

Inhaltsverzeichnis

Teil I Grundwissen der organischen Chemie

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	4
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	Valence-Bond-Theorie der kovalenten Bindung	10
1.4	Bindungslängen und Bindungsenergien	14
2	Allgemeine Grundbegriffe	17
2.1	Systematik organischer Verbindungen	17
2.2	Nomenklatur	17
2.2.1	Stammsysteme	18
2.2.2	Substituierte Systeme	18
2.2.3	Gruppennomenklatur	19
2.3	Chemische Formelsprache	21
2.4	Isomerie	22
2.5	Grundbegriffe organisch-chemischer Reaktionen	25
2.5.1	Reaktionen zwischen ionischen Substanzen	25
2.5.2	Reaktionen von Substanzen mit kovalenter Bindung	25
2.5.3	Säuren und Basen, Elektrophile und Nucleophile	27
2.5.4	Substituenten-Effekte	28
2.5.5	Zwischenstufen: Carbokationen, Carbanionen, Radikale	31
2.5.6	Übergangszustände	32
2.5.7	Lösemittel-Einflüsse	33
2.5.8	Hammett-Beziehung	34

Teil II Kohlenwasserstoffe

3	Gesättigte Kohlenwasserstoffe (Alkane)	39
3.1	Offenkettige Alkane	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	44
3.1.4	Eigenschaften gesättigter Kohlenwasserstoffe	45
3.2	Cyclische Alkane	45
3.2.1	Bau der Moleküle, Konformationen der Cycloalkane	46
3.2.2	Herstellung von Cycloalkanen	51
4	Die radikalische Substitutions-Reaktion (SR)	53
4.1	Herstellung von Radikalen	53
4.2	Struktur und Stabilität	54
4.3	Ablauf von Radikalreaktionen	55
4.4	Selektivität bei radikalischen Substitutions-Reaktionen	56
4.5	Beispiele für Radikalreaktionen	58
4.5.1	Umsetzungen von Alkanen	58
4.5.2	Umsetzungen von Alkenen in Allylstellung	60
5	Ungesättigte Kohlenwasserstoffe (Alkene, Alkine)	63
5.1	Alkene	63
5.1.1	Nomenklatur und Struktur	63
5.1.2	Vorkommen und Herstellung von Alkenen	64
5.1.3	Verwendung von Alkenen	66
5.1.4	Elektronenstrukturen von Alkenen nach der MO-Theorie	69
5.2	Alkine	72
5.3	Biologisch interessante Alkene und Alkine	74
6	Additionen an Alkene und Alkine	77
6.1	Elektrophile Additionen	77
6.1.1	Additionen symmetrischer Verbindungen	78
6.1.2	Additionen unsymmetrischer Verbindungen (Markownikow-Regel)	79
6.1.3	Stereospezifische Syn-Additionen	82
6.2	Cycloadditionen	84
6.2.1	[2+1]-Cycloadditionen	84
6.2.2	[2+2]-Cycloadditionen	85
6.2.3	[3+2]-Cycloadditionen	85
6.2.4	[4+2]-Cycloadditionen	86
6.3	Nucleophile Additionen	89
6.3.1	Nucleophile Additionen von Aminen	89
6.3.2	Nucleophile Epoxidierung von α,β -ungesättigten Carbonylverbindungen (Scheffer-Weitz-Epoxidierung)	89
6.3.3	Michael-Additionen	90

