

# Inhaltsverzeichnis

Leitfaden für den Benutzer XV

Vorwort des Übersetzungsherausgebers zur fünften deutschen Auflage XXI

Aus Vorworten des Übersetzungsherausgebers zu vorhergehenden Auflagen  
XXIII

Danksagung der Autoren XXV

Online-Unterstützung und Zusatzmaterial für Studenten und Dozenten XXVI

- 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 Bindungen: Die Oktettregel 7
  - 1.4 Elektronen-Punkt-Darstellung von Bindungen: Lewis-Formeln 14
  - 1.5 Resonanzformeln 19
  - 1.6 Atomorbitale: Das quantenmechanische Atommodell 24
  - 1.7 Molekülorbitale und kovalente Bindung 31
  - 1.8 Hybridorbitale: Bindungen in komplizierten Molekülen 34
  - 1.9 Strukturen und Formeln organischer Moleküle 40
    - Verständnisübungen 44
    - Wichtige Konzepte 47
    - Aufgaben 49
    - Gruppenübung 53
  
- 2 Struktur und Reaktivität: Säuren und Basen, polare und unpolare Moleküle 55**
  - 2.1 Kinetik und Thermodynamik einfacher chemischer Reaktionen 55
  - 2.2 Säuren und Basen; Elektrophile und Nucleophile; gebogene Pfeile zur Beschreibung der Elektronenverschiebung 63
  - 2.3 Funktionelle Gruppen: Zentren der Reaktivität 73
  - 2.4 Unverzweigte und verzweigte Alkane 77
  - 2.5 Die Nomenklatur der Alkane 78
  - 2.6 Struktur und physikalische Eigenschaften der Alkane 84
  - 2.7 Rotation um Einfachbindungen: Konformationen 87
  - 2.8 Rotation in substituierten Ethanen 91
    - Verständnisübungen 96
    - Wichtige Konzepte 99
    - Aufgaben 100
    - Gruppenübung 105

# Inhaltsverzeichnis

Leitfaden für den Benutzer XV

Vorwort des Übersetzungsherausgebers zur fünften deutschen Auflage XXI

Aus Vorworten des Übersetzungsherausgebers zu vorhergehenden Auflagen  
XXIII

Danksagung der Autoren XXV

Online-Unterstützung und Zusatzmaterial für Studenten und Dozenten XXVI

- 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 Bindungen: Die Oktettregel 7
  - 1.4 Elektronen-Punkt-Darstellung von Bindungen: Lewis-Formeln 14
  - 1.5 Resonanzformeln 19
  - 1.6 Atomorbitale: Das quantenmechanische Atommodell 24
  - 1.7 Molekülorbitale und kovalente Bindung 31
  - 1.8 Hybridorbitale: Bindungen in komplizierten Molekülen 34
  - 1.9 Strukturen und Formeln organischer Moleküle 40
    - Verständnisübungen 44
    - Wichtige Konzepte 47
    - Aufgaben 49
    - Gruppenübung 53
  
- 2 Struktur und Reaktivität: Säuren und Basen, polare und unpolare Moleküle 55**
  - 2.1 Kinetik und Thermodynamik einfacher chemischer Reaktionen 55
  - 2.2 Säuren und Basen; Elektrophile und Nucleophile; gebogene Pfeile zur Beschreibung der Elektronenverschiebung 63
  - 2.3 Funktionelle Gruppen: Zentren der Reaktivität 73
  - 2.4 Unverzweigte und verzweigte Alkane 77
  - 2.5 Die Nomenklatur der Alkane 78
  - 2.6 Struktur und physikalische Eigenschaften der Alkane 84
  - 2.7 Rotation um Einfachbindungen: Konformationen 87
  - 2.8 Rotation in substituierten Ethanen 91
    - Verständnisübungen 96
    - Wichtige Konzepte 99
    - Aufgaben 100
    - Gruppenübung 105

