

# Inhalt

<b>1 Einführender Überblick über die Anorganische Chemie</b> .....	<b>1</b>
Was ist Anorganische Chemie? .....	1
Aufgaben.....	10
<b>2 Die Struktur der Atome</b> .....	<b>11</b>
Spektroskopie .....	11
Die Wellengleichung.....	13
Das Teilchen im Kasten .....	14
Das Wasserstoff-Atom.....	17
Die radiale Wellenfunktion $R$ .....	18
Winkelabhängige Wellenfunktionen.....	22
Symmetrie der Orbitale.....	25
Atome mit mehr als einem Elektron .....	29
Der Elektronenspin und das Pauli-Prinzip.....	31
Das Aufbaumprinzip.....	32
Atomzustände, Termsymbole und (erste) Hundsche Regel .....	35
Periodizität der Elemente .....	36
Abschirmung .....	39
Die Größe der Atome.....	43
Ionisierungsenergie.....	47
Ionisierung .....	49
Elektronenaffinität .....	50
Aufgaben.....	54
<b>3 Bindungsmodelle in der Anorganischen Chemie</b> .....	<b>57</b>
Die Ionenbindung.....	57
Eigenschaften von Ionenverbindungen .....	57
Voraussetzungen für das Auftreten von Ionenbindungen.....	59
Strukturen von Kristallgittern.....	59
Die Gitterenergie.....	63
Der Born-Haber-Kreisprozeß .....	69
Berechnungen nach dem Born-Haber-Kreisprozeß .....	70
Größeneffekte .....	76
Ionenradien .....	76
Faktoren, die die Radien von Ionen beeinflussen .....	81
Radien mehratomiger Ionen .....	82
Packungsdichte und Kristallstruktur .....	84

Radienverhältnis (Radienquotient).....	89
Was können thermochemische Berechnungen über Ionenverbindungen aussagen?.....	95
Die kovalente Bindung: Eine kurze Einführung .....	97
Die Lewis-Struktur.....	97
Bindungstheorien.....	99
Die Valenzstruktur-Theorie (Valence Bond-Theorie).....	99
Die Molekülorbital-Theorie.....	103
Symmetrie und Überlappung.....	107
Die Symmetrie von Molekülorbitalen .....	110
Molekülorbitale in zweiatomigen Molekülen.....	111
Ionisierung zweiatomiger Moleküle – Energien und Bindungslängen.....	116
Eine genauere Untersuchung der Energieniveaus zweiatomiger Moleküle.....	117
Elektronendichte in den Molekülen $\text{Li}_2$ bis $\text{F}_2$ .....	121
Hybridisierung .....	122
Hybridisierung und Überlappung.....	128
Das Äquivalent für die Hybridisierung in der MO-Theorie .....	128
Delokalisierung .....	130
Resonanz.....	130
Formale Ladungen.....	135
Das Äquivalent für die Resonanz in der MO-Theorie .....	137
Kovalenter Charakter vorwiegend ionischer Bindungen.....	138
Folgen der Polarisierung.....	141
Kovalente Bindung in „ionischen“ Festkörpern.....	144
Ladungsverteilung in Molekülen.....	147
Molekülorbitale in polaren Molekülen .....	148
Die Elektronegativität und die MO-Theorie .....	155
Die Elektronegativität nach Pauling und die VB-Theorie .....	155
Andere Methoden zur Ermittlung von Elektronegativitätswerten .....	157
Veränderlichkeit der Elektronegativität.....	161
Elektronegativitäten nach Mulliken und Jaffé.....	163
Gruppenelektronegativität .....	168
Wahl des Elektronegativitätssystem .....	169
Methoden zur Ermittlung von Ladungen: Elektronegativitätsausgleich.....	170
Experimentelle Ermittlung der Ladungsverteilung in Molekülen .....	172
Dipolmomente .....	173
Kernquadrupolresonanz (NQR) .....	176
Mößbauer-Spektroskopie .....	177
Kernmagnetische Resonanz (NMR) .....	180
Infrarot-Spektroskopie .....	181
Photoelektronen-Spektroskopie .....	182
Beugung von Röntgenstrahlen .....	188
Zusammenfassende Bemerkungen.....	189
Aufgaben.....	190