6.4	Radikalische Additionen	90
6.5	Di-, Oligo- und Polymerisationen, Dominoreaktionen	91
7	Aromatische Kohlenwasserstoffe (Arene)	93
7.1	Chemische Bindung in aromatischen Systemen	93
7.2	Elektronenstrukturen cyclisch-konjugierter Systeme nach der MO-Theorie	95
7.3	Beispiele für aromatische Verbindungen; Nomenklatur	96
7.4	Vorkommen und Herstellung	98
7.5	Eigenschaften und Verwendung	100
7.6	Reaktionen aromatischer Verbindungen	102
7.6.1	Additionsreaktionen aromatischer Verbindungen	102
7.6.2	Reaktionen von Alkylbenzolen in der Seitenkette	104
8	Die aromatische Substitution S_{Ar}	107
8.1	Die elektrophile aromatische Substitution ($S_{E,Ar}$)	107
8.1.1	Allgemeiner Reaktionsmechanismus	107
8.1.2	Mehrfachsubstitution	108
8.1.3	Substitutionen an kondensierten Aromaten	113
8.2	Beispiele für elektrophile Substitutionsreaktionen	114
8.2.1	Nitrierung	114
8.2.2	Sulfonierung	115
8.2.3	Halogenierung	117
8.2.4	Alkylierung nach <i>Friedel-Crafts</i>	118
8.2.5	Acylierung nach <i>Friedel-Crafts</i>	119
8.3	Die nucleophile aromatische Substitution ($S_{N,Ar}$)	121
8.3.1	Monomolekulare nucleophile Substitution am Aromaten ($S_{N1,Ar}$)	121
8.3.2	Bimolekulare nucleophile Substitution am Aromaten ($S_{N2,Ar}$)	121

Teil III Verbindungen mit einfachen funktionellen Gruppen

9	Halogen-Verbindungen	127
9.1	Chemische Eigenschaften	127
9.2	Verwendung	128
9.3	Herstellungsmethoden	129
9.4	Biologisch interessante Halogen-Kohlenwasserstoffe	131
10	Die nucleophile Substitution (S_N) am gesättigten C-Atom	133
10.1	Der S_N1 -Mechanismus	133
10.1.1	Auswirkungen des Reaktionsmechanismus	134
10.2	Der S_N2 -Mechanismus	136
10.3	S_N -Reaktionen mit Retention	137

10.4	Das Verhältnis S_N1/S_N2 und die Möglichkeiten der Beeinflussung einer S_N -Reaktion	138
10.4.1	Konstitution des organischen Restes R	138
10.4.2	Das angreifende Nucleophil	140
10.4.3	Lösemittleffekte	141
10.4.4	Ambidente Nucleophile	141
11	Die Eliminierungs-Reaktionen (E1, E2)	143
11.1	α - oder 1,1-Eliminierung	144
11.2	β - oder 1,2-Eliminierung	144
11.2.1	Eliminierung nach einem E1-Mechanismus	144
11.2.2	Eliminierung nach einem E1cB-Mechanismus	145
11.2.3	Eliminierung nach einem E2-Mechanismus	145
11.3	Das Verhältnis von Eliminierung zu Substitution	147
11.4	Isomerenbildung bei Eliminierungen	148
11.5	Beispiele für wichtige Eliminierungs-Reaktionen	150
11.5.1	<i>anti</i> -Eliminierungen	150
11.5.2	<i>syn</i> -Eliminierungen (thermische Eliminierungen)	150
12	Sauerstoff-Verbindungen	153
12.1	Alkohole (Alkanole)	153
12.1.1	Beispiele und Nomenklatur	153
12.1.2	Herstellung von Alkoholen	155
12.1.3	Reaktionen der Alkohole	158
12.2	Phenole	163
12.2.1	Beispiele und Nomenklatur	163
12.2.2	Herstellung von Phenolen	163
12.2.3	Eigenschaften von Phenolen	166
12.2.4	Reaktionen von Phenolen	166
12.2.5	Biologisch interessante Phenole	169
12.3	Ether	170
12.3.1	Herstellung	170
12.3.2	Eigenschaften der Ether	171
12.3.3	Reaktionen der Ether	172
13	Schwefel-Verbindungen	175
13.1	Thiole	175
13.1.1	Herstellung	176
13.1.2	Vorkommen	177
13.1.3	Reaktionen	177
13.2	Thioether (Sulfide)	178
13.2.1	Herstellung	178
13.2.2	Reaktionen	179