<b>3</b>	<b>Die Reaktionen der Alkane</b>	107
3.1	Die Stärke der Bindungen in Alkanen: Radikale	107
3.2	Struktur von Alkylradikalen: Hyperkonjugation	111
3.3	Die Umwandlung von Erdöl: Pyrolyse	112
3.4	Die Chlorierung von Methan: Der Radikalkettenmechanismus	115
3.5	Andere radikalische Halogenierungen von Methan	122
3.6	Die Chlorierung höherer Alkane: Relative Reaktivität und Selektivität	124
3.7	Die Selektivität der radikalischen Halogenierung mit Fluor und Brom	128
3.8	Synthetische Bedeutung der radikalischen Halogenierung	129
3.9	Synthetische Chlorverbindungen und die stratosphärische Ozonschicht	132
3.10	Verbrennung und die relativen Stabilitäten der Alkane	135
	Verständnisübungen	138
	Wichtige Konzepte	140
	Aufgaben	142
	Gruppenübung	145
<b>4</b>	<b>Cycloalkane</b>	147
4.1	Namen und physikalische Eigenschaften der Cycloalkane	147
4.2	Ringspannung und die Struktur der Cycloalkane	151
4.3	Cyclohexan, ein spannungsfreies Cycloalkan	156
4.4	Substituierte Cyclohexane	161
4.5	Höhere Cycloalkane	166
4.6	Polycyclische Alkane	166
4.7	Carbocyclische Naturstoffe	169
	Verständnisübungen	177
	Wichtige Konzepte	180
	Aufgaben	181
	Gruppenübung	187
<b>5</b>	<b>Stereoisomere</b>	189
5.1	Chirale Moleküle	191
5.2	Optische Aktivität	194
5.3	Absolute Konfiguration: Die R-S-Sequenzregeln	198
5.4	Fischer-Projektionen	203
5.5	Moleküle mit mehreren Chiralitätszentren: Diastereomere	208
5.6	meso-Verbindungen	211
5.7	Stereochemie in chemischen Reaktionen	214
5.8	Racematspaltung: Trennung von Enantiomeren	222
	Verständnisübungen	226
	Wichtige Konzepte	228
	Aufgaben	229
	Gruppenübung	236
<b>6</b>	<b>Eigenschaften und Reaktionen der Halogenalkane</b>	237
6.1	Physikalische Eigenschaften der Halogenalkane	237
6.2	Nucleophile Substitution	240
6.3	Reaktionsmechanismen mit polaren Gruppen: Verschieben von Elektronenpaaren	243
6.4	Eine genauere Betrachtung des Mechanismus der nucleophilen Substitution: Die Kinetik	245
6.5	Vorderseiten- oder Rückseitenangriff? Die Stereochemie der SN <sub>2</sub> -Reaktion	249
6.6	Die Folgen der Inversion bei SN <sub>2</sub> -Reaktionen	251
6.7	Struktur und SN <sub>2</sub> -Reaktivität: Die Abgangsgruppe	254
6.8	Struktur und SN <sub>2</sub> -Reaktivität: Die Nucleophilie	256
6.9	Struktur und SN <sub>2</sub> -Reaktivität: Das Substrat	263
	Verständnisübungen	269

- Wichtige Konzepte 270  
Aufgaben 271  
Gruppenübung 276
- 7 Weitere Reaktionen der Halogenalkane 277**
- 7.1 Solvolyse tertiärer und sekundärer Halogenalkane 277  
7.2 Unimolekulare nucleophile Substitution 278  
7.3 Stereochemische Konsequenzen der SN1-Reaktion 282  
7.4 Einflüsse des Lösungsmittels, der Abgangsgruppe und des Nucleophils auf die unimolekulare Substitution 284  
7.5 Der Einfluss der Substratstruktur auf die Geschwindigkeit der SN1-Reaktion: Die Stabilität von Carbenium-Ionen 286  
7.6 Unimolekulare Eliminierung: E1 290  
7.7 Bimolekulare Eliminierung: E2 293  
7.8 Konkurrenz zwischen Substitution und Eliminierung 297  
7.9 Zusammenfassung der Reaktivität von Halogenalkanen 300  
Verständnisübungen 303  
Neue Reaktionen 305  
Wichtige Konzepte 306  
Aufgaben 306  
Gruppenübung 314
- 8 Die Hydroxygruppe: Alkohole 315**
- 8.1 Nomenklatur der Alkohole 316  
8.2 Struktur und physikalische Eigenschaften der Alkohole 317  
8.3 Alkohole als Säuren und Basen 320  
8.4 Industrielle Quellen von Alkoholen: Kohlenmonoxid und Ethen 323  
8.5 Alkoholsynthese durch nucleophile Substitution 324  
8.6 Synthese von Alkoholen: Die Redox-Beziehung zwischen Alkoholen und Carbonylverbindungen 326  
8.7 Metallorganische Verbindungen: Reagentien mit nucleophilen Kohlenstoffatomen in der Synthese von Alkoholen 333  
8.8 Metallorganische Reagentien in der Alkoholsynthese 337  
8.9 Komplizierte Alkohole: Eine Einführung in die Synthesestrategie 339  
Verständnisübungen 350  
Neue Reaktionen 353  
Wichtige Konzepte 354  
Aufgaben 355  
Gruppenübung 363
- 9 Weitere Reaktionen der Alkohole und die Chemie der Ether 365**
- 9.1 Reaktionen von Alkoholen mit Basen: Die Darstellung von Alkoxiden 366  
9.2 Reaktionen von Alkoholen mit starken Säuren: Alkyloxonium-Ionen in Substitutions- und Eliminierungsreaktionen von Alkoholen 367  
9.3 Umlagerungen von Carbenium-Ionen 370  
9.4 Bildung von Estern und Halogenalkanen aus Alkoholen 376  
9.5 Nomenklatur und physikalische Eigenschaften von Ethern 380  
9.6 Die Williamson-Ethersynthese 384  
9.7 Ether aus Alkoholen und Mineralsäuren 389  
9.8 Reaktionen der Ether 391  
9.9 Reaktionen von Oxacyclopropanen 394  
9.10 Schwefelanaloga der Alkohole und Ether 399  
9.11 Physiologische Eigenschaften und Verwendungszwecke einiger Alkohole und Ether 402  
Verständnisübungen 408  
Neue Reaktionen 410  
Wichtige Konzepte 413

