

Inhalt

Häufig gebrauchte Abkürzungen	XIX
Häufig gebrauchte Symbole	XXIII
1 Was ist Anorganische Chemie?	1
<i>Ralf Steudel</i>	
1.1 Die Anfänge der anorganischen Chemie	1
1.2 Ein Beispiel für moderne anorganische Chemie	2
1.3 Die chemische Struktur der Zeolithe	4
1.4 Chemische Reaktivität in Zeolithen	6
1.5 Schlussfolgerungen	9
2 Die Struktur der Atome	11
<i>Ralf Steudel</i>	
2.1 Spektroskopie	11
2.2 Die Wellengleichung	14
2.3 Das Teilchen im Kasten	15
2.4 Das Wasserstoffatom	18
2.4.1 Die radiale Wellenfunktion R	18
2.4.2 Der winkelabhängige Teil der Wellenfunktion	24
2.5 Die Symmetrie der Orbitale	27
2.5.1 Die Energie der Orbitale	29
2.6 Atome mit mehr als einem Elektron	31
2.6.1 Der Elektronenspin und das Pauli-Prinzip	32
2.6.2 Das Aufbauprinzip	34
2.6.3 Atomzustände, Termsymbole und erste Hundtsche Regel	36
2.6.4 Das Periodensystem der Elemente	37
2.6.5 Abschirmung der Kernladung	39
2.6.6 Die Größe der Atome	43
2.6.7 Die Ionisierungsenergie	44
2.6.8 Die stufenweise Ionisierung von Atomen	48
2.6.9 Die Elektronenaffinität	50
Aufgaben	53
3 Symmetrie und Gruppentheorie	57
<i>Ralf Steudel</i>	
3.1 Symmetrieelemente und Symmetrieeoperationen	57
3.1.1 Die Spiegelebene (σ)	59
3.1.2 Das Inversionszentrum (i)	59
3.1.3 Drehachsen (C_n)	60
3.1.4 Die Identität (E)	63
3.1.5 Die Drehspiegelung (S_n)	63
3.2 Punktgruppen und Molekülsymmetrie	65
3.2.1 Punktgruppen sehr hoher Symmetrie	65
3.2.2 Punktgruppen geringer Symmetrie	67
3.2.3 Punktgruppen mit einer n -zähligen Drehachse C_n	68
3.2.4 Diedergruppen	69
3.2.5 Ein Fließschema zur Ermittlung der Punktgruppensymmetrie	69

X	Inhalt	
3.3	Irreduzible Darstellungen und Charaktertafeln	72
3.4	Reduzible Darstellungen	76
3.5	Anwendungen der Punktgruppensymmetrie	77
3.5.1	Optische Aktivität	77
3.5.2	Dipolmomente	78
3.5.3	Infrarot- und Ramanspektroskopie	79
3.5.4	Kovalente Bindungen und Hybridorbitale	86
3.5.5	Kristallografie	90
3.5.6	Fehlordnung in Kristallen	97
	Aufgaben	102
4	Bindungsmodelle in der Anorganischen Chemie: Teil 1	109
	<i>Dirk Johrendt</i>	
4.1	Die Ionenbindung	109
4.1.1	Eigenschaften von Ionenverbindungen	109
4.1.2	Voraussetzungen für das Auftreten von Ionenbindungen	111
4.2	Größeneffekte	112
4.2.1	Ionenradien	112
4.2.2	Faktoren, die die Radien von Ionen beeinflussen	113
4.2.3	Radien mehratomiger Ionen	117
4.2.4	Dichteste Kugelpackungen	119
4.3	Strukturen von Ionenkristallen	122
4.3.1	Strukturtypen	123
4.3.2	Radienverhältnisse	127
4.4	Die Gitterenergie	132
4.4.1	Der Born-Haber-Kreisprozess	137
4.4.2	Berechnungen nach dem Born-Haber-Kreisprozess	138
4.5	Vorhersage der Stabilität ionischer Verbindungen durch thermochemische Berechnungen	144
4.6	Kovalenter Charakter vorwiegend ionischer Bindungen	147
4.6.1	Die Regeln von Fajans	147
4.6.2	Folgen der Polarisierung	149
4.7	Schlussfolgerung	153
	Aufgaben	153
5	Bindungsmodelle der Anorganischen Chemie, Teil 2	
	Die kovalente Bindung	159
	<i>Ralf Steudel</i>	
5.1	Lewis-Strukturen	159
5.2	Bindungstheorien	160
5.3	Die Valence-Bond-Theorie	161
5.3.1	Resonanz zwischen Grenzstrukturen	164
5.3.2	Formale Ladungen	167
