

Titel der Originalausgabe: Organic Chemistry,
Structure and Function, Fourth Edition; erschienen
im Verlag W. H. FREEMAN AND COMPANY;
New York and Basingstoke
Copyright 2003 by W. H. Freeman and Company
Alle Rechte vorbehalten

First published in the United States
by
W. H. FREEMAN AND COMPANY; New York and
Basingstoke
Copyright 2003 by W. H. Freeman and Company
All rights reserved.

Autoren:

Prof. Dr. K. Peter C. Vollhardt
Dept. of Chemistry
University of California, Berkeley
Berkeley, CA 94720
USA

Prof. Dr. Neil E. Schore
Dept. of Chemistry
University of California, Davis
Davis, CA 95616
USA

Übersetzungs-Herausgeber:

Prof. Dr. Holger Butenschön
Institut für Organische Chemie
der Universität Hannover
Schneiderberg 1B
30167 Hannover

Übersetzer:

Dr. Barbara Elvers, Dipl.-Chem. Sylvia Feil,
Dr. Arne Lüchow, Dipl.-Chem. Andrea Kohlmann,
Dipl.-Chem. Robert Pfeifer, Dr. Kathrin-M. Roy

1. Auflage 1988
 2. Auflage 1995
 3. Auflage 2000
 4. Auflage 2005
- 1., korrigierter Nachdruck 2007

Alle Bücher von Wiley-VCH werden sorgfältig erar-
beitet. Dennoch übernehmen Autoren, Herausgeber
und Verlag in keinem Fall, einschließlich des vor-
liegenden Werkes, für die Richtigkeit von Angaben,
Hinweisen und Ratschlägen sowie für eventuelle
Druckfehler irgendeine Haftung.

**Bibliografische Information
der Deutschen Nationalbibliothek**

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese
Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie;
detaillierte bibliografische Daten sind im Internet
über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

© 2005 WILEY-VCH GmbH & Co. KGaA, Weinheim

Alle Rechte, insbesondere die der Übersetzung in
andere Sprachen vorbehalten. Kein Teil dieses
Buches darf ohne schriftliche Genehmigung des
Verlages in irgendeiner Form – durch Photokopie,
Mikroverfilmung oder irgendein anderes Verfahren
– reproduziert oder in eine von Maschinen, ins-
besondere von Datenverarbeitungsmaschinen,
verwendbare Sprache übertragen oder übersetzt
werden.

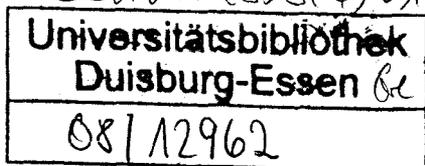
Printed in India
Gedruckt auf säurefreiem Papier

Titelbild 4t Werbeagentur GmbH, Darmstadt
Satz Hagedorn Kommunikation, Viernheim
Druck und Bindung Replika Press Pvt. Ltd.,
Haryana

