

Inhaltsverzeichnis

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	3	1.5.2	Bestimmung der relativen Molekül- masse bzw. der Molekularformel	15
1.2.2	Destillation und Rektifikation ..	4	1.5.3	Struktur- und Konstitutions- formel	17
1.2.3	Destillation und Sublimation im Fein- und Hochvakuum	5	1.6	Arten der chemischen	
1.2.4	Zonenschmelzen	5	Bindungen	18	
1.2.5	Wasserdampfdestillation	6	1.6.1	Atombau	18
1.2.6	Extraktion	6	1.6.2	Ionenbindung (Ionenbeziehung)	23
1.2.7	Adsorptionschromatographie ..	6	1.6.3	Atombindung	23
1.2.8	Gel-Chromatographie	7	1.6.4	C-H- und C-C-Bindung	24
1.2.9	Verteilungschromatographie ..	7	1.6.5	Oniumkomplexe	27
1.2.10	Papierchromatographie (PC) ...	8	1.6.6	Polare Atombindung	27
1.2.11	Dünnschichtchromato- graphie (DC)	8	1.7	Funktionelle Gruppen und induktiver	
1.2.12	Gaschromatographie (GC)	9	Effekt	29	
1.2.13	Kriterien der reinen Substanz ..	10	1.8	Physikalische Methoden der Struktur- aufklärung	31
1.3	Qualitative organische Elementar- analyse	11	1.8.1	Massenspektrometrie	32
1.3.1	Kohlenstoff	11	1.8.2	IR-Spektroskopie	35
1.3.2	Wasserstoff	11	1.8.3	UV-Sichtbar-Spektroskopie	38
1.3.3	Stickstoff	11	1.8.4	Photoelektronenspektroskopie (PE-Spektroskopie)	40
1.3.4	Schwefel	12	1.8.5	Kernmagnetische Resonanz- spektroskopie	42
1.3.5	Halogene	12	1.8.6	Elektronenspinresonanz	47
1.3.6	Übrige Elemente	12	1.8.7	Ionen-Cyclotron-Resonanz (ICR)	50
1.4	Quantitative organische Elementar- analyse	12	1.8.8	Kristallstrukturanalyse	50
1.4.1	Kohlenstoff, Wasserstoff und Stickstoff	12	1.9	Einteilung des Stoffgebiets	
1.4.2	Schwefel	13	der organischen Chemie	51	
1.4.3	Halogene (Chlor, Brom, Iod) ...	13			

