

Inhaltsverzeichnis

Teil I

Grundwissen der organischen Chemie. 1

1	Chemische Bindung in organischen Verbindungen.....	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	6
1.3	Die Atombindung (kovalente oder homöopolare Bindung)	7
1.3.1	MO-Theorie der kovalenten Bindung	8
1.3.2	VB-Theorie der kovalenten Bindung.....	10
1.4	Bindungslängen und Bindungsenergien	14
2	Allgemeine Grundbegriffe.....	17
2.1	Systematik organischer Verbindungen	17
2.2	Nomenklatur.....	18
2.2.1	Stammsysteme.....	18
2.2.2	Substituierte Systeme	18
2.2.3	Gruppennomenklatur	19
2.3	Chemische Formelsprache.....	22
2.4	Isomerie	24
2.5	Grundbegriffe organisch-chemischer Reaktionen	27
2.5.1	Reaktionen zwischen ionischen Substanzen.....	27
2.5.2	Reaktionen von Substanzen mit kovalenter Bindung	27
2.5.3	Säuren und Basen, Elektrophile und Nucleophile	28
2.5.4	Substituenten-Effekte	30

2.5.5	Zwischenstufen: Carbokationen, Carbanionen, Radikale	33
2.5.6	Übergangszustände	34
2.5.7	Lösemittel-Einflüsse	35
2.5.8	Hammett-Beziehung	36
3	Kohlenwasserstoffe	37
3	Gesättigte Kohlenwasserstoffe (Alkane)	38
3.1	Offenkettige Alkane	38
	Nomenklatur und Struktur	39
3.1.1	Bau der Moleküle, Konformationen der Alkane...	41
3.1.2	Vorkommen, Gewinnung und Verwendung der Alkane	43
3.1.3	Herstellung von Alkanen	43
3.1.4	Eigenschaften gesättigter Kohlenwasserstoffe	44
3.2	Cyclische Alkane	45
3.2.1	Bau der Moleküle, Konformationen der Cycloalkane	45
3.2.2	Herstellung von Cycloalkanen	51
4	Die radikalische Substitutions-Reaktion (S_R)	52
4.1	Herstellung von Radikalen	52
4.2	Struktur und Stabilität	53
4.3	Ablauf von Radikalreaktionen	54
4.4	Selektivität bei radikalischen Substitutions-Reaktionen	55
4.5	Beispiele für Radikalreaktionen	56
4.5.1	Umsetzungen von Alkanen	56
4.5.2	Umsetzungen von Alkenen in Allylstellung	58
5	Ungesättigte Kohlenwasserstoffe (Alkene, Alkine)	61
5.1	Alkene	61
5.1.1	Nomenklatur und Struktur	61
5.1.2	Vorkommen und Herstellung von Alkenen	62
5.1.3	Verwendung von Alkenen	64
5.1.4	Diene und Polyene	65

5.1.5	Elektronenstrukturen von Alkenen nach der MO-Theorie	67
5.2	Alkine	69
5.3	Biologisch interessante Alkene und Alkine.....	72
6	Additionen an Alkene und Alkine.....	74
6.1	Elektrophile Additionen	74
6.1.1	Additionen symmetrischer Verbindungen.....	75
6.1.2	Additionen unsymmetrischer Verbindungen (<i>Markownikow</i> -Regel)	76
6.1.3	Stereospezifische <i>Syn</i> -Additionen	79
6.2	Cycloadditionen.....	81
6.2.1	[2+1]-Cycloadditionen.....	81
6.2.2	[2+2]-Cycloadditionen.....	82
6.2.3	[3+2]-Cycloadditionen.....	82
6.2.4	[4+2]-Cycloadditionen.....	83
6.3	Nucleophile Additionen.....	85
6.3.1	Nucleophile Additionen von Aminen	86
6.3.2	Nucleophile Epoxidierung von α,β -ungesättigten Carbonylverbindungen	86
6.3.3	<i>Michael</i> -Addition.....	86
6.4	Radikalische Additionen.....	86
6.5	Di-, Oligo- und Polymerisationen, Dominoreaktionen	87
7	Aromatische Kohlenwasserstoffe (Arene)	89
7.1	Chemische Bindung in aromatischen Systemen ...	89
7.2	Elektronenstrukturen cyclisch-konjugierter Systeme nach der MO-Theorie	91
7.3	Beispiele für aromatische Verbindungen; Nomenklatur	92
7.4	Vorkommen und Herstellung	94
7.5	Eigenschaften und Verwendung	96
7.6	Reaktionen aromatischer Verbindungen.....	98
7.6.1	Additionsreaktionen aromatischer Verbindungen	98
7.6.2	Reaktionen von Alkylbenzolen in der Seitenkette	101

