

Inhaltsverzeichnis

Teil I Grundlagen der Organischen Chemie

1	<i>Chemische Bindung in organischen Molekülen</i>	3
1.1	Einleitung	3
1.2	Grundlagen der chemischen Bindung	4
1.2.1	Wellenmechanisches Atommodell des Wasserstoff-Atoms; Atomorbitale	4
1.2.2	Mehrelektronen-Atome	7
1.3	Die Atombindung (kovalente oder homöopolare Bindung)	8
1.3.1	MO-Theorie der kovalenten Bindung	9
1.3.2	VB-Theorie der kovalenten Bindung	11
1.3.2.1	Moleküle mit Einfachbindungen	11
1.3.2.2	Moleküle mit Mehrfachbindungen	15
2	<i>Einteilung und Reaktionsverhalten organischer Verbindungen</i>	19
2.1	Systematik organischer Verbindungen	19
2.2	Grundbegriffe organisch-chemischer Reaktionen . . .	22
2.2.1	Reaktionen zwischen ionischen Substanzen	22
2.2.2	Reaktionen von Substanzen mit kovalenter Bindung	22
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	27
2.2.5	Übergangszustände	28
2.2.6	Lösungsmittel-Einflüsse	28

Kohlenwasserstoffe

3	<i>Gesättigte Kohlenwasserstoffe (Alkane)</i>	30
3.1	Offenkettige Alkane	30
3.1.1	Vorkommen, Gewinnung und Verwendung der Alkane	33

3.1.2	Darstellung von Alkanen	33
3.1.3	Eigenschaften und chemische Reaktionen	34
3.1.4	Bau der Moleküle, Stereochemie der Alkane	35
3.2	Cyclische Alkane	37
3.2.1	Darstellung von Cycloalkanen	37
3.2.2	Stereochemie der Cycloalkane	38
3.2.2.1	Substituierte Cyclohexane	38
3.3	Verwendung wichtiger Alkane	40
4	<i>Die radikalische Substitutions-Reaktion (S_R)</i>	41
4.1	Darstellung von Radikalen	41
4.2	Struktur und Stabilität	42
4.3	Beispiele für Radikalreaktionen	43
5	<i>Ungesättigte Kohlenwasserstoffe</i>	
	<i>I. Alkene</i>	45
5.1	Nomenklatur und Struktur	45
5.2	Vorkommen und Darstellung von Alkenen	46
5.3	Chemische Reaktionen	46
5.3.1	Hydrierungen	47
5.3.2	Elektrophile Additionsreaktionen	47
5.3.3	Nucleophile und radikalische Additionsreaktionen	51
5.3.3.1	Nucleophile Additionsreaktionen	51
5.3.3.2	Radikalische Additionsreaktionen	52
6	<i>Ungesättigte Kohlenwasserstoffe</i>	
	<i>II. Konjugierte Alkene, Diene und Polyene</i>	53
6.1	Diels-Alder-Reaktion	54
7	<i>Ungesättigte Kohlenwasserstoffe</i>	
	<i>III. Alkine</i>	56
8	<i>Aromatische Kohlenwasserstoffe (Arene)</i>	60
8.1	Chemische Bindung in aromatischen Systemen	60
8.2	Beispiele für aromatische Verbindungen und Nomenklatur	62
8.3	Vorkommen, Darstellung und Verwendung	63
8.4	Elektrophile Substitutions-Reaktionen aromatischer Verbindungen	64
8.4.1	Nitrierung	64
8.4.2	Sulfonierung	65
8.4.3	Halogenierung	67
8.4.4	Ozonisierung	67
8.4.5	Hydrierung	68
8.4.6	Alkylierung nach Friedel-Crafts	68
8.4.7	Acylierung nach Friedel-Crafts	68
8.4.8	Folgereaktionen der Friedel-Crafts-Alkylierung	69

8.5	Nucleophile Substitutions-Reaktionen	70
9	<i>Die elektrophile aromatische Substitution (S_E)</i>	72
9.1	Allgemeiner Reaktionsmechanismus	72
9.2	Mehrfachsubstitutionen	73
9.2.1	Substitutionsregeln	73
9.2.2	Wirkung von Substituenten auf die Orientierung bei der Substitution	75
9.2.2.1	Wirkung des Erstsubstituenten durch induktive Effekte	75
9.2.2.2	Wirkung des Erstsubstituenten durch mesomere Effekte (= Resonanzeffekte)	76
9.2.3	Auswirkung von Substituenten auf die Reaktivität bei der Substitution	78