ISBN-13: 978-3-527-31380-8

ISBN-10: 3-527-31380-X

3300772553(4)-1+60



| Inhaltsverzeichnis

Leitfaden für den Benutzer XV

Aus den Vorworten des Übersetzungs-Herausgebers
zu vorangegangenen Auflagen XXIV

Vorwort des Übersetzungs-Herausgebers
zur vierten deutschen Auflage XXVI

Danksagung der Autoren XXVII

- 1 Struktur und Bindung organischer Moleküle 1**
- 1.1 Das Gebiet der organischen Chemie: Ein Überblick 1
- 1.2 Coulomb-Kräfte: Eine vereinfachte Betrachtung der Bindung 5
- 1.3 Ionische und kovalente Bindung: Die Oktettregel 7
- 1.4 Elektronen-Punkt-Darstellung von Bindungen: Lewis-Formeln 9
- 1.5 Resonanzformeln 16
- 1.6 Das quantenmechanische Atommodell: Atomorbitale 20
- 1.7 Kovalente Bindung durch Überlappung von Atomorbitalen:
Molekülorbitale 26
- 1.8 Bindungen in komplizierten Molekülen: Hybridorbitale 29
- 1.9 Zusammensetzung, Struktur und Formeln organischer Moleküle 34
- Verständnisübungen 39
- Wichtige Konzepte 43
- Aufgaben 44
- Gruppenübung 49
- 2 Struktur und Reaktivität: Säuren und Basen, polare und unpolare Moleküle 51**
- 2.1 Kinetik und Thermodynamik einfacher Reaktionen 51
- 2.2 Säuren und Basen; Elektrophile und Nucleophile 58
- 2.3 Funktionelle Gruppen: Zentren der Reaktivität 66
- 2.4 Unverzweigte und verzweigte Alkane 70
- 2.5 Die systematische Nomenklatur der Alkane 72
- 2.6 Struktur und physikalische Eigenschaften der Alkane 78
- 2.7 Rotation um Einfachbindungen: Konformationen 82
- 2.8 Rotation in substituierten Ethanen 85
- Verständnisübungen 90
- Wichtige Konzepte 94
- Aufgaben 95
- Gruppenübung 101
- 3 Die Reaktionen der Alkane 103**
- Bindungsdissoziationsenergien, radikalische Halogenierung
und relative Reaktivität
- 3.1 Die Stärke der Bindungen in Alkanen: Radikale 103
- 3.2 Struktur von Alkylradikalen: Hyperkonjugation 106
- 3.3 Erdöl und das Cracken von Kohlenwasserstoffen: Pyrolyse 108
- 3.4 Die Chlorierung von Methan: Der Radikalkettenmechanismus 111

Inhaltsverzeichnis

3.5	Andere radikalische Halogenierungen von Methan	117
3.6	Die Chlorierung höherer Alkane: Relative Reaktivität und Selektivität	119
3.7	Die Selektivität der Halogenierung von Alkanen mit Fluor und Brom	124
3.8	Synthetische Bedeutung der radikalischen Halogenierung	126
3.9	Synthetische Chlorverbindungen und die stratosphärische Ozonschicht	128
3.10	Verbrennung und die relativen Stabilitäten der Alkane	131
	Verständnisübungen	137
	Wichtige Konzepte	139
	Aufgaben	140
	Gruppenübung	144
4	Cyclische Alkane	145
4.1	Namen und physikalische Eigenschaften der Cycloalkane	145
4.2	Ringspannung und die Struktur der Cycloalkane	148
4.3	Cyclohexan, ein spannungsfreies Cycloalkan	153
4.4	Substituierte Cyclohexane	158
4.5	Höhere Cycloalkane	163
4.6	Polycyclische Alkane	164
4.7	Carbocyclische Naturstoffe	167
	Verständnisübungen	173
	Wichtige Konzepte	177
	Aufgaben	178
	Gruppenübung	186
5	Stereoisomerie	187
5.1	Chirale Moleküle	189
5.2	Optische Aktivität	193
5.3	Absolute Konfiguration: Die R-S-Sequenzregeln	197
5.4	Fischer-Projektionen	202
5.5	Moleküle mit mehreren Chiralitätszentren: Diastereomere	206
5.6	meso-Verbindungen	210
5.7	Stereochemie bei chemischen Reaktionen	213
5.8	Trennung von Enantiomeren	220
	Verständnisübungen	225
	Wichtige Konzepte	227
	Aufgaben	228
	Gruppenübung	238
6	Eigenschaften und Reaktionen der Halogenalkane	239
	Bimolekulare nucleophile Substitution	
6.1	Physikalische Eigenschaften der Halogenalkane	239
6.2	Nucleophile Substitution	241
6.3	Reaktionsmechanismen mit polaren Gruppen: Verschieben von Elektronenpaaren	245
6.4	Ein erster Blick auf den Mechanismus der nucleophilen Substitution: Die Kinetik	247
6.5	Vorderseiten- oder Rückseitenangriff? Die Stereochemie der S _N 2-Reaktion	250
6.6	Die Folgen der Inversion bei S _N 2-Reaktionen	253
6.7	Struktur und S _N 2-Reaktivität: Die Abgangsgruppe	255
6.8	Struktur und S _N 2-Reaktivität: Die Nucleophilie	259
6.9	Struktur und S _N 2-Reaktivität: Das Substrat	267
	Verständnisübungen	273
	Wichtige Konzepte	274
	Aufgaben	275
	Gruppenübung	281

