

# Inhaltsverzeichnis

|    |                         |   |
|----|-------------------------|---|
| 1. | <b>Einleitung</b> ..... | 1 |
|----|-------------------------|---|

## **BINDUNG UND STRUKTUR**

|          |   |    |
|----------|---|----|
| 2.       | <b>Kohlenstoff, das besondere Element</b> .....                     | 3  |
| 2.1.     | Allgemeines .....   | 3  |
| 2.2.     | Die Elektronenhülle des Kohlenstoffs .....                          | 5  |
| 2.3.     | Bindungseigenschaften des Kohlenstoffs .....                        | 9  |
| 2.3.1.   | Molekülorbitale .....   | 9  |
| 2.3.2.   | Die Oktettregel .....   | 12 |
| 2.3.3.   | Die $sp^3$ -Hybridisierung .....                                    | 13 |
| 2.3.4.   | Die $sp^2$ -Hybridisierung .....                                    | 15 |
| 2.3.5.   | Die $sp$ -Hybridisierung .....                                      | 17 |
| 2.3.6.   | Vergleiche zwischen der Einfach-, Doppel- und Dreifachbindung ..... | 19 |
| 2.4.     | Ausgedehnte $\pi$ -Systeme .....                                    | 21 |
| 2.4.1.   | Allen (Propadien) .....   | 22 |
| 2.4.2.   | 1,3-Butadien .....  | 22 |
| 2.4.3.   | Benzol .....  | 25 |
| 2.4.4.   | Beispiele für aromatische Systeme .....                             | 28 |
| 2.4.4.1. | Carbocyclische Aromaten .....                                       | 28 |
| 2.4.4.2. | Heterocyclische Aromaten .....                                      | 29 |
| 3.       | <b>Strukturen organischer Moleküle</b> .....                        | 33 |
| 3.1.     | Die Summenformel .....  | 33 |
| 3.2.     | Die Strukturformel .....  | 34 |
| 3.2.1.   | Konstitutionsformel .....   | 34 |
| 3.2.2.   | Konfigurationsformel .....  | 35 |
| 3.2.2.1. | Die Keilstrichformel .....  | 35 |
| 3.2.2.2. | Die Fischer-Projektion .....  | 36 |
| 3.2.3.   | Die Konformationsformel .....                                       | 36 |
| 3.2.3.1. | Die Newman-Projektion .....   | 37 |
| 3.2.3.2. | Die Sägebockformel .....  | 37 |
| 3.3.     | Die Isomerie .....  | 38 |
| 3.3.1.   | Konstitutionsisomerie .....   | 38 |
| 3.3.2.   | Stereoisomerie .....  | 39 |
| 3.3.2.1. | Geometrische Isomerie .....   | 39 |
| 3.3.2.2. | Die optische Isomerie .....   | 44 |
| 3.3.2.3. | Konformationsisomerie .....   | 55 |

**ROHSTOFFE**

|           |                                     |           |
|-----------|-------------------------------------|-----------|
| <b>4.</b> | <b>Die Rohstoffe .....</b>          | <b>59</b> |
| 4.1.      | Fossile Rohstoffe .....             | 59        |
| 4.1.1.    | Kohlen .....                        | 59        |
| 4.1.2.    | Erdöl .....                         | 60        |
| 4.1.3.    | Erdgas .....                        | 61        |
| 4.2.      | Nachwachsende Rohstoffe .....       | 61        |
| 4.3.      | Veredlung der Rohstoffe .....       | 62        |
| 4.3.1.    | Veredlung der Kohlen .....          | 62        |
| 4.3.1.1.  | Verkokung .....                     | 62        |
| 4.3.1.2.  | Kohlevergasung .....                | 63        |
| 4.3.1.3.  | Kohleverflüssigung .....            | 64        |
| 4.3.2.    | Die Veredlung des Erdöls .....      | 64        |
| 4.3.3.    | Veredlung der Erdölfraktionen ..... | 66        |
| 4.3.3.1.  | Veredlung durch Cracken .....       | 66        |
| 4.3.3.2.  | Veredlung durch Reforming .....     | 67        |
| 4.4.      | Erdgas als Rohstoff .....           | 68        |
| 4.5.      | Zusammenfassung .....               | 68        |

**VERBINDUNG UND REAKTION**

|           |  |           |
|-----------|--|-----------|
| <b>5.</b> | <b>Alkane .....</b>                                      | <b>71</b> |
| 5.1.      | Definition, allgemeine Eigenschaften und Gewinnung ..... | 71        |
| 5.2.      | Nomenklatur der Alkane .....                             | 73        |
| 5.2.1.    | n-Alkane .....   | 73        |
| 5.2.2.    | Verzweigte Alkane .....                                  | 74        |
| 5.2.3.    | Cycloalkane .....  | 78        |
| 5.2.3.1.  | Monocyclische Alkane .....                               | 78        |
| 5.2.3.2.  | Bi- und polycyclische Alkane .....                       | 79        |
| 5.3.      | Die wichtigsten Alkane .....                             | 83        |
| 5.3.1.    | Methan .....   | 83        |
| 5.3.2.    | Ethan .....  | 84        |
| 5.3.3.    | Propan, n-Butan, Isobutan .....                          | 84        |
| 5.3.4.    | Cyclopropan, Cyclobutan .....                            | 85        |
| 5.3.5.    | n-Pentan, Isopentan, Neopentan .....                     | 86        |
| 5.3.6.    | Cyclopentan .....  | 86        |
| 5.3.7.    | n-Hexan, n-Heptan .....                                  | 86        |
| 5.3.8.    | Cyclohexan .....   | 87        |
| 5.3.9.    | Isooctan .....   | 87        |
| 5.3.10.   | Makrocyclische Ringe .....                               | 88        |
| 5.3.11.   | Adamantan .....  | 89        |
| 5.3.12.   | Wichtige Kohlenwasserstoffgemische .....                 | 89        |
| 5.3.12.1. | Naphtha .....  | 89        |
| 5.3.12.2. | Petrolether .....  | 89        |