2 Aliphatische Verbindungen

53

<p>2.1 Alkane (Paraffine) C_nH_{2n+2} 53</p> <p>2.1.1 Methan 55</p> <p>2.1.2 Ethan 56</p> <p>2.1.3 Propan und Butane 57</p> <p>2.1.4 Pentane und höhere Homologe 58</p> <p>2.1.5 Konformationen des Ethans 59</p> <p>2.2 Alkene (Olefine), C_nH_{2n} 61</p> <p>2.2.1 Ethylen (Ethen) und Propen 62</p> <p>2.2.2 Butene, Isobuten und Homologe 64</p> <p>2.2.3 Die C=C-Doppelbindung 65</p> <p>2.2.4 Die <i>cis-trans</i>-Isomerie der Ethylene 67</p> <p>2.2.5 > Additionsreaktionen 69</p> <p>2.3 Polymerisation der Alkene und Vinyl-derivate 75</p> <p>2.3.1 Radikalkettenpolymerisation 76</p> <p>2.3.2 Ionenkettenpolymerisation 77</p> <p>2.3.3 Koordinative Ketten- polymerisation 78</p> <p>2.3.4 > Polymerisation der Alkene 78</p> <p>2.3.5 Polymerisation der Vinyl- verbindungen 81</p> <p>2.4 Erdölchemie 84</p> <p>2.4.1 Erdöl und Erdgas 84</p> <p>2.4.2 Treibstoffe aus Erdöl 87</p> <p>2.4.3 Treibstoffe aus Kohle 90</p> <p>2.5 Petrolchemie 90</p> <p>2.6 Alkine (Acetylene), C_nH_{2n-2} 92</p> <p>2.6.1 Darstellung 93</p> <p>2.6.2 Die C≡C-Dreifachbindung 94</p> <p>2.6.3 Additionsreaktionen 97</p> <p>2.6.4 <i>Reppe</i>-Synthesen 99</p> <p>2.7 Kohlenwasserstoffe mit zwei oder mehr C=C-Doppelbindungen (Polyene) 102</p> <p>2.7.1 Allene 102</p> <p>2.7.2 Diene 103</p> <p>2.7.3 1,2- und 1,4-Addition; Mesomerie 104</p> <p>2.7.4 <i>Woodward-Hoffmann</i>-Regeln 107</p> <p>2.7.5 Diolefine 111</p> <p>2.8 > Einwertige Alkohole (Alkanole) 112</p> <p>2.8.1 Die Wasserstoffbindung (Wasserstoffbrücke) 113</p> <p>2.8.2 Oxidationsprodukte der Alkohole 115</p> <p>2.8.3 Methanol (Methylalkohol, Carbinol) 116</p>	<p>2.8.4 Ethanol (Ethylalkohol) 117</p> <p>2.8.5 Propanole (Propylalkohole) 119</p> <p>2.8.6 Butanole (Butylalkohole) 119</p> <p>2.8.7 Pentanole (Pentyl- oder Amylalkohole) 120</p> <p>2.8.8 Optische Isomerie 121</p> <p>2.8.9 Höhere Alkohole, $C_nH_{2n+1}OH$ 124</p> <p>2.8.10 Ungesättigte Alkohole (Alkenole und Alkinole) 124</p> <p>2.9 Halogenderivate der Alkane 126</p> <p>2.9.1 Alkylhalogenide (Halogenalkane) 126</p> <p>2.9.2 Mechanismen der nucleophilen Substitution am gesättigten C-Atom 129</p> <p>2.9.3 Eliminierungsreaktionen 134</p> <p>2.9.4 Phasentransfer-Katalyse (PTC) 135</p> <p>2.9.5 Fragmentierungsreaktionen 135</p> <p>2.9.6 Höherhalogenierte Alkane 136</p> <p>2.9.7 Fluorierte Kohlenwasserstoffe 138</p> <p>2.10 Ester anorganischer Säuren 141</p> <p>2.10.1 Ester der Schwefelsäure 141</p> <p>2.10.2 Ester der Salpetersäure 142</p> <p>2.10.3 Ester der salpetrigen Säure 142</p> <p>2.10.4 Ester der Phosphorsäure 143</p> <p>2.10.5 Ester der Borsäure 143</p> <p>2.11 Ether 144</p> <p>2.11.1 Darstellung 144</p> <p>2.11.2 Eigenschaften 145</p> <p>2.12 Alkanthiole (Mercaptane) 147</p> <p>2.12.1 Darstellung 147</p> <p>2.12.2 Eigenschaften und Verwendung 148</p> <p>2.13 Dialkylsulfide (Thioether) 148</p> <p>2.13.1 Darstellung 149</p> <p>2.13.2 Eigenschaften 149</p> <p>2.13.3 Sulfoxide und Sulfone 150</p> <p>2.14 Aliphatische Sulfonsäuren, Sulfonyl- chloride, Sulfin- und Sulfensäure 151</p> <p>2.14.1 Alkansulfonsäuren 151</p> <p>2.14.2 Alkansulfonylchloride, Alkansulfin- und Alkansulfensäuren 152</p> <p>2.15 Nitroalkane (Nitroparaffine) 153</p> <p>2.15.1 Darstellung 155</p> <p>2.15.2 Eigenschaften 156</p> <p>2.16 Aliphatische Amine 158</p> <p>2.16.1 Monoamine 158</p>
---	--

