

Grundlagen G1

- 1 Atome: Die Welt der Quanten 1**
- 2 Chemische Bindungen 61**
- 3 Geometrie und Struktur von Molekülen 103**
- 4 Die Eigenschaften von Gasen 147**
- 5 Flüssigkeiten und Festkörper 187**
- 6 Thermodynamik: Der erste Hauptsatz 229**
- 7 Thermodynamik: Der zweite und dritte Hauptsatz 285**
- 8 Physikalische Gleichgewichte 331**
- 9 Das chemische Gleichgewicht 383**
- 10 Säuren und Basen 427**
- 11 Gleichgewichte in wässrigen Lösungen 477**
- 12 Elektrochemie 519**
- 13 Die Chemische Kinetik 567**
- 14 Die Elemente: Die ersten vier Hauptgruppen 627**
- 15 Die Elemente: Die letzten vier Hauptgruppen 677**
- 16 Die Elemente: Der *d*-Block 715**
- 17 Kernchemie 761**
- 18 Organische Chemie I: Die Kohlenwasserstoffe 795**
- 19 Organische Chemie II: Polymere und biologische Verbindungen 825**

Anhang 1 861

Anhang 2 875

Anhang 3 893

Glossar 895

Antworten Lerntests 929

Antworten Übungen 938

Bildnachweis 977

Sachregister 979

| Inhaltsverzeichnis

Vorwort zur dritten englischen Auflage XVII

Danksagung XVIII

Vorwort zur zweiten deutschen Auflage XX

Über dieses Buch XXI

Grundlagen G1

A Stoffe und Energie G6

A.1 Physikalische Eigenschaften G7

A.2 Energie G9

A.3 Kraft G12

B Elemente und Atome G13

B.1 Atome G14

B.2 Das Kernmodell G14

B.3 Neutronen G17

B.4 Isotope G19

B.5 Ein Ordnungsschema für Elemente G20

C Verbindungen G23

C.1 Definition von Verbindungen G23

C.2 Moleküle und Molekülverbindungen G24

C.3 Ionen und ionische Verbindungen G26

D Die Nomenklatur chemischer Verbindungen G30

D.1 Namen von Kationen G30

D.2 Namen von Anionen G30

D.3 Namen ionischer Verbindungen G32

D.4 Namen anorganischer Molekülverbindungen G33

D.5 Namen wichtiger organischer Verbindungen G36

E Mol und Molmasse G37

E.1 Das Mol G38

E.2 Die Molmasse G40

F Die Ermittlung chemischer Formeln G44

F.1 Gehaltsangaben in Massenprozent G44

F.2 Die Ermittlung empirischer Formeln G45

F.3 Die Ermittlung von Molekülformeln G47

- G Mischungen und Lösungen G48**
 - G.1 Einteilung von Mischungen G48
 - G.2 Trennverfahren G50
 - G.3 Molarität G52
 - G.4 Verdünnung G55

- H Chemische Gleichungen G56**
 - H.1 Symbole in chemischen Gleichungen G56
 - H.2 Ausgleichen von Reaktionsgleichungen G58

- I Wässrige Lösungen und Fällung G60**
 - I.1 Elektrolyte G60
 - I.2 Fällungsreaktionen G62
 - I.3 Ionengleichungen und Nettoionengleichungen G62
 - I.4 Die Anwendungen von Fällungsreaktionen G64

- J Säuren und Basen G65**
 - J.1 Säuren und Basen in wässriger Lösung G66
 - J.2 Starke und schwache Säuren und Basen G68
 - J.3 Die Neutralisation G69

- K Redoxreaktionen G70**
 - K.1 Oxidation und Reduktion G71
 - K.2 Oxidationszahlen: Auf der Spur der Elektronen G72
 - K.3 Oxidations- und Reduktionsmittel G74
 - K.4 Ausgleichen einfacher Redoxgleichungen G76

- L Reaktionsstöchiometrie G77**
 - L.1 Umwandlungen in Molmengen G77
 - L.2 Umwandlungen in Massen G78
 - L.3 Maßanalyse G80

- M Begrenzende Faktoren von Reaktionen G84**
 - M.1 Die Reaktionsausbeute G84
 - M.2 Ausgangsstoffe als begrenzende Faktoren G85
 - M.3 Verbrennungsanalyse G87

