

Inhaltsübersicht

Erläuterung für den Studenten	XXV
1 Einführung	1
2 Elektronenstruktur und Bindungen	6
3 Strukturen organischer Verbindungen	31
4 Organische Reaktionen	54
5 Alkane	73
6 Reaktionen der Alkane	99
7 Stereoisomerie	122
8 Alkylhalogenide und Organometall-Verbindungen	151
9 Nucleophile Substitution	171
10 Alkohole und Ether	205
11 Alkene	251
12 Alkine und Nitrile	300
13 Kernmagnetische Resonanzspektroskopie	326
14 Aldehyde und Ketone	385
15 Aldehyde und Ketone: Enole	428
16 Organische Synthesen	446
17 Infrarotspektroskopie	464
18 Carbonsäuren	489
19 Derivate der Carbonsäuren	520
20 Konjugation	569
21 Benzol und der aromatische Ring	614
22 Molekülorbital-Theorie	654
23 Elektrophile aromatische Substitution	700
24 Amine	735
25 Andere Stickstoff-Verbindungen	790
26 Schwefel-, Phosphor- und Silicium-Verbindungen	818
27 Difunktionelle Verbindungen	866
28 Kohlenhydrate	916
29 Aminosäuren, Peptide und Proteine	962
30 Aromatische Halogenide, Phenole, Phenylether und Chinone	1019

X Inhaltsübersicht

31 Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe	1065
32 Heterocyclische Verbindungen	1098
33 Molekulare Erkennung: Nucleinsäuren und einige biologische Katalysatoren	1152
34 Massenspektroskopie	1193
35 Die chemische Literatur	1215
36 Spezielle Gebiete	1231
Anhang I–VIII	1272
Sachregister	1311

Inhalt

Erläuterung für den Studenten	XXV
1 Einführung	1
2 Elektronenstruktur und Bindungen	6
2.1 Das Periodensystem	6
2.2 Lewis-Strukturen	6
2.3 Geometrische Strukturen	10
2.4 Resonanzstrukturen	12
2.5 Atomorbitale	18
2.6 Elektronenstruktur der Atome	20
2.7 Bindungen und Überlappung	21
2.8 Hybridorbitale und Bindungen	24
Aufgaben	28
3 Strukturen organischer Verbindungen	31
3.1 Einführung	31
3.2 Funktionelle Gruppen	34
3.3 Die räumliche Gestalt von Molekülen	38
3.4 Bestimmung der Struktur organischer Verbindungen	40
3.5 <i>n</i> -Alkane, die einfachsten organischen Verbindungen	43
3.6 Systematische Nomenklatur	44
Aufgaben	50
4 Organische Reaktionen	54
4.1 Einführung	54
4.2 Beispiel einer organischen Reaktion: Gleichgewichte	54
4.3 Reaktionskinetik	56
4.4 Reaktionsprofile und Mechanismen	59
4.5 Acidität und Basizität	64
Aufgaben	69
5 Alkane	73
5.1 <i>n</i> -Alkane: physikalische Eigenschaften	73
5.2 <i>n</i> -Alkane: Rotationsbarrieren	75
5.3 Verzweigte Alkanketten	80
5.4 Cycloalkane	82
5.5 Bildungsenthalpien	84
5.6 Cycloalkane: Ringspannung	87
5.7 Vorkommen der Alkane	93
Aufgaben	96