2.28.6	Carbonsäureamide	262	2.34	Gesättigte aliphatische	
2.28.7	Thiocarbonsäureamide	265		Dicarbonsäuren	324
2.28.8	Blausäure und Nitrile (oder Carbonitrile)	266	2.34.1	Oxalsäure	326
2.28.9	Hydroxamsäuren	269	2.34.2	Malonsäure	327
2.28.10	Imidoester, Amidine und Amidrazone	269	2.34.3	Bernsteinsäure	331
2.28.11	Säurehydrazide und Säureazide	270	2.34.4	Höhere Dicarbonsäuren	332
2.29	Substitutionsprodukte aliphatischer Monocarbonsäuren	271	2.35	Ungesättigte aliphatische	
2.29.1	Halogencarbonsäuren	271		Dicarbonsäuren	334
2.29.2	D- und L-Konfiguration am asymmetrischen C-Atom als stereogenem Zentrum	273	2.35.1	Ethylendicarbonsäuren (Malein- und Fumarsäure)	334
2.29.3	Absolute Konfiguration am asymmetrischen C-Atom (CIP-System)	275	2.35.2	Diels-Alder-Reaktion	336
2.29.4	Hydroxycarbonsäuren	279	2.35.3	Acetyldicarbonsäuren	340
2.29.5	Lactone	281	2.36	Aliphatische Hydroxy-di- und	
2.29.6	Die wichtigsten Hydroxysäuren	283		tricarbonsäuren	341
2.29.7	Aminocarbonsäuren	284	2.36.1	Tartronsäure (Hydroxymalonsäure)	341
2.29.8	Die wichtigsten aliphatischen Aminosäuren	290	2.36.2	Äpfelsäure (Monohydroxybernsteinsäure)	341
2.30	Aliphatische Aldehyd- und		2.36.3	Walden-Umkehr	342
	Ketocarbonsäuren	292	2.36.4	Asymmetrische Synthese, Stereoselektive Synthese, Asymmetrische Induktion	344
2.30.1	Aldehydcarbonsäuren	292	2.36.5	Weinsäure (Dihydroxybernsteinsäure)	346
2.30.2	α -Ketosauren	293	2.36.6	Methoden der Spaltung von Racemformen	347
2.30.3	β -Ketosauren	294	2.36.7	Citronensäure	349
2.30.4	Keto-Enol-Tautomerie (Oxo-Enol-Tautomerie)	294	2.37	Aliphatische Ketodicarbonsäuren	350
2.30.5	Darstellung des Acetessigesters	296	2.37.1	Mesoxalsäure	350
2.30.6	Synthesen mit Acetessigester	297	2.37.2	Oxalessigsäure	351
2.30.7	γ -Ketosauren	299	2.38	Derivate der Kohlensäure	352
2.31	Mehrwertige Alkohole	301	2.38.1	Halogenide der Kohlensäure	352
2.31.1	Zweiwertige Alkohole (Glykole, 1,2-Diole)	301	2.38.2	Ester der Kohlensäure	353
2.31.2	Dreiwertige Alkohole	309	2.38.3	Amide der Kohlensäure	353
2.31.3	Vierwertige Alkohole	314	2.38.4	Amide der Orthokohlensäure	359
2.31.4	Fünfwertige Alkohole (Pentite)	315	2.39	Thioderivate der Kohlensäure	360
2.31.5	Sechswertige Alkohole (Hexite)	316	2.39.1	Schwefelkohlenstoff (Kohlendisulfid)	360
2.32	Aliphatische Hydroxyaldehyde		2.39.2	Thioharnstoff (Thiocarbamid)	361
	und Hydroxyketone	317	2.39.3	Thiosemicarbazid	362
2.32.1	Hydroxyaldehyde (Aldehydalkohole)	317	2.39.4	Thiocarbonohydrazid	363
2.32.2	Hydroxyketone (Ketonalkohole)	318	2.40	Cyansäure und ihre Derivate	364
2.33	Aliphatische Dialdehyde, Keto-		2.40.1	Cyanhalogenide	365
	aldehyde und Diketone	319	2.40.2	Cyansäureester	365
2.33.1	Dialdehyde	319	2.40.3	Isocyansäureester	367
2.33.2	Ketoaldehyde	321	2.40.4	Cyanamide	368
2.33.3	Diketone	321	2.40.5	Carbodiimide	369
			2.41	Thiocyansäure und ihre	
				Derivate	369
			2.41.1	Darstellung	370
			2.41.2	Thio- und Isothiocyansäureester	370

2.42	Dicyan und Dirhodan	371	2.44.2	Nitrene	379
2.42.1	Dicyan	371	2.45	Organische Übergangsmetall-	
2.42.2	Dirhodan	372		komplexe	380
2.43	Kohlenmonoxid und seine		2.45.1	Die Achtzehn-Elektronen-Regel	381
	Derivate	373	2.45.2	Rückbindung	382
2.43.1	Kohlenmonoxid	373	2.45.3	Oxidative Addition und	
2.43.2	Alkylisocyanide (Isonitrile)	374		Reduktive Eliminierung	382
2.44	Carbene und Nitrene als		2.45.4	Wacker-Hoechst-Verfahren	384
	instabile Zwischenprodukte	376	2.45.5	Oxosynthese	384
2.44.1	Carbene	377			