|           |   |            |
|-----------|---|------------|
| 5.3.13.   | Kraftstoffe und Heizöl .....  | 90         |
| 5.3.13.1. | Autobenzin .....  | 90         |
| 5.3.13.2. | Flugzeugkraftstoffe .....   | 90         |
| 5.3.13.3. | Dieselmotorkraftstoff und Heizöl .....  | 90         |
| 5.3.13.4. | Paraffine und Vaseline .....  | 91         |
| 5.3.13.5. | Bitumen .....   | 91         |
| 5.4.      | Die wichtigsten Reaktionen der Alkane .....                                   | 92         |
| 5.4.1.    | Die Verbrennung .....   | 92         |
| 5.4.2.    | Herstellung von Synthesegas .....   | 92         |
| 5.4.3.    | Herstellung von Ruß .....   | 93         |
| 5.4.4.    | Reaktionen bei Crack-Prozessen .....  | 93         |
| 5.4.5.    | Radikalische Substitutionsreaktionen (S <sub>R</sub> ) .....                  | 95         |
| 5.4.5.1.  | Die radikalische Chlorierung .....  | 97         |
| 5.4.5.2.  | Sulfochlorierung .....  | 99         |
| 5.4.5.3.  | Sulfoxidation .....   | 101        |
| 5.4.5.4.  | Nitrierung von Alkanen .....  | 102        |
| 5.4.5.5.  | Paraffin-Oxidation .....  | 103        |
| <b>6.</b> | <b>Halogenalkane .....</b>  | <b>107</b> |
| 6.1.      | Definition .....  | 107        |
| 6.2.      | Nomenklatur der Halogenalkane .....   | 107        |
| 6.3.      | Die wichtigsten Halogenalkane .....   | 109        |
| 6.3.1.    | Chlormethan .....   | 109        |
| 6.3.2.    | Brommethan, Iodmethan .....   | 109        |
| 6.3.3.    | Dichlormethan, Trichlormethan, Tetrachlormethan .....                         | 110        |
| 6.3.4.    | Chlorethan .....  | 110        |
| 6.3.5.    | 1,2-Dichlorethan, 1,2-Dibromethan .....                                       | 111        |
| 6.3.6.    | 1,1,1-Trichlorethan, 1,1,2-Trichlorethan .....                                | 111        |
| 6.3.7.    | Lindan .....  | 112        |
| 6.3.8.    | FCKW, HFCKW, HFKW und Halone .....  | 114        |
| 6.3.8.1.  | Nomenklatur der FCKW, HFKW, HFCKW und Halone .....                            | 116        |
| 6.3.8.2.  | Die wichtigsten FCKW's, HFKW's, Halone und Hydrofluorether .....              | 117        |
| 6.3.8.3.  | Halothan .....  | 118        |
| 6.3.8.4.  | Herstellung der FCKW .....  | 118        |
| 6.4.      | Die wichtigsten Reaktionen der Halogenalkane .....                            | 119        |
| 6.4.1.    | Die nucleophile Substitution .....  | 120        |
| 6.4.1.1.  | Die S <sub>N</sub> 1-Reaktion .....   | 121        |
| 6.4.1.2.  | Die S <sub>N</sub> 2-Reaktion .....   | 124        |
| 6.4.1.3.  | Die Walden-Umkehr .....   | 130        |
| 6.4.1.4.  | Die intramolekulare S <sub>N</sub> 2-Reaktion und Nachbargruppeneffekte ..... | 131        |
| 6.4.1.5.  | S <sub>N</sub> 1- oder S <sub>N</sub> 2-Reaktion? .....                       | 133        |
| 6.4.2.    | Eliminierungsreaktionen der Halogenalkane .....                               | 133        |
| 6.4.2.1.  | Die E1-Eliminierung .....   | 134        |
| 6.4.2.2.  | Die E2-Eliminierung .....   | 134        |
| 6.4.2.3.  | Saizew- und Hofmann-Orientierungen bei E1- und E2-Reaktionen .....            | 137        |
| 6.4.2.4.  | Die Hofmann-Eliminierung .....  | 138        |

