

Inhalt

Häufig gebrauchte Abkürzungen	XXI
Häufig gebrauchte Symbole	XXV
 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 Hund'sche Regel	36
2.6.4 Das Periodensystem der Elemente	37
2.6.5 Abschirmung der Kernladung	39
2.6.6 Die Größe der Atome	42
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 Symmetrioperationen	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

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	86
3.5.5	Kristallographie	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	168
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-Molekülion 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	190
5.4.6	Molekülorbitale von heteronuklearen zweiatomigen Molekülen	193
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	203
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	217
5.5.8	Methoden zur Ermittlung von Ladungen: Elektronegativitätsausgleich in Molekülen	219
	Aufgaben	222
6	Struktur und Reaktivität von Molekülen	227
	<i>Ralf Steudel</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	243
6.1.7	Die Elektronen-Lokalisierungsfunktion (ELF)	244
6.2	Molekülorbitale und Molekülstruktur	246
6.3	Molekülstruktur und Hybridisierung	248
6.3.1	Hybridisierung und Hybridisierungsenergie	252
6.3.2	Beeinflussung der Molekülstruktur durch die Abstoßung der Substituenten (nichtbindende Wechselwirkungen)	255
6.3.3	Gebogene Bindungen	257
6.4	Kernabstände und Bindungsgrade	259
6.5	Experimentelle Bestimmung von Molekülstrukturen	261
6.5.1	Röntgen- und Neutronenbeugung	261
6.5.2	Methoden, die auf der Molekülsymmetrie beruhen	263
6.6	Einfache Reaktionen kovalent gebundener Moleküle	268
6.6.1	Molekülinversion	268
6.6.2	Berry-Pseudorotation	269
6.6.3	Nukleophile Substitution	273
6.6.4	Mechanismen mit freien Radikalen und Spinerhaltung	274
	Aufgaben	277
7	Der feste Zustand	283
	<i>Dirk Johrendt</i>	
7.1	Chemische Bindung im Festkörper	283
7.2	Der metallische Zustand	288
7.3	Molekül- und Ionenkristalle	292
7.4	Intrinsische Halbleiter	293
7.5	Dotierte Halbleiter	296
7.6	Supraleiter	298
7.7	Kristallfehler	305
7.8	Leitfähigkeit von Ionenkristallen	308
7.8.1	Leitfähigkeit durch Ionenwanderung	308
7.8.2	Feste Ionenleiter	309
	Aufgaben	313

8 Chemische Kräfte	315
<i>Ralf Steudel</i>	
8.1 Kernabstände und Atomradien	315
8.1.1 van der Waals-Radien	315
8.1.2 Ionenradien	316
8.1.3 Kovalenzradien	318
8.2 Die verschiedenen Arten chemischer Kräfte	322
8.2.1 Die kovalente Bindung	322
8.2.2 Die Ionenbindung	326
8.2.3 Kräfte zwischen Ionen und Dipolen	327
8.2.4 Dipol-Dipol-Wechselwirkungen	329
8.2.5 Wechselwirkungen mit induzierten Dipolen	329
8.2.6 Wechselwirkungen zwischen momentan auftretenden und induzierten Dipolen	330
8.2.7 Abstoßungskräfte	331
8.2.8 Zusammenfassung	332
8.3 Die Wasserstoffbrückenbindung	332
8.3.1 Hydrate und Clathrate	339
8.4 Auswirkungen chemischer Kräfte	343
8.4.1 Schmelz- und Siedepunkte	343
8.4.2 Löslichkeit	347
Aufgaben	354
9 Säure-Base-Chemie	359
<i>Ralf Steudel</i>	
9.1 Säure-Base-Konzepte	359
9.1.1 Definition von Brønsted und Lowry	359
9.1.2 Definition von Lux und Flood	360
9.1.3 Definition von Lewis	362
9.1.4 Lösungsmittel als Säure-Base-Systeme	363
9.1.5 Ein verallgemeinertes Säure-Base-Konzept	365
9.2 Die Stärke von Protonensäuren und den korrespondierenden Basen	369
9.2.1 Gasphasen-Basizitäten: Protonenaffinitäten	369
9.2.2 Gasphasen-Aciditäten: Protonenabgabe	373
9.2.3 Brønsted-Supersäuren in Lösung	374
9.2.4 Brønsted-Superbasen in Lösung: Protonenschwämme	376
9.3 Lewis-Aciditäten und Lewis-Basizitäten	377
9.3.1 Gasphasen-Aciditäten: Elektronenaffinitäten	377
9.3.2 Lewis-Aciditäten: Fluoridionenaffinitäten	377
9.3.3 Gasphasen-Basizitäten: HOMO-Energien	378
9.3.4 Bindungstheorie für Lewis-Säure-Base-Wechselwirkungen	380
9.3.5 Sterische Einflüsse bei Lewis-Säure-Base-Wechselwirkungen	382
9.3.6 Lewis-Wechselwirkungen in unpolaren Lösungsmitteln	385
9.3.7 Empirische Systematik der Lewis-Säure-Base-Wechselwirkungen	387
9.3.8 Solvatationseffekte und Säure-Base-Anomalien	391
9.4 Harte und weiche Säuren und Basen	392
9.4.1 Klassifizierung von Säuren und Basen als „hart“ oder „weich“	393
9.4.2 Beziehung zwischen der Stärke von Säuren und Basen und ihrer Härte bzw. Weichheit	394
9.4.3 Theoretische Grundlagen für die Begriffe „hart“ und „weich“	398
9.4.4 Zusammenhang zwischen Elektronegativität und hartem bzw. weichem Verhalten	399
Aufgaben	402
10 Chemie in wässrigen und nichtwässrigen Lösungen	407
<i>Ralf Steudel</i>	
10.1 Wasser	408
10.2 Nichtwässrige Lösungsmittel	408