5.3.3	Hybridisierung von Atomorbitalen	170
5.3.4	Hybridisierung und Überlappung	175
5.4	Die Molekülorbital-Theorie	175
5.4.1	Das Wasserstoff-Molekülon und das H ₂ -Molekül	175
5.4.2	Symmetrie und Überlappung	180
5.4.3	Die Symmetrie von Molekülorbitalen	181
5.4.4	Molekülorbitale in homonuklearen zweiatomigen Molekülen	181
5.4.5	Energieaufteilungsanalyse unpolarer Moleküle	192
5.4.6	Molekülorbitale von heteronuklearen zweiatomigen Molekülen	194
5.4.7	Molekülorbitale von dreiatomigen Molekülen und Ionen	198
5.4.8	Molekülorbitale von fünfatomigen Molekülen und Ionen	201

5.5	Elektronegativität	203
5.5.1	Die Elektronegativität nach Pauling	204
5.5.2	Elektronegativitäten nach Mulliken	205
5.5.3	Andere Methoden zur Ermittlung von Elektronegativitäten	213
5.5.4	Neuere Entwicklungen in der Theorie der Elektronegativität	214
5.5.5	Veränderlichkeit der Elektronegativität	216
5.5.6	Wahl des Elektronegativitätssystems	217
5.5.7	Gruppenelektronegativitäten	218
5.5.8	Methoden zur Ermittlung von Ladungen: Elektronegativitätsausgleich in Molekülen	219
	Aufgaben	222
6	Struktur und Reaktivität von Molekülen	227
	<i>Ralf Steudel und Martin Kaupp</i>	
6.1	Das Modell der Abstoßung zwischen den Elektronenpaaren der Valenzschale (VSEPR-Modell)	227
6.1.1	Einfache Moleküle vom Typ AX_n	227
6.1.2	Strukturen von Molekülen mit nichtbindenden Elektronenpaaren	231
6.1.3	Strukturen von Molekülen mit verschiedenen Substituenten	236
6.1.4	Strukturen von Molekülen mit Mehrfachbindungen	237
6.1.5	Strukturen von Molekülen mit sieben oder acht Substituenten	239
6.1.6	Zusammenfassung der VSEPR-Regeln und Grenzen des Modells	242
6.1.7	Die Elektronen-Lokalisierungsfunktion (ELF)	244
6.2	Walsh-Diagramme und Molekülstruktur	246
6.3	Molekülstruktur und Hybridisierung	248
6.3.1	Hybridisierung und Molekülgeometrie	252
6.3.2	Beeinflussung der Molekülstruktur durch die Abstoßung der Substituenten (nichtbindende Wechselwirkungen)	254
6.3.3	Gebogene Bindungen	257
6.4	Kernabstände und Bindungsgrade	258
6.5	Experimentelle Bestimmung von Molekülstrukturen	260
6.5.1	Röntgen- und Neutronenbeugung	260
6.5.2	Methoden, die auf der Molekülsymmetrie beruhen	262
6.6	Einfache Reaktionen kovalent gebundener Moleküle	267
6.6.1	Molekülinversion	267
6.6.2	Berry-Pseudorotation	268
6.6.3	Nukleophile Substitution	272
6.6.4	Mechanismen mit freien Radikalen und Spinerhaltung	273
	Aufgaben	276
7	Der feste Zustand	281
	<i>Dirk Johrendt</i>	
7.1	Chemische Bindung im Festkörper	281
7.2	Der metallische Zustand	286
7.3	Molekül- und Ionenkristalle	290
7.4	Intrinsische Halbleiter	291
7.5	Dotierte Halbleiter	294
7.6	Supraleiter	296
7.7	Kristallfehler	303
7.8	Leitfähigkeit von Ionenkristallen	306
7.8.1	Leitfähigkeit durch Ionenwanderung	306
7.8.2	Feste Ionenleiter	307
	Aufgaben	311

8	Chemische Kräfte	313
	<i>Ralf Steudel</i>	
8.1	Kernabstände und Atomradien	313
8.1.1	van der Waals-Radien	313
8.1.2	Ionenradien	314
8.1.3	Kovalenzradien	316
8.2	Die verschiedenen Arten chemischer Kräfte	320
8.2.1	Die kovalente Bindung	320
8.2.2	Ionenpaare	324
8.2.3	Kräfte zwischen Ionen und Dipolen	325
8.2.4	Dipol-Dipol-Wechselwirkungen	327