8	Die aromatische Substitution (S_{Ar})	103
8.1	Die elektrophile aromatische Substitution (S _{E,Ar})	103
8.1.1	Allgemeiner Reaktionsmechanismus	103
8.1.2	Mehrfachsubstitution	104
8.1.3	Substitutionen an kondensierten Aromaten	110
8.2	Beispiele für elektrophile Substitutionsreaktionen	111
8.2.1	Nitrierung	111
8.2.2	Sulfonierung	112
8.2.3	Halogenierung	114
8.2.4	Alkylierung nach <i>Friedel-Crafts</i>	114
8.2.5	Acylierung nach <i>Friedel-Crafts</i>	115
8.3	Die nucleophile aromatische Substitution (S _{N,Ar})	117
8.3.1	Monomolekulare nucleophile Substitution am Aromaten (S _{N1,Ar})	117
8.3.2	Bimolekulare nucleophile Substitution am Aromaten (S _{N2,Ar})	117
	Verbindungen mit einfachen funktionellen Gruppen.....	121
9	Halogen-Verbindungen	122
9.1	Chemische Eigenschaften	122
9.2	Verwendung	123
9.3	Herstellungsmethoden	124
9.4	Biologisch interessante Halogen-Kohlenwasserstoffe	126
10	Die nucleophile Substitution (S_N) am gesättigten C-Atom	127
10.1	Der S _{N1} -Mechanismus	127
10.1.1	Auswirkungen des Reaktionsmechanismus	128
10.2	Der S _{N2} -Mechanismus	130
10.3	S _N -Reaktionen mit Retention	131
10.4	Das Verhältnis S _{N1} /S _{N2} und die Möglichkeiten der Beeinflussung einer S _N -Reaktion	132
10.4.1	Konstitution des organischen Restes R	132
10.4.2	Die Art der Abgangsgruppe	133
10.4.3	Das angreifende Nucleophil	133
10.4.4	Lösemitteleffekte	134
10.4.5	Ambidente Nucleophile	135

11	Die Eliminierungs-Reaktionen (E1, E2).....	137
11.1	α - oder 1,1-Eliminierung.....	137
11.2	β - oder 1,2-Eliminierung	138
11.2.1	Eliminierung nach einem E1-Mechanismus	138
11.2.2	Eliminierung nach einem E1cB-Mechanismus.....	139
11.2.3	Eliminierung nach einem E2-Mechanismus	139
11.3	Das Verhältnis von Eliminierung zu Substitution	141
11.4	Isomerenbildung bei Eliminierungen.....	142
11.5	Beispiele für wichtige Eliminierungs-Reaktionen	144
11.5.1	<i>anti</i> -Eliminierungen.....	144
11.5.2	<i>syn</i> -Eliminierungen (thermische Eliminierungen)	144
12	Sauerstoff-Verbindungen	146
12.1	Alkohole (Alkanole).....	146
12.1.1	Beispiele und Nomenklatur	146
12.1.2	Herstellung von Alkoholen.....	148
12.1.3	Reaktionen der Alkohole	151
12.2	Phenole	156
12.2.1	Beispiele und Nomenklatur	156
12.2.2	Herstellung von Phenolen.....	157
12.2.3	Eigenschaften von Phenolen.....	159
12.2.4	Reaktionen von Phenolen	160
12.2.5	Biologisch interessante Phenole	162
12.3	Ether	163
12.3.1	Herstellung	163
12.3.2	Eigenschaften der Ether.....	164
12.3.3	Reaktionen der Ether	165
13	Schwefel-Verbindungen	167
13.1	Thiole.....	167
13.1.1	Herstellung	168
13.1.2	Vorkommen.....	168
13.1.3	Reaktionen.....	169
13.2	Thioether (Sulfide)	170
13.2.1	Herstellung	170
13.2.2	Reaktionen.....	170
13.3	Sulfonsäuren	171