10.2.1	Flüssiges Ammoniak	408
10.2.2	Lösungen von Metallen in Ammoniak	411
10.2.3	Schwefelsäure	414
10.2.4	Zusammenfassender Überblick über Protonen-haltige Lösungsmittel	416
10.3	Protonen-freie (aprotische) Lösungsmittel	419
10.4	Salzschmelzen	423
10.4.1	Solvenseigenschaften	423
10.4.2	Salzschmelzen bei Raumtemperatur: ionische Flüssigkeiten	424
10.4.3	Reaktionsträgheit geschmolzener Salze	426
10.4.4	Lösungen von Metallen in Salzschmelzen	427
10.4.5	Komplexbildung	428
10.4.6	Feste saure und basische Katalysatoren	428
10.5	Elektrodenpotentiale und elektromotorische Kräfte	429
10.5.1	Elektrochemie in nichtwässrigen Lösungen	433
10.5.2	Hydrometallurgie	434
	Aufgaben	436

11 Koordinationsverbindungen: Bindungstheorie, Spektren und Magnetismus 441

Ralf Steudel und Rüdiger Beckhaus

11.1	Bindungsverhältnisse in Koordinationsverbindungen	445
11.2	Valence-Bond-Theorie	446
11.3	Elektroneutralitätsprinzip und Rückbindung	447
11.4	Kristallfeld-Theorie	449
11.4.1	Ligandenfeld-Effekte: Oktaedersymmetrie	451
11.4.2	Ligandenfeld-Stabilisierungsenergie (LFSE)	455
11.4.3	Ligandenfeld-Effekte: Tetraeder-Symmetrie	457
11.4.4	Tetragonale Symmetrie und planar-quadratische Komplexe	459
11.4.5	Orbitalaufspaltung in Feldern anderer Symmetrie	460
11.4.6	Faktoren, die die Größe der LFSE beeinflussen	461
11.4.7	Anwendungen der Kristallfeld-Theorie	465
11.5	Molekülorbital-Theorie	471
11.5.1	Oktaedrische Komplexe	472
11.5.2	Tetraedrische und quadratische Komplexe	477
11.5.3	π -Bindungen und Molekülorbital-Theorie	479
11.5.4	Experimentelle Beweise für π -Bindungen	485
11.6	Elektronenspektren von Komplexen	492
11.6.1	Tanabe-Sugano-Diagramme	503
11.6.2	Tetragonale Abweichungen von der Oktaedersymmetrie	509
11.6.3	Charge-Transfer-Spektren	518
11.6.4	Magnetische Eigenschaften von Komplexen	522
	Aufgaben	532

