

# Inhaltsverzeichnis

|  |    |
|--|----|
| <b>Vorwort</b> .....   | V  |
| <b>1 Einleitung</b> .....                                      | 1  |
| 1.1 Der Begriff der Organischen Chemie .....                   | 1  |
| 1.2 Vielfalt organischer Verbindungen .....                    | 1  |
| 1.3 Ordnung in der Vielfalt .....                              | 2  |
| <b>2 Grundlegendes</b> .....                                   | 3  |
| 2.1 „Kohlenstoff hat vier Bindungen“ .....                     | 3  |
| 2.2 Der Kohlenstoff im Periodensystem der Elemente .....       | 3  |
| 2.3 Die Elektronenhülle des Kohlenstoffatoms .....             | 4  |
| 2.3.1 Schalenmodell .....                                      | 4  |
| 2.3.2 Orbitalmodell .....                                      | 5  |
| 2.3.3 Das C-Atom in der Orbitalvorstellung .....               | 6  |
| 2.3.4 Hybridorbitale .....                                     | 7  |
| 2.3.5 Orbitalformen für die Valenzelektronen des C-Atoms ..... | 7  |
| <b>3 Mehratomige Moleküle</b> .....                            | 9  |
| 3.1 Moleküle mit Einfachbindungen .....                        | 9  |
| 3.1.1 Das Methanmolekül .....                                  | 10 |
| 3.1.2 Das Ethanmolekül .....                                   | 11 |
| 3.1.3 $\sigma$ -Bindungen .....                                | 12 |
| 3.2 Moleküle mit Doppelbindungen .....                         | 13 |
| 3.2.1 Das Ethenmolekül .....                                   | 14 |
| 3.2.2 $\pi$ -Bindungen .....                                   | 14 |
| 3.2.3 Zusammenfassung .....                                    | 14 |
| 3.3 Moleküle mit Dreifachbindungen .....                       | 15 |
| 3.4 Das Ethinmolekül .....                                     | 15 |
| 3.4.1 Bindungsverhältnisse im Ethinmolekül .....               | 16 |
| 3.4.2 Zusammenfassung .....                                    | 16 |
| <b>4 Kohlenwasserstoffe – Alkane, Alkene, Alkine</b> .....     | 17 |
| <b>5 Homologe Reihen</b> .....                                 | 18 |
| <b>6 Alkane</b> .....  | 19 |
| 6.1 Homologe Reihe .....                                       | 19 |
| 6.1.1 Allgemeine Summenformel .....                            | 19 |
| 6.1.2 Nomenklatur unverzweigter Alkanmoleküle .....            | 19 |
| 6.1.3 Strukturformeln .....                                    | 19 |
| 6.2 Verzweigte Alkanmoleküle .....                             | 21 |
| 6.2.1 Isomerie .....   | 21 |
| 6.2.2 Alkylgruppen .....                                       | 23 |

|           |   |           |
|-----------|---|-----------|
| 6.2.3     | Nomenklatur verzweigter Alkanmoleküle                                       | 23        |
| 6.2.4     | Van-der-Waals-Kräfte  | 25        |
| 6.3       | Eigenschaften der Alkane  | 26        |
| 6.3.1     | Schmelz- und Siedetemperaturen  | 26        |
| 6.3.2     | Viskosität  | 27        |
| 6.3.3     | Löslichkeit   | 27        |
| 6.3.4     | Brennbarkeit  | 28        |
| 6.3.5     | „Energieträger“   | 28        |
| 6.4       | Reaktionsverhalten der Alkane   | 28        |
| 6.4.1     | Halogenalkane   | 28        |
| 6.4.2     | Reaktionsmechanismus der Halogenierung – radikalische Substitution          | 29        |
| 6.5       | Konformationen des Ethanmoleküls – Konformationsisomerie                    | 31        |
| 6.6       | Cycloalkane   | 33        |
| 6.6.1     | Homologe Reihe  | 33        |
| 6.6.2     | Wichtige Konformere des Cyclohexans   | 34        |
| <b>7</b>  | <b>Alkene</b>   | <b>36</b> |
| 7.1       | Homologe Reihe  | 36        |
| 7.1.1     | Eigenschaften der Alkene  | 36        |
| 7.1.2     | Nomenklatur und Konstitutionsisomerie                                       | 36        |
| 7.2       | cis-trans-Isomerie – Konfigurationsisomerie                                 | 37        |
| 7.3       | Additionsreaktionen   | 38        |
| 7.3.1     | Elektrophile Addition an Ethen  | 39        |
| 7.3.2     | Elektrophile und nucleophile Teilchen                                       | 40        |
| <b>8</b>  | <b>Alkine</b>   | <b>41</b> |
| 8.1       | Ethin – ein bedeutsames Alkin   | 41        |
| 8.1.1     | Additionsreaktion an die Dreifachbindung                                    | 41        |
| 8.1.2     | Acetylen als Schweißgas   | 42        |
| 8.2       | Acetylide   | 42        |
| <b>9</b>  | <b>Aromatische Verbindungen</b>   | <b>43</b> |
| <b>10</b> | <b>Benzol</b>   | <b>44</b> |
| 10.1      | Eigenschaften   | 44        |
| 10.2      | Strukturformeln für das Benzolmolekül                                       | 44        |
| 10.3      | Bindungsverhältnisse im Benzolmolekül                                       | 46        |
| 10.4      | Mesomeriestabilisierung   | 47        |
| 10.4.1    | Nachweis der Mesomerieenergie durch das Verhalten von Benzol gegenüber Brom | 48        |
| 10.5      | Elektrophile aromatische Substitution                                       | 48        |
| 10.5.1    | Mechanismus der elektrophilen aromatischen Substitution                     | 48        |
| 10.5.2    | Nitrobenzol – ein Benzolderivat   | 50        |
| 10.5.3    | Zusammenfassung   | 51        |