XII Inhalt

6 Reaktionen der Alkane	99
6.1 Bindungsdissoziationsenergien	99
6.2 Pyrolyse von Alkanen: Cracken	103
6.3 Halogenierung von Alkanen	104
6.4 Verbrennung von Alkanen	115
6.5 Mittlere Bindungsenergien	117
Aufgaben	118
7 Stereoisomerie	122
7.1 Chiralität und Enantiomere	122
7.2 Physikalische Eigenschaften der Enantiomere: Optische Aktivität	125
7.3 Nomenklatur der Enantiomere: <i>R,S</i> -Konvention	128
7.4 Racemate	132
7.5 Verbindungen mit mehr als einem Stereozentrum; Diastereomere	134
7.6 Stereoisomere Beziehungen in cyclischen Verbindungen	136
7.7 Konformationen von substituierten Cyclohexanen	139
7.8 Chemische Reaktionen und Stereoisomerie	144
Aufgaben	147
8 Alkylhalogenide und Organometall-Verbindungen	151
8.1 Struktur der Alkylhalogenide	151
8.2 Physikalische Eigenschaften der Alkylhalogenide	153
8.3 Konformationen der Alkylhalogenide	155
8.4 Verwendung von halogenierten Kohlenwasserstoffen	156
8.5 Nomenklatur von Organometall-Verbindungen	159
8.6 Strukturen der Organometall-Verbindungen	159
8.7 Physikalische Eigenschaften von Organometall-Verbindungen	163
8.8 Darstellung von Organometall-Verbindungen	164
8.8.1 Reaktion eines Alkylhalogenids mit einem Metall	164
8.8.2 Reaktion von Organometall-Verbindungen mit Salzen	166
8.9 Reaktionen von Organometall-Verbindungen	167
8.9.1 Hydrolyse	167
8.9.2 Reaktion mit Halogenen	168
8.9.3 Reaktion mit Sauerstoff	168
Aufgaben	169
9 Nucleophile Substitution	171
9.1 Die Substitutionsreaktion	171
9.2 Mechanismus der Substitutionsreaktion	172
9.3 Einfluß der Alkylstruktur auf Substitutionsreaktionen	178
9.4 Einfluß der Struktur des Nucleophils auf die Substitutionsreaktion	181
9.5 Nucleophilie und Lösungsmiteleinflüsse	183
9.5.1 Lösungsmiteleigenschaften	183
9.5.2 Polare aprotische Lösungsmittel	186
9.5.3 Hydroxylhaltige Lösungsmittel	187
9.6 Abgangsgruppen	189
9.7 Eliminierungsreaktionen	191
9.8 S_N1 -Reaktionen: Carbokationen	193
9.9 Ringsysteme	198
Aufgaben	200

10 Alkohole und Ether	205
10.1 Einführung: Struktur	205
10.2 Nomenklatur der Alkohole	206
10.3 Physikalische Eigenschaften der Alkohole	208
10.4 Acidität der Alkohole: der induktive Effekt	212
10.5 Darstellung von Alkoholen	215
10.6 Reaktionen von Alkoholen	218
10.6.1 Reaktionen von Alkoxiden mit Alkylhalogeniden	218
10.6.2 Umwandlung von Alkoholen in Alkylhalogenide	218
10.6.3 Carbokation-Umlagerungen	224
10.6.4 Dehydratisierung von Alkoholen: Bildung von Ethern und Alkenen	228
10.6.5 Oxidation von Alkoholen: Bildung von Aldehyden und Ketonen	229
10.7 Nomenklatur der Ether	232
10.8 Physikalische Eigenschaften der Ether	233
10.9 Herstellung von Ethern	234
10.10 Reaktionen der Ether	235
10.11 Cyclische Ether	237
10.11.1 Epoxide: Oxirane	237
10.11.2 Höhere cyclische Ether	240
10.12 Mehrstufensynthese	243
Aufgaben	246
11 Alkene	251
11.1 Elektronenstruktur	251
11.2 Nomenklatur	254
11.3 Physikalische Eigenschaften	256
11.4 Relative Stabilitäten der Alkene: Bildungsenthalpien	258
11.5 Darstellung	261
11.5.1 Dehydrohalogenierung von Alkylhalogeniden	261
11.5.2 Dehydratation von Alkoholen	269
11.5.3 Industrielle Produktion von Alkenen	271
11.6 Reaktionen	272
11.6.1 Katalytische Hydrierung	272
11.6.2 Addition von Halogenen	274
11.6.3 Addition von HX und Wasser	279
11.6.4 Hydroborierung	282
11.6.5 Oxidation	285
11.6.6 Addition von Carbenen und Carbenoiden	289
11.6.7 Radikalische Additionen	290
Aufgaben	294
12 Alkine und Nitrile	300
12.1 Elektronenstruktur der Dreifachbindung	300
12.2 Nomenklatur von Alkinen und Nitrilen	302
12.3 Physikalische Eigenschaften	303
12.4 Acidität der Alkine	305
12.5 Darstellung der Alkine und Nitrile	307
12.5.1 Ethin	307
12.5.2 Nucleophile Substitutionsreaktionen	307
12.5.3 Eliminierungsreaktionen	310
12.6 Reaktionen der Alkine und Nitrile	311
12.6.1 Reduktion	312