- Aufgaben 414
- Gruppenübung 422
  
- 10 NMR-Spektroskopie zur Strukturaufklärung 425**
- 10.1 Physikalische Messmethoden und chemische Nachweise 425
- 10.2 Was ist Spektroskopie? 426
- 10.3 Protonen-Kernresonanz ( $^1\text{H-NMR}$ ) 429
- 10.4 Anwendung der NMR-Spektren zur Analyse der Konstitution von Molekülen: Die chemische Verschiebung von Protonen 434
- 10.5 Chemisch äquivalente Wasserstoffatome haben dieselbe chemische Verschiebung 439
- 10.6 Integration 445
- 10.7 Spin-Spin-Kopplung: Die Wirkung nichtäquivalenter benachbarter Wasserstoffatome 447
- 10.8 Kompliziertere Spin-Spin-Kopplungen 455
- 10.9  $^{13}\text{C-NMR-Spektroskopie}$  463
  - Verständnisübungen 475
  - Wichtige Konzepte 478
  - Aufgaben 479
  - Gruppenübung 488
  
- 11 Alkene; Infrarot-Spektroskopie und Massenspektrometrie 489**
- 11.1 Die Nomenklatur der Alkene 490
- 11.2 Struktur und Bindung in Ethen: Die  $\pi$ -Bindung 493
- 11.3 Physikalische Eigenschaften der Alkene 496
- 11.4 NMR-Spektroskopie von Alkenen 497
- 11.5 Katalytische Hydrierung von Alkenen: Die relative Stabilität von Doppelbindungen 504
- 11.6 Darstellung von Alkenen aus Halogenalkanen und Alkylsulfonaten: Anwendung bimolekularer Eliminierungen 506
- 11.7 Darstellung von Alkenen durch Dehydratisierung von Alkoholen 511
- 11.8 Infrarot-Spektroskopie 513
- 11.9 Bestimmung der molaren Masse organischer Verbindungen: Massenspektrometrie 518
- 11.10 Die Fragmentierungsmuster organischer Moleküle 524
- 11.11 Der Grad der Ungesättigtheit: Eine weitere Hilfe zur Identifizierung von Verbindungen 528
  - Verständnisübungen 532
  - Neue Reaktionen 534
  - Wichtige Konzepte 535
  - Aufgaben 536
  - Gruppenübung 546
  
- 12 Die Reaktionen der Alkene 547**
- 12.1 Warum Additionsreaktionen stattfinden können: Thermodynamische Aspekte 547
- 12.2 Die katalytische Hydrierung 549
- 12.3 Der nucleophile Charakter der  $\pi$ -Bindung: Elektrophile Addition von Halogenwasserstoffen 553
- 12.4 Alkoholsynthese durch elektrophile Hydratisierung: Thermodynamische Reaktionskontrolle 557
- 12.5 Elektrophile Addition von Halogenen an Alkene 559
- 12.6 Die Verallgemeinerung der elektrophilen Addition 562
- 12.7 Oxymercurierung-Demercurierung: Eine spezielle elektrophile Addition 566
- 12.8 Hydroborierung-Oxidation:
  - Eine stereospezifische anti-Markovnikov-Hydratisierung 570
- 12.9 Diazomethan, Carbene und Cyclopropan-Synthesen 573