|           |  |    |
|-----------|--|----|
| <b>11</b> | <b>Wichtige Benzolderivate</b> . . . . .   | 52 |
| 11.1      | Phenole . . . . .  | 52 |
| 11.1.1    | Erst- und Zweitsubstituenten . . . . .   | 52 |
| 11.1.2    | Phenol als Säure . . . . .   | 53 |
| 11.1.3    | Mesomeriestabilisierung des Phenolations . . . . .                                   | 53 |
| 11.2      | Toluol . . . . .   | 54 |
| 1.3       | Benzolsulfonsäure . . . . .  | 55 |
| 11.4      | Anilin . . . . .   | 55 |
| 11.5      | Benzylalkohol, Benzaldehyd und Benzoesäure – Oxidationsprodukte von Toluol . . . . . | 56 |
| <b>12</b> | <b>Weitere aromatische Verbindungen</b> . . . . .                                    | 57 |
| 12.1      | Kondensierte Aromaten . . . . .  | 57 |
| 12.2      | Heteroaromaten . . . . .   | 58 |
| 2.3       | Die „Hückel-Regel“ für den aromatischen Zustand . . . . .                            | 59 |
| <b>13</b> | <b>Sauerstoffhaltige organische Verbindungen</b> . . . . .                           | 60 |
| <b>14</b> | <b>Alkohole</b> . . . . .  | 61 |
| 14.1      | Homologe Reihe . . . . .   | 61 |
| 14.2      | Methanol . . . . .   | 62 |
| 14.3      | Ethanol . . . . .  | 62 |
| 14.4      | Eigenschaften von Alkoholen . . . . .  | 63 |
| 14.5      | Isomerie und Nomenklatur bei Alkoholmolekülen . . . . .                              | 64 |
| 14.6      | Synthese durch nucleophile Substitution . . . . .                                    | 66 |
| 14.7      | Alkoholate . . . . .   | 68 |
| 14.8      | Mehrwertige Alkohole – Ethandiol und Propantriol . . . . .                           | 70 |
| 14.9      | Reaktion von Alkoholen mit Säuren – Esterbildung . . . . .                           | 71 |
| 14.10     | Zusammenfassung . . . . .  | 73 |
| <b>15</b> | <b>Ether</b> . . . . .   | 74 |
| <b>16</b> | <b>Oxidationsprodukte von Alkoholen</b> . . . . .                                    | 76 |
| <b>17</b> | <b>Grundlegendes zu Redoxreaktionen</b> . . . . .                                    | 77 |
| 17.1      | Begriffe und Definitionen . . . . .  | 77 |
| 17.2      | Allgemeine Regeln zur Zuordnung von Oxidationszahlen . . . . .                       | 77 |
| 17.3      | Oxidationszahlen für C-Atome in organischen Molekülen . . . . .                      | 78 |
| 17.4      | Die Erstellung von Redoxgleichungen . . . . .  | 80 |
| <b>18</b> | <b>Redoxvorgänge am Beispiel verschiedener Alkohole</b> . . . . .                    | 81 |
| 18.1      | Oxidation eines primären Alkohols zum Aldehyden . . . . .                            | 81 |
| 18.2      | Oxidation eines sekundären Alkohols zum Keton . . . . .                              | 83 |
| <b>19</b> | <b>Carbonylverbindungen</b> . . . . .  | 85 |
| 19.1      | Nomenklatur und Struktur . . . . .   | 85 |
| 19.1.1    | Aldehyde . . . . .   | 85 |