- 1 Atome: Die Welt der Quanten 1**
 - 1.1 Wie man Atome untersucht 1
 - 1.1.1 Die Merkmale elektromagnetischer Strahlung 2
 - 1.1.2 Strahlung, Quanten und Photonen 4
 - 1.1.3 Der Welle-Teilchen-Dualismus der Materie 11
 - 1.1.4 Die Unschärferelation 12
 - 1.1.5 Wellenfunktionen und Energieniveaus 14
 - 1.1.6 Atomspektren und Energieniveaus 19
 - 1.2 Atommodelle 22
 - 1.2.1 Die Hauptquantenzahl 22
 - 1.2.2 Atomorbitale 23
 - 1.2.3 Der Spin des Elektrons 30
 - 1.2.4 Die elektronische Struktur des Wasserstoffs 31
 - 1.3 Die Strukturen von Vielelektronen-Atomen 32
 - 1.3.1 Orbitalenergien 32
 - 1.3.2 Das Aufbauprinzip 34
 - 1.3.3 Elektronische Strukturen und das Periodensystem 39

1.4	Die Periodizität atomarer Eigenschaften	41
1.4.1	Atomradien	42
1.4.2	Ionenradien	43
1.4.3	Ionisierungsenergien	45
1.4.4	Elektronenaffinitäten	47
1.4.5	Der Einfluss des inerten Elektronenpaares	49
1.4.6	Schrägbeziehungen	50
1.5	Auswirkungen auf die Materialforschung	51
1.5.1	Die Hauptgruppenelemente	51
1.5.2	Die Übergangsmetalle	52
	Was Sie jetzt können sollten	54
	Übungen	54
	Weiterführende Übungen	58
2	Chemische Bindungen	61
2.1	Ionenbindungen	62
2.1.1	Die Entstehung von Ionenbindungen	62
2.1.2	Wechselwirkungen zwischen Ionen	63
2.1.3	Die Elektronenkonfiguration von Ionen	67
2.1.4	Lewis-Symbole	69
2.2	Kovalente Bindungen	70
2.2.1	Die Natur kovalenter Bindungen	70
2.2.2	Lewis-Formeln	70
2.2.3	Lewis-Formeln vielatomiger Moleküle	72
2.2.4	Resonanz	75
2.2.5	Formalladungen	78
2.3	Ausnahmen von der Oktettregel	80
2.3.1	Radikale und Diradikale	80
2.3.2	Erweiterte Valenzschalen	82
2.3.3	Die ungewöhnlichen Strukturen einiger Verbindungen von Elementen der Gruppe 13/III	84
2.4	Vergleich von Ionenbindungen und kovalenten Bindungen	85
2.4.1	Eine Korrektur des Modells kovalenter Bindungen: Elektronegativität	85
2.4.2	Eine Korrektur des Modells der Ionenbindung: Polarisierbarkeit	88
2.5	Stärke und Länge kovalenter Bindungen	88
2.5.1	Bindungsstärken	89
2.5.2	Typische Werte der Bindungsstärke	89
2.5.3	Bindungslängen	91
	Was Sie jetzt können sollten	94
	Übungen	94
	Weiterführende Übungen	97
	Wichtige Analyseverfahren 1	100
3	Geometrie und Struktur von Molekülen	103
3.1	Das VSEPR-Modell	105
3.1.1	Das VSEPR-Basismodell	105
3.1.2	Moleküle mit freien Elektronenpaaren am Zentralatom	108
3.1.3	Polare Moleküle	112
3.2	Die Valence-Bond-Theorie	115
3.2.1	σ - und π -Bindungen	116
3.2.2	Die Hybridisierung von Orbitalen	118
3.2.3	Hybridisierung in komplexeren Molekülen	119
3.2.4	Bindungen in Kohlenwasserstoffen	122
3.2.5	Charakteristische Merkmale von Doppelbindungen	123