13.3	Sulfonsäuren	180
13.3.1	Herstellung	180
13.3.2	Verwendung von Sulfonsäuren	180
13.4	Technisch und biologisch wichtige Schwefel-Verbindungen	181
14	Stickstoff-Verbindungen	183
14.1	Amine	183
14.1.1	Nomenklatur	183
14.1.2	Herstellung von Aminen	184
14.1.3	Eigenschaften der Amine	189
14.1.4	Reaktionen der Amine	191
14.1.5	Biochemisch wichtige Amine	194
14.2	Nitroverbindungen	196
14.2.1	Nomenklatur und Beispiele	196
14.2.2	Herstellung	196
14.2.3	Eigenschaften und Reaktionen von Nitroverbindungen	197
14.2.4	Verwendung von Nitroverbindungen	199
14.3	Azoverbindungen	200
14.3.1	Herstellung der Azoverbindungen	200
14.4	Hydrazoverbindungen	202
14.4.1	Herstellung der Hydrazoverbindungen	202
14.4.2	Reaktionen der Hydrazoverbindungen	202
14.5	Diazoverbindungen	203
14.5.1	Herstellung von Diazo- und Diazoniumverbindungen	203
14.5.2	Reaktionen von Diazo- und Diazoniumverbindungen	204
15	Element-organische Verbindungen	207
15.1	Bindung und Reaktivität	207
15.2	Synthetisch äquivalente Gruppen	208
15.3	Eigenschaften elementorganischer Verbindungen	209
15.4	Beispiele für elementorganische Verbindungen (angeordnet nach dem Periodensystem)	209
15.4.1	I. Gruppe: Lithium	209
15.4.2	II. Gruppe: Magnesium	209
15.4.3	III. Gruppe: Bor, Aluminium	211
15.4.4	IV. Gruppe: Silicium, Zinn, Blei	212
15.4.5	V. Gruppe: Phosphor	214
15.4.6	I. Nebengruppe: Kupfer	216
15.4.7	II. Nebengruppe: Zink, Cadmium, Quecksilber	217
Teil IV Verbindungen mit ungesättigten funktionellen Gruppen		
16	Aldehyde, Ketone und Chinone	221
16.1	Nomenklatur und Beispiele	221

16.2	Herstellung von Aldehyden und Ketonen	222
16.2.1	Oxidation von Alkoholen	222
16.2.2	Oxidation aktivierter C–H-Bindungen	224
16.2.3	Reduktion von Carbonsäurederivaten	225
16.2.4	Umsetzung von Carbonsäurederivaten mit metallorganischen Verbindungen	226
16.2.5	<i>Friedel-Crafts</i> -Acylierungen	227
16.2.6	Oxidative Spaltungsreaktionen	228
16.3	Spezielle Carbonylverbindungen	228
16.3.1	α -Hydroxycarbonylverbindungen	228
16.3.2	β -Hydroxycarbonylverbindungen	230
16.3.3	1,2-Dicarbonylverbindungen	231
16.3.4	1,3-Dicarbonylverbindungen	232
16.3.5	1,4-Dicarbonylverbindungen	233
16.3.6	1,5-Dicarbonylverbindungen	234
16.3.7	α -Halogencarbonylverbindungen	234
16.3.8	α,β -Ungesättigte (vinylloge) Aldehyde und Ketone	235
16.4	Eigenschaften und Verwendung	236
16.5	Redoxreaktionen von Carbonylverbindungen	237
16.5.1	Reduktion zu Alkoholen	237
16.5.2	Reduktion zu Kohlenwasserstoffen	238
16.5.3	Oxidationsreaktionen	239
16.5.4	Redoxverhalten der Chinone	240
17	Reaktionen von Aldehyden und Ketonen	245
17.1	Additionen von Hetero-Nucleophilen	246
17.1.1	Addition von „Hydrid“	246
17.1.2	Reaktion mit <i>O</i> -Nucleophilen	248
17.1.3	Reaktion mit <i>N</i> -Nucleophilen	250
17.1.4	Reaktion mit <i>S</i> -Nucleophilen	253
17.2	Additionen von Kohlenstoff-Nucleophilen	254
17.2.1	Umsetzungen mit Blausäure bzw. Cyanid	254
17.2.2	Umsetzungen mit <i>Grignard</i> -Reagenzien	256
17.2.3	Umsetzungen mit Acetyliden	256
17.2.4	Umsetzungen mit Phosphor-Yliden	256
17.3	Additionen von Carbonylverbindungen	257
17.3.1	Bildung und Eigenschaften von Carbanionen	257
17.3.2	Aldol-Reaktion	258
17.3.3	<i>Mannich</i> -Reaktion	261
17.3.4	<i>Perkin</i> -Reaktion	262
17.3.5	<i>Erlenmeyer</i> Azlactonsynthese	262
17.3.6	<i>Knoevenagel</i> -Reaktion	263
17.3.7	<i>Darzens</i> Glycidester-Synthese	264
17.3.8	<i>Michael</i> -Reaktion	264
17.3.9	<i>Robinson</i> -Anellierung	265