- 12.10 Oxacyclopropan-Synthese: Die Epoxidation mit Peroxycarbonsäuren 575
- 12.11 Vicinale syn-Dihydroxylierung mit Osmiumtetroxid 577
- 12.12 Oxidative Spaltung: Ozonolyse 580
- 12.13 Addition von Radikalen: Bildung von anti-Markovnikov-Produkten 583
- 12.14 Dimerisierung, Oligomerisierung und Polymerisation von Alkenen 585
- 12.15 Synthese von Polymeren 587
- 12.16 Ethen: Ein wichtiger industrieller Rohstoff 590
- 12.17 Alkene in der Natur: Insekten-Pheromone 591
- Verständnisübungen 595
- Neue Reaktionen 598
- Wichtige Konzepte 600
- Aufgaben 601
- Gruppenübung 612
- 13 Alkine 613**
- 13.1 Die Nomenklatur der Alkine 613
- 13.2 Eigenschaften und Bindung der Alkine 614
- 13.3 Spektroskopie der Alkine 618
- 13.4 Darstellung von Alkinen durch doppelte Eliminierung 623
- 13.5 Darstellung von Alkinen aus Alkinyl-Anionen 625
- 13.6 Reduktion der Alkine: Die relative Reaktivität der beiden  $\pi$ -Bindungen 626
- 13.7 Elektrophile Additionsreaktionen der Alkine 630
- 13.8 Anti-Markovnikov-Additionen an Dreifachbindungen 633
- 13.9 Die Chemie der Alkenylhalogenide 635
- 13.10 Ethin als industrielles Ausgangsmaterial 638
- 13.11 Natürlich vorkommende und physiologisch aktive Alkine 640
- Verständnisübungen 643
- Neue Reaktionen 645
- Wichtige Konzepte 647
- Aufgaben 647
- Gruppenübung 655
- 14 Delokalisierte  $\pi$ -Systeme und ihre Untersuchung durch UV-VIS-Spektroskopie 657**
- 14.1 Überlappung von drei benachbarten p-Orbitalen: Elektronendelokalisation im Allylsystem (2-Propenyl-System) 657
- 14.2 Radikalische Halogenierung in Allylstellung 661
- 14.3 Nucleophile Substitution an Allylhalogeniden: SN1 und SN2 663
- 14.4 Allylmetall-Reagentien: Nützliche C3-Nucleophile 665
- 14.5 Zwei benachbarte Doppelbindungen: Konjugierte Diene 665
- 14.6 Elektrophiler Angriff auf konjugierte Diene: Kinetische und thermodynamische Reaktionskontrolle 669
- 14.7 Delokalisation über mehr als zwei  $\pi$ -Bindungen: Ausgedehnte Konjugation und Benzol 674
- 14.8 Eine besondere Reaktion konjugierter Diene:  
Die Diels-Alder-Cycloaddition 677
- 14.9 Elektrocyclische Reaktionen 689
- 14.10 Polymerisation konjugierter Diene: Kautschuk 697
- 14.11 Elektronenspektren: Spektroskopie im ultravioletten und im sichtbaren Bereich 701
- Verständnisübungen 708
- Neue Reaktionen 711
- Wichtige Konzepte 713
- Aufgaben 714
- Gruppenübung 720
- Zwischenspiel 721**