13.3.1	Herstellung	171
13.3.2	Verwendung von Sulfonsäuren.....	172
13.4	Technisch und biologisch wichtige Schwefel-Verbindungen	173
14	Stickstoff-Verbindungen.....	174
14.1	Amine	174
14.1.1	Nomenklatur.....	174
14.1.2	Herstellung von Aminen.....	175
14.1.3	Eigenschaften der Amine.....	179
14.1.4	Reaktionen der Amine	182
14.1.5	Biochemisch wichtige Amine.....	185
14.2	Nitroverbindungen.....	186
14.2.1	Nomenklatur und Beispiele	186
14.2.2	Herstellung	187
14.2.3	Eigenschaften und Reaktionen von Nitroverbindungen.....	187
14.2.4	Verwendung von Nitroverbindungen	189
14.3	Azoverbindungen.....	190
14.3.1	Herstellung der Azoverbindungen.....	190
14.4	Hydrazoverbindungen	192
14.4.1	Herstellung der Hydrazoverbindungen.....	192
14.4.2	Reaktionen der Hydrazoverbindungen	192
14.5	Diazoverbindungen, Diazoniumsalze	193
14.5.1	Herstellung von Diazo- und Diazoniumverbindungen.....	193
14.5.2	Reaktionen von Diazo- und Diazoniumverbindungen.....	194
15	Elementorganische Verbindungen.....	197
15.1	Bildung und Reaktivität.....	197
15.2	Synthetisch äquivalente Gruppen	198
15.3	Eigenschaften elementorganischer Verbindungen	199
15.4	Beispiele für elementorganische Verbindungen...	199
15.4.1	I. Gruppe: Lithium.....	199
15.4.2	II. Gruppe: Magnesium.....	199
15.4.3	III. Gruppe: Bor, Aluminium.....	201
15.4.4	IV. Gruppe: Silicium, Zinn, Blei	202
15.4.5	V. Gruppe: Phosphor	204
15.4.6	I. Nebengruppe: Kupfer.....	205
15.4.7	II. Nebengruppe: Zink, Cadmium, Quecksilber...	207

Verbindungen mit ungesättigten funktionellen Gruppen.....	208
Die Carbonyl-Gruppe	208
16 Aldehyde, Ketone und Chinone	210
16.1 Nomenklatur und Beispiele	210
16.2 Herstellung von Aldehyden und Ketonen.....	211
16.3 Spezielle Carbonylverbindungen.....	217
16.3.1 α -Hydroxycarbonylverbindungen	217
16.3.2 β -Hydroxycarbonylverbindungen.....	219
16.3.3 1,2-Dicarbonylverbindungen	219
16.3.4 1,3-Dicarbonylverbindungen	220
16.3.5 1,4- Dicarbonylverbindungen	221
16.3.6 1,5- Dicarbonylverbindungen	222
16.3.7 α -Halogencarbonylverbindungen.....	222
16.3.8 α, β -Ungesättigte (vinyloge) Aldehyde und Ketone.....	223
16.4 Eigenschaften und Verwendung	224
16.5 Redoxreaktionen von Carbonylverbindungen	226
16.5.1 Reduktion zu Alkoholen.....	226
16.5.2 Reduktion zu Kohlenwasserstoffen	226
16.5.3 Oxidationsreaktionen.....	227
16.5.4 Redoxverhalten der Chinone	228
16.6 Biologisch interessante Carbonylverbindungen ...	230
17 Reaktionen von Aldehyden und Ketonen.....	232
17.1 Additionen von Hetero-Nucleophilen.....	233
17.1.1 Addition von ‚Hydrid‘	233
17.1.2 Reaktion mit <i>O</i> -Nucleophilen.....	235
17.1.3 Reaktion mit <i>N</i> -Nucleophilen	237
17.1.4 Reaktion mit <i>S</i> -Nucleophilen.....	240
17.2 Additionen von Kohlenstoff-Nucleophilen	241
17.2.1 Umsetzungen mit Blausäure bzw. Cyanid	241
17.2.2 Umsetzungen mit <i>Grignard</i> -Reagenzien	243
17.2.3 Umsetzungen mit Acetyliden	243
17.2.4 Umsetzungen mit Phosphor-Yliden.....	243