3.3	Die Molekülorbital-Theorie	125
3.3.1	Die Grenzen der Theorie von Lewis	125
3.3.2	Molekülorbitale	127
3.3.3	Die Elektronenkonfiguration zweiatomiger Moleküle	128
3.3.4	Bindungen in heteronuclearen zweiatomigen Molekülen	133
3.3.5	Orbitale in vielatomigen Molekülen	134
3.3.6	Auswirkungen auf die Materialforschung:	
	Die Band-Theorie von Festkörpern	136
	Was Sie jetzt können sollten	139
	Übungen	139
	Weiterführende Übungen	142
	Wichtige Analyseverfahren 2	144
4	Die Eigenschaften von Gasen	147
4.1	Die Natur der Gase	148
4.1.1	Beobachtungen an Gasen	148
4.1.2	Der Druck	148
4.1.3	Alternative Einheiten des Drucks	151
4.2	Die Gasgesetze	152
4.2.1	Das Gesetz von Boyle	152
4.2.2	Das Gesetz von Charles und Gay-Lussac	154
4.2.3	Das Prinzip von Avogadro	155
4.2.4	Das ideale Gasgesetz	156
4.2.5	Anwendungen des idealen Gasgesetzes	158
4.2.6	Die Dichte eines Gases	160
4.2.7	Die Stöchiometrie bei Gasreaktionen	162
4.2.8	Gasgemische	164
4.3	Molekulare Bewegung	168
4.3.1	Diffusion und Effusion	168
4.3.2	Das kinetische Gasmodell	170
4.3.3	Die Maxwell'sche Geschwindigkeitsverteilung	174
4.4	Reale Gase	175
4.4.1	Abweichungen vom Idealzustand	175
4.4.2	Die Verflüssigung von Gasen	177
4.4.3	Zustandsgleichungen realer Gase	178
	Was Sie jetzt können sollten	180
	Übungen	180
	Weiterführende Übungen	184
5	Flüssigkeiten und Festkörper	187
5.1	Intermolekulare Kräfte	188
5.1.1	Die Bildung kondensierter Phasen	188
5.1.2	Ion-Dipol-Wechselwirkungen	189
5.1.3	Dipol-Dipol-Wechselwirkungen	190
5.1.4	London- oder Dispersionswechselwirkungen	192
5.1.5	Die Wasserstoffbrückenbindung	195
5.2	Die Struktur von Flüssigkeiten	197
5.2.1	Die Ordnung in Flüssigkeiten	198
5.2.2	Viskosität und Oberflächenspannung	198
5.3	Die Strukturen der Festkörper	200
5.3.1	Die Einteilung der Festkörper	200
5.3.2	Metallische Festkörper	203
5.3.3	Elementarzellen	205
5.3.4	Ionische Festkörper	208
5.3.5	Molekulare Festkörper	210
5.3.6	Vernetzte Festkörper	211

5.4	Auswirkungen auf die Materialforschung	213
5.4.1	Die Eigenschaften von Festkörpern	213
5.4.2	Legierungen	216
5.4.3	Flüssigkristalle	218
	Was Sie jetzt können sollten	219
	Übungen	220
	Weiterführende Übungen	223
	Wichtige Analyseverfahren	226
6	Thermodynamik: Der erste Hauptsatz	229
6.1	Systeme, Zustände und Energie	230
6.1.1	Systeme	230
6.1.2	Arbeit und Energie	231
6.1.3	Expansive Arbeit	232
6.1.4	Wärme	236
6.1.5	Die Wärmebestimmung	238
6.1.6	Der erste Hauptsatz	239
6.1.7	Zustandsfunktionen	241
6.1.8	Ein molekulares Zwischenspiel: Der Ursprung der inneren Energie	244
6.2	Enthalpie	247
6.2.1	Wärmeübertragung bei konstantem Druck	247
6.2.2	Wärmekapazität bei konstantem Druck und Volumen	249
6.2.3	Ein molekulares Zwischenspiel: Der Ursprung der Wärmekapazität von Gasen	250
6.2.4	Die Enthalpie des Phasenübergangs	252
6.2.5	Schmelz- und Siedediagramme	255
6.3	Die Enthalpie chemischer Umwandlungen	257
6.3.1	Reaktionsenthalpien	257
6.3.2	Die Beziehung von ΔH und ΔU	259
6.3.3	Standard-Reaktionsenthalpien	262
6.3.4	Die Verknüpfung von Reaktionsenthalpien: Der Satz von Hess	263
6.3.5	Die Reaktionswärme	266
6.3.6	Standard-Bildungsenthalpien	269
6.3.7	Der Born-Haber-Kreisprozess	272
6.3.8	Bindungsenthalpien	273
6.3.9	Die Temperaturabhängigkeit der Reaktionsenthalpie Was Sie jetzt können sollten Übungen Weiterführende Übungen	276 277 277 282
7	Thermodynamik: Der zweite und dritte Hauptsatz	285
7.1	Entropie	285
7.1.1	Spontane Umwandlungen	286
7.1.2	Entropie und Unordnung	286
7.1.3	Änderungen der Entropie	289
7.1.4	Änderungen der Entropie beim Wechsel des Aggregatzustands	293
7.1.5	Eine Interpretation der Entropie aus molekularer Sicht	296
7.1.6	Die Äquivalenz von statistischer und thermodynamischer Entropie	300
7.1.7	Molare Standardentropien	302
7.1.8	Standard-Reaktionsentropien	305
7.2	Globale Änderungen der Entropie	306
7.2.1	Die Systemumgebung	306
7.2.2	Die Entropie des Gesamtsystems	308
7.2.3	Das Gleichgewicht	312