<b>15</b>	<b>Benzol und Aromatizität</b>	<b>727</b>
15.1	Die systematische Benennung von Benzolderivaten	729
15.2	Struktur und Resonanzenergie von Benzol: Ein erster Blick auf die Aromatizität	731
15.3	$\pi$ -Molekülorbitale des Benzols	733
15.4	Die spektroskopischen Eigenschaften des Benzolringes	736
15.5	Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe	742
15.6	Andere cyclische Polyene: Die Hückel-Regel	748
15.7	Die Hückel-Regel und geladene Moleküle	754
15.8	Synthese von Benzolderivaten: Elektrophile aromatische Substitution	757
15.9	Die Halogenierung von Benzol erfordert einen Katalysator	759
15.10	Nitrierung und Sulfonierung von Benzol	760
15.11	Die Friedel-Crafts-Alkylierung	763
15.12	Grenzen der Friedel-Crafts-Alkylierung	767
15.13	Friedel-Crafts-Acylierung (-Alkanoylierung)	769
	Verständnisübungen	774
	Neue Reaktionen	777
	Wichtige Konzepte	778
	Aufgaben	780
	Gruppenübung	786
<b>16</b>	<b>Elektrophiler Angriff auf Benzolderivate</b>	<b>787</b>
16.1	Aktivierung und Desaktivierung des Benzolrings durch Substituenten	787
16.2	Dirigierender induktiver Effekt von Alkylgruppen	790
16.3	Dirigierende Wirkung von Substituenten, die in Resonanz zum Benzolring treten	794
16.4	Elektrophiler Angriff auf disubstituierte Benzole	802
16.5	Synthesestrategien für substituierte Benzole	805
16.6	Reaktivität mehrkerniger benzoider Kohlenwasserstoffe	811
16.7	Mehrkernige aromatische Kohlenwasserstoffe und Krebs	815
	Verständnisübungen	818
	Neue Reaktionen	821
	Wichtige Konzepte	822
	Aufgaben	823
	Gruppenübung	830
<b>17</b>	<b>Aldehyde und Ketone: Die Carbonylgruppe</b>	<b>831</b>
17.1	Nomenklatur der Aldehyde und Ketone	831
17.2	Die Struktur der Carbonylgruppe	834
17.3	Spektroskopische Eigenschaften von Aldehyden und Ketonen	836
17.4	Die Darstellung von Aldehyden und Ketonen	841
17.5	Die Reaktivität der Carbonylgruppe: Additionsmechanismen	844
17.6	Die Addition von Wasser zu Hydraten	847
17.7	Die Addition von Alkoholen zu Halbacetalen und Acetalen	849
17.8	Acetale als Schutzgruppen	851
17.9	Nucleophile Addition von Ammoniak und seinen Derivaten	855
17.10	Desoxygenierung der Carbonylgruppe	860
17.11	Die Addition von Cyanwasserstoff zu Cyanhydrinen	861
17.12	Die Addition von Phosphor-Yliden: Die Wittig-Reaktion	862
17.13	Die Oxidation mit Peroxycarbonsäuren: Die Baeyer-Villiger-Oxidation	865
17.14	Oxidative chemische Nachweise für Aldehyde	867
	Verständnisübungen	868
	Neue Reaktionen	870
	Wichtige Konzepte	873
	Aufgaben	873
	Gruppenübung	884

<b>15</b>	<b>Benzol und Aromatizität</b>	727
15.1	Die systematische Benennung von Benzolderivaten	729
15.2	Struktur und Resonanzenergie von Benzol: Ein erster Blick auf die Aromatizität	731
15.3	$\pi$ -Molekülorbitale des Benzols	733
15.4	Die spektroskopischen Eigenschaften des Benzolringes	736
15.5	Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe	742
15.6	Andere cyclische Polyene: Die Hückel-Regel	748
15.7	Die Hückel-Regel und geladene Moleküle	754
15.8	Synthese von Benzolderivaten: Elektrophile aromatische Substitution	757
15.9	Die Halogenierung von Benzol erfordert einen Katalysator	759
15.10	Nitrierung und Sulfonierung von Benzol	760
15.11	Die Friedel-Crafts-Alkylierung	763
15.12	Grenzen der Friedel-Crafts-Alkylierung	767
15.13	Friedel-Crafts-Acylierung (-Alkanoylierung)	769
	Verständnisübungen	774
	Neue Reaktionen	777
	Wichtige Konzepte	778
	Aufgaben	780
	Gruppenübung	786
<b>16</b>	<b>Elektrophiler Angriff auf Benzolderivate</b>	787
16.1	Aktivierung und Desaktivierung des Benzolrings durch Substituenten	787
16.2	Dirigierender induktiver Effekt von Alkylgruppen	790
16.3	Dirigierende Wirkung von Substituenten, die in Resonanz zum Benzolring treten	794
16.4	Elektrophiler Angriff auf disubstituierte Benzole	802
16.5	Synthesestrategien für substituierte Benzole	805
16.6	Reaktivität mehrkerniger benzoider Kohlenwasserstoffe	811
16.7	Mehrkernige aromatische Kohlenwasserstoffe und Krebs	815
	Verständnisübungen	818
	Neue Reaktionen	821
	Wichtige Konzepte	822
	Aufgaben	823
	Gruppenübung	830
<b>17</b>	<b>Aldehyde und Ketone: Die Carbonylgruppe</b>	831
17.1	Nomenklatur der Aldehyde und Ketone	831
17.2	Die Struktur der Carbonylgruppe	834
17.3	Spektroskopische Eigenschaften von Aldehyden und Ketonen	836
17.4	Die Darstellung von Aldehyden und Ketonen	841
17.5	Die Reaktivität der Carbonylgruppe: Additionsmechanismen	844
17.6	Die Addition von Wasser zu Hydraten	847
17.7	Die Addition von Alkoholen zu Halbacetalen und Acetalen	849
17.8	Acetale als Schutzgruppen	851
17.9	Nucleophile Addition von Ammoniak und seinen Derivaten	855
17.10	Desoxygenierung der Carbonylgruppe	860
17.11	Die Addition von Cyanwasserstoff zu Cyanhydrinen	861
17.12	Die Addition von Phosphor-Yliden: Die Wittig-Reaktion	862
17.13	Die Oxidation mit Peroxycarbonsäuren: Die Baeyer-Villiger-Oxidation	865
17.14	Oxidative chemische Nachweise für Aldehyde	867
	Verständnisübungen	868
	Neue Reaktionen	870
	Wichtige Konzepte	873
	Aufgaben	873
	Gruppenübung	884