17.3	Additionen von Carbonylverbindungen.....	244
17.3.1	Bildung und Eigenschaften von Carbanionen.....	244
17.3.2	Aldol-Reaktion	245
17.3.3	<i>Mannich</i> -Reaktion	248
17.3.4	<i>Perkin</i> -Reaktion.....	249
17.3.5	<i>Erlenmeyer</i> Azlactonsynthese	249
17.3.6	<i>Knoevenagel</i> -Reaktion.....	250
17.3.7	<i>Darzens</i> Glycidester-Synthese.....	250
17.3.8	<i>Michael</i> -Addition.....	251
17.3.9	<i>Robinson</i> -Annelierung.....	251
18	Carbonsäuren.....	252
18.1	Nomenklatur und Beispiele	252
18.2	Herstellung von Carbonsäuren	253
18.3	Eigenschaften von Carbonsäuren	254
18.3.1	Substituenteneinflüsse auf die Säurestärke.....	254
18.4	Reaktionen von Carbonsäuren	257
18.4.1	Reduktionen.....	257
18.4.2	Abbau unter CO ₂ -Abspaltung (Decarboxylierung)	257
18.4.3	Bildung von Derivaten.....	257
18.5	Spezielle Carbonsäuren	257
18.5.1	Dicarbonsäuren.....	257
18.5.2	Hydroxycarbonsäuren.....	261
18.5.3	Oxocarbonsäuren	265
18.5.4	Halogencarbonsäuren	268
19	Derivate der Carbonsäuren	272
19.1	Reaktionen von Carbonsäurederivaten	273
19.1.1	Hydrolyse von Carbonsäurederivaten zu Carbonsäuren	273
19.1.2	Umsetzung von Carbonsäurederivaten mit Aminen.....	274
19.1.3	Umsetzung mit Alkoholen zu Carbonsäureestern.	275
19.2	Herstellung und Eigenschaften von Carbonsäurederivaten	275
19.2.1	Carbonsäureanhydride	275
19.2.2	Carbonsäurehalogenide	276
19.2.3	Carbonsäureamide	276
19.2.4	Carbonsäureester	278
19.2.5	Lactone	280
19.2.6	Spezielle Carbonsäurederivate.....	282

20	Reaktionen von Carbonsäurederivaten ..	285
20.1	Reaktionen an der Carbonylgruppe	285
20.1.1	Reaktionen von Carbonsäureestern	285
20.1.2	Reaktionen von Carbonsäurehalogeniden und -anhydriden	288
20.1.3	Reaktionen von Carbonsäureamiden	289
20.1.4	Reaktionen von Nitrilen	290
20.2	Reaktionen in α -Stellung zur Carbonylgruppe	291
20.2.1	Reaktionen von Carbonsäureestern	292
20.2.2	Reaktionen von 1,3-Dicarbonylverbindungen	296
20.2.3	Reaktionen von Carbonsäurehalogeniden und -anhydriden	301
20.2.4	Reaktionen von Carbonsäurenitrilen	302
21	Kohlensäure und ihre Derivate	303
21.1	Beispiele und Nomenklatur	303
21.2	Herstellung von Kohlensäurederivaten	304
21.3	Harnstoff und Derivate	305
21.3.1	Synthese von Harnstoff	305
21.3.2	Eigenschaften und Nachweis	305
21.3.3	Verwendung von Harnstoff	306
21.3.4	Synthesen mit Harnstoff	307
21.3.5	Derivate des Harnstoffs	308
21.4	Cyansäure und Derivate	309
21.5	Schwefel-analoge Verbindungen der Kohlensäure	310
22	Heterocyclen	313
22.1	Nomenklatur	313
22.2	Heteroaliphaten	314
22.3	Heteroaromat	316
22.3.1	Fünfgliedrige Ringe	316
22.3.2	Sechsgliedrige Ringe	319
22.3.3	Tautomerie der Heteroaromat	322
22.4	Retrosynthese von Heterocyclen	322
22.5	Synthese von Heterocyclen über Dicarbonylverbindungen	324
22.6	Weitere Synthesen für heterocyclische Fünfringe	325

