

# Inhaltsverzeichnis

## Teil I      **Grundwissen der organischen Chemie**

<b>1</b>	<b>Chemische Bindung</b>	
	<b>in organischen Verbindungen</b> . . . . .	3
1.1	Einleitung . . . . .	3
1.2	Grundlagen der chemischen Bindung . . . . .	3
1.2.1	Wellenmechanisches Atommodell des Wasserstoff-Atoms, Atomorbitale . . . . .	3
1.2.2	Mehrelektronen-Atome . . . . .	7
1.3	Die Atombindung (kovalente oder homöopolare Bindung) . . . . .	9
1.3.1	MO-Theorie der kovalenten Bindung . . . . .	9
1.3.2	VB-Theorie der kovalenten Bindung . . . . .	12
1.3.2.1	Moleküle mit Einfachbindungen . . . . .	12
1.3.2.2	Moleküle mit Mehrfachbindungen . . . . .	16
<b>2</b>	<b>Einteilung und Reaktionsverhalten</b>	
	<b>organischer Verbindungen</b> . . . . .	20
2.1	Systematik organischer Verbindungen . . . . .	20
2.2	Grundbegriffe organisch-chemischer Reaktionen .	22
2.2.1	Reaktionen zwischen ionischen Substanzen . . .	22
2.2.2	Reaktionen von Substanzen mit kovalenter Bindung . . . . .	23
2.2.3	Substituenten-Effekte . . . . .	24
2.2.3.1	Induktive Effekte . . . . .	25
2.2.3.2	Mesomere Effekte . . . . .	26
2.2.4	Zwischenstufen: Carbokationen, Carbanionen, Radikale . . . . .	28
2.2.5	Übergangszustände . . . . .	29
2.2.6	Lösungsmittel-Einflüsse . . . . .	31
2.2.7	Hammett-Beziehung . . . . .	31

## Kohlenwasserstoffe

<b>3</b>	<b>Gesättigte Kohlenwasserstoffe (Alkane)</b>	<b>34</b>
3.1	Offenkettige Alkane	34
3.1.1	Vorkommen, Gewinnung und Verwendung der Alkane	38
3.1.2	Darstellung von Alkanen	38
3.1.3	Eigenschaften und chemische Reaktionen	39
3.1.4	Bau der Moleküle, Stereochemie der Alkane	41
3.2	Cyclische Alkane	43
3.2.1	Darstellung von Cycloalkanen	44
3.2.2	Stereochemie der Cycloalkane	45
3.2.2.1	Substituierte Cyclohexane	48
3.2.2.2	Das Steran-Gerüst	50
<b>4</b>	<b>Die radikalische Substitutions-Reaktion (<math>S_R</math>)</b>	<b>55</b>
4.1	Darstellung von Radikalen	55
4.2	Struktur und Stabilität	56
4.3	Selektivität bei Substitutions-Reaktionen	57
4.4	Beispiele für Radikalreaktionen	57
<b>5</b>	<b>Ungesättigte Kohlenwasserstoffe</b>	
	<b>I. Alkene</b>	<b>60</b>
5.1	Nomenklatur und Struktur	60
5.2	Vorkommen und Darstellung von Alkenen	62
5.3	Chemische Reaktionen	63
5.3.1	Hydrierungen	63
5.3.2	Elektrophile Additionsreaktionen	64
5.3.3	Elektrophile Nachweis- und Additionsreaktionen	66
5.3.4	Nucleophile und radikalische Additionsreaktionen	68
5.3.4.1	Nucleophile Additionsreaktionen	68
5.3.4.2	Radikalische Additionsreaktionen	69
<b>6</b>	<b>Ungesättigte Kohlenwasserstoffe</b>	
	<b>II. Konjugierte Alkene, Diene und Polyene</b>	<b>71</b>
6.1	Diels-Alder-Reaktion	73
6.2	Valenztautomerie	74
6.3	Elektronenstrukturen von Alkenen nach der MO-Theorie	75