|           |   |            |
|-----------|---|------------|
| 19.1.2    | Ketone  | 86         |
| 19.2      | Eigenschaften   | 87         |
| 19.2.1    | Siedetemperaturen   | 88         |
| 19.2.2    | Löslichkeit   | 88         |
| 19.3      | Nucleophile Additionsreaktionen   | 88         |
| 19.3.1    | Nucleophile Addition von Methanol an Acetaldehyd – Halbacetale                              | 89         |
| 19.3.2    | Nucleophile Addition an Ketone – Halbketale   | 90         |
| 19.3.3    | Nucleophile Addition von Wasser an Carbonylverbindungen                                     | 91         |
| 19.3.4    | Nucleophile Addition von Ammoniak und Eliminierung von Wasser                               | 92         |
| 19.3.5    | Additions-Eliminierungs-Reaktionen mit Derivaten des Ammoniaks                              | 93         |
| 19.3.6    | Zusammenfassung   | 94         |
| 19.3.7    | Übersicht   | 95         |
| 19.4      | Der induktive Effekt  | 98         |
| 19.5      | Nachweisreaktionen für Aldehyde   | 100        |
| 19.5.1    | Silberspiegelprobe  | 101        |
| 19.5.2    | Fehlingsche Probe   | 101        |
| <b>20</b> | <b>Carbonsäuren und Carbonsäurederivate</b>   | <b>103</b> |
| 20.1      | Monocarbonsäuren  | 103        |
| 20.1.1    | Homologe Reihe  | 103        |
| 20.1.2    | Eigenschaften   | 104        |
| 20.1.3    | Ameisensäure  | 105        |
| 20.1.4    | Essigsäure  | 106        |
| 20.1.5    | Acidität  | 106        |
| 20.1.6    | Säurestärke   | 108        |
| 20.2      | Nucleophile Substitutionsreaktionen   | 111        |
| 20.2.1    | Veresterung von Essigsäure mit Methanol – Beispiel einer nucleophilen Substitutionsreaktion | 112        |
| 20.2.2    | Verseifung – Esterspaltung in alkalischer Lösung  | 114        |
| 20.3      | Derivate der Carbonsäuren   | 116        |
| 20.3.1    | Carbonsäureester  | 116        |
| 20.3.2    | Carbonsäurechloride   | 117        |
| 20.3.3    | Carbonsäureanhydride  | 118        |
| 20.3.4    | Carbonsäureamide  | 118        |
| 20.4      | Dicarbonsäuren  | 120        |
| 20.4.1    | Gesättigte Dicarbonsäuren   | 121        |
| 20.4.2    | Ungesättigte Dicarbonsäuren   | 121        |
| 20.4.3    | Aromatische Dicarbonsäuren  | 122        |
| 20.5      | Carbonsäuren mit zusätzlichen funktionellen Gruppen   | 122        |
| 20.5.1    | Hydroxycarbonsäuren   | 123        |
| 20.5.2    | Ketocarbonsäuren  | 124        |
| 20.6      | Zusammenfassung   | 124        |

