

<b>Allgemeine Chemie</b> .....	1
<b>1 Chemische Elemente und chemische Grundgesetze</b> .....	3
Verbreitung der Elemente .....	4
Chemische Grundgesetze .....	4
<b>2 Aufbau der Atome</b> .....	7
2.1 Atomkern.....	7
Kernregeln.....	9
Atommasse .....	9
Massendefekt.....	10
Isotopieeffekte.....	10
Trennung von Isotopen .....	11
Radioaktive Strahlung .....	12
Radioaktive Zerfallsgeschwindigkeit .....	12
Beispiele für natürliche und künstliche Isotope .....	13
Radioaktive Aktivität .....	14
Radioaktive Zerfallsreihen .....	18
Radioaktives Gleichgewicht.....	18
Beispiele für Anwendungsmöglichkeiten von Isotopen .....	18
Aktivierungsanalyse .....	19
2.2 Elektronenhülle .....	19
Atommodell von <i>Niels Bohr</i> .....	21
Bohrsches Modell vom <i>Wasserstoffatom</i> .....	21
Atomspektren (Absorptions- und Emissionsspektroskopie).....	22
Verbesserungen des Bohrschen Modells.....	23
Wellenmechanisches Atommodell des <i>Wasserstoffatoms</i> .....	24

	Elektronenspin.....	26
	Graphische Darstellung der Atomorbitale.....	27
	Mehrelektronenatome.....	33
	Pauli-Prinzip, <i>Pauli-Verbot</i> .....	33
	Hundsche Regel.....	33
<b>3</b>	<b>Periodensystem der Elemente</b> .....	37
	Einteilung der Elemente	
	auf Grund ähnlicher Elektronenkonfiguration .....	44
	Edelgase .....	44
	Hauptgruppenelemente	
	(„repräsentative“ Elemente) .....	44
	Übergangselemente bzw. Nebengruppenelemente..	44
	Valenzelektronenzahl und Oxidationsstufen.....	45
	Periodizität einiger Eigenschaften.....	46
	1) Atom- und Ionenradien .....	46
	2) Elektronenaffinität (EA) .....	47
	3) Ionisierungspotential / Ionisierungsenergie .....	47
	4) Elektronegativität.....	49
	5) Metallischer und nichtmetallischer Charakter	
	der Elemente.....	50
<b>4</b>	<b>Moleküle, chemische Verbindungen,</b>	
	<b>Reaktionsgleichungen</b>	
	<b>und Stöchiometrie</b> .....	53
	Reaktionsgleichungen .....	54
	Konzentrationsmaße.....	56
	Stöchiometrische Rechnungen .....	64
	Beispiel einer Ausbeuteberechnung .....	65
	Berechnung von empirischen Formeln.....	66
<b>5</b>	<b>Chemische Bindung</b>	
	(Bindungsarten).....	67
5.1	Ionische (polare, heteropolare) Bindungen,	
	Ionenbeziehung .....	67
	Gitterenergie.....	69
	Spinell-Struktur.....	72
	Perowskit-Struktur .....	72
	Calcit-Struktur .....	73

	Übergang von der ionischen zur kovalenten Bindung .....	73
	Übergang von der ionischen zur metallischen Bindung .....	75
5.2	Atombindung (kovalente, homöopolare Bindung, Elektronenpaarbindung) .....	76
5.2.1	MO-Theorie der kovalenten Bindung .....	76
5.2.2	VB-Theorie der kovalenten Bindung .....	81
	Mehrfachbindungen, ungesättigte Verbindungen ...	86
	Energie von Hybridorbitalen .....	90
	Bindigkeit .....	90
	Bindungsordnung, Bindungsgrad .....	90
	Oktettregel .....	91
	Doppelbindungsregel .....	91
	Radikale .....	92
	Bindungsenergie und Bindungslänge .....	92
	Mesomerie oder Resonanz .....	93
5.2.3	Valenzschalen-Elektronenpaar-Abstoßungsmodell	93
	Geometrie von Polyedern mit sieben bis zwölf Elektronenpaaren .....	97
5.3	Metallische Bindung .....	97
	Metallgitter .....	100
	Mechanische Eigenschaften der Metalle / <i>Einlagerungsstrukturen</i> .....	102
	Legierungen .....	102
	Unbegrenzte Mischbarkeit .....	103
	Überstrukturphasen .....	104
	Eutektische Legierungen .....	105
	Mischungslücke .....	106
	Intermetallische Verbindungen oder intermetallische Phasen .....	107
	Beispiele für intermetallische Phasen .....	108
	Fe-C-System .....	110
5.4	Zwischenmolekulare Bindungskräfte / schwache Bindungen .....	112
	Wasserstoffbrückenbindungen .....	112
	Van der Waalsche Bindung (van der Waals-Kräfte, Dispersionskräfte) .....	114
<b>6</b>	<b>Komplexverbindungen</b>	
	Bindungen in Komplexen .....	117
	Chelateffekt .....	119
	$\pi$ -Komplexe .....	121
	Chargetransfer-Komplexe .....	122