12 Koordinationsverbindungen: Struktur 537

Ralf Steudel und Rüdiger Beckhaus

12.1	Koordinationszahl 1	538
12.2	Koordinationszahl 2	538
12.3	Koordinationszahl 3	539
12.4	Koordinationszahl 4	541
12.4.1	Tetraedrische Komplexe	541
12.4.2	Quadratisch-planare Komplexe	543
12.5	Koordinationszahl 5	546
12.5.1	Bevorzugung bestimmter Positionen in trigonal-bipyramidalen-Komplexen	550
12.5.2	Bevorzugung bestimmter Positionen in quadratisch-pyramidalen Komplexen	552
12.5.3	Magnetische und spektroskopische Eigenschaften	553
12.5.4	Isomerie fünffach koordinierter Komplexe	554

12.6	Koordinationszahl 6	557
12.6.1	Verzerrungen des idealen Oktaeders	557
12.6.2	Trigonales Prisma	558
12.6.3	Geometrische Isomerie bei oktaedrischen Komplexen	560
12.6.4	Optische Isomerie bei oktaedrischen Komplexen	561
12.6.5	Trennung optisch aktiver Komplexe (Racemattrennung)	564
12.6.6	Die absolute Konfiguration von Komplexen	564
12.6.7	Spektroskopische Methoden	567
12.6.8	Stereoselektivität und die Konformation von Chelatringen	570
12.6.9	Katalyse asymmetrischer Synthesen durch Koordinationsverbindungen	573
12.7	Koordinationszahl 7	575
12.8	Koordinationszahl 8	579
12.9	Höhere Koordinationszahlen	582
12.10	Allgemeines über Koordinationszahlen	582
12.11	Bindungsisomerie	584
12.11.1	Elektronische Effekte	587
12.11.2	Sterische Effekte	588
12.11.3	Symbiose	590
12.11.4	Berliner Blau und verwandte Strukturen	591
12.12	Andere Isomerie-Arten	593
12.12.1	Ligandenisomerie	593
12.12.2	Ionisationsisomerie	594
12.12.3	Hydratations-(Solvatations)-isomerie	594
12.12.4	Koordinationsisomerie	594
12.13	Der Chelat-Effekt	595
12.13.1	Makrocyclen	597
	Aufgaben	604
13	Koordinationsverbindungen: Reaktionen, Kinetik und Mechanismen	609
	<i>Ralf Steudel und Rüdiger Beckhaus</i>	
13.1	Substitutionsreaktionen bei quadratisch-planaren Komplexen	610
13.1.1	Das Geschwindigkeitsgesetz für nukleophile Substitutionen bei quadratisch-planaren Komplexen	612
13.1.2	Der <i>trans</i> -Effekt	616
13.1.3	Mechanismus der nukleophilen Substitution bei quadratisch-planaren Komplexen	619
13.1.4	Thermodynamische und kinetische Stabilität	621
13.2	Kinetik der Substitutionsreaktionen bei oktaedrischen Komplexen	623
13.2.1	Ligandenfeldeffekte und Reaktionsgeschwindigkeiten	625
13.2.2	Mechanismen der Substitutionsreaktionen bei oktaedrischen Komplexen	626
13.2.3	Einfluss von Säuren und Basen auf die Reaktionsgeschwindigkeiten	630
13.2.4	Racemisierung und Isomerisierung	631
13.2.5	Mechanismen von Redoxreaktionen	634
13.2.6	Elektronenübergang über die äußere Sphäre: <i>outer-sphere</i> -Mechanismus	635
13.2.7	<i>Outer-sphere</i> -Elektronenübergänge unter Beteiligung elektronisch angeregter Komplexe	640
13.2.8	Elektronenübertragung in der inneren Sphäre: <i>inner-sphere</i> -Mechanismus	644
13.2.9	Gemischavalenzkomplexe	647
	Aufgaben	650
14	Chemie der Übergangsmetalle	655
	<i>Ralf Steudel</i>	
14.1	Allgemeine Tendenzen innerhalb der Perioden	656
14.2	Die verschiedenen Oxidationsstufen der Übergangsmetalle	658
14.2.1	Niedrige positive und negative Oxidationsstufen	658
14.2.2	Bereich der Oxidationsstufen	658
14.2.3	Vergleich von Eigenschaften anhand der Oxidationsstufen	660