XIV Inhalt

12.6.2	Elektrophile Additionen	316
12.6.3	Nucleophile Additionen	319
12.6.4	Hydroborierung	320
12.7	Vinylhalogenide	320
	Aufgaben	322
13	Kernmagnetische Resonanzspektroskopie	326
13.1	Strukturbestimmung	326
13.2	Einführung in die Spektroskopie	327
13.3	Kernmagnetische Resonanz	329
13.4	Chemische Verschiebung	332
13.5	Kohlenstoff-NMR-Spektroskopie	336
13.6	Relative Peakflächen	343
13.7	Spin-Spin-Aufspaltung	345
13.8	Komplexere Aufspaltung	352
13.9	Der Einfluß der Konformation auf die Kopplungskonstanten	357
13.10	Ab- und Entschirmung durch Mehrfachbindungen: magnetische Anisotropie	360
13.11	Dynamische Systeme	364
13.12	Chemischer Austausch von Wasserstoffatomen, die an Sauerstoff gebunden sind	366
13.13	Lösen spektroskopischer Probleme	370
	Aufgaben	373
14	Aldehyde und Ketone	385
14.1	Struktur	385
14.2	Nomenklatur	386
14.3	Physikalische Eigenschaften	388
14.4	Kernmagnetische Resonanz	389
14.5	Darstellung von Aldehyden und Ketonen	393
14.6	Addition von Sauerstoff- und Stickstoff-Nucleophilen	395
14.6.1	Carbonylhydrate: <i>gem</i> -Dirole	395
14.6.2	Acetale	400
14.6.3	Imine und verwandte Verbindungen	404
14.7	Addition von Kohlenstoff-Nucleophilen	407
14.7.1	Addition von Organometall-Verbindungen: Synthese von Alkoholen	407
14.7.2	Addition von HCN	411
14.7.3	Diastereomere Übergangszustände	412
14.7.4	Wittig-Reaktion	415
14.8	Oxidation und Reduktion	417
14.8.1	Oxidation von Aldehyden und Ketonen	417
14.8.2	Reduktion mit Metallhydriden	419
14.8.3	Katalytische Hydrierung	420
14.8.4	Desoxygenierung	421
14.8.5	Enzymatische Reduktionen	422
	Aufgaben	423
15	Aldehyde und Ketone: Enole	428
15.1	Enolisierung	428
15.1.1	Keto-Enol-Gleichgewichte	429
15.1.2	Enolat-Ionen	433
15.1.3	Racemisierung	436
15.1.4	Halogenierung	437
15.2	Aldoladdition	439
	Aufgaben	443

16 Organische Synthesen	446
16.1 Einführung	446
16.2 Überlegungen zur Syntheseplanung	446
16.3 Syntheseplanung	451
16.4 Schutzgruppen	458
16.5 Industrielle Synthesen	460
Aufgaben	462
17 Infrarotspektroskopie	464
17.1 Das elektromagnetische Spektrum	464
17.2 Molekülschwingungen	466
17.3 Charakteristische Gruppenschwingungen	471
17.4 Alkane	472
17.5 Alkene	473
17.6 Alkine und Nitrile	474
17.7 Akyhalogenide	474
17.8 Alkohole und Ether	474
17.9 Aldehyde und Ketone	475
17.10 Anwendung der Infrarotspektroskopie zur Lösung von Strukturproblemen	478
Aufgaben	481
18 Carbonsäuren	489
18.1 Struktur	489
18.2 Nomenklatur	490
18.3 Physikalische Eigenschaften	491
18.4 Acidität	492
18.4.1 Ionisierung	492
18.4.2 Induktive Effekte	494
18.4.3 Salzbildung	496
18.4.4 Seifen	496
18.5 Spektroskopie	499
18.5.1 Kernmagnetische Resonanz	499
18.5.2 Infrarotspektren	500
18.6 Darstellung	501
18.6.1 Hydrolyse von Nitrilen	501
18.6.2 Carboxylierung von Organometall-Verbindungen	502
18.6.3 Oxidation primärer Alkohole und Aldehyde	503
18.7 Reaktionen	504
18.7.1 Reaktionen, die die O—H-Bindung betreffen	504
18.7.2 Reaktionen an der Kohlenwasserstoffkette	505
18.7.3 Bildung von Estern	506
18.7.4 Bildung von Acylhalogeniden	509
18.7.5 Reaktion mit Ammoniak: Bildung von Amiden	510
18.7.6 Reduktion der Carboxy-Gruppe	512
18.7.7 Abbau der Carbonsäuren um ein Kohlenstoffatom	512
18.8 Natürliches Vorkommen von Carbonsäuren	514
Aufgaben	515
19 Derivate der Carbonsäuren	520
19.1 Struktur	520
19.2 Nomenklatur	522
19.3 Physikalische Eigenschaften	524