	Inhalt	XIII
<b>4 Der feste Zustand . . . . .</b>	<b>197</b>	
Vorhersage der Struktur von komplexen ionischen Verbindungen . . . . .	198	
Kristallfehler . . . . .	201	
Leitfähigkeit von Ionenkristallen . . . . .	204	
Festkörper mit kovalenter Bindung . . . . .	209	
Klassifizierung von Festkörpern . . . . .	209	
Bändertheorie . . . . .	209	
Eigenhalbleiter und Photohalbleiter . . . . .	213	
Dotierungshalbleiter und Fehlstellenhalbleiter . . . . .	215	
Aufgaben . . . . .	217	
<b>5 Die kovalente Bindung: Struktur und Reaktivität . . . . .</b>	<b>219</b>	
Die Struktur von Molekülen . . . . .	219	
Die Theorie der Abstoßung zwischen Elektronenpaaren der Valenzschale (VSEPR-Theorie) . . . . .	222	
Strukturen von Molekülen mit einsamen Elektronenpaaren . . . . .	223	
Zusammenfassung der VSEPR -Regeln . . . . .	234	
Molekülorbitale und Molekülstruktur . . . . .	235	
Eine genauere Betrachtung der Hybridisierung . . . . .	238	
Hybridisierungsenergien . . . . .	243	
Beeinflussung der Struktur durch Abstoßung zwischen den gebundenen Gruppen . . . . .	248	
Gebogene Bindungen . . . . .	250	
Bindungslänge und Bindungsmultiplizität . . . . .	254	
Experimentelle Bestimmung von Molekülstrukturen . . . . .	256	
Röntgenstrahlbeugung . . . . .	256	
Methoden, die auf der Molekülsymmetrie beruhen . . . . .	258	
Methoden, die auf Unterschieden in der Umgebung von Atomen beruhen . . . . .	259	
Zusammenfassende Bemerkung zu den Methoden zur Strukturbestimmung . . . . .	262	
Einige einfache Reaktionen kovalent gebundener Moleküle . . . . .	263	
Molekulinversion . . . . .	263	
Berry-Pseudorotation . . . . .	265	
Nucleophile Substitution . . . . .	267	
Mechanismen mit freien Radikalen . . . . .	268	
Aufgaben . . . . .	270	
<b>6 Chemische Kräfte . . . . .</b>	<b>275</b>	
Kernabstände und Atomradien . . . . .	275	
van der Waals-Radien . . . . .	275	
Ionenradien . . . . .	276	
Kovalenzradien . . . . .	277	
Die verschiedenen Arten chemischer Kräfte . . . . .	282	

Kovalente Bindung .....	282
Ionenbindung .....	282
Kräfte zwischen Ionen und Dipolen .....	283
Dipol-Dipol-Wechselwirkungen .....	284
Wechselwirkungen mit induzierten Dipolen .....	285
Wechselwirkungen zwischen momentan auftretenden und induzierten Dipolen .....	285
Abstoßungskräfte .....	286
Zusammenfassung .....	287
Die Wasserstoffbindung .....	287
Hydrate und Clathrate .....	293
Auswirkungen chemischer Kräfte .....	296
Schmelz- und Siedepunkte .....	296
Löslichkeit .....	299
Aufgaben .....	305
 7 Säure-Base-Chemie .....	309
 Säure-Base-Konzepte .....	309
Definition von Brønsted und Lowry .....	309
Definition von Lux und Flood .....	310
Lösungsmittel als Säure-Base-Systeme .....	311
Definition von Lewis .....	315
Definition von Usanovich .....	315
Ein verallgemeinertes Säure-Base-Konzept .....	317
Möglichkeiten zur Ermittlung der Stärke von Säuren und Basen .....	321
Sterische Einflüsse .....	321
Solvatisierungseffekte und Säure-Base-„Anomalien“ .....	323
Lewis-Wechselwirkungen in unpolaren Lösungsmitteln .....	327
Parameter zur Erfassung der Wechselwirkungen zwischen Lewis-Säuren und Lewis-Basen .....	329
Eine genauere Betrachtung der Bindungsenergien und Bindungslängen in Säure-Base-Addukten .....	332
Bindungsenergien .....	332
Bindungslängen .....	334
Harte und weiche Säuren und Basen .....	337
Klassifizierung von Säuren und Basen als „hart“ oder „weich“ .....	338
Die Beziehung zwischen der Stärke von Säuren und Basen und ihrem harten und weichen Verhalten .....	340
„Symbiose“ .....	342
Theoretische Grundlagen für die Begriffe „hart“ und „weich“ .....	343
Zusammenhang zwischen Elektronegativität und hartem und weichem Verhalten .....	344
Aufgaben .....	351