|           |  |            |
|-----------|--|------------|
| 6.4.2.5.  | $\alpha$ -Eliminierungen .....                                   | 139        |
| 6.4.3.    | Metall- und elementorganische Verbindungen .....                 | 140        |
| 6.4.3.1.  | Organische Verbindungen der Alkalimetalle .....                  | 140        |
| 6.4.3.2.  | Grignard-Verbindungen .....                                      | 142        |
| 6.4.3.3.  | Aluminiumorganische Verbindungen .....                           | 143        |
| 6.4.3.4.  | Siliziumorganische Verbindungen .....                            | 144        |
| 6.4.3.5.  | Bleiorganische Verbindungen .....                                | 145        |
| 6.4.3.6.  | Zinnorganische Verbindungen .....                                | 146        |
| 6.4.3.7.  | Phosphororganische Verbindungen .....                            | 147        |
| 6.4.3.8.  | Arsenorganische Verbindungen .....                               | 148        |
| 6.4.3.9.  | Quecksilberorganische Verbindungen .....                         | 148        |
| 6.4.3.10. | Cadmiumorganische Verbindungen .....                             | 149        |
| <b>7.</b> | <b>Alkene .....</b>  | <b>151</b> |
| 7.1.      | Die Nomenklatur der Alkene .....                                 | 151        |
| 7.2.      | Die wichtigsten Alkene .....                                     | 153        |
| 7.2.1.    | Ethen .....  | 153        |
| 7.2.2.    | Propen .....   | 154        |
| 7.2.3.    | 1-Buten, trans-2-Buten, cis-2-Buten, Isobuten .....              | 154        |
| 7.2.4.    | 1,3-Butadien .....   | 155        |
| 7.2.5.    | Isopren .....  | 155        |
| 7.2.6.    | Die Terpene .....  | 157        |
| 7.2.7.    | Cyclopentadien .....   | 160        |
| 7.2.8.    | Cyclododeca-1,5,9-trien .....                                    | 162        |
| 7.2.9.    | Chlorethen .....   | 162        |
| 7.2.10.   | Tri- und Tetrachlorethen .....                                   | 162        |
| 7.2.11.   | Tetrafluorethen .....  | 162        |
| 7.2.12.   | 2-Chlor-1,3-butadien .....                                       | 163        |
| 7.2.13.   | Höhere Olefine .....   | 163        |
| 7.2.13.1. | Oligomerisierung von Ethen – die Alfene .....                    | 163        |
| 7.2.13.2. | Höhere Olefine aus Paraffinen .....                              | 164        |
| 7.3.      | Die wichtigsten Reaktionen der Alkene .....                      | 164        |
| 7.3.1.    | Polymerisationsreaktionen-Polyreaktionen .....                   | 164        |
| 7.3.1.1.  | Polyethylen .....  | 168        |
| 7.3.1.2.  | Polypropylen .....   | 170        |
| 7.3.1.3.  | Polyvinylchlorid .....   | 171        |
| 7.3.1.4.  | Polytetrafluorethen .....  | 172        |
| 7.3.1.5.  | Polymerisation von konjugierten Dienen .....                     | 172        |
| 7.3.1.6.  | Recycling von Kunststoffen .....                                 | 174        |
| 7.3.2.    | Additionsreaktionen der Alkene .....                             | 175        |
| 7.3.2.1.  | Addition von Halogen an die Doppelbindung .....                  | 178        |
| 7.3.2.2.  | Addition von Halogenwasserstoffsäuren an die Doppelbindung ..... | 179        |
| 7.3.2.3.  | Addition von Hypohalogeniten an die Doppelbindung .....          | 181        |
| 7.3.2.4.  | Addition von Schwefelsäure .....                                 | 182        |
| 7.3.2.5.  | Addition von Wasser an die Doppelbindung (Hydratisierung) .....  | 183        |
| 7.3.2.6.  | Addition von Alkoholen an die Doppelbindung .....                | 184        |
| 7.3.2.7.  | Die Hydrierung = Addition von Wasserstoff .....                  | 185        |

|           |  |            |
|-----------|--|------------|
| 7.3.2.8.  | Hydroborierung .....   | 188        |
| 7.3.3.    | Oxidationsreaktionen der Alkene .....  | 189        |
| 7.3.3.1.  | Epoxidation (Epoxidierung) .....   | 189        |
| 7.3.3.2.  | Herstellung von vicinalen cis-Diolen .....                                       | 191        |
| 7.3.3.3.  | Ozonolyse (Ozonisierung) .....   | 192        |
| 7.3.3.4.  | Gezielte Oxidation von Alkenen mit Luft oder Sauerstoff .....                    | 193        |
| 7.3.4.    | Bromierung in Allylstellung .....  | 195        |
| 7.3.5.    | Die Oxosynthese (Hydroformylierung) .....  | 196        |
| 7.3.6.    | Metathesereaktion .....  | 197        |
| 7.3.7.    | Diels-Alder-Reaktion .....   | 197        |
| <b>8.</b> | <b>Die Alkine .....</b>  | <b>201</b> |
| 8.1.      | Die Nomenklatur der Alkine .....   | 201        |
| 8.2.      | Das wichtigste Alkin: Acetylen (Ethin) .....                                     | 202        |
| 8.3.      | Die wichtigsten Reaktionen der Alkine .....                                      | 204        |
| 8.3.1.    | Ethinylierungsreaktion .....   | 204        |
| 8.3.2.    | Additionsreaktionen .....  | 205        |
| 8.3.3.    | Hydrierung der Dreifachbindung .....   | 208        |
| 8.3.4.    | Oligo- und Polymerisierungsreaktionen von Ethin .....                            | 209        |
| <b>9.</b> | <b>Die Aromaten .....</b>  | <b>211</b> |
| 9.1.      | Nomenklatur der Aromaten .....   | 211        |
| 9.1.1.    | Nomenklatur von Benzolderivaten .....  | 211        |
| 9.1.2.    | Nomenklatur von polycyclischen aromatischen Kohlenwasserstoffen .....            | 214        |
| 9.1.2.1.  | Die wichtigsten annelierten polycyclischen aromatischen Kohlenwasserstoffe ..... | 214        |
| 9.1.2.2.  | Die wichtigsten aromatischen Ringsequenzen .....                                 | 215        |
| 9.2.      | Die wichtigsten aromatischen Kohlenwasserstoffe .....                            | 215        |
| 9.2.1.    | Benzol .....   | 215        |
| 9.2.2.    | Toluol .....   | 216        |
| 9.2.3.    | Die Xylole .....   | 216        |
| 9.2.4.    | Ethylbenzol .....  | 216        |
| 9.2.5.    | Cumol .....  | 217        |
| 9.2.6.    | Biphenyl .....   | 217        |
| 9.2.7.    | Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe .....                               | 218        |
| 9.2.7.1.  | Naphthalin .....   | 218        |
| 9.2.7.2.  | Anthracen .....  | 218        |
| 9.2.7.3.  | Phenanthren, Fluoren, Pyren, Benzopyren .....                                    | 219        |
| 9.2.8.    | Die wichtigsten heterocyclischen Aromaten .....                                  | 219        |
| 9.2.8.1.  | Pyrrol .....   | 219        |
| 9.2.8.2.  | Pyridin .....  | 220        |
| 9.2.8.3.  | Pyrimidin .....  | 222        |
| 9.2.8.4.  | 1,3,5-Triazin .....  | 222        |
| 9.2.8.5.  | Indol .....  | 224        |
| 9.2.8.6.  | Chinolin .....   | 225        |
| 9.2.8.7.  | Purin .....  | 225        |
| 9.3.      | Die wichtigsten Reaktionen der Aromaten .....                                    | 226        |
| 9.3.1.    | Die elektrophile aromatische Substitution $S_E$ .....                            | 226        |