<b>18</b>	<b>Enole, Enolate und die Aldolkondensation</b>	<b>885</b>
18.1	Die Acidität von Aldehyden und Ketonen: Enolat-Ionen	886
18.2	Keto-Enol-Gleichgewichte	887
18.3	Halogenierung von Aldehyden und Ketonen	891
18.4	Die Alkylierung von Aldehyden und Ketonen	892
18.5	Angriff von Enolaten auf Carbonylgruppen: Aldolkondensation	895
18.6	Die gekreuzte Aldolkondensation	899
18.7	Die intramolekulare Aldolkondensation	902
18.8	Eigenschaften $\alpha$ ,-ungesättigter Aldehyde und Ketone	905
18.9	Konjugierte Additionen an $\alpha$ ,-ungesättigte Aldehyde und Ketone	907
18.10	1,2- und 1,4-Additionen metallorganischer Reagentien	910
18.11	Konjugierte Additionen von Enolat-Ionen: Die Michael-Addition und die Robinson-Anellierung	912
	Verständnisübungen	917
	Neue Reaktionen	919
	Wichtige Konzepte	922
	Aufgaben	923
	Gruppenübung	931
<b>19</b>	<b>Carbonsäuren</b>	<b>933</b>
19.1	Die Nomenklatur der Carbonsäuren	933
19.2	Struktur und physikalische Eigenschaften der Carbonsäuren	936
19.3	NMR- und IR-Spektroskopie von Carbonsäuren	937
19.4	Acidität und Basizität von Carbonsäuren	942
19.5	Die Synthese von Carbonsäuren in der Industrie	944
19.6	Methoden zur Erzeugung der Carboxygruppe	945
19.7	Substitution am Carboxy-Kohlenstoffatom: Der Additions-Eliminierungs-Mechanismus	948
19.8	Carbonsäurederivate: Acylhalogenide und Anhydride	952
19.9	Carbonsäurederivate: Ester	955
19.10	Carbonsäurederivate: Amide	959
19.11	Reduktion von Carbonsäuren mit Lithiumaluminiumhydrid	961
19.12	Bromierung in Nachbarstellung zur Carboxygruppe: Die Hell-Volhard-Zelinsky-Reaktion	962
19.13	Die Biologische Aktivität von Carbonsäuren	963
	Verständnisübungen	971
	Neue Reaktionen	974
	Wichtige Konzepte	977
	Aufgaben	977
	Gruppenübung	990
<b>20</b>	<b>Carbonsäurederivate</b>	<b>991</b>
20.1	Relative Reaktivitäten, Strukturen und Spektren der Carbonsäurederivate	991
20.2	Die Chemie der Acylhalogenide	997
20.3	Die Chemie der Carbonsäureanhydride	1001
20.4	Die Chemie der Ester	1002
20.5	Ester in der Natur: Wachse, Fette, Öle und Lipide	1009
20.6	Amide: Die am wenigsten reaktiven Carbonsäurederivate	1012
20.7	Amidate und ihre Halogenierung: Die Hofmann-Umlagerung	1018
20.8	Eine besondere Klasse von Carbonsäurederivaten: Nitrile	1022
	Verständnisübungen	1027
	Neue Reaktionen	1030
	Wichtige Konzepte	1034
	Aufgaben	1034
	Gruppenübung	1041