XVI Inhalt

19.4	Spektroskopie	526
19.4.1	Kernmagnetische Resonanz	526
19.4.2	Infrarotspektren	527
19.5	Basizität des Carbonyl-Sauerstoffatoms	528
19.6	Hydrolyse: Nucleophiler Additions-Eliminierungs-Mechanismus	531
19.7	Andere nucleophile Substitutionsreaktionen	537
19.7.1	Reaktion mit Alkoholen	537
19.7.2	Reaktion mit Aminen und Ammoniak	539
19.7.3	Reaktion von Acylhalogeniden und Anhydriden mit Carbonsäuren und Carbonsäuresalzen – Synthese von Anhydriden	540
19.7.4	Reaktion mit Organometall-Verbindungen	540
19.8	Reduktion	543
19.9	Acidität der α -Protonen	546
19.10	Reaktionen von Amiden, die am Stickstoffatom ablaufen	552
19.11	Komplexe Derivate	553
19.11.1	Wachse	553
19.11.2	Fette	554
19.11.3	Eicosanoide	556
19.11.4	Phospholipide	559
	Aufgaben	563
20	Konjugation	569
20.1	Allylische Systeme	569
20.1.1	Allyl-Kationen	569
20.1.2	S_N2 -Reaktionen	572
20.1.3	Allyl-Anionen	573
20.1.4	Allyl-Radikale	577
20.2	Diene	579
20.2.1	Struktur und Stabilität	579
20.2.2	Additionsreaktionen	580
20.2.3	1,2-Diene: Allene	583
20.2.4	Darstellung von Dienen	585
20.3	Ungesättigte Carbonyl-Verbindungen	586
20.3.1	Ungesättigte Aldehyde und Ketone	586
20.3.2	Ungesättigte Carbonsäuren und Derivate	599
20.3.3	Ketene	602
20.4	Höher konjugierte Systeme	603
20.5	Diels-Alder-Reaktion	604
	Aufgaben	609
21	Benzol und der aromatische Ring	614
21.1	Benzol	614
21.1.1	Das Rätsel um das Benzol	614
21.1.2	Resonanzenergie des Benzols	617
21.1.3	Symbole für den Benzolring	621
21.1.4	Darstellung von Benzol	623
21.2	Substituierte Benzole: Nomenklatur	623
21.3	^1H -NMR- und ^{13}C -NMR-Spektren	627
21.4	Dipolmomente von Benzol-Derivaten	631
21.5	Seitenketten-Reaktionen	634
21.5.1	Radikalische Halogenierung	634
21.5.2	Benzylische Substitution und Carbokationen-Reaktionen	637
21.5.3	Oxidation	639

