

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	V
Aus dem Vorwort zur ersten Auflage	VIII
Der Weg eines Lehrbuches durch fünf Jahrzehnte	IX

1 Allgemeiner Teil

1

1.1	Einleitung	1	1.5	Ermittlung chemischer Formeln	14
1.2	Die reine Substanz	3	1.5.1	Verhältnisformel	14
1.2.1	Kristallisation	4	1.5.2	Bestimmung der relativen Molekülmasse bzw. der Molekularformel	15
1.2.2	Destillation und Rektifikation ...	4	1.5.3	Struktur- und Konstitutionsformel	17
1.2.3	Destillation und Sublimation im Fein- und Hochvakuum	5	1.6	Arten der chemischen Bindungen	18
1.2.4	Wasserdampfdestillation	6	1.6.1	Atombau	19
1.2.5	Extraktion	6	1.6.2	Ionenbindung (Ionenbeziehung) ..	23
1.2.6	Adsorptionschromatographie ...	6	1.6.3	Atombindung	24
1.2.7	Gel-Chromatographie	7	1.6.4	C-H- und C-C-Bindung	25
1.2.8	Verteilungschromatographie ...	7	1.6.5	Oniumkomplexe	27
1.2.9	Dünnschichtchromatographie (DC)	8	1.6.6	Polare Atombindung	28
1.2.10	Gaschromatographie (GC)	9	1.7	Funktionelle Gruppen und induktiver Effekt	32
1.2.11	Kriterien der reinen Substanz ...	10	1.8	Physikalische Methoden der Strukturaufklärung	33
1.3	Qualitative organische Elementaranalyse	11	1.8.1	Massenspektrometrie	34
1.3.1	Kohlenstoff	11	1.8.2	IR-Spektroskopie	37
1.3.2	Wasserstoff	11	1.8.3	UV-Sichtbar-Spektroskopie (Elektronenspektren)	38
1.3.3	Stickstoff	12	1.8.4	Photoelektronenspektroskopie (PE-Spektroskopie)	40
1.3.4	Schwefel	12	1.8.5	Kernmagnetische Resonanzspektroskopie	41
1.3.5	Halogene	12	1.8.6	Elektronenspinresonanz	48
1.3.6	Übrige Elemente	13	1.8.7	Ionen-Cyclotron-Resonanz (ICR) .	50
1.4	Quantitative organische Elementaranalyse	13	1.8.8	Kristallstrukturanalyse	51
1.4.1	Kohlenstoff, Wasserstoff und Stickstoff	13	1.9	Einteilung des Stoffgebiets der organischen Chemie	52
1.4.2	Schwefel	14			
1.4.3	Halogene (Chlor, Brom, Iod)	14			