Verbindungen mit einfachen funktionellen Gruppen

10	<i>Halogen-Verbindungen</i>	81
10.1	Chemische Eigenschaften	81
10.2	Verwendung	82
10.3	Darstellungsmethoden	82
10.4	Substitutions-Reaktionen von Halogen-Verbindun- gen	83
10.4.1	Reaktionen mit N-Nucleophilen (N-Alkylierung) . . .	83
10.4.2	Reaktionen mit S-Nucleophilen (S-Alkylierung) . . .	85
10.4.3	Reaktionen mit O-Nucleophilen (O-Alkylierung und O-Arylierung)	85
10.4.4	Reaktion mit Hydrid-Ionen	86
10.4.5	Reaktion mit C-Nucleophilen (C-Alkylierung)	86
11	<i>Die nucleophile Substitution am gesättigten C-Atom (S_N)</i>	90
11.1	S_N1 -Reaktion (Racemisierung)	90
11.2	S_N2 -Reaktion (Inversion)	91
12	<i>Die Eliminierungs-Reaktionen ($E1$, $E2$)</i>	93
12.1	1,1- oder α -Eliminierung	93
12.2	1,2- oder β -Eliminierung	94
12.2.1	Eliminierung nach einem $E1$ -Mechanismus	94
12.2.2	Eliminierung nach einem $E2$ -Mechanismus	95
12.3	Beispiele für wichtige Eliminierungs-Reaktionen . . .	95
12.3.1	anti-Eliminierungen	95
12.3.1.1	Dehalogenierung von 1,2-Dihalogen-Verbindungen .	95
12.3.1.2	Biochemische Dehydrierungen	96
13	<i>Sauerstoff-Verbindungen</i>	
	<i>I. Alkohole (Alkanole)</i>	97

13.1	Beispiele und Nomenklatur	97
13.2	Synthese einfacher Alkohole	98
13.3	Mehrwertige Alkohole: Beispiele und Synthesen . . .	99
13.4	Reaktionen mit Alkoholen	100
13.4.1	Reaktionen von Alkoholen in Gegenwart von Säuren .	101
13.4.1.1	Eliminierungen	101
13.4.1.2	Substitutionen	192
13.4.2	Esterbildung unter Spaltung der C-O-Bindung	103
13.4.3	Esterbildung unter Spaltung der O-H-Bindung	103
13.4.4	Darstellung von Halogen-Verbindungen	103
13.5	Reaktionen von Diolen	104
13.6	Redox-Reaktionen	105
13.6.1	Berechnung von Oxidationszahlen in der organischen Chemie	106
14	<i>Sauerstoffverbindungen</i>	
	<i>II. Ether</i>	109
14.1	Eigenschaften und Reaktionen	109
14.2	Ether-Synthesen	110
14.3	Ether-Spaltung	112
15	<i>Sauerstoffverbindungen</i>	
	<i>III. Phenole</i>	113
15.1	Darstellung von Phenolen	113
15.2	Eigenschaften von Phenolen	114
15.3	Reaktionen mit Phenolen	115
16	<i>Schwefel-Verbindungen</i>	120
16.1	Thiole	120
16.1.1	Darstellung	121
16.1.2	Vorkommen	121
16.1.3	Reaktionen	121
16.2	Thioether (Sulfide)	122
16.3	Sulfonsäuren	122
16.3.1	Verwendung von Sulfonsäuren	123
17	<i>Stickstoff-Verbindungen</i>	
	<i>I. Amine</i>	124
17.1	Nomenklatur	124
17.2	Darstellung von Aminen	125
17.3	Eigenschaften der Amine	127
17.4	Reaktionen von Aminen mit HNO_2	130
17.5	Oxidation von Aminen	131
17.6	Trennung und Identifizierung von Aminen	131
18	<i>Stickstoff-Verbindungen</i>	
	<i>II. Nitro-Verbindungen</i>	134