21.5.4	Acidität der Alkylbenzole	641
21.6	Reduktion	642
21.6.1	Katalytische Hydrierung	642
21.6.2	Hydrogenolyse von Benzylgruppen	642
21.6.3	Birch-Reduktion	643
21.7	Aromatische Übergangszustände	646
	Aufgaben	649
22	Molekülorbital-Theorie	654
22.1	Molekülorbital-Beschreibung des Allyl-Systems und des Butadiens	654
22.2	Die Molekülorbital-Theorie des Benzols	661
22.3	Aromatizität	662
22.3.1	Cyclooctatetraen: Die $(4n + 2)$ -Regel von Hückel	662
22.3.2	Zwei-Elektronen-Systeme	665
22.3.3	Sechs-Elektronen-Systeme	665
22.3.4	Zehn-Elektronen-Systeme	667
22.3.5	Größere cyclische π -Systeme	668
22.4	Hückelsche Übergangszustände	670
22.5	Möbiussche Übergangszustände	671
22.5.1	Elektrocyclische Reaktionen	671
22.5.2	Cycloadditionen	677
22.6	Ultraviolett-spektroskopie	679
22.6.1	Elektronenübergänge	679
22.6.2	$\pi \rightarrow \pi^*$ -Übergänge	680
22.6.3	$n \rightarrow \pi^*$ -Übergänge	683
22.6.4	Charge-Transfer-Übergänge	685
22.6.5	Alkylsubstituenten	689
22.6.6	Benzol	690
22.6.7	Andere funktionelle Gruppen	690
22.6.8	Photochemische Reaktionen	691
22.7	Störungstheoretischer MO-Ansatz zur Reaktivität	692
	Aufgaben	696
23	Elektrophile aromatische Substitution	700
23.1	Halogenierung	700
23.2	Protonierung	704
23.3	Nitrierung	705
23.4	Friedel-Crafts-Reaktionen	707
23.4.1	Acylierungen	707
23.4.2	Alkylierungen	709
23.5	Orientierung bei der elektrophilen aromatischen Substitution	713
23.6	Theorie der Orientierung bei der elektrophilen aromatischen Substitution	716
23.7	Quantitative Reaktivitätsaspekte; partielle Geschwindigkeitsfaktoren	723
23.8	Einflüsse von mehreren Substituenten	725
23.9	Synthetisch wichtige aromatische Substitutionsreaktionen	727
	Aufgaben	730
24	Amine	735
24.1	Struktur	735
24.2	Nomenklatur	737
24.3	Physikalische Eigenschaften und Spektren	740
24.3.1	Physikalische Eigenschaften	740

XVIII Inhalt

24.3.2	Infrarotspektren	741
24.3.3	Kernmagnetische Resonanz	742
24.4	Basizität	743
24.5	Quartäre Ammonium-Verbindungen	750
24.5.1	Tertiäre Amine als Nucleophile	750
24.5.2	Phasentransfer-Katalyse	751
24.6	Darstellung von Aminen	753
24.6.1	Direkte Alkylierung von Ammoniak oder anderen Aminen	753
24.6.2	Indirekte Alkylierung; Gabriel-Synthese	754
24.6.3	Reduktion von Nitro-Verbindungen	755
24.6.4	Reduktion von Nitrilen	756
24.6.5	Reduktion von Oximen	757
24.6.6	Reduktion von Iminen; reduktive Aminierung	757
24.6.7	Reduktion von Amiden	759
24.6.8	Reduktion von Aziden	760
24.6.9	Darstellung von Aminen aus Carbonsäuren; Hofmann-, Curtius- und Schmidt-Umlagerungen	761
24.7	Reaktionen	763
24.7.1	Darstellung von Amiden	763
24.7.2	Reaktionen mit salpetriger Säure	765
24.7.3	Oxidation	768
24.7.4	Elektrophile aromatische Substitution	770
24.7.5	Eliminierung der Amino-Gruppe: Eliminierungs-Reaktionen nach Cope und nach Hofmann	773
24.8	Enamine und Immonium-Ionen	777
	Aufgaben	781
25	Andere Stickstoff-Verbindungen	790
25.1	Nitro-Verbindungen	790
25.1.1	Nitroalkane	791
25.1.2	Nitroarene	792
25.1.3	Reaktionen von Nitro-Aromaten	793
25.2	Isocyanate, Carbamate und Harnstoff-Derivate	797
25.3	Aziide	798
25.4	Diazo-Verbindungen	799
25.5	Diazoniumsalze	801
25.5.1	Das Säure-Base-Gleichgewicht der Arendiazonium-Ionen	801
25.5.2	Thermische Zersetzung von Diazoniumsalzen: Bildung von ArOH, ArI und ArSH	803
25.5.3	Die Sandmeyer-Reaktion: Darstellung von ArCl, ArBr und ArCN	805
25.5.4	Darstellung von Fluor- und Nitroarenen	806
25.5.5	Substitution der Diazonium-Gruppe durch Wasserstoff	807
25.5.6	Arylierungsreaktionen	808
25.5.7	Diazonium-Ionen als elektrophile Reagentien; Azo-Verbindungen	809
25.5.8	Verwendung von Arendiazonium-Salzen für Synthesezwecke	812
	Aufgaben	814
26	Schwefel-, Phosphor- und Silicium-Verbindungen	818
26.1	Thiole und Sulfide	818
26.2	Darstellung von Thiolen und Sulfiden	820
26.3	Reaktionen von Thiolen und Sulfiden	822
26.4	Schwefelsäureester	829
26.5	Sulfonsäuren	831