14.3	Die Elemente Kalium bis Zink: Vergleich der Eigenschaften anhand der Elektronenkonfiguration	661
14.3.1	Die Konfiguration $3d^0$	661
14.3.2	Die Konfiguration $3d^1$	662
14.3.3	Die Konfiguration $3d^2$	663
14.3.4	Die Konfiguration $3d^3$	663
14.3.5	Die Konfiguration $3d^4$	663
14.3.6	Die Konfiguration $3d^5$	664
14.3.7	Die Konfiguration $3d^6$	664
14.3.8	Die Konfiguration $3d^7$	665
14.3.9	Die Konfiguration $3d^8$	665
14.3.10	Die Konfiguration $3d^9$	666
14.3.11	Die Konfiguration $3d^{10}$	667
14.4	Die $4d$ - und $5d$ -Metalle	667
14.5	Oxidationsstufen und Standard-Reduktionspotentiale der Übergangsmetalle	669
14.5.1	Stabilität von Oxidationsstufen	669
14.5.2	Der Einfluss der Konzentration auf die Stabilität	671
14.5.3	Erste Gruppe	675
14.5.4	Zweite Gruppe	676
14.5.5	Dritte Gruppe	676
14.5.6	Vierte Gruppe	676
14.5.7	Fünfte Gruppe	677
14.5.8	Sechste Gruppe	677
14.5.9	Siebente Gruppe	678
14.5.10	Achte bis zehnte Gruppe	678
14.5.11	Elfte Gruppe	680
14.5.12	Zwölfte Gruppe	681
14.6	Die Lanthanoide, Actinoide und Transactinoid-Elemente	682
14.6.1	Stabile Oxidationsstufen	682
14.6.2	Die Lanthanoiden- und Actinoiden-Kontraktion	685
14.7	Die f -Orbitale	686
14.7.1	Unterschiede zwischen $4f$ - und $5f$ -Orbitalen	688
14.7.2	Absorptionsspektren der Lanthanoid- und Actinoid-Ionen	688
14.7.3	Magnetische Eigenschaften der Lanthanoide und Actinoide	690
14.8	Koordinationsverbindungen	691
14.8.1	Vergleich zwischen inneren Übergangselementen und Übergangsmetallen	691
14.8.2	Trennung der Seltenerd-Metalle und der Actinoide	693
14.8.3	Lanthanoid-Chelate	694
14.9	Die Transactinoid-Elemente	697
14.9.1	Periodizität bei den Translawrencium-Elementen	698
	Aufgaben	700
15	Organometallverbindungen	705
	<i>Frank Breher</i>	
15.1	Die 18-Elektronen-Regel	706
15.1.1	Molekülorbital-Theorie und 18-Elektronen-Regel	706
15.1.2	Abzählung der Elektronen in Komplexen	708
15.2	Metallcarbonyle und verwandte Verbindungen	712
15.2.1	Metallcarbonyle	712
15.2.2	Carbonyl-Kationen	720
15.2.3	Carbonylat-Anionen	723
15.2.4	Parallelen zur Nichtmetallchemie: Isobale Fragmente	726
15.2.5	Carbonylhydrido- und Diwasserstoffkomplexe	729
15.3	Mit CO vergleichbare Liganden	734
15.3.1	Nitrosylkomplexe	735
15.3.2	Distickstoffkomplexe	739
15.3.3	Phosphane als Liganden	745
15.4	Metall-Kohlenstoff-Einfach- und -Mehrfachbindungssysteme	750