- 7 Weitere Reaktionen der Halogenalkane 283**
 - Unimolekulare Substitution und Eliminierungen
 - 7.1 Solvolyse tertiärer und sekundärer Halogenalkane 283
 - 7.2 Unimolekulare nucleophile Substitution 284
 - 7.3 Stereochemische Konsequenzen der S_N1 -Reaktion 288
 - 7.4 Einflüsse des Lösungsmittels, der Abgangsgruppe und des Nucleophils auf die unimolekulare Substitution 290
 - 7.5 Der Einfluß der Substratstruktur auf die Geschwindigkeit der S_N1 -Reaktion:
Die Stabilität von Carbenium-Ionen 293
 - 7.6 Unimolekulare Eliminierung: E1 296
 - 7.7 Bimolekulare Eliminierung: E2 299
 - 7.8 Konkurrenz zwischen Substitution und Eliminierung 304
 - 7.9 Zusammenfassung der Reaktivität von Halogenalkanen 308
 - Verständnisübungen 310
 - Neue Reaktionen 313
 - Wichtige Konzepte 314
 - Aufgaben 314
 - Gruppenübung 324

- 8 Die Hydroxygruppe: Alkohole 325**
 - Eigenschaften, Darstellung und Synthesestrategie
 - 8.1 Nomenklatur der Alkohole 326
 - 8.2 Struktur und physikalische Eigenschaften der Alkohole 328
 - 8.3 Alkohole als Säuren und Basen 331
 - 8.4 Technische Alkoholsynthesen mit Kohlenmonoxid und Ethen 334
 - 8.5 Alkoholsynthese durch nucleophile Substitution 336
 - 8.6 Synthese von Alkoholen: Die Redox-Beziehung zwischen Alkoholen und Carbonylverbindungen 338
 - 8.7 Metallorganische Verbindungen: Reagenzien mit nucleophilen Kohlenstoffatomen in der Synthese von Alkoholen 346
 - 8.8 Metallorganische Reagenzien in der Alkoholsynthese 351
 - 8.9 Komplizierte Alkohole: Eine Einführung in die Synthesestrategie 354
 - Verständnisübungen 363
 - Neue Reaktionen 367
 - Wichtige Konzepte 372
 - Aufgaben 372
 - Gruppenübung 380

- 9 Weitere Reaktionen der Alkohole und die Chemie der Ether 381**
 - 9.1 Reaktionen von Alkoholen mit Basen: Die Darstellung von Alkoxiden 382
 - 9.2 Reaktionen von Alkoholen mit starken Säuren: Alkyloxonium-Ionen in Substitutions- und Eliminierungsreaktionen von Alkoholen 384
 - 9.3 Umlagerungen von Carbenium-Ionen 386
 - 9.4 Organische und anorganische Ester aus Alkoholen 392
 - 9.5 Nomenklatur und physikalische Eigenschaften von Ethern 397
 - 9.6 Die Williamson-Ethersynthese 401
 - 9.7 Ether aus Alkoholen und Mineralsäuren 406
 - 9.8 Reaktionen der Ether 407
 - 9.9 Reaktionen von Oxacyclopropanen 410
 - 9.10 Schwefelanaloga der Alkohole und Ether 415
 - 9.11 Physiologische Eigenschaften und Verwendungszwecke einiger Alkohole und Ether 419
 - Verständnisübungen 424
 - Neue Reaktionen 427
 - Wichtige Konzepte 432
 - Aufgaben 432
 - Gruppenübung 442