2 Aliphatische Verbindungen

55

2.1 Alkane (Paraffine), C_nH_{2n+2}	55	2.8.4 Ethanol, Ethylalkohol	122
2.1.1 Methan	57	2.8.5 Propanole, Propylalkohole	124
2.1.2 Ethan	59	2.8.6 Butanole, Butylalkohole	124
2.1.3 Propan und Butane	60	2.8.7 Pentanole, Pentyl- oder Amylalkohole	125
2.1.4 Pentane und höhere Homologe ...	60	2.8.8 Optische Isomerie, Chiralität	126
2.1.5 Konformationen des Ethans	61	2.8.9 Höhere Alkohole, $C_nH_{2n+1}OH$...	129
2.2 Alkene (Olefine), C_nH_{2n}	64	2.8.10 Ungesättigte Alkohole (Alkenole und Alkinole)	130
2.2.1 Ethylen (Ethen) und Propen	65	2.9 Halogenderivate der Alkane ...	131
2.2.2 Butene, Isobuten und Homologe ..	66	2.9.1 Alkylhalogenide (Halogenalkane)	132
2.2.3 Die $C=C$ -Doppelbindung	68	2.9.2 Mechanismen der nucleophilen Substitution am gesättigten C-Atom	135
2.2.4 Die <i>cis-trans</i> -Isomerie der Ethylene	70	2.9.3 Eliminierungsreaktionen	140
2.2.5 Additionsreaktionen	72	2.9.4 Phasentransfer-Katalyse (PTC) ..	141
2.2.6 Substitutionsreaktionen	78	2.9.5 Fragmentierungsreaktionen	142
2.3 Polymerisation der Alkene und Vinylderivate	79	2.9.6 Höher halogenierte Alkane	143
2.3.1 Radikalkettenpolymerisation	80	2.9.7 Fluorierte Kohlenwasserstoffe ...	145
2.3.2 Ionenkettenpolymerisation	80	2.10 Ester anorganischer Säuren ...	147
2.3.3 Koordinative Ketten- polymerisation	81	2.10.1 Ester der Schwefelsäure (Alkylsulfate)	147
2.3.4 Polymerisation der Alkene	82	2.10.2 Ester der Salpetersäure	148
2.3.5 Polymerisation der Vinylverbindungen	86	2.10.3 Ester der salpetrigen Säure	148
2.4 Erdölchemie	88	2.10.4 Ester der Phosphorsäure	149
2.4.1 Erdöl, Erdgas und Ölschiefer ...	89	2.10.5 Ester der Borsäure	150
2.4.2 Kraftstoffe aus Erdöl	91	2.11 Ether	150
2.4.3 Kraftstoffe aus Kohle	94	2.11.1 Darstellung	151
2.5 Petrolchemie	94	2.11.2 Eigenschaften	152
2.6 Alkine (Acetylene), C_nH_{2n-2}	96	2.12 Alkanthiole (Mercaptane)	154
2.6.1 Darstellung	96	2.12.1 Darstellung	154
2.6.2 Die $C\equiv C$ -Dreifachbindung	98	2.12.2 Eigenschaften und Verwendung ..	155
2.6.3 Additionsreaktionen	101	2.13 Dialkylsulfide (Thioether)	155
2.6.4 <i>Reppe</i> -Synthesen	103	2.13.1 Darstellung	156
2.7 Kohlenwasserstoffe mit zwei oder mehr $C=C$-Doppel- bindungen (Polyene)	106	2.13.2 Eigenschaften	156
2.7.1 Allene	106	2.13.3 Sulfoxide und Sulfone	157
2.7.2 Diene	107	2.14 Aliphatische Sulfonsäuren, Sulfonylchloride, Sulfin- und Sulfensäuren	158
2.7.3 1,2- und 1,4-Addition; Mesomerie	108	2.14.1 Alkansulfonsäuren	159
2.7.4 <i>Woodward-Hoffmann</i> -Regeln ...	111	2.14.2 Alkansulfonylchloride, Alkansulfin- und Alkansulfen- säuren	159
2.7.5 Diolefine	116	2.15 Nitroalkane (Nitroparaffine) ...	161
2.8 Einwertige Alkohole (Alkanole) 116		2.15.1 Darstellung	162
2.8.1 Die Wasserstoffbindung (Wasserstoffbrücke)	118	2.15.2 Eigenschaften	163
2.8.2 Oxidationsprodukte der Alkohole .	119		
2.8.3 Methanol, Methylalkohol (Carbinol)	121		