<b>7</b>	<b>Ungesättigte Kohlenwasserstoffe</b>	
	<b>III. Alkine</b>	80
<b>8</b>	<b>Elektrophile Additionen an Alkene</b>	86
8.1	Die Addition von Halogenen an Alkene	86
8.2	Die Addition von Halogenwasserstoffen (Markownikow-Regel)	89
8.3	Die Addition von Wasser (Hydratisierung)	90
<b>9</b>	<b>Aromatische Kohlenwasserstoffe (Arene)</b>	92
9.1	Chemische Bindung in aromatischen Systemen	92
9.2	Elektronenstrukturen cyclisch-konjugierter Systeme nach der MO-Theorie	94
9.3	Beispiele für aromatische Verbindungen; Nomenklatur	96
9.4	Vorkommen, Darstellung und Verwendung	99
9.5	Elektrophile Substitutions-Reaktionen aromatischer Verbindungen	100
9.5.1	Nitrierung	101
9.5.2	Sulfonierung	102
9.5.3	Halogenierung	104
9.5.4	Ozonisierung	105
9.5.5	Hydrierung	105
9.5.6	Alkylierung nach Friedel-Crafts	106
9.5.7	Acylierung nach Friedel-Crafts	106
9.5.8	Folgereaktionen der Friedel-Crafts-Alkylierung	107
9.6	Nucleophile Substitutions-Reaktionen	108
<b>10</b>	<b>Die aromatische Substitution</b>	110
10.1	Die elektrophile aromatische Substitution ( $S_E$ )	110
10.1.1	Allgemeiner Reaktionsmechanismus	110
10.1.2	Mehrfachsubstitutionen	112
10.1.2.1	Substitutionsregeln	112
10.1.2.2	Wirkung von Substituenten auf die Orientierung bei der Substitution	113
10.1.2.3	Auswirkung von Substituenten auf die Reaktivität bei der Substitution	117
10.1.2.4	Wirkung von Halogen-Atomen als Substituenten bei der $S_E$ -Reaktion	117
10.1.2.5	Sterische Effekte bei der Substitution	119
10.2	Die nucleophile aromatische Substitution ( $S_{N,Ar}$ )	119

## XII

10.2.1	Monomolekulare nucleophile Substitution am Aromaten – $S_N1_{Ar}$ . . . . .	120
10.2.2	Bimolekulare nucleophile Substitution am Aromaten – $S_N2_{Ar}$ . . . . .	120
10.2.3	Weitere nucleophile aromatische Substitutionsreaktionen . . . . .	122

### **Verbindung mit einfachen funktionellen Gruppen**

<b>11</b>	<b>Halogen-Verbindungen</b> . . . . .	126
11.1	Chemische Eigenschaften . . . . .	126
11.2	Verwendung . . . . .	127
11.3	Darstellungsmethoden . . . . .	127
11.4	Substitutions-Reaktionen von Halogen-Verbindungen . . . . .	128
11.4.1	Reaktionen mit N-Nucleophilen (N-Alkylierung und N-Arylierung) . . . . .	129
11.4.2	Reaktionen mit S-Nucleophilen (S-Alkylierung) . . . . .	130
11.4.3	Reaktionen mit O-Nucleophilen (O-Alkylierung und O-Arylierung) . . . . .	130
11.4.4	Reaktion mit Hydrid-Ionen . . . . .	131
11.4.5	Reaktion mit C-Nucleophilen (C-Alkylierung) . . . . .	131
<b>12</b>	<b>Die nucleophile Substitution am gesättigten C-Atom (<math>S_N</math>)</b> . . . . .	135
12.1	$S_N1$ -Reaktion (Racemisierung) . . . . .	135
12.2	$S_N2$ -Reaktion (Inversion) . . . . .	137
12.3	$S_N$ -Reaktionen mit Retention . . . . .	138
12.4	Das Verhältnis $S_N1/S_N2$ und die Möglichkeiten der Beeinflussung einer $S_N$ -Reaktion . . . . .	139
12.4.1	Konstitution des organischen Restes R . . . . .	139
12.4.2	Die Art der Abgangsgruppe . . . . .	140
12.4.3	Das angreifende Nucleophil Y . . . . .	141
12.4.4	Lösungsmittelleffekte . . . . .	142
12.4.5	Ambidente Nucleophile . . . . .	143
<b>13</b>	<b>Die Eliminierungs-Reaktionen (E1, E2)</b> . . . . .	144
13.1	1,1- oder $\alpha$ -Eliminierung . . . . .	144
13.2	1,2- oder $\beta$ -Eliminierung . . . . .	145