10	NMR-Spektroskopie zur Strukturaufklärung	443
10.1	Physikalische Meßmethoden und chemische Nachweise	444
10.2	Was ist Spektroskopie?	444
10.3	Protonen-Kernresonanz ($^1\text{H-NMR}$)	447
10.4	Anwendung der NMR-Spektren zur Analyse der Konstitution von Molekülen: Die chemische Verschiebung von Protonen	453
10.5	Chemisch äquivalente Wasserstoffatome haben dieselbe chemische Verschiebung	458
10.6	Integration	464
10.7	Spin-Spin-Kopplung: Die gegenseitige Beeinflussung nichtäquivalenter Wasserstoffatome	466
10.8	Kompliziertere Spin-Spin-Kopplungen	475
10.9	$^{13}\text{C-NMR-Spektroskopie}$	481
	Verständnisübungen	492
	Wichtige Konzepte	496
	Aufgaben	498
11	Alkene und Infrarot-Spektroskopie	509
11.1	Die Nomenklatur der Alkene	509
11.2	Struktur und Bindung in Ethen: Die π -Bindung	513
11.3	Physikalische Eigenschaften der Alkene	517
11.4	NMR-Spektroskopie von Alkenen	518
11.5	Infrarot-Spektroskopie: Eine Methode zur Identifizierung funktioneller Gruppen	524
11.6	Der Grad der Ungesättigkeit: Eine weitere Hilfe zur Identifizierung von Verbindungen	529
11.7	Katalytische Hydrierung von Alkenen: Die relative Stabilität von Doppelbindungen	532
11.8	Darstellung von Alkenen aus Halogenalkanen und Alkylsulfonaten: Anwendung bimolekularer Eliminierungen	535
11.9	Darstellung von Alkenen durch Dehydratisierung von Alkoholen	540
	Verständnisübungen	543
	Neue Reaktionen	546
	Wichtige Konzepte	548
	Aufgaben	549
	Gruppenübung	560
12	Die Reaktionen der Alkene	561
12.1	Warum Additionsreaktionen stattfinden können: Thermodynamische Aspekte	561
12.2	Die katalytische Hydrierung von Alkenen	563
12.3	Der nucleophile Charakter der π -Bindung: Elektrophile Addition von Halogenwasserstoffen	566
12.4	Alkoholsynthese durch elektrophile Hydratisierung: Thermodynamische Reaktionskontrolle	571
12.5	Elektrophile Addition von Halogenen an Alkene	573
12.6	Die Verallgemeinerung der elektrophilen Addition	576
12.7	Oxymercurierung-Demercurierung: Eine spezielle elektrophile Addition	580
12.8	Regioselektive und stereospezifische Funktionalisierung von Alkenen durch Hydroborierung	583
12.9	Diazomethan, Carbene und Cyclopropan-Synthesen	586
12.10	Oxacyclopropan-Synthese: Die Epoxidation mit Peroxycarbonsäuren	589
12.11	Synthese vicinaler <i>syn</i> -Diole durch Oxidation mit Osmiumtetroxid	591
12.12	Oxidative Spaltung: Ozonolyse	594

- 12.13 Addition von Radikalen an Alkene:
Bildung von anti-Markovnikov-Produkten 596
- 12.14 Dimerisierung, Oligomerisierung und Polymerisation von Alkenen 599
- 12.15 Synthese von Polymeren 600
- 12.16 Ethen: Ein wichtiger industrieller Rohstoff 605
- 12.17 Alkene in der Natur: Insekten-Pheromone 608
 - Verständnisübungen 609
 - Neue Reaktionen 613
 - Wichtige Konzepte 617
 - Aufgaben 620
 - Gruppenübung 630