8.2.5	Wechselwirkungen mit induzierten Dipolen	327
8.2.6	Wechselwirkungen zwischen momentan auftretenden und induzierten Dipolen	328
8.2.7	Abstoßungskräfte	329
8.2.8	Zusammenfassung	330
8.3	Die Wasserstoffbrückenbindung	330
8.3.1	Hydrate und Clathrate	337
8.4	Auswirkungen chemischer Kräfte	341
8.4.1	Schmelz- und Siedepunkte	341
8.4.2	Löslichkeit	345
	Aufgaben	352
9	Säure-Base-Chemie	357
	<i>Ralf Steudel</i>	
9.1	Säure-Base-Konzepte	357
9.1.1	Definition von Brønsted und Lowry	357
9.1.2	Definition von Lux und Flood	358
9.1.3	Die Definition von Lewis	360
9.1.4	Lösungsmittel als Säure-Base-Systeme	361
9.1.5	Ein verallgemeinertes Säure-Base-Konzept	363
9.2	Die Stärke von Protonensäuren und den korrespondierenden Basen	367
9.2.1	Gasphasen-Basizitäten: Protonenaffinitäten	367
9.2.2	Gasphasen-Aciditäten: Protonenabgabe	371
9.2.3	Brønsted-Supersäuren in Lösung	372
9.2.4	Brønsted-Superbasen in Lösung: Protonenschwämme	374
9.3	Lewis-Aciditäten und Lewis-Basizitäten	375
9.3.1	Gasphasen-Aciditäten: Elektronenaffinitäten	375
9.3.2	Lewis-Aciditäten: Fluoridionenaffinitäten	375
9.3.3	Gasphasen-Basizitäten: HOMO-Energien	376
9.3.4	Bindungstheorie für Lewis-Säure-Base-Wechselwirkungen	378
9.3.5	Sterische Einflüsse bei Lewis-Säure-Base-Wechselwirkungen	380
9.3.6	Lewis-Wechselwirkungen in unpolaren Lösungsmitteln	383
9.3.7	Empirische Systematik der Lewis-Säure-Base-Wechselwirkungen	385
9.3.8	Solvatationseffekte und Säure-Base-Anomalien	389
9.4	Harte und weiche Säuren und Basen	390
9.4.1	Klassifizierung von Säuren und Basen als „hart“ oder „weich“	391
9.4.2	Beziehung zwischen der Stärke von Säuren und Basen und ihrer Härte bzw. Weichheit	392
9.4.3	Theoretische Grundlagen für die Begriffe „hart“ und „weich“	396
9.4.4	Zusammenhang zwischen Elektronegativität und hartem bzw. weichem Verhalten	397
	Aufgaben	400
10	Chemie in wässrigen und nichtwässrigen Lösungen	405
	<i>Ralf Steudel</i>	
10.1	Wasser	406
10.2	Nichtwässrige Lösungsmittel	406

10.2.1	Flüssiges Ammoniak	406
10.2.2	Lösungen von Metallen in Ammoniak	409
10.2.3	Schwefelsäure	412
10.2.4	Zusammenfassender Überblick über Protonen-haltige Lösungsmittel	414
10.3	Protonen-freie (aprotische) Lösungsmittel	417
10.4	Salzschmelzen	421
10.4.1	Solvenseigenschaften	421
10.4.2	Salzschmelzen bei Raumtemperatur: ionische Flüssigkeiten	423
10.4.3	Reaktionsträgheit geschmolzener Salze	425
10.4.4	Lösungen von Metallen in Salzschmelzen	426
10.4.5	Komplexbildung	427
10.4.6	Feste saure und basische Katalysatoren	427
10.5	Elektrodenpotentiale und elektromotorische Kräfte	428
10.5.1	Elektrochemie in nichtwässrigen Lösungen	432
10.5.2	Hydrometallurgie	433
	Aufgaben	435
11	Koordinationschemie: Struktur und Bindung	439
	<i>Maik Finze und Udo Radius</i>	
11.1	Anfänge der Koordinationschemie	440
11.2	Die Koordinationseinheit	445
11.3	Nomenklatur von Komplexen	445
11.3.1	Komplexformeln	445
11.3.2	Komplexnamen	447
11.4	Die koordinative (dative) Bindung	448
11.5	Ligandklassen	450
11.6	Die Elektronenkonfiguration von Metallatomen in Komplexen	455
11.7	Oxidationsstufen-Formalismus bei Koordinationsverbindungen	457