18.1	Nomenklatur und Darstellung	134
18.2	Chemische Eigenschaften	135
18.3	Reduktion von Nitro-Verbindungen	136
18.4	Technische Verwendung von Nitro-Verbindungen . .	137
19	<i>Stickstoff-Verbindungen:</i>	
	<i>III. Azo- und Diazo-Verbindungen;</i>	
	<i>Diazonium-Salze</i>	138
19.1	Substitutions-Reaktionen mit Diazoniumsalzen . . .	138
19.1.1	Azokupplung (elektrophile Substitution)	138
19.1.2	Diazo-Spaltung (nucleophile Substitution)	139
19.1.3	Sandmeyer-Reaktion (radikalische Substitution) . . .	140
19.1.4	Reduktion von Diazonium-Salzen	140
19.2	Diazo-Verbindungen	140

Verbindungen mit ungesättigten funktionellen Gruppen

	<i>Die Carbonylgruppe</i>	142
20	<i>Aldehyde und Ketone</i>	144
20.1	Eigenschaften	144
20.2	Darstellung von Aldehyden und Ketonen	145
20.3	Redox-Reaktionen mit Aldehyden und Ketonen . . .	148
20.3.1	Reduktion zu Alkoholen	148
20.3.2	Reduktion zu Kohlenwasserstoffen	149
20.3.3	Oxidationsreaktionen	149
20.3.4	Disproportionierungen	150
20.4	Einfache Additions-Reaktionen mit Aldehyden und Ketonen	150
20.4.1	Reaktion mit O-Nucleophilen	151
20.4.2	Reaktion mit N-Nucleophilen	152
20.4.3	Addition von Natriumhydrogensulfit	154
20.4.4	Addition von HCN	154
20.4.5	Addition von Grignard-Verbindungen	155
20.5	Reaktionen spezieller Aldehyde	155
20.5.1	Formaldehyd, Acetaldehyd und Benzaldehyd	155
20.5.2	Aromatische Aldehyde	157
20.6	Diketone	158
20.6.1	1,2-Diketone (α -Diketone)	158
20.6.2	1,3-Diketone (β -Diketone)	159
20.7	Ungesättigte Carbonyl-Verbindungen	160
20.8	Reaktionen mit C-H-aciden Verbindungen (Carbanionen I)	162
20.8.1	Bildung und Eigenschaften von Carbanionen	162
20.8.2	Die Aldol-Reaktion	163
20.8.3	Synthetisch wichtige Reaktionen mit Carbanionen . .	165
20.8.3.1	Die Mannich-Reaktion	165

20.8.3.2	Die Perkin-Reaktion	166
20.8.3.3	Die Knoevenagel-Reaktion	166
20.8.4	Synthese von Halogencarbonyl-Verbindungen	167
20.8.4.1	Basenkatalysierte α -Halogenierung	167
20.8.4.2	Säurekatalysierte α -Halogenierung	167
21	<i>Chinone</i>	169
22	<i>Carbonsäuren</i>	170
22.1	Eigenschaften von Carbonsäuren	171
22.1.1	Substituenteneinflüsse auf die Säurestärke	171
22.2	Darstellung von Carbonsäuren	173
22.3	Reaktionen von Carbonsäuren	175
22.4	Dicarbonsäuren	177
22.4.1	Synthesebeispiele	177
22.4.2	Reaktionen von Dicarbonsäuren	178
22.4.3	Spezielle Dicarbonsäuren	179
22.4.4	Cyclisierungen von Dicarbonsäure-Estern zu carbocyclischen Ringsystemen	181
22.5	Hydroxy- und Oxocarbonsäuren	181
22.5.1	Hydroxy-Carbonsäuren	183
22.5.1.1	Darstellung von Hydroxy-Carbonsäuren und -estern .	183
22.5.1.2	Reaktionen von Hydroxy-Carbonsäuren	183
22.5.2	Oxocarbonsäuren (Ketocarbonsäuren)	184
22.5.2.1	Darstellung von 2-Oxocarbonsäuren (α -Ketocarbonsäuren)	184
22.5.2.2	3-Oxocarbonsäuren (β -Ketocarbonsäuren)	185
22.5.2.3	Keto-Enol-Tautometrie/Oxo-Enol-Tautometrie . . .	185
23	<i>Derivate der Carbonsäuren</i>	187
23.1	Reaktionen mit Carbonsäure-Derivaten	189
23.1.1	Einige einfache Umsetzungen von Carbonsäure- Derivaten mit Nucleophilen	189
23.2	Darstellung von Carbonsäure-Derivaten	191
23.2.1	Carbonsäureanhydride	192
23.2.2	Carbonsäurehalogenide	192
23.2.3	Carbonsäureamide	192
23.2.4	Carbonsäureester	194
23.3	Knüpfung von C-C-Bindungen mit Estern über Carbanionen	198
23.3.1	Claisen-Reaktion zur Darstellung von 1,3-Ketoestern (β -Ketoestern)	198
23.3.2	Die Knoevenagel-Reaktion	200
23.3.3	Reaktionen mit 1,3-Dicarbonyl-Verbindungen	200
23.3.3.1	Reaktionen mit Carbanionen aus 1,3-Dicarbonyl- Verbindungen	201
23.3.3.2	Abbaureaktionen von 1,3-Dicarbonyl-Verbindungen .	202
23.3.4	Synthesen mit Dicarbonsäure-Estern	203