2.16 Aliphatische Amine	165	2.22 Aliphatische Ketone (Alkanone)	221
2.16.1 Monoamine	165	2.22.1 Allgemeine Darstellungsweisen ..	222
2.16.2 Optische Aktivität am 3- und 4-bindigen N-Atom	174	2.22.2 Additions- und Kondensations- reaktionen	224
2.16.3 Ungesättigte Amine (Enamine) ..	176	2.22.3 Reduktionsprodukte der Ketone ..	228
2.16.4 Diamine	176	2.22.4 Pinakol-Pinakolon-Umlagerung ..	230
2.17 Aliphatische Diazo- verbindungen, Diazirine und Diaziridine	177	2.22.5 <i>Wagner-Meerwein</i> -Umlagerung ..	231
2.17.1 Diazoverbindungen	177	2.22.6 Aceton (Propanon)	232
2.17.2 Diazirine und Diaziridine	178	2.22.7 Butanon (Ethylmethylketon)	233
2.18 Aliphatische Hydrazine und Azide	180	2.22.8 Halogenketone	234
2.18.1 Hydrazine	180	2.22.9 Ungesättigte Ketone	234
2.18.2 Azide	181	2.22.10 Photochemie der Carbonyl- verbindungen	235
2.19 Organische Verbindungen einiger Nichtmetalle	182	2.23 Tabellarische Gegenüberstellung der Aldehyde und Ketone	240
2.19.1 Organische Phosphorverbindungen	182	2.24 Gesättigte aliphatische Monocarbonsäuren	
2.19.2 Organische Arsenverbindungen ..	187	(Alkansäuren, Fettsäuren)	243
2.19.3 Organische Siliciumverbindungen	188	2.24.1 Allgemeine Darstellungsweisen ..	243
2.19.4 Organische Borverbindungen	190	2.24.2 Acidität der Carboxylgruppe	245
2.20 Metallorganische Verbindungen	193	2.24.3 Ameisensäure, Methansäure	247
2.20.1 Alkalimetallorganische Ver- bindungen (Alkalimetall- organyle)	194	2.24.4 Essigsäure, Ethansäure	249
2.20.2 Organische Magnesium- verbindungen	195	2.24.5 Propionsäure, Propansäure	250
2.20.3 Organische Zinkverbindungen ...	198	2.24.6 Buttersäuren, Butansäuren	250
2.20.4 Organische Titanverbindungen ..	199	2.24.7 Valeriansäuren, Pentansäuren	251
2.20.5 Organische Quecksilber- verbindungen	200	2.24.8 Höhere Fettsäuren	251
2.20.6 Organische Aluminium- verbindungen	201	2.25 Ungesättigte aliphatische Monocarbonsäuren, Alkensäuren	252
2.20.7 Organische Zinnverbindungen ...	202	2.25.1 Allgemeine Darstellungsweisen ..	252
2.20.8 Organische Bleiverbindungen ...	203	2.25.2 Acrylsäure, Propensäure	253
2.21 Aliphatische Aldehyde (Alkanale)	203	2.25.3 Acrylnitril	254
2.21.1 Allgemeine Darstellungsweisen ..	204	2.25.4 Ungesättigte Carbonsäuren mit vier C-Atomen	256
2.21.2 Nachweisreaktionen der Aldehyde	205	2.25.5 Ölsäure (9-Octadecensäure)	257
2.21.3 Die C=O-Doppelbindung	205	2.25.6 Mehrfach ungesättigte Monocarbonsäuren	258
2.21.4 Additionsreaktionen der Aldehyde	206	2.26 Fette, Öle und Wachse	259
2.21.5 Enantiotopie und Prochiralität ...	208	2.26.1 Fette und Öle	259
2.21.6 Additions- und Substitutions- reaktionen der Aldehyde	209	2.26.2 Gewinnung der Fette	261
2.21.7 Kondensationsreaktionen der Aldehyde	209	2.26.3 Wachse	261
2.21.8 Formaldehyd (Methanal)	215	2.27 Seifen und synthetische Waschmittel (Detergenzien)	262
2.21.9 Acetaldehyd (Ethanal)	216	2.27.1 Anionaktive Verbindungen	262
2.21.10 Propionaldehyd (Propanal)	217	2.27.2 Kationaktive Verbindungen	265
2.21.11 Halogenaldehyde	218	2.27.3 Nichtionogene Verbindungen	266
2.21.12 Ungesättigte Aldehyde (Alkenale und Alkinale)	219	2.28 Derivate aliphatischer Monocarbonsäuren	266
2.21.13 Gezielte Aldolreaktion	220	2.28.1 Carbonsäurehalogenide	266
		2.28.2 Carbonsäureanhydride	269
		2.28.3 Ketene	270
		2.28.4 Carbonsäureester	272