|            |  |            |
|------------|--|------------|
| 9.3.1.1.   | Herstellung von Ethylbenzol .....                                    | 228        |
| 9.3.1.2.   | Die Nitrierung .....   | 229        |
| 9.3.1.3.   | Die Sulfonierung .....   | 230        |
| 9.3.1.4.   | Die Friedel-Crafts-Acylierung .....                                  | 231        |
| 9.3.1.5.   | Die Friedel-Crafts-Alkylierung .....                                 | 233        |
| 9.3.2.     | Die Elektrophile aromatische Zweitsubstitution .....                 | 234        |
| 9.3.3.     | Die elektrophile aromatische Drittsubstitution .....                 | 242        |
| 9.3.4.     | Reaktionen am Naphthalin .....                                       | 243        |
| 9.3.5.     | Die nucleophile aromatische Substitution ( $S_N2Ar$ ) .....          | 245        |
| 9.3.6.     | Arine .....  | 248        |
| 9.3.7.     | Reaktionen am Pyridin .....  | 249        |
| 9.3.8.     | Reaktionen von Trichlortriazin .....                                 | 250        |
| 9.3.9.     | Reaktionen in der Seitenkette von Aromaten .....                     | 251        |
| <b>10.</b> | <b>Die Alkohole .....</b>  | <b>253</b> |
| 10.1.      | Nomenklatur der Alkohole .....                                       | 254        |
| 10.2.      | Die wichtigsten Alkohole .....                                       | 258        |
| 10.2.1.    | Methanol .....   | 258        |
| 10.2.2.    | Ethanol .....  | 259        |
| 10.2.3.    | 1-Propanol .....   | 259        |
| 10.2.4.    | 1-Butanol, 2-Butanol, 2-Methyl-1-propanol, 2-Methyl-2-propanol ..... | 260        |
| 10.2.5.    | 1-Pentanol, 2-Methyl-1-butanol, 3-Methyl-1-butanol .....             | 261        |
| 10.2.6.    | 2-Ethylhexanol .....   | 261        |
| 10.2.7.    | Fettalkohole .....   | 261        |
| 10.2.8.    | Alfole .....   | 264        |
| 10.2.9.    | Guerbet-Alkohole .....   | 265        |
| 10.2.10.   | Mehrwertige Alkohole .....   | 265        |
| 10.2.10.1. | 1,2-Ethandiol .....  | 265        |
| 10.2.10.2. | Propylenglykol .....   | 266        |
| 10.2.10.3. | 1,4-Butandiol .....  | 267        |
| 10.2.10.4. | Glycerin .....   | 267        |
| 10.2.10.5. | 2,2-Bis(hydroxymethyl)butanol .....                                  | 268        |
| 10.2.10.6. | 2,2-Bis(hydroxymethyl)-1,3-propandiol .....                          | 268        |
| 10.2.10.7. | D-Sorbit .....   | 269        |
| 10.2.10.8. | D-Mannit .....   | 269        |
| 10.3.      | Die wichtigsten Reaktionen der Alkohole .....                        | 269        |
| 10.3.1.    | Eliminierungsreaktionen .....  | 269        |
| 10.3.2.    | Substitutionsreaktionen .....  | 272        |
| 10.3.2.1.  | Herstellung von Alkylhalogeniden .....                               | 272        |
| 10.3.2.2.  | Etherbildung .....   | 274        |
| 10.3.3.    | Carbonsäureesterbildung .....  | 275        |
| 10.3.4.    | Ester Anorganischer Säuren .....                                     | 275        |
| 10.3.5.    | Oxidationsreaktionen der Alkohole .....                              | 278        |
| 10.3.5.1.  | Oxidationen von Alkoholen mit Luft .....                             | 280        |
| 10.3.5.2.  | Oxidationen von Alkoholen mit Chromaten .....                        | 280        |
| 10.3.5.3.  | Oxidationen von Alkoholen mit Salpetersäure .....                    | 281        |