### XIII

13.2.1	Eliminierung nach einem E1-Mechanismus . . . .	145
13.2.2	Eliminierung nach einem E1cB-Mechanismus . .	146
13.2.3	Eliminierung nach einem E2-Mechanismus . . . .	146
13.3	Das Verhältnis von Eliminierung zu Substitution .	147
13.4	Isomerenbildung bei Eliminierungen . . . . .	149
13.5	Beispiele für wichtige Eliminierungs-Reaktionen .	151
13.5.1	anti-Eliminierungen . . . . .	151
13.5.1.1	Dehalogenierung von 1,2-Dihalogen- Verbindungen . . . . .	151
13.5.1.2	Biochemische Dehydrierungen . . . . .	151
13.5.2	Syn-Eliminierungen . . . . .	152
<b>14</b>	<b>Sauerstoff-Verbindungen</b>	
	<b>I. Alkohole (Alkanole) . . . . .</b>	<b>154</b>
14.1	Beispiele und Nomenklatur . . . . .	154
14.2	Synthese einfacher Alkohole . . . . .	155
14.3	Mehrwertige Alkohole: Beispiele und Synthesen .	157
14.4	Reaktionen mit Alkoholen . . . . .	158
14.4.1	Reaktionen von Alkoholen in Gegenwart von Säuren . . . . .	159
14.4.1.1	Eliminierungen . . . . .	159
14.4.1.2	Substitutionen . . . . .	160
14.4.2	Esterbildung unter Spaltung der C–O-Bindung .	160
14.4.3	Esterbildung unter Spaltung der O–H-Bindung .	161
14.4.4	Darstellung von Halogen-Verbindungen . . . . .	162
14.5	Reaktionen von Diolen . . . . .	162
14.6	Redox-Reaktionen . . . . .	163
14.6.1	Berechnung von Oxidationszahlen in der organischen Chemie . . . . .	164
<b>15</b>	<b>Sauerstoffverbindungen: II. Ether . . . . .</b>	<b>167</b>
15.1	Eigenschaften und Reaktionen . . . . .	167
15.2	Ether-Synthesen . . . . .	168
15.3	Ether-Spaltung . . . . .	170
15.4	Umlagerungsreaktionen . . . . .	171
<b>16</b>	<b>Sauerstoffverbindungen: III. Phenole . . . . .</b>	<b>172</b>
16.1	Darstellung von Phenolen . . . . .	172
16.2	Eigenschaften von Phenolen . . . . .	174
16.3	Reaktionen mit Phenolen . . . . .	175

## XIV

<b>17</b>	<b>Schwefel-Verbindungen</b>	180
17.1	Thiole	180
17.1.1	Darstellung	181
17.1.2	Vorkommen	181
17.1.3	Reaktionen	181
17.2	Thioether (Sulfide)	182
17.2.1	Reaktionen	183
17.3	Sulfonsäuren	184
17.3.1	Verwendung von Sulfonsäuren	185
<b>18</b>	<b>Stickstoff-Verbindungen: I. Amine</b>	188
18.1	Darstellung von Aminen	189
18.2	Eigenschaften der Amine	193
18.3	Reaktionen von Aminen mit $\text{HNO}_2$	196
18.4	Oxidation von Aminen	198
18.5	Trennung und Identifizierung von Aminen	199
<b>19</b>	<b>Stickstoff-Verbindungen</b>	
	<b>II. Nitro-Verbindungen</b>	202
19.1	Nomenklatur und Darstellung	202
19.2	Chemische Eigenschaften	203
19.3	Reduktion von Nitro-Verbindungen	204
19.4	Technische Verwendung von Nitro-Verbindungen	206
<b>20</b>	<b>Stickstoff-Verbindungen: III. Azo- und Diazo- Verbindungen; Diazonium-Salze</b>	207
20.1	Substitutions-Reaktionen mit Diazoniumsalzen	207
20.1.1	Azokupplung (elektrophile Substitution)	207
20.1.2	Diazo-Spaltung (nucleophile Substitution)	209
20.1.3	Sandmeyer-Reaktion (radikalische Substitution)	210
20.1.4	Reduktion von Diazonium-Salzen	210
20.2	Diazo-Verbindungen	211
	<b>Verbindungen mit ungesättigten funktionellen Gruppen</b>	
	<b>Die Carbonyl-Gruppe</b>	219
<b>21</b>	<b>Aldehyde und Ketone</b>	221
21.1	Eigenschaften	221
21.2	Darstellung von Aldehyden und Ketonen	222