7.3	Freie Energie	314
7.3.1	Das System im Mittelpunkt	314
7.3.2	Freie Reaktionsenergie	317
7.3.3	Freie Energie und nichtexpansive Arbeit	320
7.3.4	Der Einfluss der Temperatur	322
7.3.5	Die Änderung der freien Energie in biologischen Systemen	324
	Was Sie jetzt können sollten	325
	Übungen	325
	Weiterführende Übungen	328
8	Physikalische Gleichgewichte	331
8.1	Phasen und Phasenübergänge	332
8.1.1	Der Dampfdruck	332
8.1.2	Flüchtigkeit und intermolekulare Kräfte	333
8.1.3	Die Temperaturabhängigkeit des Dampfdrucks	335
8.1.4	Der Siedevorgang	336
8.1.5	Gefrieren und Schmelzen	337
8.1.6	Phasendiagramme	338
8.1.7	Kritische Eigenschaften	341
8.2	Die Löslichkeit	343
8.2.1	Der Lösevorgang auf molekularer Ebene	343
8.2.2	„Gleiches löst sich in Gleichem“	344
8.2.3	Druck und Löslichkeit von Gasen: Das Henry'sche Gesetz	347
8.2.4	Temperatur und Löslichkeit	348
8.2.5	Die Lösungsenthalpie	349
8.2.6	Die freie Lösungsenthalpie	352
8.3	Kolligative Eigenschaften	353
8.3.1	Die Molalität	353
8.3.2	Dampfdruckerniedrigung	357
8.3.3	Siedepunktserhöhung und Gefrierpunktserniedrigung	359
8.3.4	Die Osmose	362
8.4	Binäre Flüssigkeitsgemische	366
8.4.1	Der Dampfdruck eines binären Flüssigkeitsgemisches	366
8.4.2	Die Destillation	368
8.4.3	Azeotrope Gemische	370
	Was Sie jetzt können sollten	371
	Übungen	372
	Weiterführende Übungen	376
	Wichtige Analyseverfahren 4	380
9	Das chemische Gleichgewicht	383
9.1	Reaktionen im Gleichgewicht	384
9.1.1	Die Umkehrbarkeit von chemischen Reaktionen	385
9.1.2	Gleichgewicht und Massenwirkungsgesetz	386
9.1.3	Der thermodynamische Ursprung von Gleichgewichtskonstanten	390
9.2	Gleichgewichtskonstanten	395
9.2.1	Die Gleichgewichtskonstante bezogen auf die molare Konzentration von Gasen	395
9.2.2	Andere Formen der Gleichgewichtskonstante	398
9.2.3	Der Umsatz in einer Reaktion	399
9.2.4	Die Richtung einer Reaktion	400
9.2.5	Die Verwendung von Gleichgewichtskonstanten	402
9.3	Die Reaktion eines Gleichgewichts auf Veränderungen	406
9.3.1	Zugabe und Entfernung von Ausgangsstoffen und Produkten	407
9.3.2	Komprimierung eines Reaktionsgemischs	410