11.8	Die Elektronenzahl am Zentralatom	462
11.9	Bindungstheorien der Koordinationschemie	464
11.10	Valenzbindungstheorie	465
11.11	Elektroneutralitätsprinzip und Rückbindung	467
11.12	Kristallfeldtheorie (CF-Theorie)	468
11.12.1	Kristallfeld-Effekte 1: Oktaedersymmetrie	470
11.12.2	Kristallfeld-Stabilisierungsenergie (CFSE)	473
11.12.3	Kristallfeld-Effekte 2: Tetraedersymmetrie	476
11.12.4	Tetragonale Symmetrie und planar-quadratische Komplexe	478
11.12.5	Orbitalaufspaltung in Feldern anderer Symmetrie	480
11.12.6	Faktoren, die die Größe der CFSE beeinflussen	481
11.12.7	Anwendungen der Kristallfeldtheorie	485
11.13	Molekülorbital-Theorie (MO-Theorie)	492
11.13.1	Oktaedrische Komplexe	493
11.13.2	Tetraedrische und quadratisch-planare Komplexe	499
11.13.3	π -Bindungen und MO-Theorie	502
11.13.4	Komplexe mit π -Donorliganden	504
11.13.5	Komplexe mit π -Akzeptorliganden	507
11.13.6	Die 18-Valenzelektronen-Regel	512
11.13.7	Experimentelle Beweise für π -Bindungen	514
11.14	Bindungsanalyse homoleptischer oktaedrischer Carbonylkomplexe	522
11.15	Der Jahn-Teller-Effekt	528
11.15.1	Analyse des Jahn-Teller-Effektes anhand von Orbitaldiagrammen	531
11.15.2	Der Pseudo-Jahn-Teller-Effekt	534
11.15.3	Dynamischer versus statischer Jahn-Teller-Effekt	534
11.15.4	Der Jahn-Teller-Effekt bei Chelat-Komplexen	536
	Aufgaben	539

12	Charakterisierung von Koordinationsverbindungen	543
	<i>Udo Radius und Maik Finze</i>	
12.1	Spektroskopische und analytische Verfahren	543
12.1.1	Ausgewählte spektroskopische Verfahren	543
12.1.2	Ausgewählte analytische Verfahren	553
12.2	Elektronenspektren von Koordinationsverbindungen	558
12.2.1	Termdiagramme von Mehrelektronensystemen	559
12.2.2	UV-Vis-Spektroskopie und Tanabe-Sugano-Diagramme	576
12.2.3	Tetragonale Abweichungen von der Oktaedersymmetrie	586
12.2.4	Charge-Transfer-Spektren	589
12.3	Molekularer Magnetismus	594
12.3.1	Die magnetische Suszeptibilität	594
12.3.2	Magnetische Eigenschaften mononuklearer Komplexe	601
12.3.3	Magnetische Eigenschaften polynuklearer Komplexe	611
	Aufgaben	621
13	Strukturen von Koordinationsverbindungen	625
	<i>Maik Finze und Udo Radius</i>	
13.1	Schwach koordinierende Anionen	629
13.2	Koordinationszahl 1	630
13.3	Koordinationszahl 2	630
13.4	Koordinationszahl 3	633
13.5	Koordinationszahl 4	636
13.5.1	Isomerie bei tetraedrischen Komplexen	640
13.5.2	Isomerie bei quadratisch-planaren Komplexen	642
13.6	Koordinationszahl 5	643
13.6.1	Bevorzugung bestimmter Positionen und Trends der Bindungsstärken in trigonal-bipyramidalen Komplexen	647
13.6.2	Bevorzugung bestimmter Positionen und Trends der Bindungsstärken in quadratisch-pyramidalen Komplexen	648
13.6.3	Isomerie fünffach koordinierter Komplexe	649
13.7	Koordinationszahl 6	651
13.7.1	Verzerrungen des idealen Oktaeders	651
13.7.2	Trigonales Prisma	652
13.7.3	Geometrische Isomerie bei oktaedrischen Komplexen	654
13.7.4	Optische Isomerie bei oktaedrischen Komplexen	655
13.7.5	Trennung optisch aktiver Komplexe (Racemat-Trennung)	657
13.7.6	Die absolute Konfiguration von Komplexen	657