- 18 Enole, Enolate und die Aldolkondensation 885**
- 18.1 Die Acidität von Aldehyden und Ketonen: Enolat-Ionen 886
  - 18.2 Keto-Enol-Gleichgewichte 887
  - 18.3 Halogenierung von Aldehyden und Ketonen 891
  - 18.4 Die Alkylierung von Aldehyden und Ketonen 892
  - 18.5 Angriff von Enolaten auf Carbonylgruppen: Aldolkondensation 895
  - 18.6 Die gekreuzte Aldolkondensation 899
  - 18.7 Die intramolekulare Aldolkondensation 902
  - 18.8 Eigenschaften  $\alpha$ ,-ungesättigter Aldehyde und Ketone 905
  - 18.9 Konjugierte Additionen an  $\alpha$ ,-ungesättigte Aldehyde und Ketone 907
  - 18.10 1,2- und 1,4-Additionen metallorganischer Reagentien 910
  - 18.11 Konjugierte Additionen von Enolat-Ionen: Die Michael-Addition und die Robinson-Anellierung 912
    - Verständnisübungen 917
    - Neue Reaktionen 919
    - Wichtige Konzepte 922
    - Aufgaben 923
    - Gruppenübung 931
- 19 Carbonsäuren 933**
- 19.1 Die Nomenklatur der Carbonsäuren 933
  - 19.2 Struktur und physikalische Eigenschaften der Carbonsäuren 936
  - 19.3 NMR- und IR-Spektroskopie von Carbonsäuren 937
  - 19.4 Acidität und Basizität von Carbonsäuren 942
  - 19.5 Die Synthese von Carbonsäuren in der Industrie 944
  - 19.6 Methoden zur Erzeugung der Carboxygruppe 945
  - 19.7 Substitution am Carboxy-Kohlenstoffatom:  
Der Additions-Eliminierungs-Mechanismus 948
  - 19.8 Carbonsäurederivate: Acylhalogenide und Anhydride 952
  - 19.9 Carbonsäurederivate: Ester 955
  - 19.10 Carbonsäurederivate: Amide 959
  - 19.11 Reduktion von Carbonsäuren mit Lithiumaluminiumhydrid 961
  - 19.12 Bromierung in Nachbarstellung zur Carboxygruppe:  
Die Hell-Volhard-Zelinsky-Reaktion 962
  - 19.13 Die Biologische Aktivität von Carbonsäuren 963
    - Verständnisübungen 971
    - Neue Reaktionen 974
    - Wichtige Konzepte 977
    - Aufgaben 977
    - Gruppenübung 990
- 20 Carbonsäurederivate 991**
- 20.1 Relative Reaktivitäten, Strukturen und Spektren der Carbonsäurederivate 991
  - 20.2 Die Chemie der Acylhalogenide 997
  - 20.3 Die Chemie der Carbonsäureanhydride 1001
  - 20.4 Die Chemie der Ester 1002
  - 20.5 Ester in der Natur: Wachse, Fette, Öle und Lipide 1009
  - 20.6 Amide: Die am wenigsten reaktiven Carbonsäurederivate 1012
  - 20.7 Amidate und ihre Halogenierung: Die Hofmann-Umlagerung 1018
  - 20.8 Eine besondere Klasse von Carbonsäurederivaten: Nitrile 1022
    - Verständnisübungen 1027
    - Neue Reaktionen 1030
    - Wichtige Konzepte 1034
    - Aufgaben 1034
    - Gruppenübung 1041

- 21 Amine und ihre Derivate 1043**
- 21.1 Nomenklatur der Amine 1043
  - 21.2 Strukturelle und physikalische Eigenschaften der Amine 1045
  - 21.3 Spektroskopie der Aminogruppe 1049
  - 21.4 Acidität und Basizität von Aminen 1053
  - 21.5 Synthese von Aminen durch Alkylierung 1057
  - 21.6 Synthese von Aminen durch reduktive Aminierung 1060
  - 21.7 Synthese von Aminen aus Carbonsäurederivaten 1063
  - 21.8 Reaktionen quartärer Ammoniumsalze: Hofmann-Eliminierung 1064
  - 21.9 Mannich-Reaktion: Die Alkylierung von Enolen durch Iminium-Ionen 1065
  - Nitrosierung von Aminen 1068
  - Verständnisübungen 1076
  - Neue Reaktionen 1079
  - Wichtige Konzepte 1081
  - Aufgaben 1081
  - Gruppenübung 1091
- 22 Chemie der Substituenten am Benzolring 1093**
- 22.1 Reaktivität des Phenylmethyl-(Benzyl-)Kohlenstoffatoms: Resonanzstabilisierung der Benzylgruppe 1093
  - 22.2 Oxidationen und Reduktionen in Benzylstellung 1098
  - 22.3 Namen und Eigenschaften der Phenole 1101
  - 22.4 Darstellung von Phenolen: Nucleophile aromatische Substitution 1104
  - 22.5 Die Alkoholchemie der Phenole 1116
  - 22.6 Elektrophile Substitution an Phenolen 1118
  - 22.7 Eine electrocyclische Reaktion des Benzolringes: Die Claisen-Umlagerung 1123
  - 22.8 Oxidation der Phenole: Cyclohexandiendione (Benzochinone) 1126
  - 22.9 Oxidations-Reduktions-Prozesse in der Natur 1129
  - 22.10 Arendiazoniumsalze 1133
  - 22.11 Elektrophile Substitution durch Arendiazoniumsalze: Azokupplung 1138
  - Verständnisübungen 1140
  - Neue Reaktionen 1142
  - Wichtige Konzepte 1147
  - Aufgaben 1147
  - Gruppenübung 1155
- 23 Esterenolate und die Claisen-Kondensation 1157**
- 23.1  $\beta$ -Dicarbonylverbindungen: Die Claisen-Kondensation 1157
  - 23.2  $\beta$ -Dicarbonylverbindungen als Zwischenstufen in der Synthese 1166
  - 23.3 Reaktionen von  $\beta$ -Dicarbonyl-Anionen: Die Michael-Addition 1171
  - 23.4 Acylanion-Äquivalente: Synthese von  $\alpha$ -Hydroxyketonen 1174
  - Verständnisübungen 1181
  - Neue Reaktionen 1184
  - Wichtige Konzepte 1186
  - Aufgaben 1186
  - Gruppenübung 1192
- 24 Kohlenhydrate 1193**
- 24.1 Die Namen und Formeln der Kohlenhydrate 1193
  - 24.2 Konformationen und cyclische Formen von Zuckern 1198
  - 24.3 Anomere einfacher Zucker: Mutarotation der Glucose 1202
  - 24.4 Polyfunktionelle Chemie der Zucker: Oxidation zu Carbonsäuren 1204
  - 24.5 Oxidative Spaltung von Zuckern 1206
  - 24.6 Reduktion von Monosacchariden zu Alditolen 1208
  - 24.7 Kondensationsreaktionen von Carbonylgruppen mit Aminderivaten 1208
  - 24.8 Bildung von Estern und Ethern: Glycoside 1209