|            |  |            |
|------------|--|------------|
| 10.3.5.4.  | Biotechnologische Oxidation von Glycerin .....                             | 282        |
| 10.3.5.5.  | Glykolspaltung .....   | 282        |
| <b>11.</b> | <b>Die Phenole .....</b>   | <b>285</b> |
| 11.1.      | Nomenklatur der Phenole .....  | 285        |
| 11.2.      | Die wichtigsten Phenole .....  | 287        |
| 11.2.1.    | Phenol .....   | 287        |
| 11.2.2.    | Kresole .....  | 290        |
| 11.2.3.    | Hydrochinon .....  | 290        |
| 11.2.4.    | Resorcin .....   | 291        |
| 11.2.5.    | 1-Naphthol, 2-Naphthol .....   | 291        |
| 11.2.6.    | Anthrahydrochinon und Anthrachinon .....                                   | 292        |
| 11.3.      | Die wichtigsten Reaktionen der Phenole .....                               | 294        |
| 11.3.1.    | Phenoether .....   | 294        |
| 11.3.2.    | Phenylester .....  | 294        |
| 11.3.3.    | Chlorierung von Phenol .....   | 295        |
| 11.3.4.    | Reaktionen von Phenol mit Formaldehyd .....                                | 298        |
| 11.3.5.    | Reaktionen von Phenol mit Aceton – Bisphenol A .....                       | 301        |
| 11.3.6.    | Reaktionen von Phenol und 2-Naphthol mit Kohlendioxid .....                | 302        |
| 11.3.7.    | Phenol als Ausgangsstoff für die Nylonherstellung .....                    | 304        |
| 11.3.8.    | Phenol für die Anilinsynthese .....  | 304        |
| 11.3.9.    | Propofol aus Phenol .....  | 304        |
| <b>12.</b> | <b>Die Ether .....</b>   | <b>305</b> |
| 12.1.      | Definition und allgemeine Eigenschaften .....                              | 305        |
| 12.2.      | Nomenklatur der Ether .....  | 306        |
| 12.3.      | Die wichtigsten Ether .....  | 308        |
| 12.3.1.    | Dimethylether .....  | 308        |
| 12.3.2.    | Diethylether .....   | 308        |
| 12.3.3.    | tert-Butylmethylether, Methyl-tert-butylether .....                        | 308        |
| 12.3.4.    | Monoether und Diether des Ethylenglykols bzw. der Polyethylenglykole ..... | 309        |
| 12.3.5.    | Ethylenoxid .....  | 309        |
| 12.3.6.    | Propylenoxid .....   | 310        |
| 12.3.7.    | Tetrahydrofuran .....  | 310        |
| 12.3.8.    | 1,4-Dioxan .....   | 311        |
| 12.3.9.    | Kronenether (crown ether) .....  | 311        |
| 12.4.      | Die wichtigsten Reaktionen der Ether .....                                 | 312        |
| 12.4.1.    | Saure Spaltung der Ether .....   | 312        |
| 12.4.2.    | Bildung von Komplexen und Oxoniumsalzen .....                              | 312        |
| 12.4.3.    | Peroxidbildung .....   | 313        |
| 12.4.4.    | Reaktionen der Epoxide .....   | 314        |
| <b>13.</b> | <b>Die Amine .....</b>   | <b>317</b> |
| 13.1.      | Definition, allgemeine Eigenschaften und Darstellungsmethoden .....        | 317        |
| 13.2.      | Nomenklatur der Amine .....  | 318        |
| 13.3.      | Die wichtigsten Amine .....  | 323        |
| 13.3.1.    | Methylamin, Dimethylamin, Trimethylamin .....                              | 323        |
| 13.3.2.    | Ethylamin, Diethylamin, Triethylamin .....                                 | 324        |

|            |  |            |
|------------|--|------------|
| 13.3.3.    | Diisopropylamin .....  | 325        |
| 13.3.4.    | Cyclohexylamin .....   | 325        |
| 13.3.5.    | Fettamine .....  | 326        |
| 13.3.6.    | Ethanolamine 2-Aminoethanol, 2,2'-Iminodiethanol, 2,2',2''-Nitrilotriethanol | 326        |
| 13.3.7.    | Wichtige cyclische Amine .....   | 327        |
| 13.3.7.1.  | Morpholin .....  | 327        |
| 13.3.7.2.  | Aziridin .....   | 327        |
| 13.3.7.3.  | Pyrrolidin .....   | 328        |
| 13.3.7.4.  | Piperidin .....  | 329        |
| 13.3.7.5.  | Piperazin .....  | 329        |
| 13.3.8.    | Wichtige Diamine .....   | 330        |
| 13.3.8.1.  | Ethylendiamin .....  | 330        |
| 13.3.8.2.  | Hexamethylendiamin .....   | 331        |
| 13.3.8.3.  | Isophorondiamin .....  | 331        |
| 13.3.8.4.  | 3-(N,N-Dimethylamino)propanamin .....  | 332        |
| 13.3.8.5.  | Hexamethylentetramin .....   | 332        |
| 13.3.9.    | Die wichtigsten aromatischen Amine .....                                     | 332        |
| 13.3.9.1.  | Anilin .....   | 332        |
| 13.3.9.2.  | o-Phenylendiamin, p-Phenylendiamin .....                                     | 334        |
| 13.3.9.3.  | m-Phenylendiamin .....   | 335        |
| 13.3.9.4.  | 2,4-Toluylendiamin, 2,6-Toluylendiamin .....                                 | 335        |
| 13.3.9.5.  | 1-Naphthylamin .....   | 336        |
| 13.3.9.6.  | Diphenylamin .....   | 336        |
| 13.4.      | Die wichtigsten Reaktionen der Amine .....                                   | 337        |
| 13.4.1.    | Säure-Base-Reaktionen .....  | 337        |
| 13.4.2.    | Alkylierungsreaktionen .....   | 337        |
| 13.4.3.    | Reaktionen mit Aldehyden und Ketonen .....                                   | 339        |
| 13.4.3.1.  | Primäre Amine .....  | 339        |
| 13.4.3.2.  | Sekundäre Amine .....  | 341        |
| 13.4.4.    | Reaktionen von Aminen mit Carbonsäuren und Derivaten .....                   | 342        |
| 13.4.5.    | Reaktionen mit Phosgen .....   | 343        |
| 13.4.6.    | Reaktionen mit Salpetriger Säure (Nitrosierung) .....                        | 345        |
| 13.4.7.    | Oxidation von tert-Aminen .....  | 357        |
| <b>14.</b> | <b>Aldehyde und Ketone .....</b>   | <b>359</b> |
| 14.1.      | Definition, allgemeine Eigenschaften und Darstellungsmethoden .....          | 359        |
| 14.2.      | Nomenklatur der Aldehyde und Ketone .....                                    | 360        |
| 14.3.      | Die wichtigsten Aldehyde .....   | 364        |
| 14.3.1.    | Formaldehyd .....  | 364        |
| 14.3.2.    | Acetaldehyd .....  | 366        |
| 14.3.3.    | Propionaldehyd .....   | 367        |
| 14.3.4.    | Butyraldehyd .....   | 367        |
| 14.3.5.    | Acrolein .....   | 368        |
| 14.3.6.    | Crotonaldehyd .....  | 369        |
| 14.3.7.    | Glutardialdehyd .....  | 370        |
| 14.3.8.    | Benzaldehyd .....  | 370        |
| 14.3.9.    | Vanillin .....   | 371        |