13.7.7	Spektroskopische Methoden	660
13.7.8	Stereoselektivität und die Konformation von Chelatringen	663
13.7.9	Racemisierung und Isomerisierung von Chelat-Komplexen	665
13.8	Koordinationszahl 7	668
13.9	Koordinationszahl 8	671
13.10	Höhere Koordinationszahlen	675
13.11	Faktoren, die hohe oder niedrige Koordinationszahlen begünstigen	677
13.12	Isomerie	678
13.12.1	Bindungsisomerie	678
13.12.2	Ionisationsisomerie	682
13.12.3	Solvatationsisomerie	683
13.12.4	Koordinationsisomerie	683
13.12.5	Polymerisationsisomerie	683
13.12.6	Ligandenisomerie	683

14	Reaktionen von Koordinationsverbindungen: Kinetik und Mechanismen	685
	<i>Udo Radius und Maik Finze</i>	
14.1	Reaktionen von Koordinationsverbindungen	685
14.1.1	Grundtypen der Komplexreaktivität	685
14.1.2	Beschreibung chemischer Reaktionsabläufe	687
14.2	Ligandensubstitution an quadratisch-planaren Komplexen	693
14.2.1	Klassifizierung von Substitutionsmechanismen	693
14.2.2	Substitutionsreaktionen an quadratisch-planaren Komplexen	694
14.2.3	Der trans-Effekt	700
14.2.4	Mechanismus der nukleophilen Substitution bei quadratisch-planaren Komplexen	703
14.3	Ligandensubstitution an oktaedrischen Komplexen	707
14.3.1	Thermodynamische und kinetische Stabilität	707
14.3.2	Solvensaustausch bei oktaedrischen Komplexen	708
14.3.3	Mechanismen von Substitutionsreaktionen an oktaedrischen Komplexen	710
14.3.4	Ligandenfeldeffekte und Reaktionsgeschwindigkeiten	717
14.3.5	Einfluss von Säuren und Basen auf die Reaktionsgeschwindigkeit	719
14.3.6	Substitutionsreaktionen an metallorganischen Verbindungen	722
14.4	Reaktionen am koordinierenden Liganden	724
14.5	Mechanismen von Redoxreaktionen	725
14.5.1	Elektronenübertragung über die äußere Sphäre: der <i>outer-sphere</i> -Mechanismus	727
14.5.2	Elektronenübertragung in der inneren Sphäre: <i>inner-sphere</i> -Mechanismus	732
14.5.3	Gemischvalente Komplexe	735
14.6	Photochemie von Koordinationsverbindungen	738
14.6.1	Lichtabsorption und der intramolekulare Zerfall angeregter Zustände	738
14.6.2	Photochemische Substitutionsreaktionen	742
14.6.3	Photo-Redoxprozesse	747
	Aufgaben	752
15	Organometallverbindungen	757
	<i>Frank Breher</i>	
15.1	Die 18-Elektronen-Regel	758
15.1.1	Molekülorbital-Theorie und 18-Elektronen-Regel	758
15.1.2	Abzählung der Elektronen in Komplexen	760
15.2	Metallcarbonyle und verwandte Verbindungen	764
15.2.1	Metallcarbonyle	764
15.2.2	Carbonyl-Kationen	772
15.2.3	Carbonylat-Anionen	775
15.2.4	Parallelen zur Nichtmetallchemie: Isolobale Fragmente	778
15.2.5	Carbonylhydrido- und Diwasserstoffkomplexe	781
15.3	Mit CO vergleichbare Liganden	786
15.3.1	Nitrosylkomplexe	787
15.3.2	Distickstoffkomplexe	791
15.3.3	Phosphane als Liganden	797
15.4	Metall-Kohlenstoff-Einfach- und -Mehrfachbindungs-systeme	802
15.4.1	Metall-Kohlenstoff- σ -Bindungen: Alkyl- und Arylkomplexe	802
15.4.2	Metall-Kohlenstoff-Doppel- und -Dreifachbindungen: Carben- und Carbinkomplexe	813
15.4.3	N-Heterocyclische Carbene	822
15.5	Nichtaromatische Alken- und Alkinkomplexe	825
15.5.1	Alkenkomplexe	825
15.5.2	Alkinkomplexe	831
15.5.3	Allylkomplexe	834