Carbonyle .....	122
Herstellung .....	122
Eigenschaften .....	122
Reaktionen von Carbonylen .....	123
Koordinationszahl und räumlicher Bau von Komplexen .....	126
Isomerieerscheinungen bei Komplexverbindungen	127
Stereoisomerie .....	128
a) cis-trans-Isomerie .....	128
Komplexe mit KZ 4 .....	128
Komplexe mit KZ 6 .....	128
trans-Effekt .....	129
b) Optische Isomerie (Spiegelbildisomerie) .....	129
Komplexe mit KZ 4 .....	130
Komplexe mit KZ 6 .....	131
Strukturisomerie .....	131
Hydratisomerie .....	131
Bindungsisomerie, Salzisomerie .....	131
Bindung in Komplexen / Koordinative Bindung .....	132
Edelgas-Regel .....	132
VB-Theorie der Komplexbindung .....	133
Vorzüge und Nachteile der VB-Theorie .....	135
Kristallfeld-Ligandenfeld-Theorie .....	135
Besetzung der $e_g$ - und $t_{2g}$ -Orbitale im oktaedrischen Feld .....	138
Besetzung der $e_g$ - und $t_{2g}$ -Orbitale im tetraedrischen Feld .....	139
Absorptionsspektren .....	140
Jahn-Teller-Effekt .....	140
Vorzüge und Nachteile der Kristallfeld-Theorie .....	141
MO-Theorie der Bindung in Komplexen .....	141
Bildung der Molekülorbitale .....	142
Verteilung der Elektronen des Zentralteilchens .....	142
HSAB-Konzept bei Komplexen .....	142
$\sigma$ - und $\pi$ -Bindung in Komplexen .....	142
Komplexbildungsreaktionen .....	145
Formelschreibweise von Komplexen .....	146
Nomenklatur von Komplexen .....	146
Beispiele zur Nomenklatur .....	148

## 7 Zustandsformen der Materie

(Aggregatzustände) .....	149
--------------------------	-----

7.1 Fester Zustand .....	149
Kristalline Stoffe .....	150

	Kristallsysteme .....	150
	Raumgruppen; Bravais-Gitter .....	150
	Kristallklassen .....	151
	Eigenschaften von kristallinen Stoffen.....	151
	Schmelz- und Erstarrungspunkt; Schmelzenthalpie.....	152
	Gittertypen.....	153
7.2	Gasförmiger Zustand.....	154
	Gasgesetze — für „ideale Gase“ .....	155
	Das Verhalten realer Gase.....	159
	Zustandsgleichung realer Gase.....	160
	Kritische Daten von Gasen.....	161
	Diffusion von Gasen.....	161
7.3	Flüssiger Zustand .....	162
	Dampfdruck einer Flüssigkeit .....	163
	Siedepunkt.....	164
	Gefrierpunkt.....	164
	Durchschnittsgeschwindigkeit von Atomen und Molekülen.....	165
<b>8</b>	<b>Mehrstoffsysteme</b>	
	Lösungen.....	167
	Definition des Begriffs Phase.....	167
	Zustandsdiagramme.....	167
	Gibbssche Phasenregel (1878) .....	168
	Beispiele für das Gibbssche Phasengesetz .....	168
	Mehrstoffsysteme .....	169
	Lösungen .....	170
	Eigenschaften von Lösemitteln (Lösungsmitteln)...	170
	Echte Lösungen.....	172
	Lösungsvorgänge .....	172
	Löslichkeit.....	175
	Chemische Reaktionen bei Lösungsvorgängen.....	175
	Verhalten und Eigenschaften von Lösungen.....	175
	I. Lösungen von <i>nichtflüchtigen</i> Substanzen.....	176
	Diffusion in Lösung .....	177
	Osmose.....	178
	Dialyse.....	178
	Lösungsgleichgewichte .....	179
	1. Verteilung zwischen zwei nichtmischbaren flüssigen Phasen.....	179
	2. Verteilung zwischen einer Gasphase und der Lösung.....	180