|            |   |            |
|------------|---|------------|
| 14.4.      | Die wichtigsten Ketone .....  | 374        |
| 14.4.1.    | Aceton .....  | 374        |
| 14.4.2.    | Isobutylmethylketon .....   | 374        |
| 14.4.3.    | Ethylmethylketon .....  | 374        |
| 14.4.4.    | Isophoron .....   | 375        |
| 14.4.5.    | Cyclohexanon .....  | 375        |
| 14.5.      | Die wichtigsten Reaktionen der Aldehyde und Ketone .....  | 376        |
| 14.5.1.    | Die Keto-Enol-Tautomerie .....  | 376        |
| 14.5.2.    | Hydratbildung .....   | 378        |
| 14.5.3.    | Acetal- bzw. Ketalbildung .....   | 378        |
| 14.5.4.    | Reaktionen der Aldehyde und Ketone mit Ammoniak<br>und anderen Stickstoffbasen außer den Aminen ..... | 380        |
| 14.5.4.1.  | Formaldehyd mit Ammoniak .....  | 380        |
| 14.5.4.2.  | Acetaldehyd mit Ammoniak .....  | 381        |
| 14.5.4.3.  | Aldehyde und Ketone mit Hydroxylamin .....  | 382        |
| 14.5.4.4.  | Reaktionen mit Hydrazin und Phenylhydrazinen .....  | 383        |
| 14.5.4.5.  | Reaktionen mit Semicarbazid .....   | 384        |
| 14.5.5.    | Hydrogensulfidaddukte .....   | 384        |
| 14.5.6.    | Cyanhydrine .....   | 385        |
| 14.5.7.    | Strecker-Aminosäuresynthese .....   | 387        |
| 14.5.8.    | Addition von Acetylen an Aldehyde und Ketone .....  | 389        |
| 14.5.9.    | Reaktionen mit CH-aciden Verbindungen .....   | 390        |
| 14.5.9.1.  | Die Aldolreaktion .....   | 390        |
| 14.5.9.2.  | Die Knoevenagel-Reaktion .....  | 394        |
| 14.5.9.3.  | Perkin-Synthese .....   | 395        |
| 14.5.9.4.  | Reaktionen mit Nitroverbindungen .....  | 396        |
| 14.5.10.   | Reaktionen mit Aryl- oder Alkylolithiumverbindungen .....   | 397        |
| 14.5.11.   | Wittig-Reaktion .....   | 397        |
| 14.5.12.   | Reaktionen mit Aromaten .....   | 399        |
| 14.5.13.   | Halogenierung am $\alpha$ -C-Atom von Aldehyden und Ketonen .....                                     | 402        |
| 14.5.14.   | Reduktionsreaktionen der Aldehyde und Ketone .....  | 404        |
| 14.5.14.1. | Reduktion mit Hydriden .....  | 404        |
| 14.5.14.2. | Reduktion mit Wasserstoff .....   | 405        |
| 14.5.14.3. | Reduktion mit Metallen .....  | 406        |
| 14.5.14.4. | Meerwein-Ponndorf-Verley-Reduktion .....  | 406        |
| 14.5.14.5. | Die Tistschenko-Reaktion .....  | 408        |
| 14.5.14.6. | Wolff-Kishner-Reduktion .....   | 409        |
| 14.5.14.7. | Enzymatische Reduktionen .....  | 409        |
| 14.5.15.   | Oxidationsreaktionen der Aldehyde und Ketone .....  | 410        |
| 14.5.15.1. | Luft/Sauerstoffoxidationen .....  | 410        |
| 14.5.15.2. | Andere Oxidationsmittel .....   | 411        |
| 14.5.16.   | Besonderheiten bei Reaktionen mit $\alpha,\beta$ -ungesättigten Aldehyden und Ketonen .....           | 413        |
| <b>15.</b> | <b>Kohlenhydrate oder Saccharide .....</b>  | <b>415</b> |
| 15.1.      | Definition .....  | 415        |
| 15.2.      | Allgemeine Eigenschaften .....  | 415        |
| 15.3.      | Nomenklatur der Kohlenhydrate .....   | 415        |