15.4.1	Metall-Kohlenstoff- σ -Bindungen: Alkyl- und Arylkomplexe	750
15.4.2	Metall-Kohlenstoff-Doppel- und -Dreifachbindungen: Carben- und Carbin-komplexe	761
15.4.3	N-Heterocyclische Carbene	770
15.5	Nichtaromatische Alken- und Alkinkomplexe	773
15.5.1	Alkenkomplexe	773
15.5.2	Alkinkomplexe	779
15.5.3	Allylkomplexe	782
15.6	Komplexe mit cyclischen π -Liganden	785
15.6.1	Cyclopentadienylkomplexe	785
15.6.2	Andere π -Liganden	806
15.7	Reaktionen von Organometallverbindungen	810
15.7.1	Substitutionsreaktionen	810
15.7.2	Oxidative Addition und Reduktive Eliminierung	818
15.7.3	Einschiebungs- und Eliminierungsreaktionen	832
15.7.4	Nukleophiler und elektrophiler Angriff auf Liganden	837
15.8	Metallorganische Verbindungen als Katalysatoren	843
15.8.1	Hydrierung von Alkenen	844
15.8.2	Die Hydroformylierung	849
15.8.3	Das Monsanto-Essigsäureverfahren	851
15.8.4	Das Wacker-Verfahren	853
15.8.5	Hydrocyanierung	857
15.8.6	Hydrosilylierung	860
15.8.7	Kupplungsreaktionen	865
15.8.8	Olefinmetathese	868
15.8.9	Olefinpolymerisationen	873
15.8.10	Immobilisierte homogene Katalysatoren	878
15.9	Schlussbemerkungen	883
	Aufgaben	883
16	Anorganische Ketten, Ringe, Käfige und Cluster	889
	<i>Dirk Johrendt, Hans-Joachim Lunk und Ralf Steudel</i>	
16.1	Ketten	889
16.1.1	Homoatomare Ketten	889
16.1.2	Heteroatomare Ketten	894
16.1.3	Silicat-Mineralien	895
16.1.4	Einlagerungsverbindungen und Graphen	904
16.1.5	Eindimensionale elektrische Leiter	910
16.2	Polyoxo-Ionen von Metallen	913
16.2.1	Isopolyoxometallate	913
16.2.2	Heteropolyoxometallate	920
16.2.3	Polyoxokationen	928
16.2.4	Neuere Entwicklungen	930
16.3	Ringmoleküle der Nichtmetalle	931
16.3.1	Homocyclische Verbindungen	931
16.3.2	Borazine	938
16.3.3	Phosphazene	943
16.3.4	Phosphazen-Polymere	945
16.3.5	Andere anorganische Heterocyclen	947
16.4	Fullerene und Kohlenstoff-Nanoröhren (CNTs)	952
16.4.1	Fullerene	952
16.4.2	Endohedrale Fullerenkomplexe	953
16.4.3	Kohlenstoff-Nanoröhren	954
16.5	Käfig-Verbindungen von Phosphor, Arsen, Silicium und Germanium	955
16.6	Bor-Verbindungen mit Käfigstruktur	962
16.6.1	Borane	962
16.6.2	Carborane	974
16.6.3	Metallacarborane	975

16.6.4	Strukturvorhersagen bei Heteroboranen und metallorganischen Clustern . . .	977
16.7	Metallatomcluster	982
16.7.1	Zweikernige Verbindungen	984
16.7.2	Dreikernige Cluster	990
16.7.3	Vierkernige Cluster	991
16.7.4	Sechskernige Cluster	992
16.7.5	Chevreil-Phasen	993
16.7.6	Kondensierte Metallcluster	994
16.7.7	Elementcluster und Zintl-Anionen	996
	Aufgaben	999
17	Die Chemie der Halogene und der Edelgase	1005
	<i>Ralf Steudel</i>	
17.1	Halogene und Halogenide	1006
17.1.1	Physikalische Eigenschaften der Halogenatome	1006
17.1.2	Die Elemente	1006
17.1.3	Die Sonderstellung von Fluor	1008
17.1.4	Polyhalogenid-Ionen	1010
17.2	Halogene in positiven Oxidationsstufen	1014
17.2.1	Homoatomare Halogen-Kationen	1014
17.2.2	Interhalogenverbindungen	1015
17.3	Sauerstoffverbindungen der Halogene	1017
17.3.1	Fluor-Sauerstoff-Verbindungen	1017
17.3.2	Oxosäuren von Chlor, Brom und Iod	1020
17.3.3	Halogenoxide und -oxidfluoride	1021
17.4	Astat	1023
17.5	Elektrochemie der Halogene	1023
17.6	Pseudohalogene	1025
17.7	Die Chemie der Edelgase	1026
17.7.1	Entdeckung der Edelgase	1026
17.7.2	Erste Kenntnisse von einer Chemie der Edelgase	1027
17.7.3	Entdeckung isolierbarer Edelgas-Verbindungen	1029
17.7.4	Fluoride der Edelgase	1030
17.7.5	Bindungsverhältnisse in Edelgasfluoriden	1032
17.7.6	Strukturen isoelektronischer Halogenide mit 14 Valenzelektronen	1034
17.7.7	Weitere Verbindungen von Xenon	1035
17.7.8	Die Chemie von Krypton	1039
17.7.9	Die Chemie von Radon	1040
	Aufgaben	1040
18	Periodizität und fortgeschrittene Aspekte der chemischen Bindung . . .	1043
	<i>Martin Kaupp</i>	
18.1	Grundsätzliche Tendenzen	1043
18.2	Anomalien aufgrund fehlender radialer Knoten	1044
18.2.1	Die 1s-Schale als Valenzschale: Besonderheiten von H und He	1044
18.2.2	Die 2p-Schale als Valenzschale: Besonderheiten der zweiten Periode	1045
18.2.3	Die 3d-Schale: Besonderheiten der ersten Übergangsmetallreihe	1070
18.2.4	Die 4f-Schale: Besonderheiten der Lanthanoide	1073
18.3	Anomalien aufgrund unvollständiger Abschirmung der Kernladung durch vorhergehende Schalen	1074
18.3.1	Ist Lithium oder Natrium elektronegativer?	1074
18.3.2	Konsequenzen der Scandid-Kontraktion	1075
18.3.3	Konsequenzen der Lanthanoid- und der Actinoid-Kontraktion	1077
18.4	Anomalien aufgrund relativistischer Effekte	1078
18.4.1	Einführung in die relativistischen Effekte	1078
18.4.2	Auswirkungen relativistischer Effekte auf periodische Trends	1082
18.4.3	Metallophile Wechselwirkungen	1089