9.3.3	Gleichgewicht und Temperatur	412
9.3.4	Katalysatoren und der Erfolg von Haber	415
9.3.5	Auswirkungen auf die biologische Forschung: Selbstregulation	416
	Was Sie jetzt können sollten	418
	Übungen	418
	Weiterführende Übungen	423
10	Säuren und Basen	427
10.1	Das Wesen von Säuren und Basen	427
10.1.1	Der Säure-Base-Begriff nach Brønsted und Lowry	428
10.1.2	Lewis-Säuren und -Basen	431
10.1.3	Saure, basische und amphotere Oxide	432
10.1.4	Protonenaustausch zwischen Wassermolekülen	433
10.1.5	Die pH-Skala	435
10.1.6	Der pOH-Wert von Lösungen	438
10.2	Schwache Säuren und Basen	439
10.2.1	Säure- und Basenkonstanten	440
10.2.2	Die Wechselbezeichnung konjugierter Säure-Base-Paare	442
10.2.3	Molekulare Struktur und Säurestärke	445
10.2.4	Die Stärke von Oxosäuren	446
10.3	Der pH-Wert von Lösungen schwacher Säuren und Basen	449
10.3.1	Lösungen schwacher Säuren	449
10.3.2	Lösungen schwacher Basen	452
10.3.3	Der pH-Wert von Salzlösungen	453
10.4	Mehrwertige Säuren und Basen	458
10.4.1	Der pH-Wert von Lösungen einer mehrwertigen Säure	458
10.4.2	Salzlösungen mehrwertiger Säuren	459
10.4.3	Die Konzentration der gelösten Spezies	461
10.4.4	Lösungszusammensetzung und pH-Wert	463
10.5	Autoprotolyse und pH-Wert	467
10.5.1	Stark verdünnte Lösungen von starken Säuren und Basen	467
10.5.2	Stark verdünnte Lösungen von schwachen Säuren	469
	Was Sie jetzt können sollten	471
	Übungen	471
	Weiterführende Übungen	475
11	Gleichgewichte in wässrigen Lösungen	477
11.1	Lösungen und Pufferlösungen	478
11.1.1	Die Funktionsweise von Pufferlösungen	478
11.1.2	Das Entwickeln von Puffersystemen	480
11.1.3	Die Pufferkapazität	484
11.2	Titrationen	486
11.2.1	Die Titration einer starken Säure mit einer starken Base	486
11.2.2	Die Titration einer starken Säure mit einer schwachen Base und einer schwachen Säure mit einer starken Base	489
11.2.3	Säure-Base-Indikatoren	494
11.2.4	Die Stöchiometrie bei Titrationen von mehrwertigen Säuren	497
11.3	Lösungsgleichgewichte	499
11.3.1	Das Löslichkeitsprodukt	500
11.3.2	Der Einfluss gemeinsamer Ionen – der Eigenioneneffekt	502
11.3.3	Wann fällt ein Salz aus?	504
11.3.4	Die selektive Fällung	506
11.3.5	Wie Niederschläge wieder gelöst werden	507
11.3.6	Die Bildung von Komplexionen	508
11.3.7	Die qualitative Analyse	510
	Was Sie jetzt können sollten	512

Übungen 513
Weiterführende Übungen 516

12 Elektrochemie 519

- 12.1 Redoxreaktionen 520
 - 12.1.1 Die Halbreaktion 520
 - 12.1.2 Wie Redoxgleichungen balanciert werden 521
- 12.2 Galvanische Zellen 524
 - 12.2.1 Der Aufbau galvanischer Zellen 525
 - 12.2.2 Das Zellpotential und die freie Reaktionsenergie 526
 - 12.2.3 Die Schreibweise elektrochemischer Zellen 529
 - 12.2.4 Das Standardpotential 533
 - 12.2.5 Die elektrochemische Spannungsreihe 538
 - 12.2.6 Das Standardpotential und die Gleichgewichtskonstante 540
 - 12.2.7 Die Nernst'sche Gleichung 542
 - 12.2.8 Ionenselektive Elektroden 544
- 12.3 Elektrolyse 545
 - 12.3.1 Die Elektrolysezelle 545
 - 12.3.2 Die Produkte der Elektrolyse 548
- 12.4 Auswirkungen auf die Materialforschung 551
 - 12.4.1 Anwendungsbeispiele für die Elektrolyse 551
 - 12.4.2 Korrosionsprozesse 552
 - 12.4.3 Elektrochemische Zellen in der Praxis 554
 - Was Sie jetzt können sollten 559
 - Übungen 559
 - Weiterführende Übungen 564