|            |  |            |
|------------|--|------------|
| 15.4.      | Die wichtigsten Saccharide .....                           | 418        |
| 15.4.1.    | D-Ribose und 2-Desoxy-D-ribose .....                       | 418        |
| 15.4.2.    | Glucose .....  | 420        |
| 15.4.3.    | Fructose .....   | 420        |
| 15.4.4.    | Saccharose .....   | 421        |
| 15.4.5.    | Lactose .....  | 421        |
| 15.4.6.    | Cyclodextrine .....  | 421        |
| 15.4.7.    | Polysaccharide .....                                       | 422        |
| 15.4.7.1.  | Cellulose .....  | 422        |
| 15.4.7.2.  | Hemicellulosen .....                                       | 422        |
| 15.4.7.3.  | Stärke .....   | 423        |
| 15.4.7.4.  | Glycogen .....   | 424        |
| 15.4.7.5.  | Chitin .....   | 424        |
| 15.4.7.6.  | Inulin .....   | 424        |
| 15.5.      | Die wichtigsten Reaktionen der Saccharide .....            | 425        |
| 15.5.1.    | Acetalbildung .....  | 425        |
| 15.5.2.    | Hydrazon-Bildung .....                                     | 427        |
| 15.5.3.    | Reduktions- und Oxidationsreaktionen .....                 | 429        |
| 15.5.4.    | Veretherung .....  | 430        |
| 15.5.5.    | Veresterung .....  | 431        |
| 15.5.6.    | Kupferseide .....  | 433        |
| 15.5.7.    | Mercerisieren .....  | 433        |
| 15.5.8.    | Maillard-Reaktion .....                                    | 433        |
| 15.6.      | Süßstoffe und Zuckeraustauschstoffe .....                  | 434        |
| 15.6.1.    | Süßstoffe .....  | 434        |
| 15.6.2.    | Zuckeraustauschstoffe .....                                | 435        |
| <b>16.</b> | <b>Carbonsäuren und deren Derivate .....</b>               | <b>437</b> |
| 16.1.      | Definition .....   | 437        |
| 16.2.      | Nomenklatur der Carbonsäuren und Carbonsäurederivate ..... | 437        |
| 16.2.1.    | Nomenklatur der Carbonsäuren .....                         | 437        |
| 16.2.2.    | Nomenklatur der Ester .....                                | 441        |
| 16.2.3.    | Nomenklatur der Amide .....                                | 443        |
| 16.2.4.    | Nomenklatur der Nitrile .....                              | 444        |
| 16.2.5.    | Nomenklatur der Anhydride .....                            | 445        |
| 16.2.6.    | Nomenklatur der Säurehalogenide .....                      | 445        |
| 16.3.      | Allgemeine Eigenschaften .....                             | 446        |
| 16.3.1.    | Eigenschaften der Carbonsäuren .....                       | 446        |
| 16.3.2.    | Eigenschaften der Carbonsäureester .....                   | 447        |
| 16.3.3.    | Eigenschaften der Carbonsäureamide .....                   | 448        |
| 16.3.4.    | Eigenschaften der Nitrile .....                            | 448        |
| 16.3.5.    | Eigenschaften der Carbonsäureanhydride .....               | 449        |
| 16.3.6.    | Eigenschaften der Carbonsäurehalogenide .....              | 449        |
| 16.4.      | Die wichtigsten Carbonsäuren und Carbonsäurederivate ..... | 450        |
| 16.4.1.    | Die wichtigsten Carbonsäuren .....                         | 450        |
| 16.4.1.1.  | Ameisensäure .....   | 450        |
| 16.4.1.2.  | Essigsäure .....   | 450        |