	Inhalt	XV
<b>8 Chemie in wässrigen und nichtwässrigen Lösungen . . . . .</b>	<b>355</b>	
Wasser . . . . .	355	
Nichtwässrige Lösungsmittel . . . . .	356	
Ammoniak . . . . .	356	
Lösungen von Metallen in Ammoniak . . . . .	359	
Schwefelsäure . . . . .	361	
Zusammenfassender Überblick über protonenhaltige Lösungsmittel . . . . .	364	
Protonenfreie („aprotische“) Lösungsmittel . . . . .	366	
Salzschmelzen . . . . .	373	
Solvenseigenschaften . . . . .	373	
Lösungen von Metallen . . . . .	375	
Komplexbildung . . . . .	376	
Reaktionsträgheit geschmolzener Salze . . . . .	376	
Salzschmelzen bei niedrigen Temperaturen . . . . .	377	
Feste saure und basische Katalysatoren . . . . .	378	
Elektrodenpotentiale und elektromotorische Kräfte . . . . .	378	
Elektrochemie in nichtwässrigen Lösungen . . . . .	383	
Hydrometallurgie . . . . .	384	
Aufgaben . . . . .	386	
<b>9 Koordinationsverbindungen: Theorie . . . . .</b>	<b>389</b>	
Valenzstruktur-Theorie . . . . .	393	
Elektroneutralitätsprinzip und Rückbindung . . . . .	395	
Stärken und Schwächen der VB-Methode . . . . .	398	
Ligandenfeld-Theorie . . . . .	398	
Messung von $10 Dq$ . . . . .	403	
Ligandenfeld-Stabilisierungsenergie im schwachen Ligandenfeld . . . . .	405	
Ligandenfeld-Stabilisierungsenergie im starken Ligandenfeld . . . . .	406	
Ligandenfeld-Effekte bei Tetraedersymmetrie . . . . .	409	
Paarbildungsenergien . . . . .	411	
Faktoren, die die Größe von $10 Dq$ beeinflussen . . . . .	413	
Beweise für eine Stabilisierung durch das Ligandenfeld . . . . .	419	
Vergleich von oktaedrischer und tetraedrischer Koordination . . . . .	424	
Was bestimmt die Verteilung der Kationen in Spinellen und anderen Systemen? . . . . .	427	
Tetragonale Verzerrung der Oktaeder-Symmetrie . . . . .	430	
Quadratisch-planare Koordination . . . . .	446	
Aufspaltung von Orbitalenergien in Feldern anderer Symmetrie . . . . .	449	
Molekülorbital-Theorie . . . . .	449	
Berylliumhydrid als Verbindung mit koordinativen Bindungen . . . . .	451	
Ein vereinfachter Vergleich der Behandlung von Bindungen nach der Ligandenfeld-Theorie und der Molekülorbital-Theorie . . . . .	452	
Die Orbitalsymmetrie . . . . .	454	
Die „Angular-Overlap“-Methode . . . . .	459	