18	Carbonsäuren	267
18.1	Nomenklatur und Beispiele	267
18.2	Herstellung von Carbonsäuren	268
18.3	Eigenschaften von Carbonsäuren	269
18.3.1	Substituenteneinflüsse auf die Säurestärke	270
18.4	Reaktionen von Carbonsäuren	272
18.4.1	Reduktion	272
18.4.2	Abbau unter CO ₂ -Abspaltung (Decarboxylierung)	272
18.4.3	Bildung von Derivaten (s. Kap. 19)	272
18.5	Spezielle Carbonsäuren	272
18.5.1	Dicarbonensäuren	272
18.5.2	Hydroxycarbonensäuren	276
18.5.3	Oxocarbonensäuren	280
18.5.4	Halogencarbonensäuren	283
19	Derivate der Carbonsäuren	287
19.1	Reaktionen von Carbonsäurederivaten	288
19.1.1	Hydrolyse von Carbonsäurederivaten zu Carbonsäuren	289
19.1.2	Umsetzung von Carbonsäurederivaten mit Aminen	289
19.1.3	Umsetzung mit Alkoholen zu Carbonsäureestern	290
19.2	Herstellung und Eigenschaften von Carbonsäurederivaten	291
19.2.1	Carbonsäureanhydride	291
19.2.2	Carbonsäurehalogenide	293
19.2.3	Carbonsäureamide	293
19.2.4	Carbonsäureester	295
19.2.5	Lactone	298
19.2.6	Spezielle Carbonsäurederivate	300
20	Reaktionen von Carbonsäurederivaten	301
20.1	Reaktionen an der Carbonylgruppe	301
20.1.1	Reaktionen von Carbonsäureestern	301
20.1.2	Reaktionen von Carbonsäurehalogeniden und -anhydriden	304
20.1.3	Reaktionen von Carbonsäureamiden	305
20.1.4	Reaktionen von Nitrilen	306
20.2	Reaktionen in α -Stellung zur Carbonylgruppe	308
20.2.1	Reaktionen von Carbonsäureestern	308
20.2.2	Reaktionen von 1,3-Dicarbonylverbindungen	313
20.2.3	Reaktionen von Carbonsäurehalogeniden und -anhydriden	317
20.2.4	Reaktionen von Carbonsäurenitrilen	319
21	Kohlensäure und ihre Derivate	321
21.1	Beispiele und Nomenklatur	321
21.2	Herstellung von Kohlensäurederivaten	322
21.3	Harnstoff und Derivate	323
21.3.1	Synthese von Harnstoff	323
21.3.2	Eigenschaften und Nachweis	323

21.3.3	Verwendung von Harnstoff	324
21.3.4	Synthesen mit Harnstoff	325
21.3.5	Derivate des Harnstoffs	326
21.4	Cyansäure und Derivate	327
21.5	Schwefel-analoge Verbindungen der Kohlensäure	329
22	Heterocyclen	331
22.1	Nomenklatur	331
22.2	Heteroaliphaten	332
22.3	Heteroaromaten	334
22.3.1	Fünfgliedrige Ringe	334
22.3.2	Sechsgliedrige Ringe	338
22.3.3	Tautomerie der Heteroaromaten	340
22.4	Retrosynthese von Heterocyclen	341
22.5	Synthesen von Heterocyclen über Dicarbonylverbindungen	342
22.6	Weitere Synthesen für heterocyclische Fünfringe	343
22.7	Weitere Synthesen für heterocyclische Sechsringe	345
22.7.1	Pyridin-Synthese nach <i>Hantzsch</i>	345
22.7.2	Chinoline	346
22.7.3	Indole	347
23	Wichtige Reaktionsmechanismen im Überblick	349
23.1	Reaktive Zwischenstufen	349
23.1.1	Carbeniumionen	349
23.1.2	Carbanionen	351
23.1.3	Carbene	352
23.1.4	Radikale	354
23.2	Reaktionstypen	355
23.2.1	Additions-Reaktionen	355
23.2.2	Eliminierungs-Reaktionen	356
23.2.3	Substitutions-Reaktionen	357
23.2.4	Radikal-Reaktionen	360
23.2.5	Umlagerungen	361
23.2.6	Redox-Reaktionen	362
23.2.7	Heterolytische Fragmentierung	362
23.2.8	Phasentransfer-Katalyse und Kronenether	363
24	Orbital-Symmetrie und Mehrzentrenreaktionen	367
24.1	Chemische Bindung und Orbital-Symmetrie	367
24.2	Elektrocyclische Reaktionen	369
24.3	Cycloadditionen	371
24.3.1	<i>Diels-Alder</i> -Reaktion	371
24.3.2	[2 π +2 π]-Cycloadditionen	373
24.3.3	Antarafaciale und suprafaciale Reaktionen	374

