

**Hans Peter Latscha • Uli Kazmaier
Helmut Alfons Klein**

Organische Chemie

Chemie-Basiswissen II

7. Auflage

Springer Spektrum

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 (<i>Markownikow</i> -Regel) | 79 |
| 6.1.3 | <i>Stereospezifische</i> 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 (<i>Softe/fer-Wefe</i> -Epoxidierung) . . . | 89 |
| 6.3.3 | <i>Michael</i> -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 _N 1.Ar) | 121 |
| 8.3.2 | Bimolekulare nucleophile Substitution am Aromaten (S _N 2.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 _N I-Mechanismus | 133 |
| 10.1.1 | Auswirkungen des Reaktionsmechanismus | 134 |
| 10.2 | Der S [^] -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 | anti-Eliminierungen | 150 |
| 11.5.2 | syn-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 -Halogen-carbonylverbindungen | 234 |
| 16.3.8 | α,β -Ungesättigte (vinyloge) 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 O-Nucleophilen | 248 |
| 17.1.3 | Reaktion mit TV-Nucleophilen | 250 |
| 17.1.4 | Reaktion mit S-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-Reagenzien</i> | 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-Reaktion</i> | 261 |
| 17.3.4 | <i>Perkin-Reaktion</i> | 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 | [2jT+27i]-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 | <i>7?</i> ,5-Nomenklatur (<i>Cahn-Ingold-Prelog-System</i>) | 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 <i>M</i> 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 | Stoffwechselforgänge | 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 Aminozuckern | 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 Farbstoffe | 539 |
| 38.2 | Einteilung der Farbstoffe nach dem Färbverfahren | 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 Literaturliste an Lehrbüchern | 591 |
| | Sachverzeichnis | 593 |