Andere Komplexstrukturen .....	464
Vergleich von Molekülorbital-, Ligandenfeld- und Valenzstruktur-Theorie .....	467
Die $\pi$ -Bindung in der Molekülorbital-Theorie .....	468
Messung von $\pi$ -Bindungseffekten .....	473
Infrarot-Spektroskopie .....	473
Kernmagnetische Resonanz .....	478
Photoelektronen-Spektroskopie .....	480
Kristallographie .....	481
Abschließende Bemerkung zur Molekülorbital-Theorie .....	483
Eine genauere Betrachtung der Spektren .....	483
Orgel-Diagramme .....	491
Tanabe-Sugano-Diagramme .....	493
Auswahlregeln .....	496
Charge-transfer-Spektren .....	499
Aufgaben .....	503
 10 Koordinationsverbindungen: Struktur .....	509
Koordinationszahl 2 .....	510
Koordinationszahl 3 .....	512
Koordinationszahl 4 .....	513
Tetraedrische Komplexe .....	513
Quadratisch-planare Komplexe .....	515
Koordinationszahl 5 .....	517
Koordinationszahl 6 .....	531
Verzerrungen des idealen Oktaeders .....	531
Trigonales Prisma .....	532
Geometrische Isomerie bei oktaedrischen Komplexen .....	536
Optische Isomerie bei oktaedrischen Komplexen .....	538
Spaltung optisch aktiver Komplexe .....	541
Die absolute Konfiguration von Komplexen .....	542
Stereoselektivität und die Konformation von Chelatringen .....	550
Katalyse asymmetrischer Synthesen durch Koordinationsverbindungen .....	554
Koordinationszahl 7 .....	555
Koordinationszahl 8 .....	558
Höhere Koordinationszahlen .....	561
Bindungsisomerie .....	564
Andere Isomerie-Arten .....	575
Ligandenisomerie .....	575
Ionisationsisomerie .....	575
Hydratations- (Solvatations-)isomerie .....	576
Koordinationsisomerie .....	576
Gleichgewichte zwischen Komplexstrukturen .....	577
Der Chelat-Effekt .....	579
Aufgaben .....	588

<b>11 Koordinationsverbindungen: Reaktionen, Kinetik und Mechanismen . . . . .</b>	<b>591</b>
Der <i>trans</i> -Effekt . . . . .	591
Der <i>trans</i> -Effekt in der Synthese . . . . .	593
Der Mechanismus des <i>trans</i> -Effektes . . . . .	595
Kinetik von Substitutionsreaktionen in quadratisch-planaren Komplexen . . . . .	600
Eine genauere Betrachtung der Mechanismen . . . . .	601
Die Begriffe <i>labil</i> , <i>inert</i> , <i>stabil</i> , <i>instabil</i> . . . . .	601
Oktaedrische Komplexe:	
Kinetik und Geschwindigkeiten von Substitutionsreaktionen . . . . .	602
Ligandenfeldeffekte und Reaktionsgeschwindigkeiten . . . . .	604
Mechanismen von Substitutionsreaktionen . . . . .	605
Substitution in oktaedrischen Komplexen . . . . .	606
Substitution in oktaedrischen Cobalt(III)-Komplexen . . . . .	607
Andere Mechanismen bei oktaedrischen Komplexen . . . . .	614
Racemisierung und Isomerisierung . . . . .	614
Mechanismen von Redoxreaktionen . . . . .	616
Elektronenübergang über die äußere Sphäre:	
„outer-sphere-Mechanismus“ . . . . .	616
Elektronenübergang in der inneren Sphäre:	
„inner-sphere-Mechanismus“ . . . . .	617
Photochemie von Koordinationsverbindungen . . . . .	619
Anwendungen der Photochemie . . . . .	620
Abschließende Bemerkung . . . . .	622
Aufgaben . . . . .	622
<b>12 Einige Bemerkungen zur Chemie der Übergangsmetalle . . . . .</b>	<b>623</b>
Allgemeine Tendenzen innerhalb der Perioden . . . . .	624
Die verschiedenen Oxidationsstufen von Übergangsmetallen . . . . .	626
Niedrige und negative Oxidationsstufen . . . . .	626
Spannweite der Oxidationsstufen . . . . .	627
Vergleich von Eigenschaften an Hand der Oxidationsstufen . . . . .	628
Die Elemente Kalium bis Zink:	
Vergleich der Eigenschaften an Hand der Elektronenkonfiguration . . . . .	629
Die Konfiguration $3d^0$ . . . . .	630
Die Konfiguration $3d^1$ . . . . .	630
Die Konfiguration $3d^2$ . . . . .	631
Die Konfiguration $3d^3$ . . . . .	631
Die Konfiguration $3d^4$ . . . . .	631
Die Konfiguration $3d^5$ . . . . .	632
Die Konfiguration $3d^6$ . . . . .	632
Die Konfiguration $3d^7$ . . . . .	633
Die Konfiguration $3d^8$ . . . . .	633
Die Konfiguration $3d^9$ . . . . .	634
Die Konfiguration $3d^{10}$ . . . . .	634