- 24.9 Stufenweiser Auf- und Abbau von Zuckern 1212
- 24.10 Relative Konfiguration der Aldosen:
  - Eine Übung zur Strukturbestimmung 1216
- 24.11 Komplexe Zucker in der Natur: Disaccharide 1219
- 24.12 Polysaccharide und andere Zucker in der Natur 1224
  - Verständnisübungen 1233
  - Neue Reaktionen 1236
  - Wichtige Konzepte 1238
  - Aufgaben 1239
  - Gruppenübung 1245
  
- 25 Heterocyclen 1247**
  - 25.1 Die Nomenklatur der Heterocyclen 1249
  - 25.2 Nichtaromatische Heterocyclen 1251
  - 25.3 Strukturen und Eigenschaften aromatischer Heterocyclopentadiene 1255
  - 25.4 Reaktionen der aromatischen Heterocyclopentadiene 1258
  - 25.5 Struktur und Darstellung von Pyridin, einem Azabenzol 1262
  - 25.6 Reaktionen des Pyridins 1267
  - 25.7 Chinolin und Isochinolin: Die Benzopyridine 1271
  - 25.8 Alkaloide: Physiologisch wirksame Heterocyclen in der Natur 1274
    - Verständnisübungen 1279
    - Neue Reaktionen 1283
    - Wichtige Konzepte 1284
    - Aufgaben 1285
    - Gruppenübung 1294
  
- 26 Aminosäuren, Peptide und Proteine 1297**
  - 26.1 Konstitutionen und Eigenschaften der Aminosäuren 1297
  - 26.2 Synthese von Aminosäuren: Eine Kombination aus Amin- und Carbonsäurechemie 1303
  - 26.3 Synthese enantiomerenreiner Aminosäuren 1306
  - 26.4 Peptide und Proteine: Oligomere und Polymere von Aminosäuren 1309
  - 26.5 Bestimmung der Primärstruktur von Polypeptiden: Sequenzanalyse 1317
  - 26.6 Synthese von Polypeptiden: Eine Herausforderung für die Schutzgruppenchemie 1323
  - 26.7 Die Merrifield-Festphasen-Peptidsynthese 1326
  - 26.8 Polypeptide in der Natur: Sauerstofftransport durch die Proteine Myoglobin und Hämoglobin 1328
  - 26.9 Die Biosynthese der Proteine: Nucleinsäuren 1330
  - 26.10 Proteinsynthese über die RNA 1336
  - 26.11 DNA-Sequenzierung und -Synthese: Ecksteine der Gentechnologie 1338
    - Verständnisübungen 1352
    - Neue Reaktionen 1355
    - Wichtige Konzepte 1357
    - Aufgaben 1358
    - Gruppenübung 1363
  
- Lösungen zu den Übungen 1365**
  
- Bildnachweis 1423**
  
- Sachregister 1427**