26.5.1	Alkansulfonsäuren	832
26.5.2	Arensulfonsäuren	833
26.6	Phosphine und Phosphoniumsalze	840
26.7	Ester der Phosphorsäure, der phosphorigen Säure und der Phosphonsäuren	841
26.8	Schwefel- und Phosphor-stabilisierte Carbanionen	846
26.9	Organosilicium-Verbindungen: Struktur und Eigenschaften	851
26.10	Organosilicium-Verbindungen: Darstellung	853
26.11	Organosilicium-Verbindungen: Reaktionen	854
26.11.1	Nucleophile Substitution am Silicium	854
26.11.2	Elektrophile Spaltung der C—Si-Bindung	856
26.11.3	Silylether als Schutzgruppen	858
	Aufgaben	860
27	Difunktionelle Verbindungen	866
27.1	Einführung	866
27.2	Nomenklatur difunktioneller Verbindungen	867
27.3	Diole	870
27.3.1	Darstellung	870
27.3.2	Reaktionen	875
27.4	Hydroxyaldehyde und -ketone	878
27.4.1	Darstellung	878
27.4.2	Reaktionen	880
27.5	Hydroxysäuren	883
27.5.1	Natürliches Vorkommen	883
27.5.2	Darstellung	886
27.5.3	Reaktionen	887
27.6	Dicarbonsäuren	890
27.6.1	Darstellung	890
27.6.2	Acidität	892
27.6.3	Reaktionen der Dicarbonsäuren und ihrer Derivate	894
27.7	Diketone, Ketoaldehyde, Ketosäuren und Ketoester	896
27.7.1	Darstellung	896
27.7.2	Keto-Enol-Gleichgewichte bei Dicarbonyl-Verbindungen	898
27.7.3	Decarboxylierung von β -Ketosäuren	900
27.7.4	Acidität der 1,3-Dicarbonyl-Verbindungen	901
27.7.5	Malonester- und Acetessigester-Synthesen	902
27.7.6	Die Knoevenagel-Kondensation	904
27.7.7	Die Michael-Addition	905
	Aufgaben	910
28	Kohlenhydrate	916
28.1	Einführung	916
28.2	Stereochemie und Konfigurationsbezeichnung der Zucker	917
28.3	Cyclische Hemiacetale; Anomere; Glykoside	922
28.4	Konformationen der Pyranosen	927
28.5	Reaktionen der Monosaccharide	929
28.5.1	Ether-Bildung	929
28.5.2	Bildung cyclischer Acetale	930
28.5.3	Veresterung	932
28.5.4	Reduktion; Zuckeralkohole	933
28.5.5	Oxidation; Aldonsäuren und Zuckersäuren	934
28.5.6	Oxidation mit Periodsäure	936
28.5.7	Phenylhydrazone und Osazone	938