2.28.5	Orthocarbonsäureester	276	2.34	Gesättigte aliphatische Dicarbonsäuren	344
2.28.6	Carbonsäureamide	276	2.34.1	Oxalsäure	346
2.28.7	Thiocarbonsäureamide	280	2.34.2	Malonsäure	347
2.28.8	Blausäure und Nitrile (oder Carbonitrile)	281	2.34.3	Bernsteinsäure	351
2.28.9	Hydroxamsäuren	284	2.34.4	Höhere Dicarbonsäuren	353
2.28.10	Imidoester, Amidine und Amidrazone	284	2.35	Ungesättigte aliphatische Dicarbonsäuren	355
2.28.11	Säurehydrazide und Säureazide	285	2.35.1	Ethylendicarbonsäuren (Malein- und Fumarsäure)	355
2.29	Substitutionsprodukte aliphatischer Monocarbonsäuren	286	2.35.2	Diels-Alder-Reaktion	357
2.29.1	Halogencarbonsäuren	286	2.35.3	Acetylendicarbonsäure	361
2.29.2	D- und L-Konfiguration am Chiralitätszentrum als stereogenem Element	289	2.36	Aliphatische Hydroxy-di- und -tricarbonsäuren	362
2.29.3	Absolute Konfiguration am Chiralitätszentrum (CIP-System)	290	2.36.1	Tartronsäure (Hydroxymalonsäure)	362
2.29.4	Hydroxycarbonsäuren	294	2.36.2	Äpfelsäure (Hydroxybernsteinsäure)	362
2.29.5	Lactone	296	2.36.3	Walden-Umkehr	363
2.29.6	Die wichtigsten Hydroxysäuren	298	2.36.4	Asymmetrische Synthese, Stereoselektive Synthese	365
2.29.7	Aminocarbonsäuren	301	2.36.5	Weinsäure (Dihydroxybernsteinsäure)	367
2.29.8	Die wichtigsten aliphatischen Aminosäuren	307	2.36.6	Methoden der Spaltung von Racemformen	369
2.30	Aliphatische Aldehyd- und Ketocarbonsäuren	309	2.36.7	Citronensäure	371
2.30.1	Aldehydcarbonsäuren	309	2.37	Aliphatische Ketodicarbonsäuren	372
2.30.2	α -Ketosäuren	310	2.37.1	Mesoxalsäure	372
2.30.3	β -Ketosäuren	311	2.37.2	Oxalessigsäure	372
2.30.4	Keto-Enol-Tautomerie (Oxo-Enol-Tautomerie)	312	2.38	Derivate der Kohlensäure	373
2.30.5	Darstellung des Acetessigesters	314	2.38.1	Halogenide der Kohlensäure	374
2.30.6	Synthesen mit Acetessigester	315	2.38.2	Ester der Kohlensäure	374
2.30.7	γ -Ketosäuren	317	2.38.3	Amide der Kohlensäure	375
2.31	Mehrwertige Alkohole	319	2.39	Thioderivate der Kohlensäure	382
2.31.1	Zweiwertige Alkohole (Glykole, 1,2-Diole)	319	2.39.1	Schwefelkohlenstoff (Kohlendisulfid)	382
2.31.2	Dreiwertige Alkohole	328	2.39.2	Thioharnstoff (Thiocarbamid)	383
2.31.3	Vierwertige Alkohole (Tetrite)	333	2.39.3	Thiosemicarbazid	384
2.31.4	Fünfwertige Alkohole (Pentite)	334	2.39.4	Thiocarbonohydrazid	385
2.31.5	Sechswertige Alkohole (Hexite)	335	2.40	Cyansäure und ihre Derivate	385
2.32	Aliphatische Hydroxyaldehyde und Hydroxyketone	336	2.40.1	Cyanhalogenide	387
2.32.1	Hydroxyaldehyde (Aldehydalkohole)	336	2.40.2	Cyansäureester	387
2.32.2	Hydroxyketone (Ketonalkohole)	338	2.40.3	Isocyansäureester	388
2.33	Aliphatische Dialdehyde, Ketoaldehyde und Diketone	339	2.40.4	Cyanamide	389
2.33.1	Dialdehyde	339	2.40.5	Carbodiimide	391
2.33.2	Ketoaldehyde	341	2.41	Thiocyansäure und ihre Derivate	391
2.33.3	Diketone	341	2.41.1	Darstellung	391
			2.41.2	Thio- und Isothiocyansäureester	392

2.42 Dicyan und Dirhodan	393	2.44.2 Carbene	399	2.44.2 Carbene	401
2.42.1 Dicyan	393	2.44.3 Nitrene	402	2.44.3 Nitrene	402
2.42.2 Dirhodan	394	2.45 Organische Übergangs-		2.45 Organische Übergangs-	
2.43 Kohlenmonoxid und seine		metallkomplexe	404	metallkomplexe	404
Derivate	395	2.45.1 Die Achtzehn-Elektronen-Regel ..	404	2.45.1 Die Achtzehn-Elektronen-Regel ..	404
2.43.1 Kohlenmonoxid	395	2.45.2 Rückbindung	405	2.45.2 Rückbindung	405
2.43.2 Alkylisocyanide (Isonitrile)	396	2.45.3 Oxidative Addition und Reduktive		2.45.3 Oxidative Addition und Reduktive	
2.44 Carbene, Carbene und		Eliminierung	406	Eliminierung	406
Nitrene als instabile Zwischen-		2.45.4 Wacker-Hoechst-Verfahren	407	2.45.4 Wacker-Hoechst-Verfahren	407
produkte	399	2.45.5 Heck-Reaktion	408	2.45.5 Heck-Reaktion	408
2.44.1 Carbene	399	2.45.6 Oxosynthese (Hydroformylierung)	409	2.45.6 Oxosynthese (Hydroformylierung)	409
		2.45.7 Stille-Reaktion	410	2.45.7 Stille-Reaktion	410

