

# Inhaltsverzeichnis

## Teil I Grundwissen der organischen Chemie

<b>1</b>	<b>Chemische Bindung 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	Mehrerelektronen-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 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>	34
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>	55
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>	60
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>	71
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

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

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> . . . . .	154
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> . . . . .	167
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> . . . . .	172
16.1	Darstellung von Phenolen . . . . .	172
16.2	Eigenschaften von Phenolen . . . . .	174
16.3	Reaktionen mit Phenolen . . . . .	175

<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

<b>21.3</b>	<b>Redox-Reaktionen mit Aldehyden und Ketonen . . . . .</b>	226
<b>21.3.1</b>	<b>Reduktion zu Alkoholen . . . . .</b>	226
<b>21.3.2</b>	<b>Reduktion zu Kohlenwasserstoffen . . . . .</b>	227
<b>21.3.3</b>	<b>Oxidationsreaktionen . . . . .</b>	228
<b>21.3.4</b>	<b>Disproportionierungen . . . . .</b>	229
<b>21.4</b>	<b>Einfache Additions-Reaktionen mit Aldehyden und Ketonen . . . . .</b>	230
<b>21.4.1</b>	<b>Reaktion mit O-Nucleophilen . . . . .</b>	231
<b>21.4.2</b>	<b>Reaktion mit N-Nucleophilen . . . . .</b>	232
<b>21.4.3</b>	<b>Addition von Natriumhydrogensulfit . . . . .</b>	235
<b>21.4.4</b>	<b>Addition von HCN . . . . .</b>	235
<b>21.4.5</b>	<b>Addition von Grignard-Verbindungen . . . . .</b>	235
<b>21.5</b>	<b>Reaktionen spezieller Aldehyde . . . . .</b>	236
<b>21.5.1</b>	<b>Formaldehyd, Acetaldehyd und Benzaldehyd . . . . .</b>	236
<b>21.5.2</b>	<b>Aromatische Aldehyde . . . . .</b>	238
<b>21.6</b>	<b>Diketone . . . . .</b>	241
<b>21.6.1</b>	<b>1,2-Diketone (<math>\alpha</math>-Diketone) . . . . .</b>	241
<b>21.6.2</b>	<b>1,3-Diketone (<math>\beta</math>-Diketone) . . . . .</b>	242
<b>21.7</b>	<b>Ungesättigte Carbonyl-Verbindungen . . . . .</b>	244
<b>21.8</b>	<b>Reaktionen mit C–H-aciden Verbindungen (Carbanionen I) . . . . .</b>	246
<b>21.8.1</b>	<b>Bildung und Eigenschaften von Carbanionen . . . . .</b>	246
<b>21.8.2</b>	<b>Die Aldol-Reaktion . . . . .</b>	248
<b>21.8.3</b>	<b>Synthetisch wichtige Reaktionen mit Carbanionen . . . . .</b>	251
<b>21.8.3.1</b>	<b>Mannich-Reaktion . . . . .</b>	251
<b>21.8.3.2</b>	<b>Perkin-Reaktion . . . . .</b>	252
<b>21.8.3.3</b>	<b>Knoevenagel-Reaktion . . . . .</b>	252
<b>21.8.3.4</b>	<b>Michael-Reaktion . . . . .</b>	253
<b>21.8.4</b>	<b>Synthese von Halogencarbonyl-Verbindungen . . . . .</b>	254
<b>21.8.4.1</b>	<b>Basenkatalysierte <math>\alpha</math>-Halogenierung . . . . .</b>	254
<b>21.8.4.2</b>	<b>Säurekatalysierte <math>\alpha</math>-Halogenierung . . . . .</b>	256
<b>21.8.4.3</b>	<b>Haloform-Reaktion . . . . .</b>	257
<b>22</b>	<b>Chinone . . . . .</b>	258
<b>23</b>	<b>Carbonsäuren . . . . .</b>	262
<b>23.1</b>	<b>Eigenschaften von Carbonsäuren . . . . .</b>	263
<b>23.1.1</b>	<b>Substituenteneinflüsse auf die Säurestärke . . . . .</b>	264
<b>23.2</b>	<b>Darstellung von Carbonsäuren . . . . .</b>	266
<b>23.3</b>	<b>Reaktionen von Carbonsäuren . . . . .</b>	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> . . . . .	356
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> .	378
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

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

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

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

### **Teil III Angewandte Chemie**

<b>40</b>	<b>Organische Grundstoffchemie</b> . . . . .	519
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 Erdölpaltung . . .	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> . . . . .	537
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

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

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>	613
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>	627
<b>46</b>	<b>Literurnachweis und Literaturauswahl an Lehrbüchern . . . . .</b>	633
<b>47</b>	<b>Tabellenverzeichnis . . . . .</b>	637
<b>48</b>	<b>Sachverzeichnis . . . . .</b>	639