3. Verteilung zwischen einer festen Phase und der Lösung.....	180
Elektrolytlösungen .....	180
Elektrolytische Dissoziation.....	180
Ostwaldsches Verdünnungsgesetz .....	181
Elektrodenprozesse.....	182
Beispiele für Elektrolysen .....	182
II. Lösungen <i>flüchtiger</i> Substanzen.....	185
Ideale Lösungen .....	185
Nichtideale Lösungen.....	186
Mischungslücke.....	187
Kolloide Lösungen, kolloiddisperse Systeme .....	188
Isoelektrischer Punkt (I.P.).....	190
<b>9 Redoxsysteme.....</b>	<b>191</b>
Oxidationszahl.....	191
Regeln zur Ermittlung der Oxidationszahl.....	191
Reduktion und Oxidation .....	193
Normalpotentiale von Redoxpaaren .....	195
Normalpotential und Reaktionsrichtung.....	199
Nernstsche Gleichung .....	201
Konzentrationskette.....	204
Praktische Anwendung von galvanischen Elementen .....	204
Trockenbatterie (Leclanché-Element) .....	204
Alkali-Mangan-Zelle.....	205
Nickel-Cadmium-Batterie .....	205
Quecksilber-Batterie.....	205
Brennstoffzellen .....	205
Akkumulatoren.....	206
Lithium-Ionenakku.....	206
Elektrochemische Korrosion / Lokalelement .....	207
Elektrochemische Bestimmung von pH-Werten .....	208
Elektroden 2. Art.....	209
Spezielle Redoxreaktionen .....	210
<b>10 Säure-Base-Systeme .....</b>	<b>211</b>
Brønstedsäuren und -basen; pH-Wert.....	211
Säure- und Basestärke .....	215
Starke Säuren und starke Basen .....	216
Schwache Säuren und schwache Basen .....	216

Mehrwertige Säuren .....	219
Mehrwertige Basen .....	220
Protolysereaktionen beim Lösen von Salzen in Wasser .....	220
Neutralisationsreaktionen .....	222
Protolysegrad .....	222
Titrationenkurven .....	223
pH-Abhängigkeit von Säure- und Base-Gleichgewichten, Pufferlösungen .....	225
Bedeutung der Henderson-Hasselbalch-Gleichung.	226
a) Der Bicarbonatpuffer (Kohlensäure-Hydrogencarbonatpuffer) .....	227
b) Der Phosphatpuffer .....	228
Acetatpuffer .....	228
Messung von pH-Werten .....	229
Säure-Base-Reaktionen in nichtwässrigen Systemen .....	230
Elektronentheorie der Säuren und Basen nach <i>Lewis</i> .....	231
Supersäuren .....	232
Prinzip der „harten“ und „weichen“ Säuren und Basen .....	232
<b>11 Energetik chemischer Reaktionen</b> (Grundlagen der Thermodynamik).....	235
I. Hauptsatz der Thermodynamik (Energieerhaltungssatz) .....	235
Veranschaulichung der Volumenarbeit $p \cdot \Delta V$ .....	236
Anwendung des I. Hauptsatzes auf chemische Reaktionen .....	238
Hess'scher Satz der konstanten Wärmesummen .....	239
II. Hauptsatz der Thermodynamik Triebkraft chemischer Reaktionen .....	240
Statistische Deutung der Entropie .....	243
III. Hauptsatz der Thermodynamik .....	243
Gibbs-Helmholtzsche Gleichung .....	244
Zusammenhang zwischen $\Delta G$ und EMK .....	247
<b>12 Kinetik chemischer Reaktionen</b> .....	249
Reaktionsordnung.....	250
Halbwertszeit.....	252