Die 4d- und 5d-Metalle .....	635
Oxidationsstufen und Standard-Reduktionspotentiale	
der Übergangsmetalle .....	637
Stabilität von Oxidationsstufen .....	637
Der Einfluß der Konzentration auf die Stabilität .....	639
Erste Nebengruppe .....	640
Zweite Nebengruppe .....	642
Dritte Nebengruppe und Lanthanoide .....	642
Vierte Nebengruppe .....	642
Fünfte Nebengruppe .....	643
Sechste Nebengruppe .....	643
Siebente Nebengruppe .....	644
Achte Nebengruppe .....	644
Aufgaben .....	646
<b>13 Organometall-Verbindungen .....</b>	<b>649</b>
Die effektive Elektronenzahl in Organometall-Verbindungen .....	649
Die Molekülorbital-Theorie und die 18-Elektronen-Regel .....	650
Metallcarbonyle .....	651
Carbonyle .....	651
Darstellung und Eigenschaften von Metallcarbonylen .....	656
Mehrkerlige Carbonyle ohne CO-Brücken .....	657
Mehrkerlige Carbonyle mit CO-Brücken .....	659
Carbonylmetallat-Anionen .....	663
Metallcarbonylwasserstoff-Verbindungen	
(„Carbonylhydride“) .....	666
Parallelen zur Nichtmetallchemie: Isolobale Fragmente .....	669
Metallnitrostyle .....	672
Basizität der zentralen Metall-Atome .....	676
Distickstoff-Komplexe (Dinitrogen-Komplexe) .....	677
Metallocene .....	680
Bemerkung zur 18-Elektronen-Regel .....	681
Die Molekülorbitale von Metallocenen .....	682
Darstellung von Cyclopentadienyl-Verbindungen .....	686
Reaktionen Ferrocen-ähnlicher Moleküle .....	687
Strukturen von Cyclopentadienyl-Verbindungen .....	691
Kovalente oder ionische Bindung? .....	696
Cyclopentadienyl-Verbindungen mit $\sigma$ -Bindungen .....	698
Terminologie: $\sigma$ - $\pi$ - und <i>hapto</i> -Nomenklatur .....	699
Andere aromatische Cyclopolyene .....	700
Aromaten- (Aren-)Komplexe .....	700
Cycloheptatrien- und Tropylium-Komplexe .....	702
Cyclobutadien, Cyclooctatetraen und verwandte Ringe	
als Komplexliganden .....	703
Nicht aromatische $\pi$ -Liganden: Olefin- und Acetylen-Komplexe .....	707