21.3	Redox-Reaktionen mit Aldehyden und Ketonen . . . . .	226
21.3.1	Reduktion zu Alkoholen . . . . .	226
21.3.2	Reduktion zu Kohlenwasserstoffen . . . . .	227
21.3.3	Oxidationsreaktionen . . . . .	228
21.3.4	Disproportionierungen . . . . .	229
21.4	Einfache Additions-Reaktionen mit Aldehyden und Ketonen . . . . .	230
21.4.1	Reaktion mit O-Nucleophilen . . . . .	231
21.4.2	Reaktion mit N-Nucleophilen . . . . .	232
21.4.3	Addition von Natriumhydrogensulfit . . . . .	235
21.4.4	Addition von HCN . . . . .	235
21.4.5	Addition von Grignard-Verbindungen . . . . .	235
21.5	Reaktionen spezieller Aldehyde . . . . .	236
21.5.1	Formaldehyd, Acetaldehyd und Benzaldehyd . . . . .	236
21.5.2	Aromatische Aldehyde . . . . .	238
21.6	Diketone . . . . .	241
21.6.1	1,2-Diketone ( $\alpha$ -Diketone) . . . . .	241
21.6.2	1,3-Diketone ( $\beta$ -Diketone) . . . . .	242
21.7	Ungesättigte Carbonyl-Verbindungen . . . . .	244
21.8	Reaktionen mit C-H-aciden Verbindungen (Carbanionen I) . . . . .	246
21.8.1	Bildung und Eigenschaften von Carbanionen . . . . .	246
21.8.2	Die Aldol-Reaktion . . . . .	248
21.8.3	Synthetisch wichtige Reaktionen mit Carbanionen . . . . .	251
21.8.3.1	Mannich-Reaktion . . . . .	251
21.8.3.2	Perkin-Reaktion . . . . .	252
21.8.3.3	Knoevenagel-Reaktion . . . . .	252
21.8.3.4	Michael-Reaktion . . . . .	253
21.8.4	Synthese von Halogencarbonyl-Verbindungen . . . . .	254
21.8.4.1	Basenkatalysierte $\alpha$ -Halogenierung . . . . .	254
21.8.4.2	Säurekatalysierte $\alpha$ -Halogenierung . . . . .	256
21.8.4.3	Haloform-Reaktion . . . . .	257
<b>22</b>	<b>Chinone</b> . . . . .	258
<b>23</b>	<b>Carbonsäuren</b> . . . . .	262
23.1	Eigenschaften von Carbonsäuren . . . . .	263
23.1.1	Substituenteneinflüsse auf die Säurestärke . . . . .	264
23.2	Darstellung von Carbonsäuren . . . . .	266
23.3	Reaktionen von Carbonsäuren . . . . .	268

# XVI

23.4	Dicarbonsäuren . . . . .	271
23.4.1	Synthesebeispiele . . . . .	271
23.4.2	Reaktionen von Dicarbonsäuren . . . . .	273
23.4.3	Spezielle Dicarbonsäuren . . . . .	274
23.4.4	Cyclisierung von Dicarbonsäure-Estern zu carbocyclischen Ringsystemen . . . . .	275
23.5	Hydroxy- und Oxo-Carbonsäuren . . . . .	276
23.5.1	Hydroxy-Carbonsäuren . . . . .	279
23.5.1.1	Darstellung von Hydroxy-carbonsäuren und -estern . . . . .	279
23.5.1.2	Reaktionen von Hydroxy-Carbonsäuren . . . . .	280
23.5.2	Oxocarbonsäuren (Ketocarbonsäuren) . . . . .	284
23.5.2.1	Darstellung von 2-Oxocarbonsäuren ( $\alpha$ -Ketocarbonsäuren) . . . . .	284
23.5.2.2	3-Oxocarbonsäuren ( $\beta$ -Ketocarbonsäuren) . . . . .	285
23.5.2.3	Keto-Enol-Tautomerie (Oxo-Enol-Tautomerie) . . . . .	287
<b>24</b>	<b>Derivate der Carbonsäuren . . . . .</b>	<b>289</b>
24.1	Reaktionen mit Carbonsäure-Derivaten . . . . .	291
24.1.1	Einfache Umsetzungen von Carbonsäure- Derivaten mit Nucleophilen . . . . .	292
24.2	Darstellung von Carbonsäure-Derivaten . . . . .	295
24.2.1	Carbonsäureanhydride . . . . .	295
24.2.2	Carbonsäurehalogenide . . . . .	295
24.2.3	Carbonsäureamide . . . . .	296
24.2.4	Carbonsäureester . . . . .	298
24.3	Knüpfung von C–C-Bindungen mit Estern über Carbanionen . . . . .	303
24.3.1	Claisen-Reaktion zur Darstellung von $\beta$ -Oxocarbonsäureestern (1,3-Ketoestern, $\beta$ -Ketoestern) . . . . .	304
24.3.2	Die Knoevenagel-Reaktion . . . . .	306
24.3.3	Reaktionen mit 1,3-Dicarbonyl-Verbindungen . . . . .	306
24.3.3.1	Reaktionen mit Carbanionen aus 1,3-Dicarbonyl-Verbindungen . . . . .	307
24.3.3.2	Abbaureaktionen von 1,3-Dicarbonyl-Verbindungen . . . . .	308
24.3.4	Synthesen mit Dicarbonsäure-Estern . . . . .	309
24.3.4.1	Reaktionen mit Malonsäure-Diethylester . . . . .	310
24.3.4.2	Claisen-Reaktionen mit Dicarbonsäure-Estern . . . . .	311