XX Inhalt

28.5.8	Kettenverlängerung; Kiliani-Fischer-Synthese	939
28.5.9	Kettenverkürzung; Abbau nach Ruff und Wohl	941
28.6	Die relative Stereochemie der Monosaccharide; Der Fischersche Beweis	942
28.7	Oligosaccharide	946
28.8	Polysaccharide	949
28.9	Zuckerphosphate	952
28.10	Natürliche Glykoside	954
28.11	Aminosaccharide und Polyaminosaccharide	956
	Aufgaben	957
29	Aminosäuren, Peptide und Proteine	962
29.1	Einführung	962
29.2	Struktur, Nomenklatur und physikalische Eigenschaften der Aminosäuren	963
29.3	Säure-Base-Eigenschaften von Aminosäuren	966
29.4	Vorkommen der Aminosäuren	969
29.5	Synthese von Aminosäuren	971
29.5.1	Kommerzielle Verfügbarkeit	971
29.5.2	Aminosäuren aus α -Halogensäuren	972
29.5.3	Alkylierung von <i>N</i> -substituierten Aminomalonsäureestern	972
29.5.4	Die Strecker-Synthese	974
29.5.5	Weitere Methoden	974
29.5.6	Racematspaltung	975
29.6	Reaktionen der Aminosäuren	978
29.6.1	Veresterung	978
29.6.2	Darstellung von Amiden	978
29.6.3	Die Ninhydrin-Reaktion	979
29.7	Peptide	980
29.7.1	Struktur und Nomenklatur	980
29.7.2	Synthesen für Peptide	984
29.7.3	Bestimmung der Struktur	993
29.8	Proteine	1001
29.8.1	Molekülgestalt	1002
29.8.2	Faktoren, die die Molekülgestalt beeinflussen	1002
29.8.3	Struktur der Faserproteine	1005
29.8.4	Struktur der globulären Proteine	1007
29.8.5	Biologische Funktionen der Proteine und Polypeptide	1010
	Aufgaben	1014
30	Aromatische Halogenide, Phenole, Phenylether und Chinone	1019
30.1	Einführung	1019
30.2	Darstellung von Halogenbenzolen	1019
30.3	Reaktionen der Halogenbenzole	1021
30.3.1	Nucleophile aromatische Substitution: Der Additions-Eliminierungs-Mechanismus	1021
30.3.2	Nucleophile aromatische Substitution: Der Eliminierungs-Additions-Mechanismus	1023
30.3.3	Metallierung	1026
30.4	Nomenklatur der Phenole und Phenylether	1029
30.5	Darstellung und Eigenschaften von Phenolen und Phenylethern	1031
30.5.1	Darstellung von Phenolen	1032
30.5.2	Die Acidität von Phenolen	1034
30.5.3	Darstellung von Phenylethern	1035

30.6	Reaktionen von Phenolat-Ionen	1036
30.6.1	Halogenierung	1036
30.6.2	Addition an Aldehyde	1036
30.6.3	Kolbe-Synthese	1037
30.6.4	Reimer-Tiemann-Reaktion	1038
30.6.5	Diazonium-Kupplung	1039
30.7	Reaktionen von Phenolen und Phenylethern	1040
30.7.1	Veresterung	1040
30.7.2	Elektrophile Substitution an Phenolen und Phenylethern	1040
30.7.3	Reaktionen von Ethern	1046
30.8	Chinone	1048
30.8.1	Nomenklatur	1048
30.8.2	Darstellung	1049
30.8.3	Redox-Gleichgewichte	1050
30.8.4	Ladungsübertragungskomplexe	1055
30.8.5	Reaktionen der Chinone	1056
	Aufgaben	1059
31	Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe	1065
31.1	Nomenklatur	1065
31.2	Biphenyl	1066
31.2.1	Synthese	1066
31.2.2	Struktur	1067
31.2.3	Reaktionen	1069
31.2.4	Verwandte Verbindungen	1070
31.3	Naphthalin	1072
31.3.1	Struktur und Vorkommen	1072
31.3.2	Synthese	1073
31.3.3	Elektrophile Substitution	1075
31.3.4	Oxidation und Reduktion von Naphthalin	1078
31.3.5	Substituierte Naphthaline	1079
31.4	Anthracen und Phenanthren	1082
31.4.1	Struktur und Stabilität	1082
31.4.2	Darstellung von Anthracenen und Phenanthrenen	1082
31.4.3	Reaktionen	1084
31.5	Höhere polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe	1086
	Aufgaben	1092
32	Heterocyclische Verbindungen	1098
32.1	Einführung	1098
32.2	Nichtaromatische Heterocyclen	1100
32.2.1	Nomenklatur	1100
32.2.2	Dreigliedrige Ringe	1100
32.2.3	Viergliedrige Ringe	1102
32.2.4	Fünf- und sechsgliedrige Ringe	1103
32.3	Furan, Pyrrol und Thiophen	1104
32.3.1	Struktur und Eigenschaften	1104
32.3.2	Synthese	1107
32.3.3	Reaktionen	1110
32.4	Kondensierte Furane, Pyrrole und Thiophene	1112
32.4.1	Struktur und Nomenklatur	1112
32.4.2	Synthese	1113
32.4.3	Reaktionen	1114