22.7	Weitere Synthesen für heterocyclische Sechsringe	326
23	Wichtige Reaktionsmechanismen im Überblick	329
23.1	Reaktive Zwischenstufen.....	329
23.1.1	Carbeniumionen.....	329
23.1.2	Carbanionen.....	331
23.1.3	Carbene.....	332
23.1.4	Radikale.....	333
23.2	Reaktionstypen	334
23.2.1	Additions-Reaktionen.....	334
23.2.2	Eliminierungs-Reaktionen	336
23.2.3	Substitutions-Reaktionen.....	337
23.2.4	Radikal-Reaktionen	340
23.2.5	Umlagerungen	341
23.2.6	Redox-Reaktionen	341
23.2.7	Heterolytische Fragmentierung	342
23.2.8	Phasentransfer-Katalyse und Kronenether.....	343
24	Orbital-Symmetrie und Mehrzentrenreaktionen	346
24.1	Chemische Bindung und Orbital-Symmetrie.....	346
24.2	Elektrocyclische Reaktionen	348
24.3	Cycloadditionen.....	350
24.3.1	<i>Diels-Alder</i> -Reaktion.....	350
24.3.2	[$2\pi+2\pi$]-Cycloadditionen	352
24.3.3	Antarafaciale und suprafaciale Reaktionen	353
24.4	Sigmatrope Reaktionen.....	354
24.4.1	Wasserstoffverschiebungen	355
24.4.2	Kohlenstoffverschiebungen	356
25	Stereochemie.....	358
25.1	Stereoisomere	358
25.2	Molekülchiralität	360
25.2.1	Prochiralität	363
25.3	Schreibweisen und Nomenklatur der Stereochemie	365

25.3.1	D,L-Nomenklatur	366
25.3.2	R,S-Nomenklatur.....	366
25.4	Beispiele zur Stereochemie.....	368
25.4.1	Verbindungen mit mehreren chiralen C-Atomen .	368
25.4.2	Verbindungen mit gleichen Chiralitätszentren	369
25.4.3	Chirale Verbindungen ohne chirale C-Atome	369
25.5	Herstellung optisch aktiver Verbindungen	371
25.5.1	Trennung von Racematen (Racematspaltungen) ..	371
25.5.2	Stereochemischer Verlauf von chemischen Reaktionen.....	372
25.5.3	Asymmetrische Synthese.....	374
26	Photochemie.....	377
26.1	Multiplizität M von elektronischen Zuständen....	377
26.2	Jablonski-Diagramm.....	378
26.3	Beispiele für photochemische Reaktionen.....	380
Teil II		
Chemie von Naturstoffen		
und Biochemie.....		383
27	Chemie und Biochemie.....	385
27.1	Einführung und Überblick	385
27.2	Biokatalysatoren	388
27.3	Stoffwechselvorgänge	391
28	Kohlenhydrate	394
28.1	Monosaccharide.....	394
28.1.1	Struktur und Stereochemie	394
28.1.2	Reaktionen und Eigenschaften	398
28.1.3	Synthese von Zuckern	401
28.2	Disaccharide	402
28.2.1	Allgemeines.....	402

28.2.2	Beispiele für Disaccharide	403
28.3	Oligo- und Polysaccharide (Glycane)	406
28.3.1	Makromoleküle aus Glucose	406
28.3.2	Makromoleküle mit Aminozuckern	408
29	Aminosäuren, Peptide und Proteine	412
29.1	Aminosäuren	412
29.1.1	Einteilung und Struktur	412
29.1.2	Aminosäuren als Ampholyte	414
29.1.3	Gewinnung und Synthesen von Aminosäuren	416
29.1.4	Reaktionen von Aminosäuren	418
29.2	Peptide	420
29.2.1	Hydrolyse von Peptiden	421
29.2.2	Peptid-Synthesen	423
29.2.3	Biologisch wichtige Peptide	428
29.3	Proteine	430
29.3.1	Struktur der Proteine	430
29.3.2	Beispiele und Einteilung der Proteine	433
29.3.3	Eigenschaften der Proteine	435
30	Lipide	436
30.1	Überblick über die Lipid-Gruppe	436
30.2	Fettsäuren und Fette	437
30.3	Komplexe Lipide	439
30.3.1	Phospholipide	439
30.3.2	Glycolipide	440
30.3.3	Biochemische Bedeutung komplexer Lipide	440
30.4	Wachse	441
31	Nucleotide und Nucleinsäuren	442
31.1	Nucleotide	442
31.1.1	Energiespeicherung mit Phosphorsäureverbindungen	443
31.1.2	Nucleotide in Nucleinsäuren	445
31.2	Nucleinsäuren	446
31.2.1	Aufbau der DNA	447
31.2.2	Aufbau der RNA	448