24.4	Sigmatrope Reaktionen	374
24.4.1	Wasserstoffverschiebungen	376
24.4.2	Kohlenstoffverschiebungen	377
25	Stereochemie	379
25.1	Stereoisomere	379
25.2	Molekülchiralität	381
25.2.1	Prochiralität	384
25.3	Schreibweisen und Nomenklatur der Stereochemie	386
25.3.1	D,L-Nomenklatur	387
25.3.2	R,S-Nomenklatur (<i>Cahn-Ingold-Prelog</i> -System)	387
25.4	Beispiele zur Stereochemie	389
25.4.1	Verbindungen mit mehreren chiralen C-Atomen	389
25.4.2	Verbindungen mit gleichen Chiralitätszentren	390
25.4.3	Chirale Verbindungen ohne chirale C-Atome	391
25.5	Herstellung optisch aktiver Verbindungen	392
25.5.1	Trennung von Racematen (Racematspaltung)	392
25.5.2	Stereochemischer Verlauf von chemischen Reaktionen	394
25.5.3	Asymmetrische Synthese	396
26	Photochemie	399
26.1	Multiplizität M von elektronischen Zuständen	399
26.2	<i>Jablonski</i> -Diagramm	400
26.3	Beispiele für photochemische Reaktionen	402

Teil V Chemie von Naturstoffen und Biochemie

27	Chemie und Biochemie	407
27.1	Einführung und Überblick	407
27.2	Biokatalysatoren	410
27.3	Stoffwechselvorgänge	413
28	Kohlenhydrate	415
28.1	Monosaccharide	415
28.1.1	Struktur und Stereochemie	415
28.1.2	Reaktionen und Eigenschaften	419
28.1.3	Synthese von Zuckern	423
28.2	Disaccharide	424
28.2.1	Allgemeines	424
28.2.2	Beispiele für Disaccharide	425
28.3	Oligo- und Polysaccharide (Glycane)	426
28.3.1	Makromoleküle aus Glucose	426
28.3.2	Makromoleküle mit Aminoazuckern	429

29	Aminosäuren, Peptide und Proteine	433
29.1	Aminosäuren	433
29.1.1	Einteilung und Struktur	433
29.1.2	Aminosäuren als Ampholyte	435
29.1.3	Gewinnung und Synthesen von Aminosäuren	437
29.1.4	Reaktionen von Aminosäuren	440
29.2	Peptide	441
29.2.1	Hydrolyse von Peptiden	442
29.2.2	Peptid-Synthesen	444
29.2.3	Biologisch wichtige Peptide	449
29.3	Proteine	451
29.3.1	Struktur der Proteine	451
29.3.2	Beispiele und Einteilung der Proteine	454
29.3.3	Eigenschaften der Proteine	455
30	Lipide	457
30.1	Überblick über die Lipid-Gruppe	457
30.2	Fettsäuren und Fette	458
30.3	Komplexe Lipide	460
30.3.1	Phospholipide	460
30.3.2	Glycolipide	461
30.3.3	Biochemische Bedeutung komplexer Lipide	462
30.4	Wachse	462
31	Nucleotide und Nucleinsäuren	465
31.1	Nucleotide	465
31.1.1	Energiespeicherung mit Phosphorsäureverbindungen	466
31.1.2	Nucleotide in Nucleinsäuren	468
31.2	Nucleinsäuren	469
31.2.1	Aufbau der DNA	471
31.2.2	Aufbau der RNA	472
32	Terpene und Carotinoide	475
32.1	Biogenese von Terpenen	475
32.2	Beispiele für Terpene	477
33	Steroide	481
33.1	Biosynthese der Steroide	481
33.2	Beispiele für Steroide	483
33.2.1	Sterine	483
33.2.2	Gallensäuren	483
33.2.3	Steroid-Hormone	484
33.2.4	Corticoide	486
33.2.5	Herzaktive Steroide	487
33.2.6	Sapogenine und Steroid-Alkaloide	487