XXII Inhalt

32.5	Azole	1116
32.5.1	Struktur und Nomenklatur	1116
32.5.2	Synthese	1119
32.5.3	Reaktionen	1121
32.6	Pyridin	1123
32.6.1	Struktur und physikalische Eigenschaften	1123
32.6.2	Synthese	1125
32.6.3	Reaktionen	1126
32.7	Chinolin und Isochinolin	1133
32.7.1	Struktur und Nomenklatur	1133
32.7.2	Synthese	1134
32.7.3	Reaktionen	1136
32.8	Diazine	1138
32.8.1	Struktur und Vorkommen	1138
32.8.2	Synthese	1139
32.8.3	Reaktionen	1140
32.9	Pyrone und Pyrylium-Salze	1141
32.9.1	Pyrone	1141
32.9.2	Pyrylium-Salze	1143
	Aufgaben	1145
33	Molekulare Erkennung: Nucleinsäuren und einige biologische Katalysatoren	1152
33.1	Einführung	1152
33.2	Erkennung von Gastmolekülen durch synthetische Wirtmoleküle	1154
33.3	Molekulare Erkennung durch ein Enzym	1161
33.4	Katalytisch aktive Antikörper	1165
33.5	Nucleinsäuren	1169
33.5.1	Molekulare Komponenten der Nucleinsäuren	1169
33.5.2	Molekulare Erkennung bei Nucleinsäuren	1173
33.5.3	Bestimmung der Primärstruktur der DNA: Sequenzanalyse	1181
33.5.4	Hochspezifische Erkennung und Spaltung der DNA	1188
	Aufgaben	1191
34	Massenspektroskopie	1193
34.1	Einführung	1193
34.2	Instrumentelles	1194
34.3	Das Molekül-Ion: die Summenformel	1196
34.4	Fragmentierung	1199
34.4.1	Einfache Bindungsspaltung	1199
34.4.2	Spaltung von zwei Bindungen, Eliminierung eines neutralen Moleküls	1204
34.5	Weiterentwickelte Techniken	1208
	Aufgaben	1209
35	Die chemische Literatur	1215
35.1	Primärzeitschriften – Literatur	1215
35.2	Bücher und Übersichtsartikel	1216
35.2.1	Handbücher	1216
35.2.2	Übersichtsartikel	1217
35.2.3	Nachschlagewerke und Lehrbücher für Fortgeschrittene	1218
35.2.4	Monographien	1218
35.2.5	Bücher über Methoden und Reagentien	1219
35.3	Referateorgane	1219

35.4	Zitatenanalyse	1222
35.5	Beilstein	1223
35.6	Computer-Recherche der Literatur	1227
	Aufgaben	1229
36	Spezielle Gebiete	1231
36.1	Organometall-Verbindungen der Übergangsmetalle	1231
36.1.1	Struktur	1231
36.1.2	Chemische Reaktionen	1233
36.2	Organische Farbstoffe	1238
36.2.1	Farbe	1238
36.2.2	Natürliche Farbstoffe	1239
36.2.3	Farbstoffe und Färbeverfahren	1242
36.3	Photochemie	1246
36.3.1	Elektronisch angeregte Zustände	1246
36.3.2	Photochemische Reaktionen	1250
36.4	Polymerchemie	1253
36.4.1	Carbokationische Polymerisation der Alkene	1254
36.4.2	Radikalische Vinyl-Polymerisation	1255
36.4.3	Anionische und organometallische Polymerisation	1258
36.4.4	Dien-Polymere	1258
36.4.5	Kondensationspolymere	1260
36.5	Naturstoffe: Terpene, Steroide und Alkaloide	1262
36.5.1	Terpene	1262
36.5.2	Steroide	1266
36.5.3	Alkaloide	1269
	Essays	nach 644
Anhang I	Bildungsenthalpien	1272
Anhang II	Bindungsdissoziationsenergien	1276
Anhang III	Mittlere Bindungsenergien	1277
Anhang IV	Säuredissoziationskonstanten	1278
Anhang V	Chemische Verschiebungen von Protonen	1281
Anhang VI	Infrarotbanden	1282
Anhang VII	Symbole und Abkürzungen	1285
Anhang VIII	Überblick über die Darstellung funktioneller Gruppen	1287
	Sachregister	1310