

# Inhaltsverzeichnis

|                                                                      |           |
|----------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Über den Autor</b>                                                | <b>17</b> |
| <b>Einführung</b>                                                    | <b>19</b> |
| Über dieses Buch                                                     | 19        |
| Törichte Annahmen über den Leser                                     | 20        |
| Wie dieses Buch aufgebaut ist                                        | 20        |
| Symbole, die in diesem Buch verwendet werden                         | 20        |
| Wie es weitergeht                                                    | 20        |
| <b>Teil I</b>                                                        |           |
| <b>Grundlagen – das Wesentliche zum Einstieg</b>                     | <b>21</b> |
| <b>Kapitel 1</b>                                                     |           |
| <b>Materie – woraus wir bestehen und was uns umgibt</b>              | <b>23</b> |
| Materie – Atome und Moleküle füllen den Raum                         | 23        |
| Fest, flüssig, gasförmig – die Aggregatzustände                      | 26        |
| Phasendiagramme – Druck und Temperatur auf einen Blick               | 28        |
| Gase – unsere unsichtbaren Begleiter                                 | 29        |
| Flüssigkeiten – anziehend flexibel                                   | 31        |
| Feststoffe – wir halten zusammen                                     | 32        |
| <b>Kapitel 2</b>                                                     |           |
| <b>Atome – unteilbar, aber dennoch spaltbar</b>                      | <b>33</b> |
| Das Atom – viel leerer Raum um konzentrierte Masse                   | 33        |
| Isotope – gleicher Ort, aber unterschiedliche Masse                  | 35        |
| Radioaktivität – Gefahren und Nutzen der Strahlung                   | 38        |
| Radioaktivität als Krankmacher                                       | 39        |
| Radioaktivität als Helfer                                            | 39        |
| Vier fundamentale Kräfte – doch nur eine ist für die Chemie relevant | 39        |
| <b>Kapitel 3</b>                                                     |           |
| <b>Chemische Bindungen – wie Atome zusammenhalten</b>                | <b>41</b> |
| Wie finden sich bindungswillige Partner?                             | 41        |
| Kovalent: Wir teilen fair!                                           | 42        |
| Ionisch: Wenn sich Elektronen auf eine Seite schlagen                | 42        |
| Metallisch: Von einer Elektronenwolke umhüllt                        | 43        |
| Was Atome zusammenhält                                               | 44        |
| Die Quantenchemie und die Gesetze im Mikrokosmos                     | 45        |
| Leuchtende Atome – das Atommodell von Bohr                           | 46        |

|                                                                                     |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Die rettende Gleichung – Orbitale für Elektronen                                    | 48 |
| Die Regeln von Hund und Pauli                                                       | 50 |
| Atomaufbau mit dem Kästchenmodell – einfach, aber effektiv                          | 51 |
| Wir halten Ordnung – das Periodensystem der Elemente                                | 52 |
| Elektronenkonfiguration und chemische Eigenschaften                                 | 53 |
| Endlich verständlich – die Größe von Atomen                                         | 55 |
| Elektronegativität – was Atome anziehend finden                                     | 57 |
| Wasserstoff H <sub>2</sub> – das einfachste kovalent gebundene und neutrale Molekül | 58 |
| Methan CH <sub>4</sub> – Hybridisierung zum perfekten Tetraeder                     | 59 |
| Ammoniak NH <sub>3</sub> – die Pyramide mit dem freien Elektronenpaar               | 61 |
| Wasser H <sub>2</sub> O – das gewinkelte Lebenselixier mit Dipolmoment              | 62 |
| Sigma $\sigma$ und Pi $\pi$ – Symbole für Bindungstypen                             | 64 |
| Lewis-Strukturen (I) – kovalente Moleküle richtig zeichnen                          | 65 |
| Oktettregel und Oktettaufweitung                                                    | 66 |
| Die Lewis-Strukturen für polare kovalente Moleküle                                  | 67 |
| Die Geometrie kovalenter Moleküle                                                   | 69 |
| Sekundäre Bindungen – auch das ist wichtig für Biomoleküle!                         | 70 |

## **Teil II**

### **Allgemeine und Anorganische Chemie**

**71**

#### **Kapitel 4**

##### **Stöchiometrie – chemisches Rechnen**

**73**

|                                                  |    |
|--------------------------------------------------|----|
| Praktisch konstant – Masse chemischer Reaktionen | 73 |
| Große Zahl für kleine Teilchen                   | 74 |
| Mischen möglich – korrekte Konzentrationsangaben | 74 |
| Dreisatz – drei Größen, eine Lösung              | 75 |