<b>25</b>	<b>Kohlensäure und ihre Derivate</b>	313
25.1	Darstellung einiger Kohlensäure-Derivate	314
25.2	Harnstoff	315
25.2.1	Synthese von Harnstoff	315
25.2.2	Eigenschaften und Nachweis	316
25.2.3	Verwendung von Harnstoff	317
25.2.4	Synthesen mit Harnstoff	318
25.2.5	Derivate des Harnstoffs	319
25.3	Cyansäure und ihre Derivate	320
25.4	Schwefel-analoge Verbindungen der Kohlensäure	322
<b>26</b>	<b>Element-organische Verbindungen</b>	324
26.1	Bindung und Reaktivität	324
26.2	Synthetisch äquivalente Gruppen	325
26.3	Eigenschaften von element-organischen Verbindungen	326
26.4	Beispiele für element-organische Verbindungen (angeordnet nach dem Periodensystem)	326
26.4.1	I. Gruppe: Lithium	326
26.4.2	II. Gruppe: Magnesium	326
26.4.2.1	Addition an Verbindungen mit aktivem Wasserstoff	327
26.4.2.2	Addition an Verbindungen mit polaren Mehrfachbindungen	327
26.4.2.3	Addition an Verbindungen mit C=C-Bindungen	328
26.4.2.4	Substitutionsreaktion	329
26.4.3	III. Gruppe: Aluminium, Bor	329
26.4.4	IV. Gruppe: Blei, Zinn, Silicium	331
26.4.5	V. Gruppe: Phosphor	333
26.4.6	I. Nebengruppe: Kupfer	335
26.4.7	II. Nebengruppe: Zink, Cadmium, Quecksilber	336
<b>27</b>	<b>Heterocyclen</b>	337
27.1	Nomenklatur	337
27.2	Heteroaliphaten	338
27.3	Heteroaromaten	339
27.3.1	Fünfgliedrige Ringe	339
27.3.1.1	Reaktivität	340
27.3.2	Sechsgliedrige Ringe	343
27.3.2.1	Reaktivität	343