3 Alicyclische Verbindungen

387

3.1	Kleine Kohlenstoffringe	389	3.3.2	Cyclooctan, Cycloocten	410
3.1.1	Cyclopropan	389	3.3.3	Cyclododecatrien	411
3.1.2	Stereoisomerie carbocyclischer		3.4	Große Kohlenstoffringe	411
	Verbindungen	391	3.4.1	Darstellung	412
3.1.3	Cyclopropan	391	3.5	Bi- und polycyclische Kohlen-	
3.1.4	Cyclobutan und seine Derivate	392		wasserstoffe	413
3.2	Normale Kohlenstoffringe	396	3.5.1	Spirane	413
3.2.1	Cyclopentan und seine Derivate	396	3.5.2	Kondensierte Ringsysteme	414
3.2.2	Cyclohexan und seine Derivate	400	3.5.3	Brücken-Ringsysteme	416
3.2.3	Cycloheptan und seine Derivate	406	3.5.4	Diamantoide Ringsysteme	418
3.3	Mittlere Kohlenstoffringe	408	3.5.5	Kleine bi- und polycyclische	
3.3.1	Cyclooctatetraen	409		Systeme	419

4 Kohlenhydrate

425

4.1	Monosaccharide	426	4.1.14	L(+)-Ascorbinsäure, Vitamin C	450
4.1.1	Konfiguration der Zucker	426	4.2	Oligosaccharide	453
4.1.2	Reaktionen der Monosaccharide	430	4.2.1	Disaccharide, C ₁₂ H ₂₂ O ₁₁	453
4.1.3	Umwandlung von Mono-		4.2.2	Trisaccharide, C ₁₈ H ₃₂ O ₁₆	459
	sacchariden	434	4.2.3	Pseudooligosaccharide	459
4.1.4	Nachweisreaktionen der		4.3	Polysaccharide (Glycane)	460
	Monosaccharide	434	4.3.1	Stärke (Amylum)	460
4.1.5	Synthese, Auf- und Abbau		4.3.2	Glykogen	463
	von Monosacchariden	435	4.3.3	Inulin	464
4.1.6	Ringstruktur der Mono-		4.3.4	Chitin	464
	saccharide	437	4.3.5	Pektine	464
4.1.7	Glykoside	442	4.3.6	Cellulose	465
4.1.8	Pentosen, C ₅ H ₁₀ O ₅	443	4.3.7	Hemicellulosen	466
4.1.9	Hexosen, C ₆ H ₁₂ O ₆	444	4.3.8	Celluloseether	466
4.1.10	Reaktionen der Hydroxyl-		4.3.9	Cellulosenitrate	467
	gruppen	445	4.3.10	Halbsynthetische Fasern	467
4.1.11	Desoxyzucker	446			
4.1.12	Aminozucker	447			
4.1.13	Zuckermercaptale und				
	Thiozucker	449			