15.6	Komplexe mit cyclischen π -Liganden	837
15.6.1	Cyclopentadienylkomplexe	837
15.6.2	Andere π -Liganden	857

15.7	Reaktionen von Organometallverbindungen	862
15.7.1	Substitutionsreaktionen	862
15.7.2	Oxidative Addition und Reduktive Eliminierung	870
15.7.3	Einschiebungs- und Eliminierungsreaktionen	884
15.7.4	Nukleophiler und elektrophiler Angriff auf Liganden	889
15.8	Metallorganische Verbindungen als Katalysatoren	895
15.8.1	Hydrierung von Alkenen	896
15.8.2	Die Hydroformylierung	901
15.8.3	Das Monsanto-Essigsäureverfahren	904
15.8.4	Das Wacker-Verfahren	905
15.8.5	Hydrocyanierung	909
15.8.6	Hydrosilylierung	913
15.8.7	Kupplungsreaktionen	917
15.8.8	Olefinmetathese	921
15.8.9	Olefinpolymerisationen	925
15.8.10	Immobilisierte homogene Katalysatoren	930
15.9	Schlussbemerkungen	935
	Aufgaben	935
16	Anorganische Ketten, Ringe, Käfige und Cluster	941
	<i>Dirk Johrendt, Hans-Joachim Lunk und Ralf Steudel</i>	
16.1	Ketten	941
16.1.1	Homoatomare Ketten	941
16.1.2	Heteroatomare Ketten	946
16.1.3	Silicat-Mineralien	947
16.1.4	Nitridosilicate	956
16.1.5	Einlagerungsverbindungen und Graphen	958
16.1.6	Eindimensionale elektrische Leiter	964
16.2	Polyoxo-Ionen von Metallen	967
16.2.1	Isopolyoxometallate	967
16.2.2	Heteropolyoxometallate	973
16.2.3	Polyoxokationen	981
16.2.4	Neuere Entwicklungen	983
16.3	Ringmoleküle der Nichtmetalle	984
16.3.1	Homocyclische Verbindungen	984
16.3.2	Borazine	992
16.3.3	Phosphazene	996
16.3.4	Phosphazen-Polymere	998
16.3.5	Andere anorganische Heterocyclen	1000
16.4	Fullerene und Kohlenstoff-Nanoröhren (CNTs)	1004
16.4.1	Fullerene	1004
16.4.2	Endohedrale Fullerenkomplexe	1006
16.4.3	Kohlenstoff-Nanoröhren	1007
16.5	Käfig-Verbindungen von Phosphor, Arsen, Silicium und Germanium	1008
16.6	Bor-Verbindungen mit Käfigstruktur	1015
16.6.1	Borane	1015
16.6.2	Carborane	1027
16.6.3	Metallacarborane	1028
16.6.4	Strukturvorhersagen bei Heteroboranen und metallorganischen Clustern	1030
16.7	Metallatomcluster	1036
16.7.1	Zweikernige Verbindungen	1037
16.7.2	Dreikernige Cluster	1043
16.7.3	Vierkernige Cluster	1044
16.7.4	Sechskernige Cluster	1045
16.7.5	Chevrel-Phasen	1046
16.7.6	Kondensierte Metallcluster	1047
16.7.7	Elementcluster und Zintl-Anionen	1049
	Aufgaben	1052

17 Die Chemie der Halogene und der Edelgase	1057
<i>Ralf Steudel</i>	
17.1 Halogene und Halogenide	1058
17.1.1 Physikalische Eigenschaften der Halogenatome	1058
17.1.2 Die Elemente	1058
17.1.3 Die Sonderstellung von Fluor	1060
17.1.4 Polyhalogenid-Ionen	1062
17.2 Halogene in positiven Oxidationsstufen	1066
17.2.1 Homoatomare Halogen-Kationen	1066
17.2.2 Interhalogenverbindungen	1067
17.3 Sauerstoffverbindungen der Halogene	1069
17.3.1 Fluor-Sauerstoff-Verbindungen	1069
17.3.2 Oxosäuren von Chlor, Brom und Iod	1072
17.3.3 Halogenoxide und -oxidfluoride	1073
17.4 Astat	1075
17.5 Elektrochemie der Halogene	1075
17.6 Pseudohalogene	1077
17.7 Die Chemie der Edelgase	1078
17.7.1 Entdeckung der Edelgase	1078
17.7.2 Erste Kenntnisse von einer Chemie der Edelgase	1079
17.7.3 Entdeckung isolierbarer Edelgas-Verbindungen	1081
17.7.4 Fluoride der Edelgase	1082