#### **Kapitel 5**

##### **Thermodynamik – heiße und kalte Chemie**

**77**

|                                            |    |
|--------------------------------------------|----|
| Hin und Her – Gleichgewichte in Reaktionen | 77 |
| Verschiebung von Gleichgewichten           | 80 |
| Formen von Gleichgewichten                 | 82 |
| Die Hauptsätze der Thermodynamik           | 83 |

#### **Kapitel 6**

##### **Kinetik – Geschwindigkeit chemischer Reaktionen**

**87**

|                                                                               |    |
|-------------------------------------------------------------------------------|----|
| So schnell kann's gehen – das Geschwindigkeitsgesetz                          | 87 |
| Aktivierungsenergie – mit Schwung über den Berg ...                           | 88 |
| Die Arrhenius-Gleichung – Geschwindigkeit, Temperatur und Aktivierungsenergie | 89 |

|                                                                  |            |
|------------------------------------------------------------------|------------|
| Von der Kinetik zum Reaktionsmechanismus                         | 89         |
| Katalysatoren – die Reaktionsbeschleuniger                       | 90         |
| Katalysatoren – Ihre alltäglichen Helfer                         | 90         |
| Enzyme – kein Leben ohne Biokatalysatoren                        | 91         |
| <br>                                                             |            |
| <b>Kapitel 7</b>                                                 |            |
| <b>Lösungen</b>                                                  | <b>93</b>  |
| Was macht ein Lösungsmittel aus?                                 | 93         |
| Ohne Wasser geht nichts im Leben                                 | 93         |
| Wer löst was?                                                    | 95         |
| Was geschieht beim Lösungsvorgang?                               | 96         |
| Schwerlöslich – und das ist gut so!                              | 97         |
| Gesättigte Lösung, Löslichkeit und Löslichkeitsprodukt           | 97         |
| Alle zusammen – Kolligative Phänomene                            | 98         |
| <br>                                                             |            |
| <b>Kapitel 8</b>                                                 |            |
| <b>Heterogene Gleichgewichte</b>                                 | <b>101</b> |
| Gleichgewichte zwischen heterogenen Phasen                       | 101        |
| Fest- und Flüssigphasen zum Entgiften und Trennen                | 102        |
| Fast wie Zauberei – Osmose                                       | 103        |
| Schrumpfende Zellen, platzende Kirschen – Osmose im Alltag       | 105        |
| Sauberes Blut dank Dialyse                                       | 105        |
| Das Membranpotenzial – die lebenswichtige Ladungsdifferenz       | 106        |
| <br>                                                             |            |
| <b>Kapitel 9</b>                                                 |            |
| <b>Säuren und Basen</b>                                          | <b>109</b> |
| Wenn Schwefel verbrennt                                          | 109        |
| Warum wird Regen sauer?                                          | 110        |
| Schwefelsäure – die große Schwester der Schwefligen Säure        | 111        |
| Basen – die Gegenspieler der Säuren                              | 111        |
| Brønsted – auf die Protonen kommt es an                          | 112        |
| Lewis-Säuren und Lewis-Basen – Elektronen machen den Unterschied | 112        |
| Wasser als Säure und als Base                                    | 113        |
| Der pH-Wert – negativ und logarithmisch                          | 113        |
| Sauer oder basisch? Alles außer pH 7!                            | 114        |
| Sauer oder basisch – wie stark ist die Verbindung?               | 115        |
| Wasser nivelliert die maximale Säurestärke                       | 116        |
| Die Berechnung des pH-Werts von Lösungen mit starken Säuren      | 116        |
| Die pH-Wert Berechnung von Lösungen mit schwachen Säuren         | 117        |
| Was macht eine Säure so sauer?                                   | 117        |
| Von Rotkohl und Blaukraut – pH-Wert-Messungen                    | 118        |
| Kein Leben ohne Puffer – pH-Konstanz ist wichtig!                | 120        |

## **Kapitel 10**

### **Oxidation und Reduktion – wie Elektronen springen können** **121**

|                                                                                        |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Knallige Redoxreaktion – wie Oxidationsstufen helfen können                            | 121 |
| Einmal pusten, bitte – was Alkohol und Redoxreaktionen verbindet                       | 122 |
| Elektronen hüpfen bergab – das Prinzip von Redoxreaktionen                             | 124 |
| Redox-Disproportionierung von Wasserstoffperoxid – Oxidationsstufen laufen auseinander | 124 |
| Redox-Synproportionierung von Ammoniumnitrat – Dünger und Sprengstoff                  | 125 |
| Strom aus der Batterie mittels Redoxchemie                                             | 125 |
| Die elektrochemische Reihe – kombinieren Sie Ihre eigene Batterie                      | 126 |
| Spaltung mit Strom – die Elektrolyse                                                   | 126 |
| Wenn keine Standardbedingungen vorliegen – die Nernst-Gleichung                        | 129 |