Konzentration-Zeit-Diagramm für eine Reaktion erster Ordnung .....	252
Konzentration-Zeit-Diagramm für eine Reaktion zweiter Ordnung .....	254
Molekularität einer Reaktion .....	254
Pseudo-Ordnung und Pseudo-Molekularität .....	256
Arrhenius-Gleichung .....	256
Katalyse .....	257
Darstellung von Reaktionsabläufen durch Energieprofile .....	258
Parallelreaktionen / Kinetische und thermodynamische Reaktionskontrolle .....	260
Metastabile Systeme .....	261
Kettenreaktionen .....	261
Einleitung von Kettenreaktionen .....	262
Abbruch von Kettenreaktionen .....	262

<b>13</b>	<b>Chemisches Gleichgewicht</b> (Kinetische Ableitung) .....	263
	Formulierung des MWG für einfache Reaktionen ..	265
	Gekoppelte Reaktionen .....	265
	Aktivitäten .....	266
	Beeinflussung von Gleichgewichtslagen .....	267
	1. Änderung der Temperatur .....	267
	2. Änderung von Konzentration bzw. Partialdruck bei konstanter Temperatur .....	268
	Das Löslichkeitsprodukt .....	268
	Allgemeine Formulierung .....	269
	Fließgleichgewicht .....	270



<b>Spezielle Anorganische Chemie</b> .....	271
<b>A) Hauptgruppenelemente</b> .....	273
<b>Wasserstoff</b> .....	273
Stellung von Wasserstoff im Periodensystem der Elemente (PSE).....	273
Reaktionen und Verwendung von Wasserstoff.....	275
Wasserstoffverbindungen.....	275
<b>Alkalimetalle (Li, Na, K, Rb, Cs, Fr)</b> .....	277
Lithium.....	277
Natrium.....	280
Kalium.....	282
Rubidium, Cäsium.....	284
Francium.....	284
<b>Erdalkalimetalle (Be, Mg, Ca, Sr, Ba, Ra)</b> .....	285
Beryllium.....	285
Magnesium.....	288
Herstellung.....	288
Verbindungen.....	288
Calcium.....	289
Verbindungen.....	290
Mörtel.....	292
Strontium.....	292
Barium.....	293
Radium.....	294
<b>Borgruppe (B, Al, Ga, In, Tl)</b> .....	295
Bor.....	295
Verbindungen.....	297
Herstellung der Borane.....	298
Eigenschaften.....	299
Carborane.....	299
Borhalogenide.....	300
Sauerstoff-Verbindungen.....	300
Borstickstoff-Verbindungen.....	302
Aluminium.....	303
Gallium - Indium - Thallium.....	307

<b>Kohlenstoffgruppe (C, Si, Ge, Sn, Pb) ....</b>	<b>309</b>
Kohlenstoff.....	309
Graphitverbindungen.....	312
Kohlenstoff-Verbindungen.....	314
Isosterie .....	317
Boudouard-Gleichgewicht .....	317
Carbide .....	318
Silicium .....	319
Kieselsäuren .....	321
Zinn .....	325
Zinn(II)- Verbindungen.....	326
Zinn(IV)-Verbindungen .....	327
Blei .....	327
Blei(II)-Verbindungen.....	328
Blei(IV)-Verbindungen .....	328
Inert-pair-Effekt .....	329

<b>Stickstoffgruppe (N, P, As, Sb, Bi).....</b>	<b>331</b>
Stickstoff .....	331
Stickstoffhalogenide.....	335
Phosphor.....	343
Phosphoroxide.....	346
Phosphorsäuren .....	346
Halogenverbindungen .....	350
Pseudorotation (Berry-Mechanismus).....	350
Phosphor-Stickstoff-Verbindungen.....	351
Arsen .....	352
Sauerstoffverbindungen .....	353
Halogenverbindungen .....	354
Schwefelverbindungen .....	354
Antimon.....	354
Bismut (früher Wismut) .....	356
Ausnahmen von der Doppelbindungsregel .....	357

<b>Chalkogene (O, S, Se, Te, Po).....</b>	<b>359</b>
Sauerstoff .....	359
Sauerstoffverbindungen .....	363
Oxide .....	364
Schwefel .....	365
Halogenverbindungen .....	367
Schwefelchloride und Schwefelbromide.....	368
Oxidhalogenide SOX <sub>2</sub> (X = F, Cl, Br) .....	369
Schwefeloxide und Schwefelsäuren.....	369