Ethylen-Komplexe .....	707
Dien-Liganden .....	709
Dreielektronen-Donatoren .....	711
Acetylen- und andere Alkin-Komplexe .....	713
Organometall-Verbindungen als Katalysatoren .....	721
Koordinativ ungesättigte Verbindungen .....	721
Oxidative Additionen und die Konfigurationen mit 16 oder 18 Elektronen	722
Katalytische Reaktionskreise .....	725
Einschiebungsreaktionen (Insertionen) .....	725
Historischer Ausblick .....	727
Katalyse von Synthesegas-Reaktionen .....	728
Synthetisches Benzin .....	731
Heterogene Katalyse .....	735
Fluktuierende Moleküle .....	736
Zusammenfassende Bemerkung .....	743
Aufgaben .....	744
<b>14 Anorganische Ketten-, Ring-, Käfig- und Cluster-Verbindungen .....</b>	<b>751</b>
<b>Ketten .....</b>	<b>751</b>
Kettenbildung .....	751
Ketten mit Hetero-Atomen .....	753
Einlagerungsverbindungen .....	759
Isopolyanionen .....	764
Heteropolyanionen .....	768
<b>Ringe .....</b>	<b>772</b>
Borazine .....	772
Phosphazene .....	777
Andere anorganische Heterocyclen .....	785
Homocyclische anorganische Verbindungen .....	791
<b>Käfig-Verbindungen .....</b>	<b>795</b>
<b>Bor-Verbindungen mit Käfigstruktur .....</b>	<b>799</b>
Borane .....	799
Carbaborane .....	812
Metallocen-analoge Carbaboran-Komplexe .....	813
<b>Metallatomcluster .....</b>	<b>815</b>
Das Auftreten von Metall–Metall-Bindungen .....	815
Zweikernige Verbindungen .....	816
Dreikernige Cluster .....	823
Vierkernige Cluster .....	825
Oktaedrische Cluster .....	825
Bindungsverhältnisse in Metallclustern .....	826
Cluster, die ausschließlich aus Metall-Atomen bestehen .....	827
Unendlich ausgedehnte Bereiche von Metall–Metall-Verknüpfungen .....	828
Darstellung von Metallclustern .....	829

Abschließende Bemerkung .....	831
Aufgaben .....	831
<b>15 Die Chemie der Edelgase und der Halogene .....</b>	<b>835</b>
Die Chemie der Edelgase .....	836
Die Entdeckung der Edelgase .....	836
Erste Kenntnisse von einer Chemie der Edelgase .....	836
Entdeckung stabiler, isolierbarer Edelgas-Verbindungen .....	839
Die Fluoride der Edelgase .....	841
Die Bindungsverhältnisse in Edelgasfluoriden .....	842
Vergleich von VSEPR- und MO-Modell in der Anwendung auf $EX_6$ -Verbindungen .....	845
Stärke der Bindungen in Edelgas-Verbindungen .....	846
Andere Verbindungen von Xenon .....	846
Die Chemie von Radon .....	850
Halogene in positiven Oxidationsstufen .....	850
Interhalogenverbindungen .....	850
Polyhalogenid-Ionen .....	853
Fluor–Sauerstoff-Verbindungen .....	857
Oxosäuren der schwereren Halogene .....	858
Halogenoxide und Halogenfluoridoxide .....	859
Halogen-Kationen .....	860
Halogenide .....	862
Physikalische Eigenschaften anorganischer Halogen-Verbindungen .....	862
Die Anomalie des Fluors .....	864
Astat .....	866
Pseudohalogene .....	867
Aufgaben .....	868
<b>16 Die Lanthanoide, Actinoide und Transactinoid-Elemente .....</b>	<b>873</b>
Stabile Oxidationsstufen .....	874
Die Lanthanoiden- und Actinoiden-Kontraktion .....	877
Die $f$ -Orbitale .....	878
Unterschiede zwischen $4f$ - und $5f$ -Orbitalen .....	880
Absorptionsspektren der Lanthanoide und Actinoide .....	880
Koordinationsverbindungen .....	883
Vergleich zwischen inneren Übergangselementen und Übergangsmetallen .....	883
Trennung der Seltenerd-Metalle und der Actinoide .....	885
Lanthanoid-Chelate .....	885
Organometall-Verbindungen der $f$ -Elemente .....	887
Die Transactinoid-Elemente .....	894
Periodizität bei den Translawrencium-Elementen .....	896
Aufgaben .....	898