3 Alicyclische Verbindungen

411

3.1 Kleine Kohlenstoffringe	413	3.3.2 Cyclooctan, Cycloocten	437	3.3.2 Cyclooctan, Cycloocten	437
3.1.1 Cyclopropan	413	3.3.3 Cyclododecatrien	438	3.3.3 Cyclododecatrien	438
3.1.2 Stereoisomerie carbocyclischer		3.4 Große Kohlenstoffringe	438	3.4 Große Kohlenstoffringe	438
Verbindungen	415	3.4.1 Darstellung	438	3.4.1 Darstellung	438
3.1.3 Cyclopropen	415	3.5 Bi- und polycyclische		3.5 Bi- und polycyclische	
3.1.4 Cyclobutan und seine Derivate ..	416	Kohlenwasserstoffe	440	Kohlenwasserstoffe	440
3.2 Normale Kohlenstoffringe	420	3.5.1 Spirane	440	3.5.1 Spirane	440
3.2.1 Cyclopentan und seine Derivate ..	420	3.5.2 Kondensierte Ringsysteme	441	3.5.2 Kondensierte Ringsysteme	441
3.2.2 Cyclohexan und seine Derivate ..	426	3.5.3 Brücken-Ringsysteme	443	3.5.3 Brücken-Ringsysteme	443
3.2.3 Cycloheptan und seine Derivate ..	433	3.5.4 Diamantoide Ringsysteme	445	3.5.4 Diamantoide Ringsysteme	445
3.3 Mittlere Kohlenstoffringe	435	3.5.5 Kleine bi- und polycyclische		3.5.5 Kleine bi- und polycyclische	
3.3.1 Cyclooctatetraen	435	Systeme	446	Systeme	446

4 Kohlenhydrate

453

4.1 Monosaccharide	454	4.2 Oligosaccharide	481	4.2 Oligosaccharide	481
4.1.1 Konfiguration der Zucker	454	4.2.1 Disaccharide, $C_{12}H_{22}O_{11}$	481	4.2.1 Disaccharide, $C_{12}H_{22}O_{11}$	481
4.1.2 Reaktionen der Monosaccharide ..	458	4.2.2 Trisaccharide, $C_{18}H_{32}O_{16}$	487	4.2.2 Trisaccharide, $C_{18}H_{32}O_{16}$	487
4.1.3 Umwandlung von Mono-		4.2.3 Pseudooligosaccharide	488	4.2.3 Pseudooligosaccharide	488
sacchariden	462	4.3 Polysaccharide (Glycane)	488	4.3 Polysaccharide (Glycane)	488
4.1.4 Nachweisreaktionen der		4.3.1 Stärke (Amylum)	489	4.3.1 Stärke (Amylum)	489
Monosaccharide	462	4.3.2 Glykogen	492	4.3.2 Glykogen	492
4.1.5 Synthese, Auf- und Abbau von		4.3.3 Inulin	492	4.3.3 Inulin	492
Monosacchariden	463	4.3.4 Chitin	492	4.3.4 Chitin	492
4.1.6 Ringstruktur der Monosaccharide	466	4.3.5 Polyuronsäuren (Glycuronane) ..	493	4.3.5 Polyuronsäuren (Glycuronane) ..	493
4.1.7 Glykoside	470	4.3.6 Cellulose	493	4.3.6 Cellulose	493
4.1.8 Pentosen, $C_5H_{10}O_5$	473	4.3.7 Hemicellulosen	495	4.3.7 Hemicellulosen	495
4.1.9 Hexosen, $C_6H_{12}O_6$	473	4.3.8 Celluloseether	495	4.3.8 Celluloseether	495
4.1.10 Reaktionen der Hydroxylgruppen	474	4.3.9 Cellulosenitrate	496	4.3.9 Cellulosenitrate	496
4.1.11 Desoxyzucker	476	4.3.10 Cellulosische Chemiefasern		4.3.10 Cellulosische Chemiefasern	
4.1.12 Aminozucker	476	(Halbsynthetische Fasern)	496	(Halbsynthetische Fasern)	496
4.1.13 Zuckermercaptale	478				
4.1.14 L(+)-Ascorbinsäure, Vitamin C ..	479				