- 13 Alkine 631**
 - Die Kohlenstoff-Kohlenstoff-Dreifachbindung
 - 13.1 Die Nomenklatur der Alkine 631
 - 13.2 Eigenschaften und Bindung der Alkine 633
 - 13.3 Spektroskopie der Alkine 639
 - 13.4 Darstellung von Alkinen durch doppelte Eliminierung 643
 - 13.5 Darstellung der Alkine durch Alkylierung von Alkynyl-Anionen 645
 - 13.6 Reduktion der Alkine: Die relative Reaktivität der beiden π -Bindungen 647
 - 13.7 Elektrophile Additionsreaktionen der Alkine 651
 - 13.8 Anti-Markovnikov-Additionen an Dreifachbindungen 655
 - 13.9 Die Chemie der Alkenylhalogenide 657
 - 13.10 Ethin als industrielles Ausgangsmaterial 658
 - 13.11 Natürlich vorkommende und physiologisch aktive Alkine 661
 - Verständnisübungen 663
 - Neue Reaktionen 666
 - Wichtige Konzepte 669
 - Aufgaben 671
 - Gruppenübung 678

- 14 Delokalisierte π -Systeme und ihre Untersuchung durch UV-VIS-Spektroskopie 681**
 - 14.1 Überlappung von drei benachbarten p -Orbitalen:
Elektronendelokalisation im Allylsystem (2-Propenyl-System) 682
 - 14.2 Radikalische Halogenierung in Allylstellung 686
 - 14.3 Nucleophile Substitution an Allylhalogeniden: S_N1 und S_N2 688
 - 14.4 Allylmetall-Reagenzien: Wertvolle C_3 -Nucleophile 690
 - 14.5 Zwei benachbarte Doppelbindungen: Konjugierte Diene 692
 - 14.6 Elektrophiler Angriff auf konjugierte Diene:
Kinetische und thermodynamische Reaktionskontrolle 696
 - 14.7 Delokalisation über mehr als zwei π -Bindungen:
Ausgedehnte Konjugation und Benzol 700
 - 14.8 Eine besondere Reaktion konjugierter Diene:
Die Diels-Alder-Cycloaddition 703
 - 14.9 Elektrocyclische Reaktionen 712
 - 14.10 Polymerisation konjugierter Diene: Kautschuk 720
 - 14.11 Elektronenspektren:
Spektroskopie im ultravioletten und im sichtbaren Bereich 725

Inhaltsverzeichnis

	Verständnisübungen	730
	Neue Reaktionen	734
	Wichtige Konzepte	736
	Aufgaben	737
	Gruppenübung	743
	Zwischenspiel	744
	Zusammenfassung Organischer Reaktionsmechanismen	
15	Benzol und Aromatizität	749
	Elektrophile aromatische Substitution	
15.1	Die systematische Benennung von Benzolderivaten	751
15.2	Struktur und Resonanzenergie von Benzol: Ein erster Blick auf die Aromatizität	753
15.3	π -Molekülorbitale des Benzols	756
15.4	Die spektroskopischen Eigenschaften von Benzol	759
15.5	Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe	764
15.6	Andere cyclische Polyene: Die Hückel-Regel	771
15.7	Die Hückel-Regel und geladene Moleküle	776
15.8	Synthese von Benzolderivaten: Elektrophile aromatische Substitution	779
15.9	Die Halogenierung von Benzol erfordert einen Katalysator	781
15.10	Nitrierung und Sulfonierung von Benzol	783
15.11	Die Friedel-Crafts-Alkylierung	787
15.12	Grenzen der Friedel-Crafts-Alkylierung	789
15.13	Friedel-Crafts-Alkanoylierungen(-Acylierungen)	792
	Verständnisübungen	796
	Neue Reaktionen	800
	Wichtige Konzepte	802
	Aufgaben	803
	Gruppenübung	810
16	Elektrophiler Angriff auf Benzolderivate	811
	Substituenten kontrollieren die Regioselektivität	
16.1	Aktivierung und Desaktivierung des Benzolrings	812
16.2	Dirigierender induktiver Effekt von Alkylgruppen	814
16.3	Dirigierende Wirkung von Substituenten, die in Resonanz zum Benzolring treten	818
16.4	Elektrophiler Angriff auf disubstituierte Benzole	826
16.5	Synthesestrategien für substituierte Benzole	830
16.6	Reaktivität mehrkerniger benzoider Kohlenwasserstoffe	835
16.7	Mehrkernige aromatische Kohlenwasserstoffe und Krebs	839
	Verständnisübungen	842
	Neue Reaktionen	846
	Wichtige Konzepte	848
	Aufgaben	848
	Gruppenübung	856
17	Aldehyde und Ketone: Die Carbonylgruppe	857
17.1	Nomenklatur der Aldehyde und Ketone	857
17.2	Die Struktur der Carbonylgruppe	860
17.3	Spektroskopische Eigenschaften von Aldehyden und Ketonen	862
17.4	Die Darstellung von Aldehyden und Ketonen	865
17.5	Die Reaktivität der Carbonylgruppe: Additionsmechanismen	868
17.6	Die Addition von Wasser zu Hydraten	871
17.7	Die Addition von Alkoholen zu Halbacetalen und Acetalen	873
17.8	Acetale als Schutzgruppen	875