34	Alkaloide	489
34.1	Pyrrolidin- und Piperidin-Alkaloide	490
34.2	Pyridin-Alkaloide	491
34.3	Tropan-Alkaloide	491
34.4	Pyrrolizidin-, Indolizidin- und Chinolizidin-Alkaloide	493
34.5	Indol-Alkaloide	494
34.5.1	Substituierte Indole	495
34.5.2	Carbazol-Alkaloide	495
34.5.3	Carbolin-Alkaloide	496
34.5.4	Ergolin-Alkaloide	497
34.6	Isochinolin-Alkaloide	498
34.7	Chinolin-Alkaloide	500
34.8	Weitere Alkaloide	501
35	Natürliche Farbstoffe	503

Teil VI Angewandte Chemie

36	Organische Grundstoffchemie	509
36.1	Erdöl	509
36.1.1	Vorkommen und Gewinnung	509
36.1.2	Erdölprodukte	510
36.1.3	Verfahren der Erdölveredelung	510
36.2	Erdgas	513
36.3	Kohle	513
36.3.1	Vorkommen und Gewinnung	513
36.3.2	Kohleveredelung	513
36.4	Acetylen-Chemie	514
36.5	Oxo-Synthese (Hydroformylierung)	515
36.6	Wichtige organische Chemikalien	516
37	Kunststoffe	521
37.1	Herstellung	521
37.1.1	Reaktionstypen	521
37.1.2	Polymerisation	522
37.1.3	Polykondensation	524
37.1.4	Polyaddition	525
37.1.5	Metathese-Reaktion	525
37.2	Polymer-Technologie	526
37.2.1	Durchführung von Polymerisationen	526
37.2.2	Verarbeitung von Kunststoffen	527
37.3	Charakterisierung von Makromolekülen	527

37.4	Strukturen von Makromolekülen	529
37.4.1	Polymere aus gleichen Monomeren	529
37.4.2	Polymere mit verschiedenen Monomeren	530
37.4.3	Polymere mit Chiralitätszentren	531
37.5	Reaktionen an Polymeren	532
37.5.1	Abbaureaktionen	532
37.5.2	Aufbaureaktionen	532
37.5.3	Polymeranaloge Reaktionen	532
37.6	Gebrauchseigenschaften von Polymeren	533
37.7	Beispiele zu den einzelnen Kunststoffarten	535
37.7.1	Bekannte Polymerisate	535
37.7.2	Bekannte Polykondensate	536
37.7.3	Bekannte Polyaddukte	537
37.7.4	Halbsynthetische Kunststoffe	538
38	Farbstoffe	539
38.1	Theorie der Farbe und Konstitution der Farbmittel	539
38.2	Einteilung der Farbstoffe nach dem Färbeverfahren	541
38.3	Einteilung der Farbstoffe nach den Chromophoren	543
39	Chemie im Alltag	547
39.1	Medikamente	547
39.1.1	Antibiotika	548
39.1.2	Antivirale Arzneistoffe	550
39.1.3	Antitumor-Arzneistoffe	551
39.1.4	Blutdrucksenkende Arzneistoffe	551
39.1.5	Cholesterinsenkende Arzneistoffe	553
39.1.6	Entzündungshemmer	554
39.1.7	Potenzmittel	554
39.1.8	Psychopharmaka	554
39.2	Tenside	556
39.3	Biozide	558
39.3.1	Insektizide	558
39.3.2	Fungizide	559
39.3.3	Herbizide	559
39.3.4	Vorratsschutz	560
39.3.5	Neuere Entwicklungen	560
39.3.6	Natürlich vorkommende Insektizide	562
	Nobelpreise für Chemie	563
	Methodenregister	573
	Literaturnachweis und Literaturauswahl an Lehrbüchern	591
	Sachverzeichnis	593