5 Aromatische Verbindungen

499

5.1 Aromatische Kohlenwasserstoffe (Arene)	504	5.8 Aromatische Aldehyde und Ketone	567
5.1.1 Benzol	505	5.8.1 Benzaldehyd	567
5.1.2 Homologe des Benzols (Alkylbenzole)	507	5.8.2 Homologe des Benzaldehyds	574
5.1.3 Toluol	508	5.8.3 Phenol- und Phenolether-aldehyde	575
5.1.4 Ethylbenzol	509	5.8.4 Vanillin	578
5.1.5 Xylole	509	5.8.5 Aromatische Ketone	579
5.1.6 Trimethylbenzole	510	5.9 Aromatische Carbonsäuren (Aren-carbonsäuren)	585
5.1.7 Cumol	510	5.9.1 Aromatische Monocarbonsäuren .	585
5.2 Halogenderivate der aromatischen Kohlenwasserstoffe	510	5.9.2 Araliphatische Monocarbonsäuren	593
5.2.1 Addition von Halogenen an den Benzolkern	511	5.9.3 Ungesättigte araliphatische Monocarbonsäuren	595
5.2.2 Halogenbenzole	511	5.9.4 Aromatische Dicarbonsäuren	597
5.2.3 Mechanismen der mehrfachen elektrophilen Substitution am Benzolkern	514	5.10 Reduktionsprodukte der aromatischen Nitroverbindungen	603
5.2.4 Seitenkettenhalogenierung der Alkylbenzole	518	5.10.1 Reduktion in mineral-saurer Lösung	604
5.3 Aromatische Nitroverbindungen	519	5.10.2 Reduktion in neutraler oder schwach saurer Lösung	604
5.3.1 Nitrobenzole	520	5.10.3 Reduktion in alkalischer Lösung .	606
5.3.2 Nitrotoluole	522	5.11 Aromatische Amine	610
5.4 Aromatische Sulfonsäuren (Aren-sulfonsäuren)	523	5.11.1 Anilin	611
5.4.1 Darstellung	523	5.11.2 Derivate des Anilins	612
5.4.2 Derivate der aromatischen Sulfonsäuren	525	5.11.3 Nitroaniline (Nitr-aniline)	614
5.5 Phenole	528	5.11.4 Anilinsulfonsäuren	615
5.5.1 Einwertige Phenole	528	5.11.5 Arsenverbindungen des Anilins ..	617
5.5.2 Alkylphenylether (Phenolether) ..	530	5.11.6 N-Alkylierte Aniline (Aliphatisch-aromatische Amine)	618
5.5.3 Halogenierte Phenole	533	5.11.7 Rein aromatische Amine	619
5.5.4 Phenolsulfonsäuren	534	5.11.8 Phenylendiamine	620
5.5.5 Nitrophenole	534	5.12 Aromatische Diazoverbindungen	621
5.5.6 Nitrosophenole	537	5.12.1 Diazoniumsalze	621
5.5.7 Homologe des Phenols	537	5.12.2 Diazotate	623
5.5.8 Zweiwertige Phenole	540	5.13 Reaktionen aromatischer Diazoverbindungen	623
5.5.9 Cyclophane und Catenane	543	5.13.1 Reaktionen, die unter Abspaltung der Diazogruppe verlaufen (Diazospaltung)	624
5.5.10 Dreiwertige Phenole	547	5.13.2 Reaktionen, bei denen der Diazostickstoff im Molekül verbleibt	627
5.6 Benzochinone	548	5.13.3 Kupplungsreaktionen	628
5.6.1 Die wichtigsten Benzochinone ..	549	5.14 Azofarbstoffe	631
5.6.2 Redoxreaktionen der <i>p</i> -Chinone ..	551	5.14.1 Konstitution und Farbe	631
5.6.3 1,4-Additionen der <i>p</i> -Chinone	553	5.14.2 Färbetechnik	635
5.6.4 Chinoide Farbstoffe	553		
5.7 Aromatische Alkohole und Arylalkylamine	555		
5.7.1 Aromatische Alkohole	555		
5.7.2 Dendrimere	557		
5.7.3 Arylalkylamine	562		

5.14.3	Basische Azofarbstoffe	636	5.19	Phenylierte ungesättigte Kohlenwasserstoffe	659
5.14.4	Saure Azofarbstoffe	637	5.19.1	Arylalkene	659
5.14.5	Substantive Azofarbstoffe (Direktfarbstoffe)	637	5.19.2	Arylalkine	663
5.14.6	Naphthol-AS-Farbstoffe	638	5.19.3	Kumulene	664
5.14.7	Reaktivfarbstoffe	640	5.19.4	Die Allen-Isomerie (Molekülsymmetrie)	665
5.14.8	Dispersionsfarbstoffe	640	5.20	Kondensierte aromatische Ringsysteme	666
5.14.9	Metallkomplexazofarbstoffe	641	5.20.1	Inden	667
5.14.10	Diazotypie und verwandte Kopiervverfahren	642	5.20.2	Fluoren	668
5.15	Biphenyl und Arylmethane	643	5.20.3	Naphthalin	669
5.15.1	Biphenyl (Diphenyl), Oligo- und Polyphenyle	643	5.20.4	Acenaphthen	678
5.15.2	Diphenylmethan (Ditan)	646	5.20.5	Anthracen	678
5.15.3	Triphenylmethan (Tritan)	647	5.20.6	Phenanthren, C ₁₄ H ₁₀	685
5.16	Triphenylmethanfarbstoffe	648	5.20.7	Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK)	688
5.16.1	Aminotriphenylmethanfarbstoffe	648	5.20.8	Fullerene	690
5.16.2	Hydroxytriphenylmethanfarbstoffe	650	5.21	Nichtbenzoide Aromaten	694
5.16.3	Phthaleine	651	5.21.1	Cyclopentadienide	694
5.17	Arylethane	653	5.21.2	Aromatenkomplexe (Metallocene)	695
5.18	Freie Radikale	654	5.21.3	Tropyliumsalze	697
5.18.1	Kohlenstoffradikale	654	5.21.4	Tropon	699
5.18.2	Stickstoffradikale	656	5.21.5	Tropolon und seine Derivate	699
5.18.3	Aroxyle, Phenoxyradikale	657	5.21.6	Azulene	701
5.18.4	Radikal-Ionen	658	5.21.7	Die <i>Hückel</i> -Regel	702