24	<i>Kohlensäure und ihre Derivate</i>	204
24.1	Darstellung einiger Kohlensäure-Derivate	205
24.2	Harnstoff	206
24.2.1	Synthese von Harnstoff	206
24.2.2	Eigenschaften und Nachweis	207
24.2.3	Synthesen mit Harnstoff	208
24.2.4	Derivate von Harnstoff	208
24.3	Cyansäure und ihre Derivate	208
24.4	Schwefel-analoge Verbindungen der Kohlensäure	210
25	<i>Element-organische Verbindungen</i>	212
25.1	Eigenschaften element-organischer Verbindungen	212
25.2	Einige Beispiele für element-organische Verbindungen	212
25.2.1	I. Gruppe: Lithium	212
25.2.2	II. Gruppe: Magnesium	213
25.2.2.1	Addition an Verbindungen mit aktivem Wasserstoff	213
25.2.2.2	Addition an Verbindungen mit polaren Mehrfachbindungen	214
25.2.2.3	Addition an Verbindungen mit C=C-Bindungen	215
25.2.2.4	Substitutionsreaktion	215
25.2.3	III. Gruppe: Aluminium, Bor	215
25.2.4	IV. Gruppe: Blei, Zinn, Silicium	216
25.2.5	V. Gruppe: Phosphor	217
25.2.6	I. Nebengruppe: Kupfer	217
25.2.7	II. Nebengruppe: Zink, Cadmium, Quecksilber	217
26	<i>Heterocyclen</i>	219
26.1	Nomenklatur	219
26.2	Heteroaliphaten	220
26.3	Heteroaromaten	220
26.3.1	Fünfgliedrige Ringe	220
26.3.1.1	Reaktivität	221
26.3.2	Sechsgliedrige Ringe	222
26.4	Synthesen von Pyridin	222

Teil II Chemie und Biochemie von Naturstoffen

27	<i>Kohlenhydrate</i>	231
27.1	Monosaccharide: Struktur und Stereochemie	231
27.2	Spezielles Beispiel für Aldosen: Die Glucose	233
27.2.1	Reaktionen und Eigenschaften	234
27.3	Beispiel für Ketosen: Die Fructose	235
28	<i>Charakterisierung von Zuckern durch Derivate</i>	237
29	<i>Reaktionen an Zuckern</i>	238

30	<i>Disaccharide</i>	239
31	<i>Aminosäuren</i>	241
31.1	Aminosäuren als Ampholyte	243
31.2	Chemische Reaktionen von Aminosäuren	245
31.3	Synthesen von Aminosäuren	246
32	<i>Biochemisch wichtige Ester</i>	247
32.1	Fette	247
32.2	Phospholipide	249
32.3	Wachse	249
33	<i>Biopolymere</i>	250
33.1	Polysaccharide (Glykane)	250
33.1.1	Cellulose	251
33.1.2	Stärke	251
33.1.3	Bekannte Polysaccharide mit anderen Zuckern	252
33.2	Peptide	253
33.2.1	Hydrolyse von Peptiden	354
33.2.2	Peptid-Synthesen	255
33.3	Proteine	256
33.3.1	Struktur der Proteine	256
33.3.2	Beispiele und Einteilung der Eiweißstoffe	261
34	<i>Chemie und Biochemie</i>	263
34.1	Biokatalysatoren	264
34.2	Stoffwechselvorgänge	264
35	<i>Terpene</i>	267
36	<i>Alkaloide</i>	268