18.5	Valenzorbitale und Hybridisierung der d -Elemente	1090
18.5.1	Die Rolle der äußeren p -Orbitale bei den Übergangsmetallen	1090
18.5.2	„Nicht-VSEPR-Strukturen“ von d^0 - d^2 -Systemen	1092
18.6	Abschließende Bemerkungen	1094
	Aufgaben	1095
19	Bioanorganische Chemie	1099
	<i>Ulrich Schatzschneider</i>	
19.1	Einführung	1099
19.2	Relative Häufigkeit und Bioverfügbarkeit der Elemente	1100
19.3	Biologische Funktion der Elemente	1102
19.4	Biomoleküle als Liganden	1103
19.5	Strukturgebende Funktion von anorganischen Verbindungen in der Natur	1108
19.6	Informationsübertragung	1109
19.7	Bioanorganische Chemie von Zink	1110
19.8	Bioanorganische Chemie von Kupfer	1119
19.9	Bioanorganische Chemie von Eisen	1124
19.9.1	Häm-Proteine	1126
19.9.2	Eisen-Schwefel-Proteine	1129
19.9.3	Andere Nicht-Häm-Proteine	1130
19.10	Bioanorganische Chemie von Cobalt	1138
19.11	Bioanorganische Chemie von Nickel	1142
19.12	Bioanorganische Chemie von Molybdän und Wolfram	1152
19.13	Bindung und Transport von Disauerstoff	1155
19.13.1	Bindung von Disauerstoff an Myoglobin	1155
19.13.2	Struktur und Funktion von Hämoglobin	1156
19.13.3	Physiologie von Myoglobin und Hämoglobin	1158
19.13.4	Andere biologische Disauerstoff-Überträger	1160
19.14	Photosynthese	1161
19.15	Stickstoff-Fixierung	1167
19.16	Medizinische anorganische Chemie	1172
19.16.1	Einführung	1172
19.16.2	Therapeutische Anwendungen von Metallkomplexen	1173
19.16.3	Diagnostische Anwendungen von Metallkomplexen	1177
	Aufgaben	1179
Anhang A	Tabelle der Elemente	1183
Anhang B	Einheiten und Umrechnungsfaktoren	1187
Anhang C	Atomare Energiezustände und Termsymbole	1191
Anhang D	Charaktertafeln	1199
Anhang E	Standard-Reduktionspotentiale	1209
Anhang F	Tanabe-Sugano-Diagramme	1211
Anhang G	IUPAC - Empfehlungen zur Nomenklatur in der anorganischen Chemie	1215
Curricula Vitae	1261
Index	1263