- 17.9 Nucleophile Addition von Ammoniak und seinen Derivaten 878
- 17.10 Desoxygenierung der Carbonylgruppe 883
- 17.11 Die Addition von Cyanwasserstoff zu Cyanhydrinen 887
- 17.12 Die Addition von Phosphor-Yliden: Die Wittig-Reaktion 888
- 17.13 Die Oxidation mit Peroxycarbonsäuren: Die Baeyer-Villiger-Oxidation 893
- 17.14 Oxidative chemische Nachweise für Aldehyde 894
 - Verständnisübungen 895
 - Neue Reaktionen 898
 - Wichtige Konzepte 906
 - Aufgaben 906
 - Gruppenübung 914

- 18 Enole und Enone 915**
 - α,β -ungesättigte Alkohole, Aldehyde und Ketone
 - 18.1 Die Acidität von Aldehyden und Ketonen: Enolat-Ionen 916
 - 18.2 Keto-Enol-Gleichgewichte 918
 - 18.3 Halogenierung von Aldehyden und Ketonen 921
 - 18.4 Die Alkylierung von Aldehyden und Ketonen 924
 - 18.5 Angriff von Enolaten auf Carbonylgruppen:
 - Aldoladdition und Aldolkondensation 927
 - 18.6 Die gekreuzte Aldolkondensation 932
 - 18.7 Die intramolekulare Aldolkondensation 934
 - 18.8 Eigenschaften α,β -ungesättigter Aldehyde und Ketone 937
 - 18.9 Konjugierte Additionen an α,β -ungesättigte Aldehyde und Ketone 939
 - 18.10 1,2- und 1,4-Additionen metallorganischer Reagenzien 941
 - 18.11 Konjugierte Additionen von Enolat-Ionen:
 - Die Michael-Addition und die Robinson-Anellierung 944
 - Verständnisübungen 947
 - Neue Reaktionen 950
 - Wichtige Konzepte 954
 - Aufgaben 954
 - Gruppenübung 966

- 19 Carbonsäuren 967**
 - 19.1 Die Nomenklatur der Carbonsäuren 968
 - 19.2 Struktur und physikalische Eigenschaften der Carbonsäuren 970
 - 19.3 NMR- und IR-Spektroskopie von Carbonsäuren 972
 - 19.4 Acidität und Basizität von Carbonsäuren 974
 - 19.5 Die Synthese von Carbonsäuren in der Industrie 978
 - 19.6 Methoden zur Erzeugung der Carboxygruppe 979
 - 19.7 Substitution am Carboxy-Kohlenstoffatom:
 - Der Additions-Eliminierungs-Mechanismus 983
 - 19.8 Carbonsäurederivate:
 - Alkanoyl-(Acyl-)halogenide und Anhydride 987
 - 19.9 Carbonsäurederivate: Ester 989
 - 19.10 Carbonsäurederivate: Amide 993
 - 19.11 Reduktion von Carbonsäuren mit Lithiumaluminiumhydrid 995
 - 19.12 Substitution in Nachbarstellung zur Carboxygruppe:
 - Die Hell-Volhard-Zelinsky-Reaktion 996
 - 19.13 Die Biologische Aktivität von Carbonsäuren 998
 - Verständnisübungen 1005
 - Neue Reaktionen 1009
 - Wichtige Konzepte 1014
 - Aufgaben 1014
 - Gruppenübung 1025