|           |   |     |
|-----------|---|-----|
| <b>21</b> | <b>Arten von Isomerie – eine „Standortbestimmung“</b> . . . . .                                   | 125 |
| <b>22</b> | <b>Spiegelbildisomerie</b> . . . . .  | 127 |
| 22.1      | Weitere Fachbegriffe zur Spiegelbildisomerie . . . . .  | 128 |
| 22.1.1    | Molekülchiralität . . . . .   | 128 |
| 22.1.2    | Chiralitätszentrum . . . . .  | 128 |
| 22.1.3    | Enantiomere . . . . .   | 128 |
| 22.2      | Die „Fischer-Projektion“ – einheitliche Darstellung räumlicher Molekülstruktur . . . . .          | 128 |
| 22.3      | Mehrere Chiralitätszentren in einem Molekül . . . . .   | 130 |
| 22.3.1    | Zwei Chiralitätszentren – Diastereomere . . . . .   | 131 |
| 22.3.2    | Weinsäure. . . . .  | 132 |
| 22.4      | Optische Aktivität . . . . .  | 133 |
| 22.4.1    | Polarimetrie . . . . .  | 133 |
| 22.4.2    | Drehsinn . . . . .  | 135 |
| 22.4.3    | Racemat. . . . .  | 136 |
| <b>23</b> | <b>Kohlenhydrate</b> . . . . .  | 137 |
| 23.1      | Einteilung der Kohlenhydrate. . . . .   | 137 |
| 23.2      | Monosaccharide. . . . .   | 138 |
| 23.2.1    | Die Familie der Aldosen . . . . .   | 139 |
| 23.2.2    | D(+)-Glucose. . . . .   | 143 |
| 23.2.3    | Anomerie und Mutarotation – anomere Glucosemoleküle . . . . .                                     | 145 |
| 23.2.4    | Darstellung von Monosaccharidmolekülen – Fischer-Projektion, Haworth-Formel, Sesselform . . . . . | 147 |
| 23.2.5    | Ausgewählte Ketosen – Dihydroxyaceton und Fructose. . . . .                                       | 149 |
| 23.2.6    | Pyranosen und Furanosen . . . . .   | 151 |
| 23.3      | Disaccharide . . . . .  | 152 |
| 23.3.1    | Glycosidbildung. . . . .  | 152 |
| 23.3.2    | Maltose – ein reduzierendes Disaccharid . . . . .   | 153 |
| 23.3.3    | Cellobiose – ein weiteres reduzierendes Disaccharid . . . . .                                     | 154 |
| 23.3.4    | Saccharose – ein nicht reduzierendes Disaccharid . . . . .  | 156 |
| 23.3.5    | Inversion des Rohrzuckers. . . . .  | 158 |
| 23.4      | Polysaccharide . . . . .  | 158 |
| 23.4.1    | Stärke . . . . .  | 158 |
| 23.4.2    | Glykogen . . . . .  | 160 |
| 23.4.3    | Cellulose . . . . .   | 160 |
| 23.4.4    | Übersicht . . . . .   | 162 |
| <b>24</b> | <b>Peptide und Proteine</b> . . . . .   | 163 |
| 24.1      | Aminosäuren. . . . .  | 163 |
| 24.1.1    | Molekülbau der $\alpha$ -Aminocarbonsäuren. . . . .   | 163 |
| 24.1.2    | Optische Aktivität . . . . .  | 164 |
| 24.1.3    | L-Konfiguration . . . . .   | 164 |
| 24.1.4    | Einteilung . . . . .  | 165 |
| 24.1.5    | Zwitterionen . . . . .  | 166 |

---

|           |   |            |
|-----------|---|------------|
| 24.1.6    | Säure-Base-Verhalten . . . . .  | 166        |
| 24.1.7    | Elektrophorese und isoelektrischer Punkt. . . . .                               | 168        |
| 24.2      | Peptidbindung. . . . .  | 169        |
| 24.3      | Klassifizierung. . . . .  | 171        |
| 24.4      | Strukturen . . . . .  | 171        |
| 24.4.1    | Primärstruktur. . . . .   | 172        |
| 24.4.2    | Sekundärstruktur . . . . .  | 173        |
| 24.4.3    | Tertiärstruktur. . . . .  | 175        |
| 24.4.4    | Quartärstruktur . . . . .   | 176        |
| 24.5      | Proteine und ihre biologische Funktion – Beispiele . . . . .                    | 177        |
| 24.6      | Nachweis . . . . .  | 178        |
| 24.7      | Denaturierung. . . . .  | 178        |
| <b>25</b> | <b>Fette</b> . . . . .  | <b>180</b> |
| 25.1      | Vielfalt der Fettmoleküle. . . . .  | 180        |
| 25.2      | Gesättigte und ungesättigte Fettsäuren. . . . .                                 | 181        |
| 25.3      | Eigenschaften . . . . .   | 182        |
| 25.3.1    | Löslichkeit . . . . .   | 182        |
| 25.3.2    | Aggregatzustände . . . . .  | 183        |
| 25.3.3    | Brennbarkeit. . . . .   | 184        |
| 25.4      | Essentielle Fettsäuren . . . . .  | 184        |
| 25.5      | Seife . . . . .   | 184        |
| 25.6      | Margarine. . . . .  | 185        |
|           | <b>Quintessenz</b> . . . . .  | <b>186</b> |
|           | <b>Anhang</b> . . . . .   | <b>187</b> |
|           | Literaturempfehlungen . . . . .   | 187        |
|           | Stoffklassen und daraus abgeleitete (funktionelle) Gruppen oder Reste . . . . . | 188        |
|           | Reaktionstypen . . . . .  | 190        |
|           | <b>Sachregister</b> . . . . .   | <b>191</b> |