5 Aromatische Verbindungen

469

5.1 Aromatische Kohlenwasserstoffe (Arene)	474	5.8 Aromatische Aldehyde und Ketone	530
5.1.1 Benzol	475	5.8.1 Benzaldehyd	530
5.1.2 Homologe des Benzols (Alkylbenzole)	476	5.8.2 Homologe des Benzaldehyds ...	537
5.1.3 Toluol	478	5.8.3 Phenol- und Phenoether-aldehyde	537
5.1.4 Ethylbenzol	479	5.8.4 Vanillin	540
5.1.5 Xylole	479	5.8.5 Aromatische Ketone	541
5.1.6 Trimethylbenzole	479	5.9 Aromatische Carbonsäuren (Aren-carbonsäuren)	547
5.1.7 Cumol	479	5.9.1 Aromatische Monocarbonsäuren	547
5.2 Halogenderivate der aromatischen Kohlenwasserstoffe	480	5.9.2 Araliphatische Monocarbonsäuren	554
5.2.1 Addition von Halogenen an den Benzolkern	480	5.9.3 Ungesättigte araliphatische Monocarbonsäuren	556
5.2.2 Halogenbenzole	481	5.9.4 Aromatische Dicarbonsäuren ..	558
5.2.3 Mechanismen der mehrfachen elektrophilen Substitution am Benzolkern	484	5.10 Reduktionsprodukte der aromatischen Nitroverbindungen	564
5.2.4 Seitenkettenhalogenierung der Alkylbenzole	487	5.10.1 Reduktion in Mineralsaurer Lösung	564
5.3 Aromatische Nitroverbindungen	489	5.10.2 Reduktion in neutraler oder schwach saurer Lösung	564
5.3.1 Nitrobenzole	489	5.10.3 Reduktion in alkalischer Lösung	566
5.3.2 Nitrotoluole	491	5.11 Aromatische Amine	570
5.4 Aromatische Sulfonsäuren (Arensulfonsäuren)	492	5.11.1 Anilin	571
5.4.1 Darstellung	493	5.11.2 Derivate des Anilins	572
5.4.2 Derivate der aromatischen Sulfonsäuren	494	5.11.3 Nitroaniline (Nitraniline)	574
5.5 Phenole	497	5.11.4 Anilinsulfonsäuren	575
5.5.1 Einwertige Phenole	497	5.11.5 Arsenverbindungen des Anilins ..	577
5.5.2 Alkylphenylether (Phenoether) ..	499	5.11.6 N-Alkylierte Aniline (Aliphatisch-aromatische Amine) ..	578
5.5.3 Halogenierte Phenole	502	5.11.7 Rein aromatische Amine	579
5.5.4 Phenolsulfonsäuren	503	5.11.8 Phenylendiamine	580
5.5.5 Nitrophenole	503	5.12 Aromatische Diazoverbindungen ..	581
5.5.6 Nitrosophenole	506	5.12.1 Diazoniumsalze	581
5.5.7 Homologe des Phenols	507	5.12.2 Diazotate	583
5.5.8 Zweiwertige Phenole	509	5.13 Reaktionen aromatischer Diazoverbindungen	583
5.5.9 Cyclophane und Catenane	512	5.13.1 Reaktionen, die unter Abspaltung der Diazogruppe verlaufen (Diazospaltung)	584
5.5.10 Dreiwertige Phenole	515	5.13.2 Reaktionen, bei denen der Diazostickstoff im Molekül verbleibt	587
5.6 Benzochinone	516	5.13.3 Kupplungsreaktionen	588
5.6.1 Die wichtigsten Benzochinone ..	517	5.14 Azofarbstoffe	591
5.6.2 Redoxreaktionen der <i>p</i> -Chinone ..	519	5.14.1 Konstitution und Farbe	591
5.6.3 1,4-Additionen der <i>p</i> -Chinone ..	520		
5.6.4 Chinoide Farbstoffe	522		
5.7 Aromatische Alkohole und Arylalkylamine	524		
5.7.1 Aromatische Alkohole	524		
5.7.2 Arylalkylamine	526		

5.14.2	Färbetechnik	595	5.18.4	Radikal-Ionen	617
5.14.3	Basische Azofarbstoffe	597	5.19	Phenylierte ungesättigte Kohlenwasserstoffe	618
5.14.4	Saure Azofarbstoffe	597	5.19.1	Arylalkene	618
5.14.5	Substantive Azofarbstoffe (Direktfarbstoffe)	597	5.19.2	Arylalkine	621
5.14.6	Naphthol-AS-Farbstoffe	598	5.19.3	Kumulene	622
5.14.7	Reaktivfarbstoffe	600	5.19.4	Die Allen-Isomerie (Molekülasymmetrie)	623
5.14.8	Dispersionsfarbstoffe	601	5.20	Kondensierte aromatische Ringsysteme	625
5.14.9	Metallkomplexazofarbstoffe	601	5.20.1	Inden	625
5.14.10	Diazotypie und verwandte Kopierverfahren	602	5.20.2	Fluoren	627
5.15	Biphenyl und Arylmethane	603	5.20.3	Naphthalin	627
5.15.1	Biphenyl (Diphenyl)	603	5.20.4	Acenaphthylen	636
5.15.2	Diphenylmethan	605	5.20.5	Anthracen	636
5.15.3	Triphenylmethan (Tritan)	606	5.20.6	Phenanthren, C ₁₄ H ₁₀	643
5.16	Triphenylmethanfarbstoffe	607	5.20.7	Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe	646
5.16.1	Aminotriphenylmethanfarbstoffe	608	5.21	Nichtbenzoide Aromaten	648
5.16.2	Hydroxytriphenylmethanfarbstoffe	609	5.21.1	Cyclopentadienide	649
5.16.3	Phthaleine	610	5.21.2	Aromatenkomplexe	650
5.17	Arylethane	612	5.21.3	Tropyliumsalze	651
5.18	Freie Radikale	613	5.21.4	Tropon	653
5.18.1	Kohlenstoffradikale	613	5.21.5	Tropolon und seine Derivate	653
5.18.2	Stickstoffradikale	615	5.21.6	Azulene	655
5.18.3	Aroxye, Phenoxyradikale	616	5.21.7	Die <i>Hückelsche</i> (4n + 2) π -Regel	656