17.7.5 Bindungsverhältnisse in Edelgasfluoriden	1084
17.7.6 Strukturen isoelektronischer Halogenide mit 14 Valenzelektronen	1086
17.7.7 Weitere Verbindungen von Xenon	1087
17.7.8 Die Chemie von Krypton	1091
17.7.9 Die Chemie von Radon	1092
Aufgaben	1092
18 Periodizität und fortgeschrittene Aspekte der chemischen Bindung	1095
<i>Martin Kaupp</i>	
18.1 Grundsätzliche Tendenzen	1095
18.2 Anomalien aufgrund fehlender radialer Knoten	1096
18.2.1 Die $1s$ -Schale als Valenzschale: Besonderheiten von H und He	1096
18.2.2 Die $2p$ -Schale als Valenzschale: Besonderheiten der zweiten Periode	1097
18.2.3 Die $3d$ -Schale: Besonderheiten der ersten Übergangsmetallreihe	1122
18.2.4 Die $4f$ -Schale: Besonderheiten der Lanthanoide	1125
18.3 Anomalien aufgrund unvollständiger Abschirmung der Kernladung durch vorhergehende Schalen	1126
18.3.1 Ist Lithium oder Natrium elektronegativer?	1126
18.3.2 Konsequenzen der Scandid-Kontraktion	1127
18.3.3 Konsequenzen der Lanthanoid- und der Actinoid-Kontraktion	1129
18.4 Anomalien aufgrund relativistischer Effekte	1130
18.4.1 Einführung in die relativistischen Effekte	1130
18.4.2 Auswirkungen relativistischer Effekte auf periodische Trends	1134
18.4.3 Metallophile Wechselwirkungen	1141
18.5 Valenzorbitale und Hybridisierung der d -Elemente	1142
18.5.1 Die Rolle der äußeren p -Orbitale bei den Übergangsmetallen	1142
18.5.2 „Nicht-VSEPR-Strukturen“ von d^0 - d^2 -Systemen	1144
18.6 Abschließende Bemerkungen	1146
Aufgaben	1147
19 Bioanorganische Chemie	1151
<i>Ulrich Schatzschneider</i>	
19.1 Einführung	1151
19.2 Relative Häufigkeit und Bioverfügbarkeit der Elemente	1152

19.3	Biologische Funktion der Elemente	1154
19.4	Biomoleküle als Liganden	1155
19.5	Strukturgebende Funktion von anorganischen Verbindungen in der Natur	1160
19.6	Informationsübertragung	1161
19.7	Bioanorganische Chemie von Zink	1162
19.8	Bioanorganische Chemie von Kupfer	1171
19.9	Bioanorganische Chemie von Eisen	1176
	19.9.1 Häm-Proteine	1178
	19.9.2 Eisen-Schwefel-Proteine	1181
	19.9.3 Andere Nicht-Häm-Proteine	1182
19.10	Bioanorganische Chemie von Cobalt	1191
19.11	Bioanorganische Chemie von Nickel	1194
19.12	Bioanorganische Chemie von Molybdän und Wolfram	1204
19.13	Bindung und Transport von Disauerstoff	1207
	19.13.1 Bindung von Disauerstoff an Myoglobin	1207
	19.13.2 Struktur und Funktion von Hämoglobin (Hb)	1209
	19.13.3 Physiologie von Myoglobin und Hämoglobin	1211
	19.13.4 Andere biologische Disauerstoff-Überträger	1212
19.14	Photosynthese	1214
19.15	Stickstoff-Fixierung	1219
19.16	Medizinische anorganische Chemie	1224
	19.16.1 Einführung	1224
	19.16.2 Therapeutische Anwendungen von Metallkomplexen	1226
	19.16.3 Diagnostische Anwendungen von Metallkomplexen	1229
Anhang A Tabelle der Elemente		1235
Anhang B Einheiten und Umrechnungsfaktoren		1239
Anhang C Atomare Energiezustände und Termsymbole		1243
Anhang D Charaktertafeln		1251
Anhang E Standard-Reduktionspotentiale		1261
Anhang F Tanabe-Sugano-Diagramme		1263
Anhang G IUPAC-Empfehlungen zur Nomenklatur in der anorganischen Chemie		1267
Curricula Vitae		1293
Index		1295