs:</i> Konservierung von Büchern	692
	Quecksilber	694
	Biologische Aspekte	695
24.11	Die wichtigsten Reaktionen im Überblick	697
25	Lanthanoide, Actinoide und verwandte Elemente	703
25.1	Die Lanthanoide	705
25.2	Die Actinoide	710
	<i>Exkurs:</i> Ein natürlicher Kernreaktor	712
25.3	Die Transactinoide	713
26	Anhang A: Einige Grundbegriffe der Physik	715
26.1	Mechanik	716
	Mechanische Eigenschaften von Flüssigkeiten	719
26.2	Schwingungen	721
26.3	Wellen	723
26.4	Elektrizität	725
26.5	Optik	729
27	Anhang B: Mathematische Grundlagen	733
27.1	Rechnen mit Potenzen und Wurzeln	734
27.2	Logarithmen	735
27.3	Funktionen und ihre grafische Darstellung	738
27.4	Algebraische Gleichungen	744

28	Anhang C: Datensammlung	747
	Bindungsenthalpien von Einfachbindungen (in $\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ bei 298 K)	748
	Bindungsenthalpien einiger Mehrfachbindungen (in $\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ bei 298 K)	749
	Physikalische Eigenschaften anorganischer Stoffe	749
	Löslichkeit anorganischer Verbindungen in Wasser bei verschiedenen Temperaturen	767
	Ionisierungsenthalpien für die schrittweise Ionisierung der Atome bei 25 °C (in $\text{MJ} \cdot \text{mol}^{-1}$)	773
	Elektronenaffinitäten einiger Atome (Enthalpiewerte bei 25 °C in $\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$)	775
	Elektronenaffinitäten einiger einfach negativer Ionen (Enthalpiewerte bei 25 °C in $\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$)	775
	Ionenradien und Ladungsdichten ausgewählter Ionen	776
	Radien einiger mehratomiger Ionen	779
	Gitterenthalpien einiger Salze bei 25 °C (in $\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$)	779
	Hydratationsenthalpien einiger Ionen bei 25 °C	780
	Weiterführende Literatur	781
	Glossar	785
	Index	805