## **Kapitel 11**

### **Komplexe** **131**

|                                                   |     |
|---------------------------------------------------|-----|
| Komplex, aber nicht kompliziert                   | 131 |
| Koordinative Bindungen – von ionisch bis kovalent | 132 |
| Wie stabil ist der Komplex?                       | 134 |
| Metalle in der Zange – der Chelat-Effekt          | 134 |
| Komplexe, die heilen                              | 135 |

## **Teil III**

### **Organische Chemie – einfache Bausteine für großartige Moleküle** **137**

## **Kapitel 12**

### **Bindung und Geometrie – die vier Arme des C-Atoms** **139**

|                                                                    |     |
|--------------------------------------------------------------------|-----|
| Organisch oder nicht – wo ist denn da der Unterschied?             | 139 |
| Kohlenstoff – ein ganz besonderes Atom                             | 140 |
| Ordnungsprinzipien im »Organischen Universum«                      | 140 |
| Der wichtigste Baustein – die tetraedrische $sp^3$ -Hybridisierung | 141 |
| Die $sp^2$ -Hybridisierung – die trigonal-planare Geometrie        | 143 |
| Die $sp$ -Hybridisierung – geradewegs zur linearen Geometrie       | 144 |

## **Kapitel 13**

### **Kohlenwasserstoffe** **147**

|                                       |     |
|---------------------------------------|-----|
| Kohlenwasserstoffe in aller Vielfalt  | 147 |
| Isomere und Doppelbindungsäquivalente | 149 |
| Alkane – Homologe des Methans         | 150 |
| Die Nomenklatur der Alkane            | 151 |
| Methanproduktion und Erderwärmung     | 151 |
| Wie viel Energie steckt im Alkan?     | 153 |

|                                                                      |            |
|----------------------------------------------------------------------|------------|
| Spannende Ringe – Cycloalkane                                        | 154        |
| Cyclohexan – praktisch spannungsfrei                                 | 158        |
| Alkene addieren gern ...                                             | 159        |
| Diene – durch Konjugation stabilisiert                               | 160        |
| Aromaten – besonders stabil und delokalisiert                        | 161        |
| Aromaten substituieren lieber                                        | 163        |
| Das Gift entsteht im Körper – toxische Kohlenwasserstoffe            | 163        |
| <br>                                                                 |            |
| <b>Kapitel 14</b>                                                    |            |
| <b>Stereochemie</b>                                                  | <b>167</b> |
| Die Chemie in 3D                                                     | 167        |
| Isomere – unterschiedlich trotz gleicher Summenformel                | 167        |
| Stereoisomere – der Raum macht den Unterschied                       | 168        |
| Konformere – ganz fix von einem Isomer zum anderen                   | 169        |
| Konfigurationsisomere – planar, ohne Stereozentren                   | 171        |
| Konfigurationsisomere – mit Stereozentren                            | 172        |
| Enantiomere der Milchsäure                                           | 174        |
| Fischer-Projektion – die D- und L-Formen der Milchsäure              | 174        |
| Die R- und S-Formen der Milchsäure – CIP-Nomenklatur                 | 175        |
| Optische Aktivität – rechts- oder linksdrehend                       | 176        |
| Wie unterschiedlich sind Enantiomere?                                | 177        |
| <br>                                                                 |            |
| <b>Kapitel 15</b>                                                    |            |
| <b>Reaktionsmechanismen</b>                                          | <b>181</b> |
| Die vier Reaktionstypen der (organischen) Chemie                     | 181        |
| Polar oder radikalisch?                                              | 182        |
| Die radikalische Substitution – $S_R$ zur Synthese der Halogenalkane | 183        |
| Die aliphatische Substitution – $S_N1$ mit <i>tert.</i> -Butylbromid | 185        |
| $S_N2$ mit Methylbromid – ein anderer nukleophiler                   |            |
| Substitutionsmechanismus                                             | 187        |
| $S_EAr$ – die elektrophile aromatische Substitution                  | 189        |
| <br>                                                                 |            |
| <b>Kapitel 16</b>                                                    |            |
| <b>Alkohole und Ether</b>                                            | <b>191</b> |
| Ethanol und Methanol – alkyliertes Wasser                            | 191        |
| Die Alkylgruppe macht den Unterschied                                | 193        |
| Die Wertigkeit von Alkoholen                                         | 193        |
| Erfrischend alkoholisch – Menthol                                    | 194        |
| Phenole – wenn Aryl anstatt Alkyl gebunden ist                       | 195        |
| Ein (echt?) scharfes Phenol – Capsaicin                              | 197        |
| Ether – zweifach-alkyliertes Wasser                                  | 197        |
| Ether als Narkotikum                                                 | 198        |
| Zyklische, gespannte Ether – reaktiv und toxisch                     | 198        |
| Nitroglycerin – ein explosives Arzneimittel                          | 200        |