# XVIII

27.3.3	Tautomerie der Heteroaromaten . . . . .	344
27.4	Darstellung von Heterocyclen als Beispiel für eine chemische Syntheseplanung . . . . .	346
27.5	Synthesen von Heterocyclen über Dicarbonyl-Verbindungen . . . . .	347
27.6	Weitere Synthesen für heterocyclische Fünfringe . . . . .	349
27.7	Synthese von sechsgliedrigen Heterocyclen . . . . .	350
<b>28</b>	<b>Wichtige organisch-chemische Reaktionsmechanismen. Ein Überblick . . . . .</b>	<b>356</b>
28.1	Reaktive Zwischenstufen . . . . .	356
28.1.1	Carbenium-Ionen . . . . .	356
28.1.2	Carbanionen . . . . .	358
28.1.3	Carbene . . . . .	359
28.1.3.1	Singulett-Sauerstoff . . . . .	360
28.1.4	Radikale . . . . .	361
28.2	Reaktionstypen . . . . .	362
28.2.1	Additionsreaktionen . . . . .	362
28.2.1.1	Elektrophile Addition . . . . .	362
28.2.1.2	Nucleophile Addition . . . . .	364
28.2.1.3	Radikalische Addition . . . . .	364
28.2.2	Eliminierungs-Reaktionen . . . . .	365
28.2.2.1	E1-Reaktion . . . . .	365
28.2.2.2	E2-Reaktion . . . . .	365
28.2.3	Substitutions-Reaktionen . . . . .	367
28.2.3.1	Nucleophile Substitution . . . . .	367
28.2.3.2	Elektrophile Substitution . . . . .	368
28.2.3.3	Radikalische Substitution . . . . .	368
28.2.4	Radikalreaktionen . . . . .	371
28.2.5	Umlagerungen . . . . .	372
28.2.6	Redox-Reaktionen . . . . .	373
28.2.7	Heterolytische Fragmentierung . . . . .	373
28.2.8	Phasentransfer-Katalyse und Kronenether . . . . .	374
<b>29</b>	<b>Orbital-Symmetrie und Mehrzentrenreaktionen . . . . .</b>	<b>378</b>
29.1	Chemische Bindung und Orbital-Symmetrie . . . . .	378
29.2	Elektrocyclische Reaktionen . . . . .	380
29.3	Cycloadditionen . . . . .	383
29.3.1	Die Diels-Alder-Reaktion . . . . .	383
29.3.2	$[2\pi + 2\pi]$ -Cycloadditionen . . . . .	385
29.3.3	Antarafacial-suprafacial . . . . .	386

## XIX

29.4	Sigmatrope Reaktionen . . . . .	387
29.4.1	Wasserstoff-Verschiebungen . . . . .	389
29.4.2	Kohlenstoff-Verschiebungen . . . . .	391
<b>30</b>	<b>Stereochemie . . . . .</b>	<b>393</b>
30.1	Enantiomere-Diastereomere . . . . .	393
30.2	Molekülchiralität . . . . .	396
30.3	Nomenklatur der Stereochemie . . . . .	399
30.3.1	Fischer-Projektion . . . . .	400
30.3.2	R-S-Nomenklatur (Cahn-Ingold-Prelog-System) . . . . .	401
30.3.3	D, L-Nomenklatur . . . . .	404
30.4	Beispiele zur Stereochemie . . . . .	405
30.4.1	Verbindungen mit mehreren chiralen C-Atomen . . . . .	405
30.4.2	Verbindungen mit gleichen Chiralitäts-Zentren . . . . .	407
30.4.3	Chirale Verbindungen ohne chirale C-Atome . . . . .	408
30.5	Trennung von Racematen (Racemat-Spaltung) . . . . .	410
30.6	Stereochemie bei chemischen Reaktionen . . . . .	411
30.6.1	Inversion, Retention und Racemisierung bei Reaktionen an einem Chiralitäts-Zentrum . . . . .	412
30.6.2	Spezifität und Selektivität bei chemischen Reaktionen . . . . .	412
30.6.3	Enantioselektive Synthese (Asymmetrische Synthese) . . . . .	413
30.6.4	Diastereoselektive Synthese . . . . .	414
30.6.5	Prochiralität . . . . .	416
<b>31</b>	<b>Photochemie . . . . .</b>	<b>418</b>

## **Teil II Chemie von Naturstoffen und Biochemie**

<b>32</b>	<b>Chemie und Biochemie . . . . .</b>	<b>425</b>
32.1	Einführung und Überblick . . . . .	425
32.2	Biokatalysatoren . . . . .	429
32.3	Stoffwechselvorgänge . . . . .	432
<b>33</b>	<b>Kohlenhydrate . . . . .</b>	<b>435</b>
33.1	Monosaccharide: Struktur und Stereochemie . . . . .	435
33.2	Spezielles Beispiel für Aldosen: Die Glucose . . . . .	437
33.2.1	Reaktionen und Eigenschaften . . . . .	439
33.3	Beispiel für Ketosen: Die Fructose . . . . .	441