13 Die Chemische Kinetik 567

- 13.1 Die Reaktionsgeschwindigkeit 568
 - 13.1.1 Konzentration und Reaktionsgeschwindigkeit 568
 - 13.1.2 Die momentane Geschwindigkeit von Reaktionen 572
 - 13.1.3 Geschwindigkeitsgesetze und Reaktionsordnung 573
- 13.2 Konzentration und Zeit 580
 - 13.2.1 Integriertes Geschwindigkeitsgesetz erster Ordnung 581
 - 13.2.2 Halbwertszeiten für Reaktionen erster Ordnung 585
 - 13.2.3 Integriertes Geschwindigkeitsgesetz zweiter Ordnung 587
- 13.3 Reaktionsmechanismen 588
 - 13.3.1 Elementarreaktionen 588
 - 13.3.2 Geschwindigkeitsgesetze von Elementarreaktionen 590
 - 13.3.3 Kettenreaktionen 595
 - 13.3.4 Reaktionsgeschwindigkeit und Gleichgewicht 597
- 13.4 Reaktionstheorien 598
 - 13.4.1 Der Einfluss der Temperatur 598
 - 13.4.2 Kinetische Stoßtheorie 603
 - 13.4.3 Die Theorie des aktivierten Komplexes 607
- 13.5 Die Beschleunigung von Reaktionen 609
 - 13.5.1 Katalyse 610
 - 13.5.2 Lebende Katalysatoren: Enzyme 614
 - Was Sie jetzt können sollten 616
 - Übungen 617
 - Weiterführende Übungen 622

14 Die Elemente: Die ersten vier Hauptgruppen 627

- 14.1 Periodische Tendenzen 628
 - 14.1.1 Atomeigenschaften 628
 - 14.1.2 Bindungstendenzen 630

14.2	Wasserstoff	633
14.2.1	Das Element	633
14.2.2	Verbindungen mit Wasserstoff	635
14.3	Gruppe 1: Die Alkalimetalle	636
14.3.1	Die Elemente der Gruppe 1	637
14.3.2	Chemische Eigenschaften der Alkalimetalle	638
14.3.3	Verbindungen von Lithium, Natrium und Kalium	640
14.4	Gruppe 2: Die Erdalkalimetalle	642
14.4.1	Die Elemente der Gruppe 2	642
14.4.2	Verbindungen von Beryllium und Magnesium	644
14.4.3	Verbindungen von Calcium	646
14.5	Gruppe 13/III: Die Borfamilie	648
14.5.1	Die Elemente der Gruppe 13/III	648
14.5.2	Oxide der Gruppe 13/III	650
14.5.3	Nitride und Halogenide	652
14.5.4	Borane, Borhydride und Boride	653
14.6	Gruppe 14/IV: Die Kohlenstoff-Familie	655
14.6.1	Die Elemente der Gruppe 14/IV	655
14.6.2	Die verschiedenen Formen von Kohlenstoff	656
14.6.3	Silicium, Germanium, Zinn und Blei	660
14.6.4	Oxide von Kohlenstoff	661
14.6.5	Oxide von Silicium: Die Silicate	664
14.6.6	Weitere wichtige Verbindungen der Gruppe 14/IV	667
14.7	Auswirkungen auf die Materialforschung	668
14.7.1	Gläser	668
14.7.2	Keramische Werkstoffe	669
	Was Sie jetzt können sollten	671
	Übungen	671
	Integrierte Übungen	674
15	Die Elemente: Die letzten vier Hauptgruppen	677
15.1	Gruppe 15/V: Die Stickstoff-Familie	678
15.1.1	Die Elemente der Gruppe 15/V	678
15.1.2	Verbindungen mit Wasserstoff und den Halogenen	681
15.1.3	Oxide und Oxosäuren von Stickstoff	683
15.1.4	Oxide und Oxosäuren von Phosphor	685
15.2	Gruppe 16/VI: Die Sauerstoff-Familie	688
15.2.1	Die Elemente der Gruppe 16/VI	688
15.2.2	Verbindungen mit Wasserstoff	691
15.2.3	Oxide und Oxosäuren von Schwefel	694
15.2.4	Schwefelhalogenide	696
15.3	Gruppe 17/VII: Die Halogene	696
15.3.1	Die Elemente der Gruppe 17/VII	697
15.3.2	Verbindungen der Halogene	699
15.4	Gruppe 18/VIII: Die Edelgase	702
15.4.1	Die Elemente der Gruppe 18/VIII	703
15.4.2	Verbindungen der Edelgase	704
15.5	Auswirkungen auf die Materialforschung	705
15.5.1	Weiche Werkstoffe: Kolloide, Gele und Biomaterialien	705
15.5.2	Phosphore und andere Leuchtstoffe	708
	Was Sie jetzt können sollten	710
	Übungen	710
	Weiterführende Übungen	712