6 Isoprenoide (Terpene und Steroide)

663

6.1	Acyclische Terpene	664	6.5	Diterpene	676
6.1.1	Terpenkohlenwasserstoffe	664	6.5.1	Acyclische Diterpene	676
6.1.2	Terpenalkohole	664	6.5.2	Monocyclische Diterpene	676
6.1.3	Terpenaldehyde und Terpenketone	665	6.5.3	Tricyclische Diterpene	677
6.2	Monocyclische Terpene	666	6.5.4	Tetracyclische Diterpene	678
6.2.1	<i>p</i> -Menthan	666	6.6	Triterpene (Squalenoide)	678
6.2.2	Terpenkohlenwasserstoffe	666	6.7	Tetraterpene	680
6.2.3	Terpenalkohole und Terpenthiole	667	6.7.1	Carotinoide (Polyfarbstoffe)	680
6.2.4	Terpenketone	668	6.8	Polyprene	682
6.3	Bicyclische Terpene	669	6.8.1	Polyprenole	682
6.3.1	Carangruppe	670	6.8.2	Naturkautschuk	683
6.3.2	Pinangruppe	670	6.8.3	Synthetische Elastomere	684
6.3.3	Bornangruppe	671	6.8.4	Guttapercha	686
6.4	Sesquiterpene	674	6.9	Sterine (Sterole)	689
6.4.1	Acyclische Sesquiterpene	674	6.10	Gallensäuren	690
6.4.2	Monocyclische Sesquiterpene	674	6.11	Steroid-Vitamine	691
6.4.3	Bicyclische Sesquiterpene	675			
6.4.4	Tricyclische Sesquiterpene	675			

6.12 Steroid-Hormone (Sexual- und Nebennierenrindenhormone) 693	6.13 Herzaktive Steroide 698
6.12.1 Männliche Sexualhormone (Androgene) 693	6.13.1 Cardenolide 698
6.12.2 Weibliche Sexualhormone (Östrogene und Gestagene) 694	6.13.2 Bufadienolide 699
6.12.3 Corticoide 696	6.14 Steroid-Sapogenine 700
	6.15 Steroid-Alkaloide 700

7 Heterocyclische Verbindungen

703

7.1 Fünfringe mit einem Heteroatom 706	7.7 Benzoaniellierte Ringsysteme des Pyridins und γ-Pyrons 773
7.1.1 Pyrrolgruppe 706	7.7.1 Chinolingruppe 773
7.1.2 Porphinfarbstoffe 710	7.7.2 Benzochinolingruppe 776
7.1.3 Furangruppe 718	7.7.3 Isochinolingruppe 778
7.1.4 Thiophengruppe 721	7.7.4 Chromangruppe 779
7.2 Benzoaniellierte Ringsysteme der Pyrrol-, Furan- und Thiophengruppe 724	7.8 Sechsringe mit zwei Heteroatomen 782
7.2.1 Indolgruppe 724	7.8.1 Pyridazingruppe 783
7.2.2 Indolizingruppe 731	7.8.2 Pyrimidingruppe 783
7.2.3 Cumarongruppe 732	7.8.3 Pyrazingruppe 786
7.2.4 Thionaphthengruppe 733	7.8.4 Benzodiazine 788
7.2.5 Kondensierte tricyclische Systeme 734	7.8.5 Phenazine, Phenoxazine, Dibenzo- <i>p</i> -dioxine und Phenothiazine 789
7.3 Fünfringe mit zwei Stickstoffatomen 735	7.9 Sechsringe mit drei oder vier Heteroatomen 793
7.3.1 Pyrazolgruppe 736	7.9.1 Triazine 793
7.3.2 Imidazolgruppe 741	7.9.2 Tetrazine 795
7.4 Fünfringe mit zwei verschiedenen Heteroatomen 746	7.10 Benzoaniellierte Siebenringe mit einem oder zwei Heteroatomen 796
7.4.1 Oxazolgruppe 746	7.10.1 Benzazepine 796
7.4.2 Isoxazolgruppe 748	7.10.2 Benzodiazepine 796
7.4.3 Thiazolgruppe 749	7.11 Bicyclische Heterosysteme 797
7.4.4 Isothiazolgruppe 754	7.11.1 Purine 797
7.5 Fünfringe mit drei und mehr Heteroatomen 755	7.11.2 Pterine 801
7.5.1 Triazolgruppe 755	7.11.3 Flavine (Isoalloxazine) 802
7.5.2 Tetrazolgruppe 758	7.11.4 Bicyclische Amidine 803
7.5.3 Pentazolgruppe 760	7.12 Alkaloide 803
7.5.4 Sydnone, Mesoionische Verbindungen 760	7.12.1 Alkaloide vom Tetrahydropyrrol-, Pyridin-, Piperidin-Typ 804
7.5.5 Thiadiazolgruppe 761	7.12.2 Alkaloide vom Tropan-Typ 807
7.6 Sechsringe mit einem Heteroatom 762	7.12.3 Alkaloide vom Chinolizidin-Typ 810
7.6.1 Pyridingruppe 762	7.12.4 Alkaloide vom Chinolin-Typ 811
7.6.2 Pyrangruppe 771	7.12.5 Alkaloide vom Isochinolin-Typ 812
	7.12.6 Alkaloide vom Indol-Typ 816