33.4	Acetal-Bildung bei Zuckern . . . . .	442
33.5	Charakterisierung von Zuckern durch Derivate . . . . .	443
33.6	Reaktionen an Zuckern . . . . .	444
33.7	Disaccharide . . . . .	445
33.7.1	Allgemeine Beschreibung . . . . .	445
33.7.2	Beispiele für Disaccharide . . . . .	446
33.8	Oligo- und Polysaccharide (Glykane) . . . . .	449
33.8.1	Makromoleküle aus Glucose . . . . .	449
33.8.1.1	Cellulose . . . . .	449
33.8.1.2	Stärke . . . . .	450
33.8.1.3	Glykogen . . . . .	452
33.8.2	Makromoleküle mit Aminosuckern . . . . .	453
33.8.2.1	Chitin . . . . .	453
33.8.2.2	Proteoglycane . . . . .	454
33.8.2.3	Weitere Polysaccharide mit anderen Zuckern . . . . .	455
<b>34</b>	<b>Aminosäuren . . . . .</b>	<b>457</b>
34.1	Einteilung und Struktur . . . . .	457
34.2	Aminosäuren als Ampholyte . . . . .	459
34.3	Chemische Reaktionen von Aminosäuren . . . . .	461
34.4	Synthesen von Aminosäuren . . . . .	462
34.5	Peptide . . . . .	464
34.5.1	Hydrolyse von Peptiden . . . . .	465
34.5.2	Peptid-Synthesen . . . . .	467
34.6	Proteine . . . . .	469
34.6.1	Struktur der Proteine . . . . .	469
34.6.2	Beispiele und Einteilung der Eiweißstoffe . . . . .	475
34.6.3	Eigenschaften der Proteine . . . . .	477
<b>35</b>	<b>Biochemisch wichtige Ester (Lipide, Nucleotide) . . . . .</b>	<b>479</b>
35.1	Überblick über die Lipid-Gruppe . . . . .	479
35.1.2	Wachse . . . . .	480
35.1.3	Fettsäuren und Fette . . . . .	481
35.1.4	Komplexe Lipide . . . . .	483
35.2	Nucleotide und Nucleinsäuren . . . . .	487
35.2.1	Nucleotide . . . . .	487
35.2.2	Energiespeicherung mit Phosphorsäureverbindungen . . . . .	488
35.2.3	Nucleotide in Nucleinsäuren . . . . .	491
35.2.4	Nucleinsäuren . . . . .	494

35.2.4.1	Aufbau der DNA . . . . .	495
35.2.4.2	Aufbau der RNA . . . . .	498
<b>36</b>	<b>Terpene und Carotinoide . . . . .</b>	<b>500</b>
36.1	Biogenese von Terpenen . . . . .	500
36.2	Beispiele für Terpene . . . . .	502
<b>37</b>	<b>Steroide . . . . .</b>	<b>506</b>
<b>38</b>	<b>Alkaloide . . . . .</b>	<b>510</b>
<b>39</b>	<b>Natürliche Farbstoffe . . . . .</b>	<b>514</b>

### **Teil III Angewandte Chemie**

<b>40</b>	<b>Organische Grundstoffchemie . . . . .</b>	<b>519</b>
40.1	Erdöl . . . . .	519
40.1.1	Vorkommen und Gewinnung . . . . .	519
40.1.2	Erdölprodukte . . . . .	521
40.1.3	Verfahren der Erdöl-Veredelung . . . . .	521
40.1.3.1	Cracken . . . . .	521
40.1.3.2	Synthesegas-Erzeugung durch Erdölsplattung . . . . .	522
40.1.3.3	Gewinnung von Aromaten . . . . .	522
40.2	Erdgas . . . . .	524
40.3	Kohle . . . . .	524
40.3.1	Vorkommen und Gewinnung . . . . .	524
40.3.2	Kohleveredelung . . . . .	524
40.4	Acetylen-Chemie . . . . .	525
40.5	Die Oxo-Synthese (Hydroformylierung) . . . . .	526
40.6	Wichtige organische Chemikalien . . . . .	528
<b>41</b>	<b>Kunststoffe . . . . .</b>	<b>537</b>
41.1	Darstellung . . . . .	537
41.1.1	Reaktionstypen . . . . .	537
41.1.2	Polymerisation . . . . .	538
41.1.2.1	Radikalische Polymerisation . . . . .	539
41.1.2.2	Elektrophile (kationische) Polymerisation . . . . .	539
41.1.2.3	Nucleophile (anionische) Polymerisation . . . . .	540
41.1.2.4	Polyinsertion (Koordinative Polymerisation) . . . . .	540
41.1.3	Polykondensation . . . . .	541