20	Derivate von Carbonsäuren und Massenspektrometrie	1027
20.1	Relative Reaktivitäten, Strukturen und Spektren der Carbonsäurederivate	1027
20.2	Die Chemie der Alkanoylhalogenide	1032
20.3	Die Chemie der Carbonsäureanhydride	1037
20.4	Die Chemie der Ester	1039
20.5	Ester in der Natur: Wachse, Fette, Öle und Lipide	1047
20.6	Amide: Die am wenigsten reaktiven Carbonsäurederivate	1049
20.7	Amidate und ihre Halogenierung: Die Hofmann-Umlagerung	1055
20.8	Eine besondere Klasse von Carbonsäurederivaten: Nitrile	1058
20.9	Bestimmung der molaren Masse organischer Verbindungen: Massenspektrometrie	1062
20.10	Die Fragmentierungsmuster organischer Moleküle	1068
20.11	Hochauflösende Massenspektrometrie	1075
	Verständnisübungen	1078
	Neue Reaktionen	1081
	Wichtige Konzepte	1087
	Aufgaben	1088
	Gruppenübung	1097
21	Amine und ihre Derivate	1099
	Stickstoffhaltige funktionelle Gruppen	
21.1	Nomenklatur der Amine	1099
21.2	Strukturelle und physikalische Eigenschaften der Amine	1103
21.3	Spektroskopie der Aminogruppe	1105
21.4	Acidität und Basizität von Aminen	1109
21.5	Synthese von Aminen durch Alkylierung	1112
21.6	Synthese von Aminen durch reduktive Aminierung	1116
21.7	Synthese von Aminen aus Carbonsäurederivaten	1119
21.8	Quartäre Ammoniumsalze: Hofmann-Eliminierung	1120
21.9	Mannich-Reaktion: Die Alkylierung von Enolen durch Iminium-Ionen	1122
21.10	Oxidation und Nitrosierung von Aminen: Aminoxide, N-Nitrosamine und Diazonium-Ionen	1125
	Verständnisübungen	1132
	Neue Reaktionen	1136
	Wichtige Konzepte	1139
	Aufgaben	1142
	Gruppenübung	1150
22	Chemie der Substituenten am Benzolring	1151
22.1	Reaktivität des Phenylmethyl-(Benzyl-) Kohlenstoffatoms: Resonanzstabilisierung der Benzylgruppe	1151
22.2	Oxidation und Reduktion von Benzol und seinen Derivaten	1156
22.3	Namen und Eigenschaften der Phenole	1161
22.4	Darstellung von Phenolen: Nucleophile aromatische Substitution	1164
22.5	Die Alkoholchemie der Phenole	1174
22.6	Elektrophile Substitution an Phenolen	1177
22.7	Eine electrocyclische Reaktion des Benzolringes: Die Claisen-Umlagerung	1180
22.8	Oxidation der Phenole: Cyclohexandiendione (Benzochinone)	1183
22.9	Oxidations-Reduktions-Prozesse in der Natur	1186
22.10	Arendiazoniumsalze	1191
22.11	Elektrophile Substitution durch Arendiazoniumsalze: Azokupplung	1194

- Verständnisübungen 1196
- Neue Reaktionen 1199
- Wichtige Konzepte 1206
- Aufgaben 1206
- Gruppenübung 1215