|            |   |     |
|------------|---|-----|
| 16.4.1.3.  | Propionsäure, Buttersäure .....   | 451 |
| 16.4.1.4.  | Kochsäuren .....  | 451 |
| 16.4.1.5.  | Fettsäuren .....  | 452 |
| 16.4.1.6.  | Benzoesäure .....   | 453 |
| 16.4.1.7.  | Acrylsäure .....  | 454 |
| 16.4.1.8.  | Sorbinsäure .....   | 454 |
| 16.4.1.9.  | Oxalsäure .....   | 455 |
| 16.4.1.10. | Malonsäure .....  | 456 |
| 16.4.1.11. | Adipinsäure .....   | 456 |
| 16.4.1.12. | Phthalsäure .....   | 457 |
| 16.4.1.13. | Milchsäure .....  | 458 |
| 16.4.1.14. | Äpfelsäure .....  | 458 |
| 16.4.1.15. | Citronensäure .....   | 459 |
| 16.4.1.16. | Ascorbinsäure .....   | 460 |
| 16.4.1.17. | Salicylsäure, p-Hydroxybenzoesäure .....  | 461 |
| 16.4.1.18. | Weitere Hydroxysäuren .....   | 462 |
| 16.4.1.19. | 2-Arylpropionsäuren .....   | 463 |
| 16.4.1.20. | Aminosäuren .....   | 464 |
| 16.4.2.    | Die wichtigsten Carbonsäureester .....  | 470 |
| 16.4.2.1.  | Essigsäureethylester .....  | 470 |
| 16.4.2.2.  | Acrylsäuremethylester, Acrylsäureethylester, Acrylsäure-n-butylester .....        | 471 |
| 16.4.2.3.  | Methacrylsäuremethylester .....   | 472 |
| 16.4.2.4.  | Essigsäurevinylester, Laurinsäurevinylester, Adipinsäurevinylester .....          | 472 |
| 16.4.2.5.  | Malonsäurediethylester .....  | 474 |
| 16.4.2.6.  | Di-(2-ethylhexyl)phthalat .....   | 474 |
| 16.4.2.7.  | Polyester .....   | 475 |
| 16.4.2.8.  | Polyhydroxybutyrat .....  | 478 |
| 16.4.2.9.  | Poly- $\epsilon$ -caprolacton .....   | 478 |
| 16.4.2.10. | Polymilchsäure .....  | 479 |
| 16.4.3.    | Die wichtigsten Carbonsäureamide .....  | 479 |
| 16.4.3.1.  | Amide der Ameisensäure: Formamid, N-Methylformamid,<br>N,N-Dimethylformamid ..... | 479 |
| 16.4.3.2.  | Acrylamid .....   | 480 |
| 16.4.3.3.  | Paracetamol .....   | 480 |
| 16.4.3.4.  | Polyamide (PA) .....  | 481 |
| 16.4.3.5.  | 2-Pyrrolidon .....  | 483 |
| 16.4.3.6.  | $\epsilon$ -Caprolactam .....   | 484 |
| 16.4.3.7.  | Succinimid .....  | 485 |
| 16.4.3.8.  | Phthalimid .....  | 486 |
| 16.4.4.    | Die wichtigsten Carbonsäurenitrile .....  | 487 |
| 16.4.4.1.  | Acetonitril .....   | 487 |
| 16.4.4.2.  | Adipinsäuredinitril .....   | 487 |
| 16.4.4.3.  | Acrylnitril .....   | 488 |
| 16.4.5.    | Die wichtigsten Anhydride .....   | 489 |
| 16.4.5.1.  | Essigsäureanhydrid .....  | 489 |
| 16.4.5.2.  | Phthalsäureanhydrid .....   | 490 |

|            |  |            |
|------------|--|------------|
| 16.4.5.3.  | Maleinsäureanhydrid .....  | 491        |
| 16.4.6.    | Die wichtigsten Säurechloride .....  | 492        |
| 16.4.6.1.  | Acetylchlorid .....  | 492        |
| 16.4.6.2.  | Benzoylchlorid .....   | 493        |
| 16.5.      | Die wichtigsten Reaktionen der Carbonsäuren und Carbonsäurederivate ..   | 494        |
| 16.5.1.    | Reaktionen mit Wasser, Säuren und Basen .....  | 494        |
| 16.5.1.1.  | Carbonsäuren .....   | 494        |
| 16.5.1.2.  | Carbonsäureester, Carbonsäureamide, Carbonsäureanhydride<br>und Carbonsäurechloride .....                              | 495        |
| 16.5.1.3.  | Nitrile .....  | 499        |
| 16.5.2.    | Herstellung von Carbonsäureestern .....  | 500        |
| 16.5.3.    | Herstellung von Amiden .....   | 501        |
| 16.5.3.1.  | Carbonsäureamide .....   | 501        |
| 16.5.3.2.  | Kohlensäureamide .....   | 502        |
| 16.5.4.    | Herstellung von Carbonsäurehalogeniden .....   | 507        |
| 16.5.5.    | Herstellung der Carbonsäureanhydride .....   | 509        |
| 16.5.6.    | Herstellung der Carbonsäurenitrile .....   | 510        |
| 16.5.7.    | Malonestersynthesen .....  | 510        |
| 16.5.8.    | Acetessigestersynthesen .....  | 512        |
| 16.5.9.    | Die Ketonspaltung, die Säurespaltung und die Esterspaltung .....   | 513        |
| 16.5.10.   | Esterkondensationen .....  | 515        |
| 16.5.10.1. | Die Claisen-Kondensation .....   | 516        |
| 16.5.10.2. | Dieckmann-Esterkondensation .....  | 517        |
| 16.5.10.3. | Gemischte Esterkondensation .....  | 518        |
| 16.5.10.4. | Acyloinkondensation .....  | 519        |
| 16.5.11.   | Darzens Glycidestersynthese .....  | 520        |
| 16.5.12.   | Hofmann-Abbau von Säureamiden .....  | 521        |
| 16.5.13.   | Die Reformatzki-Reaktion .....   | 523        |
| 16.5.14.   | Reaktionen von Carbonsäuren und Carbonsäurederivaten mit<br>Grignard- und anderen metallorganischen Verbindungen ..... | 523        |
| 16.5.14.1. | Grignard-Verbindungen .....  | 523        |
| 16.5.14.2. | Reaktion mit cadmiumorganischen Verbindungen .....   | 525        |
| 16.5.15.   | Reduktion von Carbonsäuren und Carbonsäurederivate .....   | 526        |
| 16.5.15.1. | Reduktionen mit Wasserstoff (katalytische Hydrierung) .....  | 527        |
| 16.5.15.2. | Reduktion mit unedlen Metallen .....   | 528        |
| 16.5.15.3. | Reduktion mit komplexen Hydriden .....   | 529        |
|            | <b>Register .....</b>  | <b>533</b> |