Teil III Angewandte Chemie

37	<i>Organische Grundstoffchemie</i>	275
37.1	Erdöl	275
37.1.1	Vorkommen und Gewinnung	275
37.1.2	Erdölprodukte	277
37.1.3	Verfahren der Erdöl-Veredelung	277
37.1.3.1	Cracken	277
37.1.3.2	Synthesegas-Erzeugung durch Erdölspaltung	278
37.1.3.3	Gewinnung von Aromaten	278
37.2	Erdgas	280
37.3	Kohle	280
37.3.1	Vorkommen und Gewinnung	280
37.3.2	Kohleveredelung	280

37.4	Acetylen-Chemie	281
37.5	Die Oxo-Synthese (Hydroformylierung)	282
37.6	Wichtige organische Chemikalien	284
38	<i>Kunststoffe</i>	293
38.1	Darstellung	293
38.1.1	Reaktionstypen	293
38.1.2	Polymerisation	294
38.1.2.1	Radikalische Polymerisation	295
38.1.2.2	Elektrophile (kationische) Polymerisation	295
38.1.2.3	Nucleophile (anionische) Polymerisation	295
38.1.2.4	Polyinsertion	296
38.1.3	Polykondensation	296
38.1.4	Polyaddition	297
38.2	Polymer-Technologie	298
38.2.1	Durchführung von Polymerisationen	298
38.2.2	Verarbeitung von Kunststoffen	298
38.3	Strukturen von Makromolekülen	299
38.3.1	Polymere aus gleichen Monomeren	299
38.3.2	Polymere mit verschiedenen Monomeren	300
38.3.3	Polykondensate	300
38.3.3.1	Polyester	300
38.3.3.2	Polyamide	301
38.3.3.3	Polysiloxane/Silicone	301
38.3.4	Bekannte Polyaddukte	302
38.3.5	Halbsynthetische Kunststoffe	303
38.4	Gebrauchseigenschaften von Polymeren	303
38.5	Beispiele zu den einzelnen Kunststoffarten	306
38.5.1	Bekannte Polymerisate	306
38.5.2	Bekannte Polykondensate	307
39	<i>Farbstoffe</i>	308
39.1	Theorie der Farbe und Konstitution der Farbmittel	308
39.2	Einteilung der Farbstoffe nach dem Färbeverfahren	310
39.3	Einteilung der Farbstoffe nach den Chromophoren	312
40	<i>Tenside</i>	317

Teil IV Trennmethoden und Spektroskopie

41	<i>Trennverfahren zur Isolierung und Reinigung von Verbindungen</i>	323
41.1	Charakterisierung von Verbindungen	328
42	<i>Optische und spektroskopische Analysenverfahren</i>	329
42.1	Grundlagen der Refraktometrie	329

42.1.1	Beschreibung des Verfahrens	329
42.1.2	Anwendungsbereich	330
42.2	Grundlagen der Polarimetrie	330
42.3	Gemeinsame Grundlagen der Photometrie und Spektroskopie	332
42.3.1	Das elektromagnetische Spektrum	332
42.3.2	Lichtemission	333
42.3.3	Absorption	334
42.3.4	Gesetz der Lichtabsorption	335
42.4	Grundlagen der Absorptionsspektroskopie im ultravioletten und sichtbaren Bereich	336
42.4.1	Molekülanregung	336
42.4.2	Molekülstruktur und absorbiertes Licht	336
42.4.3	Meßmethodik	338
42.4.4	Auswertung	339
42.5	Grundlagen der Absorptionsphotometrie	340
42.6	Grundlagen der Infrarot-Absorptionsspektroskopie	340
42.6.1	Molekülanregung	340
42.6.2	Absorptionsbereich	342
42.6.3	Meßmethodik	345
42.6.4	Anwendungen und Auswertung	345
42.7	Grundlagen der Kernresonanzspektroskopie (NMR, nuclear magnetic resonance)	346
42.7.1	Chemische Verschiebung	347
42.7.2	Spin – Spin – Kopplung	347
42.7.3	Messung und Anwendung	348
43	<i>Zur Nomenklatur organischer Verbindungen</i>	350
44	<i>Literaturnachweis und Literaturauswahl an Lehrbüchern</i>	356
45	<i>Sachverzeichnis</i>	359