H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , Schwefelsäure .....	371
Schwefel-Stickstoff-Verbindungen .....	373
Selen .....	375
Tellur .....	376

<b>Halogene (F, Cl, Br, I, At)</b> .....	377
Fluor .....	377
Sauerstoff Verbindungen .....	380
Chlor .....	381
Sauerstoffsäuren von Chlor .....	382
Oxide des Chlors .....	383
Brom .....	384
Iod .....	386
Iodoxide .....	388
Bindungsenthalpie und Acidität .....	389
Salzcharakter der Halogenide .....	389
Photographischer Prozess (Schwarz-Weiß-Photographie) .....	389
Interhalogenverbindungen .....	390
Pseudohalogene — Pseudohalogenide .....	391

<b>Edelgase (He, Ne, Ar, Kr, Xe, Rn)</b> .....	393
Verbindungen .....	395
Xenon-Oxide .....	395
„Physikalische Verbindungen“ .....	397
Beschreibung der Bindung in Edelgasverbindungen .....	397

<b>Allgemeine Verfahren zur Reindarstellung von Metallen (Übersicht)</b> .....	398
--	-----

I. Reduktion der <i>Oxide</i> zu den Metallen .....	398
II. <i>Elektrolytische</i> Verfahren .....	398
III. Spezielle Verfahren .....	399

<b>B) Nebengruppenelemente</b> .....	401
Oxidationszahlen.....	405
Qualitativer Vergleich der Atom- und Ionenradien der Nebengruppenelemente.....	406
Atomradien.....	406
Lanthanoiden-Kontraktion.....	406
Ionenradien.....	407
<b>I. Nebengruppe</b> .....	409
Übersicht.....	409
Kupfer.....	409
Silber.....	412
Gold.....	413
<b>II. Nebengruppe</b> .....	415
Übersicht.....	415
Zink-Verbindungen.....	416
Cadmium-Verbindungen.....	417
Quecksilber-Verbindungen.....	417
Hg(II)-Verbindungen.....	418
<b>III. Nebengruppe</b> .....	421
Übersicht.....	421
Scandium.....	421
Yttrium.....	422
Lanthan.....	422
Actinium.....	422
<b>IV. Nebengruppe</b> .....	423
Übersicht.....	423
Titan.....	423
Zirkon und Hafnium.....	425
<b>V. Nebengruppe</b> .....	427
Übersicht.....	427
Vanadin.....	427
Niob und Tantal.....	430

<b>VI. Nebengruppe</b> .....	433
Übersicht .....	433
Chrom.....	433
Chromverbindungen.....	434
Peroxo-chromate $M(I)HCrO_6$ .....	436
Molybdän .....	437
Wolfram .....	439
Transportreaktionen .....	440
Wolframate, Polysäuren .....	440

<b>VII. Nebengruppe</b> .....	443
Übersicht .....	443
Mangan.....	443
Technetium.....	445
Rhenium .....	445
Halogenide .....	446

<b>VIII. Nebengruppe</b> .....	449
Eisenmetalle .....	449
Eisen.....	449
Eisenverbindungen.....	452
Cobalt und Nickel.....	455
Cobalt-Verbindungen.....	455
Nickel-Verbindungen.....	457
Platinmetalle.....	457
Verbindungen der Platinmetalle.....	458
Ruthenium und Osmium .....	458
Rhodium und Iridium .....	458
Palladium und Platin .....	458

<b>Lanthanoide, Ln</b> .....	461
Übersicht .....	461

<b>Actinoide, An</b> .....	463
Übersicht .....	463

**Anhang** ..... 465

**Edelsteine** ..... 465

**Düngemittel** ..... 466

Handelsdünger aus *natürlichen* Vorkommen ..... 466

Kunstdünger ..... 467

Mineraldünger ..... 467

Stickstoffdünger ..... 467

Phosphatdünger ..... 468

Kaliumdünger ..... 468

Mehrstoffdünger ..... 469

**Literaturauswahl und Quellennachweis** ..... 471

**Abbildungsnachweis** ..... 475

**Sachverzeichnis** ..... 477

**Ausklapptafel:** Periodensystem der Elemente  
(am Schluss des Bandes)