16	Die Elemente: Der <i>d</i>-Block	715
16.1	Die <i>d</i> -Blockelemente und ihre Verbindungen	716
16.1.1	Trends der physikalischen Eigenschaften	716
16.1.2	Trends der chemischen Eigenschaften	718
16.2	Ausgewählte Elemente: Ein Überblick	721
16.2.1	Scandium bis Nickel	721
16.2.2	Die Gruppen 11 und 12	725
16.3	Koordinationsverbindungen	730
16.3.1	Koordinationskomplexe	732
16.3.2	Die dreidimensionale Struktur von Komplexen	735
16.3.3	Isomere	736
16.4	Die Elektronenstrukturen von Komplexen	742
16.4.1	Kristallfeldtheorie	742
16.4.2	Die spektrochemische Reihe	745
16.4.3	Die Farben von Komplexen	747
16.4.4	Magnetische Eigenschaften von Komplexen	748
16.4.5	Ligandenfeldtheorie	749
16.5	Auswirkungen auf die Materialforschung	752
16.5.1	Stahl	752
16.5.2	Nichteisenlegierungen	754
16.5.3	Magnetische Stoffe	754
	Was Sie jetzt können sollten	755
	Übungen	756
	Weiterführende Übungen	759
17	Kernchemie	761
17.1	Der nukleare Zerfall	761
17.1.1	Der Beweis des spontanen nuklearen Zerfalls	762
17.1.2	Kernreaktionen	764
17.1.3	Die Gesetzmäßigkeiten der Kernstabilität	766
17.1.4	Vorhersage der nuklearen Zerfallsart	768
17.1.5	Nukleosynthese	769
17.2	Radioaktive Strahlung	772
17.2.1	Biologische Wirkungen von Strahlung	773
17.2.2	Messung der Zerfallsgeschwindigkeit	774
17.2.3	Verwendung von Radioisotopen	779
17.3	Kernenergie	780
17.3.1	Masse-Energie-Umwandlung	780
17.3.2	Kernspaltung	783
17.3.3	Kernfusion	786
17.3.4	Chemie der Kernkraft	788
	Was Sie jetzt können sollten	789
	Übungen	789
	Weiterführende Übungen	792
18	Organische Chemie I: Die Kohlenwasserstoffe	795
18.1	Aliphatische Kohlenwasserstoffe	796
18.1.1	Arten aliphatischer Kohlenwasserstoffe	796
18.1.2	Isomere	801
18.1.3	Die Eigenschaften von Alkanen	804
18.1.4	Substitutionsreaktionen der Alkane	806
18.1.5	Die Eigenschaften von Alkenen	807
18.1.6	Die elektrophile Addition	809
18.2	Aromatische Verbindungen	810
18.2.1	Die Nomenklatur der Arene	811
18.2.2	Die elektrophile Substitution	811

18.3	Auswirkungen auf die Materialforschung: Brennstoffe	814
18.3.1	Benzin	815
18.3.2	Steinkohle	816
	Was Sie jetzt können sollten	817
	Übungen	817
	Weiterführende Übungen	820
	Wichtige Analyseverfahren 5	822
19	Organische Chemie II: Polymere und biologische Verbindungen	825
19.1	Wichtige funktionelle Gruppen	826
19.1.1	Halogenalkane	826
19.1.2	Alkohole	827
19.1.3	Ether	828
19.1.4	Phenole	828
19.1.5	Aldehyde und Ketone	829
19.1.6	Carbonsäuren	830
19.1.7	Ester	831
19.1.8	Amine, Aminosäuren und Amide	832
19.2	Auswirkungen auf die Materialforschung	835
19.2.1	Additionspolymerisation	835
19.2.2	Kondensationspolymerisation	838
19.2.3	Copolymere und Verbundwerkstoffe	841
19.2.4	Physikalische Eigenschaften von Polymeren	842
19.3	Auswirkungen auf die biologische Forschung	844
19.3.1	Proteine	844
19.3.2	Kohlenhydrate	848
19.3.3	Nucleinsäuren	850
	Was Sie jetzt können sollten	852
	Übungen	853
	Weiterführende Übungen	854
	Wichtige Analyseverfahren 5	858
	Anhang 1	861
	Anhang 2	875
	Anhang 3	893
	Glossar	895
	Antworten Lerntests	929
	Antworten Übungen	938
	Bildnachweis	977
	Sachregister	979