<b>17 Periodizität .....</b>	<b>901</b>
Grundsätzliche Tendenzen .....	901
Anomalien der ersten beiden Perioden .....	902
Schrägbeziehungen .....	903
Benutzen Nichtmetalle ihre <i>d</i> -Orbitale? .....	904
Experimenteller Hinweis auf eine Beteiligung von <i>d</i> -Orbitalen an $\sigma$ -Bindungen .....	904
Experimenteller Hinweis auf $\pi$ -Bindungen:	
Die Phosphor–Sauerstoff-Bindung in Phosphoryl-Verbindungen .....	905
Hinweise auf <i>d</i> -Orbital-Beteiligung aus Bindungswinkeln .....	909
Theoretische Einwände <i>gegen</i> eine Beteiligung von <i>d</i> -Orbitalen bei Nichtmetallen .....	911
Theoretische Argumente <i>für</i> eine Beteiligung von <i>d</i> -Orbitalen .....	913
Experimenteller Hinweis auf die Kontraktion von <i>d</i> -Orbitalen und ihre Mitwirkung an Bindungen .....	914
$\pi$ -Bindungen bei den höheren Homologen .....	916
Reaktivität und <i>d</i> -Orbital-Beteiligung .....	917
Die Verwendung von <i>p</i> -Orbitalen für $\pi$ -Bindungen .....	918
Ähnlichkeiten und Unterschiede zwischen Kohlenstoff und Silicium .....	918
Analogien und Gegensätze zwischen Stickstoff und Phosphor .....	921
Anomale Änderungen von Eigenschaften bei homologen Nichtmetallen und auf die <i>d</i> -Elemente folgenden Metallen .....	923
Das Widerstreben gegen die Ausbildung der höchsten Oxidationsstufe bei den Nichtmetallen der vierten Periode .....	923
Anomalien in der dritten und vierten Hauptgruppe .....	923
Der Einfluß des „inerten“ <i>s</i> -Elektronenpaars .....	925
Die Elektronegativitäten in der vierten Hauptgruppe .....	927
„Anomale“ Ionisierungsenergien und Elektronenaffinitäten .....	930
Abschließende Bemerkung .....	932
Aufgaben .....	932
<b>18 Anorganische Chemie in der Biosphäre .....</b>	<b>935</b>
Energiequellen für das Leben .....	935
Von der Photosynthese unabhängige Lebensprozesse .....	936
Photosynthese .....	937
Metall-Porphyrin-Komplexe, Photosynthese und Atmung .....	938
Das Porphyrin-Ringsystem .....	938
Chlorophyll .....	940
Cytochrome .....	947
Ferredoxine und Rubredoxine .....	950
Biologische Redoxsysteme und Redoxmechanismen .....	952
Hämoglobin und Myoglobin .....	953
Struktur und Funktion von Hämoglobin .....	960
Enzyme .....	964

## XXII      Inhalt

Vitamin B <sub>12</sub> und die B <sub>12</sub> -Coenzyme .....	964
Zusammenhang zwischen Struktur und Funktion .....	967
Ein synthetisches Modell der Enzymwirkung .....	971
Inhibierung und Vergiftung .....	972
Stickstoff-Fixierung .....	977
Stickstoff-Fixierung <i>in vitro</i> .....	978
Stickstoff-Fixierung <i>in vivo</i> .....	979
Die Biochemie des Eisens .....	982
Die Verfügbarkeit von Eisen .....	982
Konkurrenz um Eisen .....	984
Eisentoxizität und Ernährung .....	986
Essentielle Elemente und Spurenelemente in biologischen Systemen .....	991
Überblick über essentielle und Spurenelemente an Hand des Periodensystems .....	992
Biologische Bedeutung und relative Häufigkeit .....	993
Anpassung an die natürliche Häufigkeit der Elemente .....	1004
Biochemie der Nichtmetalle .....	1005
Gerüstsubstanzen .....	1005
ADP und ATP .....	1007
Medizinische Chemie .....	1008
Antibiotika .....	1008
Chelat-Therapie .....	1010
Umwelt-Probleme .....	1012
Historischer Überblick .....	1012
Landwirtschaft .....	1013
Gasförmige Verunreinigungen der Luft .....	1014
Saurer Regen .....	1017
Stickstoffoxide, Chlorfluorkohlenwasserstoffe und die Stratosphäre .....	1018
Luftverschmutzung durch gröbere Teilchen .....	1020
Andere industriell bedingte Umweltverschmutzung .....	1020
Umweltprobleme durch Bergbau- und Hüttenbetriebe .....	1021
Die Zukunft .....	1022
Zusammenfassung .....	1023
Aufgaben .....	1024