32	Terpene und Carotinoide	450
32.1	Biogenese von Terpenen	450
32.2	Beispiele für Terpene.....	452
33	Steroide	455
33.1	Biosynthese der Steroide	455
33.2	Beispiele für Steroide	456
33.2.1	Sterine.....	456
33.2.2	Gallensäuren.....	457
33.2.3	Steroid-Hormone	458
33.2.4	Corticoide	460
33.2.5	Herzaktive Steroide	460
33.2.6	Sapogenine und Steroid-Alkaloide.....	461
34	Alkaloide	462
34.1	Pyrrolidin und Piperidin-Alkaloide	463
34.2	Pyridin-Alkaloide	463
34.3	Tropan-Alkaloide.....	464
34.4	Pyrrolizidin-, Indolizidin- und Chinolizidin-Alkaloide	465
34.5	Indol-Alkaloide.....	467
34.6	Isochinolin-Alkaloide	470
34.7	Chinolin-Akaloide	472
34.8	Weitere Alkaloide.....	473
35	Natürliche Farbstoffe	474

Teil III

Angewandte Chemie 479

36	Organische Grundstoffchemie	481
36.1	Erdöl	481
36.2	Erdgas	484
36.3	Kohle	484
36.4	Acetylen-Chemie	487
36.5	Oxo-Synthese (Hydroformylierung).....	487
36.6	Wichtige organische Chemikalien.....	489
37	Kunststoffe	497
37.1	Herstellung	497
37.2	Polymer-Technologie	502
37.3	Charakterisierung von Makromolekülen	503
37.4	Strukturen von Makromolekülen.....	505
37.5	Reaktionen an Polymeren.....	507
37.6	Gebrauchseigenschaften von Polymeren	509
37.7	Beispiele zu den einzelnen Kunststoffarten.....	510
38	Farbstoffe	515
38.1	Theorie der Farbe und Konstitution der Farbmittel	515
38.2	Einteilung der Farbstoffe nach den Färbeverfahren.....	517
38.3	Einteilung der Farbstoffe nach den Chromophoren.....	519
39	Chemie im Alltag	523
39.1	Tenside	523
39.2	Düngemittel	525
39.3	Biozide.....	528

39.3.1	Insektizide.....	529
39.3.2	Fungizide	531
39.3.3	Herbizide	531
39.3.4	Vorratsschutz.....	532
39.3.5	Neuere Entwicklungen	532
39.3.6	Natürlich vorkommende Insektizide.....	534
39.4	Wesentliche Bestandteile wichtiger Haushaltsprodukte	535
39.4.1	Holz- und Möbelbehandlung	536
39.4.2	Behandlung von Textilien	538
39.4.3	Körperpflegemittel und Luftverbesserer.....	542
39.4.4	Gebrauchsgegenstände für Haushalt und Hobby..	545
39.4.5	Pflanzenschutz und Schädlingsbekämpfung; Düngemittel	551
39.4.6	Reinigungs- und Putzmittel für Küche, Sanitär und Haushalt.....	552

Teil IV

Anhang 561

40 Methodenregister..... 563

40.1	Substitution eines H-Atoms durch eine funktionelle Gruppe	563
40.2	Ersatz funktioneller Gruppen durch H-Atome.....	564
40.3	Umwandlung funktioneller Gruppen ineinander ..	564
40.4	Kettenverlängerungs- und Kettenverzweigungsreaktionen.....	570
40.5	Spaltung von C-C-Bindungen.....	572
40.6	Synthesen stickstoffhaltiger Verbindungen	572
40.7	Oxidationsreaktionen.....	575
40.8	Reduktionsreaktionen	577

41 Literurnachweis und Literaturauswahl an Lehrbüchern 580

42 Sachverzeichnis..... 582