8 Aminosäuren, Peptide und Proteine

821

8.1 Aminosäuren als Protein-		8.2.2 Bausteinanalyse der Peptide ...	834
bausteine	822	8.2.3 Sequenzanalyse der Peptide ...	835
8.1.1 Aliphatische Aminosäuren	822	8.2.4 Natürliche Peptide	836
8.1.2 Aromatische Aminosäuren	825	8.3 Eigenschaften und Struktur	
8.1.3 Heterocyclische Aminosäuren ..	827	der Proteine	840
8.1.4 Technische Gewinnung von		8.3.1 Skleroproteine	841
Aminosäuren	827	8.3.2 Sphäroproteine	844
8.2 Peptide	829	8.3.3 Konjugierte Proteine	845
8.2.1 Peptidsynthesen	829		

9 Chemie und Funktion der Nucleinsäuren

851

9.1 Bausteine der Nucleinsäuren ...	851	9.5 Funktion der Nucleinsäuren ...	864
9.1.1 Nucleoside	852	9.5.1 Der genetische Code	865
9.1.2 Nucleotide	853	9.5.2 Mutationen	867
9.2 Struktur der Nucleinsäuren ...	854	9.5.3 Transkription der DNA	868
9.2.1 Sequenzanalyse der DNA	858	9.5.4 Translation	869
9.3 Synthesen von Nucleinsäure-		9.5.5 Kontrolle der Gen-Expression ..	872
sequenzen	859	9.6 Gentechnik und Biosynthese ...	873
9.3.1 Diester-Methode	859	9.6.1 Modifikation von Plasmiden ...	873
9.3.2 Triester-Methode	860	9.6.2 Klonierung	874
9.3.3 Sticky-end-Methode	861	9.6.3 Biosynthese von Hormonen ...	876
9.4 Viren	862		

10 Enzyme

879

10.1 Oxidoreduktasen	880	10.3.2 Glykosidhydrolasen	889
10.1.1 Pyridinnucleotide	880	10.3.3 Peptidhydrolasen	890
10.1.2 Flavinenzyme	882	10.4 Lyasen	891
10.1.3 Zellhämone	884	10.4.1 C-C-Lyase	891
10.2 Transferasen	885	10.4.2 C-O-Lyase	893
10.2.1 Phosphotransferasen	885	10.5 Isomerasen	894
10.2.2 Acyltransferasen	886	10.6 Ligasen (Synthetasen)	894
10.2.3 Aminotransferasen	886		
10.2.4 Methyl- und Formyltransferasen	887		
10.3 Hydrolasen	888		
10.3.1 Esterhydrolasen	889		

11 Stoffwechselfvorgänge

895

- 11.1 Photosynthese-Zyklus 895
- 11.2 Enzymatischer Abbau und Aufbau der Kohlenhydrate 898
- 11.2.1 Alkoholische Gärung 898

- 11.2.2 Glykolyse (Zuckerabbau im Organismus) 901
- 11.2.3 Citronensäure-Zyklus 903

Namensregister

905

Sachregister

915