- 23 β -Dicarbonylverbindungen und Acylanion-Äquivalente 1217**
- 23.1 β -Dicarbonylverbindungen: Die Claisen-Kondensation 1218
- 23.2 β -Dicarbonylverbindungen als synthetische Zwischenstufen 1225
- 23.3 Reaktionen von β -Dicarbonyl-Anionen:
Die Knoevenagel-Kondensation und die Michael-Addition 1230
- 23.4 Synthese von α -Hydroxyketonen: Acyloinkondensation,
Benzoinkondensation und Acylanion-Äquivalente 1232
- Verständnisübungen 1243
- Neue Reaktionen 1247
- Wichtige Konzepte 1249
- Aufgaben 1250
- Gruppenübung 1256

- 24 Kohlenhydrate 1257**
- Polyfunktionelle Naturstoffe
- 24.1 Die Namen und Formeln der Kohlenhydrate 1257
- 24.2 Konformationen und cyclische Formen von Zuckern 1263
- 24.3 Anomere einfacher Zucker: Mutarotation der Glucose 1267
- 24.4 Polyfunktionelle Chemie der Zucker: Oxidation zu Carbonsäuren 1269
- 24.5 Oxidative Spaltung von Zuckern 1271
- 24.6 Reduktion von Monosacchariden zu Alditolen 1273
- 24.7 Kondensationsreaktionen von Carbonylgruppen mit Aminderivaten 1274
- 24.8 Bildung von Estern und Ethern: Glycoside 1275
- 24.9 Stufenweiser Auf- und Abbau von Zuckern 1279
- 24.10 Relative Konfiguration der Aldosen:
Eine Übung zur Strukturbestimmung 1283
- 24.11 Komplexe Zucker in der Natur: Disaccharide 1287
- 24.12 Polysaccharide und andere Zucker in der Natur 1292
- Verständnisübung 1299
- Neue Reaktionen 1302
- Wichtige Konzepte 1306
- Aufgaben 1307
- Gruppenübung 1314

- 25 Heterocyclen 1315**
- Heteroatome in cyclischen organischen Verbindungen
- 25.1 Die Nomenklatur der Heterocyclen 1318
- 25.2 Nichtaromatische Heterocyclen 1319
- 25.3 Struktur und Eigenschaften aromatischer Heterocyclopentadiene 1328
- 25.4 Reaktionen der aromatischen Heterocyclopentadiene 1331
- 25.5 Struktur und Darstellung von Pyridin, einem Azabenzol 1336
- 25.6 Reaktionen des Pyridins 1339
- 25.7 Chinolin und Isochinolin: Die Benzpyridine 1343
- 25.8 Alkaloide: Physiologisch wirksame Heterocyclen in der Natur 1346
- Verständnisübungen 1350
- Neue Reaktionen 1355
- Wichtige Konzepte 1359
- Aufgaben 1360
- Gruppenübung 1369

Inhaltsverzeichnis

26	Aminosäuren, Peptide und Proteine	1371
	Stickstoffhaltige natürliche Monomere und Polymere	
26.1	Konstitutionen und Eigenschaften der Aminosäuren	1372
26.2	Synthese von Aminosäuren:	
	Eine Kombination aus Amin- und Carbonsäurechemie	1378
26.3	Synthese enantiomerenreiner Aminosäuren	1381
26.4	Peptide und Proteine: Oligomere und Polymere von Aminosäuren	1384
26.5	Bestimmung der Primärstruktur von Polypeptiden: Sequenzanalyse	1393
26.6	Synthese von Polypeptiden:	
	Eine Herausforderung für die Schutzgruppenchemie	1399
26.7	Die Merrifield-Festphasen-Peptidsynthese	1402
26.8	Polypeptide in der Natur:	
	Sauerstofftransport durch die Proteine Myoglobin und Hämoglobin	1404
26.9	Die Biosynthese der Proteine: Nucleinsäuren	1406
26.10	Proteinsynthese über die RNA	1412
26.11	DNA-Sequenzierung und -Synthese: Ecksteine der Gentechnologie	1414
	Verständnisübungen	1420
	Neue Reaktionen	1424
	Wichtige Konzepte	1427
	Aufgaben	1427
	Gruppenübung	1434
	Lösungen zu den Übungen	1435
	Bildnachweis	1497
	Sachregister	1499