41.1.4	Polyaddition . . . . .	542
41.1.5	Metathese-Reaktion . . . . .	542
41.2	Polymer-Technologie . . . . .	543
41.2.1	Durchführung von Polymerisationen . . . . .	543
41.2.2	Verarbeitung von Kunststoffen . . . . .	543
41.3	Charakterisierung von Makromolekülen . . . . .	544
41.4	Strukturen von Makromolekülen . . . . .	546
41.4.1	Polymere aus gleichen Monomeren . . . . .	546
41.4.2	Polymere mit verschiedenen Monomeren . . . . .	547
41.4.3	Polymere mit Chiralitätszentren . . . . .	548
41.5	Reaktionen an Polymeren . . . . .	549
41.6	Gebrauchseigenschaften von Polymeren . . . . .	551
41.7	Beispiele zu den einzelnen Kunststoffarten . . . . .	553
41.7.1	Bekannte Polymerisate . . . . .	553
41.7.2	Bekannte Polykondensate . . . . .	554
41.7.2.1	Formaldehydharze . . . . .	554
41.7.2.2	Polyester . . . . .	555
41.7.2.3	Polyamide . . . . .	555
41.7.2.4	Polysiloxane (Silicone) . . . . .	556
41.7.3	Bekannte Polyaddukte . . . . .	556
41.7.4	Halbsynthetische Kunststoffe . . . . .	557
<b>42</b>	<b>Farbstoffe . . . . .</b>	<b>559</b>
42.1	Theorie der Farbe und Konstitution der Farbmittel . . . . .	559
42.2	Einteilung der Farbstoffe nach dem Färbeverfahren . . . . .	561
42.3	Einteilung der Farbstoffe nach dem Chromophoren . . . . .	563
<b>43</b>	<b>Chemie wichtiger Haushaltsprodukte . . . . .</b>	<b>568</b>
43.1	Tenside . . . . .	568
43.2	Düngemittel . . . . .	571
43.2.1	Handelsdünger aus natürlichen Vorkommen . . . . .	571
43.2.2	Handelsdünger aus industrieller Herstellung („Kunstdünger“) . . . . .	572
43.2.2.1	Organische Dünger . . . . .	572
43.2.2.2	Mineraldünger . . . . .	572
43.3	Biozide . . . . .	574
43.3.1	Insektizide . . . . .	575

43.3.2	Fungizide . . . . .	577
43.3.3	Herbizide . . . . .	578
43.3.4	Vorratsschutz . . . . .	579
43.3.5	Neuere Entwicklungen . . . . .	579
43.3.5.1	Chitin-Synthese-Inhibitoren und Antijuvenilhormone . . . . .	579
43.3.5.2	Pheromone . . . . .	580
43.3.6	Natürlich vorkommende Insektizide . . . . .	582
43.4	Wesentliche Bestandteile wichtiger Haushaltsprodukte . . . . .	583
43.4.1	Holz- und Möbelbehandlung . . . . .	584
43.4.2	Behandlung von Textilien . . . . .	587
43.4.3	Körperpflegemittel und Luftverbesserer . . . . .	591
43.4.4	Gebrauchsgegenstände für Haushalt und Hobby . . . . .	594
43.4.5	Pflanzenschutz und Schädlingsbekämpfung; Düngemittel . . . . .	600
43.4.6	Reinigungs- und Putzmittel für Küche, Sanitär und Haushalt . . . . .	602

## **Teil IV Methodenregister und Nomenklatur**

<b>44</b>	<b>Methodenregister . . . . .</b>	<b>613</b>
44.1	Substitution eines H-Atoms durch eine funktionelle Gruppe . . . . .	613
44.2	Ersatz funktioneller Gruppen durch H-Atome . . . . .	614
44.3	Umwandlung funktioneller Gruppen ineinander . . . . .	614
44.4	Kettenverlängerungs- und Kettenverzweigungsreaktionen . . . . .	619
44.5	Spaltung von C–C-Bindungen . . . . .	621
44.6	Oxidationsreaktionen . . . . .	622
44.7	Reduktionsreaktionen . . . . .	624
<b>45</b>	<b>Zur Nomenklatur organischer Verbindungen . . . . .</b>	<b>627</b>
<b>46</b>	<b>Literaturnachweis und Literaturauswahl an Lehrbüchern . . . . .</b>	<b>633</b>
<b>47</b>	<b>Tabellenverzeichnis . . . . .</b>	<b>637</b>
<b>48</b>	<b>Sachverzeichnis . . . . .</b>	<b>639</b>