6 Isoprenoide (Terpene und Steroide)

711

6.1	Acyclische Terpene	712	6.5	Diterpene	725
6.1.1	Terpenkohlenwasserstoffe	712	6.5.1	Acyclische Diterpene	725
6.1.2	Terpenalkohole	712	6.5.2	Monocyclische Diterpene	725
6.1.3	Terpenaldehyde und Terpenketone	713	6.5.3	Tri- und tetracyclische Diterpene	726
6.2	Monocyclische Terpene	714	6.6	Triterpene (Squalenoide)	728
6.2.1	<i>p</i> -Menthan	714	6.7	Tetraterpene	729
6.2.2	Terpenkohlenwasserstoffe	714	6.7.1	Carotinoide (Polyenfarbstoffe)	730
6.2.3	Terpenalkohole und Terpenthiole	715	6.8	Polyprene	732
6.2.4	Terpenketone	716	6.8.1	Polyprenole	732
6.3	Bicyclische Terpene	717	6.8.2	Naturkautschuk	732
6.3.1	Carangruppe	718	6.8.3	Synthetische Elastomere	733
6.3.2	Pinangruppe	719	6.8.4	Guttapercha	735
6.3.3	Bornangruppe	720	6.9	Sterine (Sterole)	738
6.4	Sesquiterpene	722	6.10	Gallensäuren	740
6.4.1	Acyclische Sesquiterpene	723	6.11	Steroid-Vitamine	741
6.4.2	Monocyclische Sesquiterpene	723	6.12	Steroid-Hormone (Sexual- und Nebennierenrindenhormone)	742
6.4.3	Bicyclische Sesquiterpene	724	6.12.1	Männliche Sexualhormone (Androgene)	743
6.4.4	Tricyclische Sesquiterpene	724			

6.12.2	Weibliche Sexualhormone (Östrogene und Gestagene)	744	6.14	Steroid-Sapogenine	750
6.12.3	Corticoide	747	6.15	Steroid-Alkaloide	751
6.13	Herzaktive Steroide	749			
6.13.1	Cardenolide	749			
6.13.2	Bufadienolide	750			

7 Heterocyclische Verbindungen

753

7.1	Fünfringe mit einem Heteroatom	756	7.7.2	Benzochinolingruppe	831
7.1.1	Pyrrrolgruppe	756	7.7.3	Isochinolingruppe	833
7.1.2	Porphinfarbstoffe	760	7.7.4	Chromangruppe	834
7.1.3	Furangruppe	768	7.8	Sechsringe mit zwei Heteroatomen	837
7.1.4	Thiophengruppe	772	7.8.1	Pyridazingruppe	838
7.2	Benzoaniellierte Ringsysteme der Pyrrol-, Furan- und Thiophengruppe	774	7.8.2	Pyrimidingruppe	838
7.2.1	Indolgruppe	775	7.8.3	Pyrazingruppe	841
7.2.2	Indolizingruppe	782	7.8.4	Benzodiazine	843
7.2.3	Cumarongruppe	782	7.8.5	Phenazine, Phenoxazine, Dibenzo- <i>p</i> -dioxine und Phenothiazine	844
7.2.4	Thionaphthengruppe	784	7.9	Sechsringe mit drei Heteroatomen	848
7.2.5	Kondensierte tricyclische Systeme	785	7.9.1	Triazine	848
7.3	Fünfringe mit zwei Stickstoffatomen	786	7.9.2	Oxathiazin	850
7.3.1	Pyrazolgruppe	787	7.10	Benzoaniellierte Siebenringe mit einem oder zwei Heteroatomen	850
7.3.2	Imidazolgruppe	792	7.10.1	Benzazepine	850
7.4	Fünfringe mit zwei verschiedenen Heteroatomen	799	7.10.2	Benzodiazepine	851
7.4.1	Oxazolgruppe	799	7.11	Bicyclische Heterosysteme	852
7.4.2	Isoxazolgruppe	801	7.11.1	Purine	852
7.4.3	Thiazolgruppe	802	7.11.2	Pterine	856
7.4.4	Isothiazolgruppe	807	7.11.3	Flavine (Isoalloxazine)	857
7.5	Fünfringe mit drei und mehr Heteroatomen	808	7.11.4	1,4-Diketo-pyrrolo(3,4- <i>c</i>)-pyrrole (DPP)	858
7.5.1	Triazolgruppe	809	7.11.5	Bicyclische Amidine	859
7.5.2	Tetrazolgruppe	811	7.12	Alkaloide	859
7.5.3	Pentazolgruppe	813	7.12.1	Alkaloide vom Tetrahydropyrrol-, Pyridin-, Piperidin-Typ	860
7.5.4	Sydnone, Mesoionische Verbindungen	814	7.12.2	Alkaloide vom Tropan-Typ	863
7.5.5	Thiadiazolgruppe	815	7.12.3	Alkaloide vom Chinolizidin-Typ	866
7.6	Sechsringe mit einem Heteroatom	815	7.12.4	Alkaloide vom Chinolin-Typ	867
7.6.1	Pyridingruppe	816	7.12.5	Alkaloide vom Isochinolin-Typ	869
7.6.2	Pyrangruppe	825	7.12.6	Alkaloide vom Indol-Typ	873
7.7	Benzoaniellierte Ringsysteme des Pyridins und γ-Pyrons	828	7.13	Supramolekulare Chemie	877
7.7.1	Chinolingruppe	828	7.13.1	Nomenklatur	877
			7.13.2	Calixarene	879