**Anhang**

<b>A Fragen, die nach Durcharbeiten des Buches beantwortet werden sollten.....</b>	<b>1029</b>
<b>B Symmetrie und Termsymbole .....</b>	<b>1037</b>
Symmetrieelemente und Symmetrioperationen .....	1037
Symmetriezentrum $i$ .....	1039
Drehachse $C_n$ .....	1039
Identität $E$ .....	1040
Spiegelebene $\sigma$ .....	1041
Drehspiegelachse $S_n$ .....	1041
Dipolmomente.....	1042
Punktgruppen .....	1042
Atomare Energiezustände und Termsymbole .....	1046
Zuordnung von Termsymbolen.....	1048
Systematische Ermittlung von Termsymbolen.....	1048
Die Regeln von Hund .....	1050
<b>C Einheiten und Umrechnungsfaktoren.....</b>	<b>1053</b>
Das internationale System der Einheiten – SI.....	1053
Anmerkungen .....	1055
<b>D Tanabe-Sugano-Diagramme .....</b>	<b>1057</b>
<b>E Bindungsenergien und Bindungslängen .....</b>	<b>1061</b>
Energien von Säure-Base-Wechselwirkungen.....	1074
<b>F Elektrodenpotentiale und elektromotorische Kräfte .....</b>	<b>1079</b>
<b>G Tetraeder-, Oktaeder-, Ikosaeder- und Dodekaeder-Modelle und die Benutzung stereoskopischer Abbildungen.....</b>	<b>1097</b>
Tetraeder.....	1099
Oktaeder .....	1099
Ikosaeder .....	1099
Dodekaeder .....	1101

Papp-Modelle für andere Polyeder .....	1101
Stereoabbildungen .....	1101
<b>H Ältere Wege zur Ermittlung von Ionenradien .....</b>	<b>1103</b>
<b>I Die Regeln der anorganischen Nomenklatur .....</b>	<b>1109</b>
Präambel .....	1110
Die Oxidationszahl .....	1110
Die Koordinationszahl .....	1110
Die Verwendung von multiplikativen Vorsilben, Klammern, Ziffern und Kursivbuchstaben .....	1110
Elemente .....	1113
Namen und Symbole der Elemente .....	1113
Angabe von Masse, Ladung usw. bei Atomsymbolen .....	1114
Formeln und Namen von Verbindungen; Allgemeines .....	1114
Formeln .....	1114
Systematische Namen .....	1114
Hydride .....	1115
Namen für Ionen und Radikale .....	1115
Kationen .....	1115
Anionen .....	1117
Radikale .....	1117
Iso- und Heteropolyanionen .....	1119
Isopolyanionen .....	1119
Heteropolyanionen .....	1120
Säuren .....	1121
Binäre und pseudobinäre Säuren .....	1121
Säuren, die sich von mehratomigen Anionen ableiten .....	1121
Salze und salzartige Verbindungen .....	1123
Einfache Salze .....	1123
Salze, die Säurewasserstoff enthalten („saure Salze“) .....	1123
Oxid- und Hydroxid-Salze („basische Salze“) .....	1123
Koordinationsverbindungen .....	1123
Allgemeines über Formeln und Namen für Koordinationsverbindungen .....	1123
Namen für Liganden .....	1124
Komplexe mit ungesättigten Molekülen oder Gruppen .....	1128
Bezeichnung von Isomeren .....	1130
Zwei- und mehrkernige Verbindungen mit brückenbildenden Gruppen .....	1131
Zwei- und mehrkernige Verbindungen mit Metall–Metall-Bindungen .....	1132
Additionsverbindungen .....	1133
Bor-Verbindungen .....	1134
Borhydride .....	1134
In der Anorganischen Nomenklatur benutzte Vor- und Nachsilben .....	1136
Tabelle der Elemente .....	1138
Index .....	1141