8 Aminosäuren, Peptide und Proteine 881

8.1 Aminosäuren als Protein-		8.2.2 Bausteinanalyse der Peptide	896
bausteine	882	8.2.3 Sequenzanalyse der Peptide	897
8.1.1 Aliphatische Aminosäuren	882	8.2.4 Natürliche Peptide	898
8.1.2 Aromatische Aminosäuren	886	8.3 Eigenschaften und Struktur	
8.1.3 Heterocyclische Aminosäuren	887	der Proteine	903
8.1.4 Technische Gewinnung von		8.3.1 Strukturproteine (Skleroproteine)	904
Aminosäuren	888	8.3.2 Sphäroproteine	907
8.2 Peptide	890	8.3.3 Konjugierte Proteine	909
8.2.1 Peptidsynthesen	890		

9 Chemie und Funktion der Nucleinsäuren 919

9.1 Bausteine der Nucleinsäuren	919	9.5 Funktion der Nucleinsäuren	935
9.1.1 Nucleoside	920	9.5.1 Der genetische Code	936
9.1.2 Nucleotide	921	9.5.2 Mutationen, Mutagenese	938
9.2 Struktur der Nucleinsäuren	923	9.5.3 Transkription der DNA	940
9.2.1 Sequenzanalyse der DNA	927	9.5.4 Translation	941
9.3 Synthesen von Nucleinsäure-		9.5.5 RNA-Enzyme (Ribozyme)	945
sequenzen	929	9.5.6 Kontrolle der Gen-Expression	946
9.3.1 Diester-Methode	929	9.5.7 Genanalyse (Gendiagnostik,	
9.3.2 Triester-Methode	930	DNA-Diagnostik)	947
9.3.3 Sticky-end-Methode,		9.6 Gentechnik und Biosynthese	951
Filling-in-Methode	932	9.6.1 Modifikation von Plasmiden	951
9.4 Viren	933	9.6.2 Klonierung	953
		9.6.3 Biosynthese von Hormonen	955

10 Enzyme 959

10.1 Oxidoreduktasen	960	10.3.2 Glykosidhydrolasen	970
10.1.1 Pyridinnucleotide	961	10.3.3 Peptidhydrolasen	971
10.1.2 Flavinenzyme	962	10.4 Lyasen	972
10.1.3 Zellhämime	964	10.4.1 C-C-Lyasen	972
10.2 Transferasen	965	10.4.2 C-O-Lyasen	974
10.2.1 Phosphotransferasen	965	10.5 Isomerasen	975
10.2.2 Acyltransferasen	966	10.6 Ligasen (Synthetasen)	975
10.2.3 Aminotransferasen	967		
10.2.4 Methyl- und Formyl-transferasen	968		
10.3 Hydrolasen	969		
10.3.1 Esterhydrolasen	970		

11 Stoffwechselfvorgänge

977

11.1	Photosynthese-Zyklus	977	11.2.2	Glykolyse (Zuckerabbau im Organismus)	984
11.2	Enzymatischer Abbau und Aufbau der Kohlenhydrate	980	11.2.3	Citronensäure-Zyklus	984
11.2.1	Alkoholische Gärung	981			

Anhang: Gefährliche Stoffe – Repetitorium

987

Gefährliche Stoffe	987
Repetitorium: Namensreaktionen und -begriffe	1016

Namenregister

1037

Sachregister

1051