|                                                                                   |            |
|-----------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>Kapitel 17</b>                                                                 |            |
| <b>Schwefelverbindungen</b>                                                       | <b>201</b> |
| Schwefel- und Sauerstofforganyle – Unterschiede trotz formaler<br>Gemeinsamkeiten | 201        |
| Vom Gestank zum Aroma                                                             | 202        |
| Die biologisch so wichtige Disulfidbrücke                                         | 203        |
| Sulfoxide, Sulfonate und Sulfate                                                  | 205        |
| Weitere nützliche Schwefelverbindungen                                            | 206        |
| <b>Kapitel 18</b>                                                                 |            |
| <b>Amine</b>                                                                      | <b>209</b> |
| Alkylierter Ammoniak – organische Amine                                           | 209        |
| Amine als Basen                                                                   | 210        |
| Amine als Nukleophile                                                             | 211        |
| Alkaloide und biogene Amine – wunderbare Wirkungen                                | 211        |
| <b>Kapitel 19</b>                                                                 |            |
| <b>Aldehyde und Ketone</b>                                                        | <b>213</b> |
| Der Alleskönner – die Carbonylfunktion                                            | 213        |
| Aldehyde und Ketone durch die Oxidation von Alkoholen                             | 214        |
| Nachweis für Aldehyde – Fehling- und Tollens-Probe                                | 215        |
| Die Reaktion der Carbonylreste mit Nukleophilen: Hydrate                          | 216        |
| Reaktionen mit Alkoholen bilden Halb- und Vollacetale                             | 217        |
| Aus der Reaktion mit Aminen entstehen Aminale                                     | 218        |
| Enolate: der leichte Weg zu Carbanionen                                           | 219        |
| Keto-Enol-Tautomerie                                                              | 220        |
| Die perfekte C-C-Bindungsbildung – Aldol-Additionen                               | 221        |
| <b>Kapitel 20</b>                                                                 |            |
| <b>Carbonsäuren und Derivate</b>                                                  | <b>223</b> |
| Azidität dank Carbonylfunktion                                                    | 223        |
| Es geht noch saurer – Ameisensäure                                                | 223        |
| Die Esterbildung                                                                  | 224        |
| Verseifung                                                                        | 225        |
| Weitere wichtige Derivate von Carbonsäuren                                        | 226        |
| <b>Kapitel 21</b>                                                                 |            |
| <b>Heterocyclen</b>                                                               | <b>229</b> |
| Fünfring-Heterocyclen mit Stickstoff                                              | 229        |
| Heterocyclen mit Sauerstoff und Schwefel                                          | 230        |
| Stickstoffhaltige Sechsring-Heterocyclen                                          | 231        |
| Weitere Stickstoff-haltige Heterocyclen                                           | 232        |

|                                                                         |            |
|-------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>Teil IV</b>                                                          |            |
| <b>Alles natürlich – Biochemie</b>                                      | <b>233</b> |
| <b>Kapitel 22</b>                                                       |            |
| <b>Aminosäuren und Proteine</b>                                         | <b>235</b> |
| Primäre und sekundäre Naturstoffe                                       | 235        |
| Amino(carbon)säuren                                                     | 235        |
| Die 20 proteinogenen Aminosäuren                                        | 236        |
| Der Rest bringt den Unterschied                                         | 238        |
| Der isoelektrische Punkt                                                | 239        |
| Die Peptidbindung                                                       | 240        |
| Große Vielfalt durch Variation                                          | 241        |
| Sekundär-, Tertiär- und Quartärstrukturen von Proteinen                 | 242        |
| <b>Kapitel 23</b>                                                       |            |
| <b>Kohlenhydrate</b>                                                    | <b>245</b> |
| Hydrate des Kohlenstoffs?                                               | 245        |
| Kohlenhydrate – woher sie kommen, wohin sie gehen                       | 246        |
| Monosaccharide – die kleinen Bausteine der Kohlenhydrate                | 246        |
| <i>D</i> -Glucose und <i>D</i> -Fructose – die süßen Monosaccharide     | 247        |
| <i>D</i> -Glucose – vom Hydroxyaldehyd zur Pyranose                     | 249        |
| Die Mutarotation der <i>D</i> -Glucose                                  | 250        |
| <i>D</i> -Fructose – vom Hydroxy-Keton zur Furanose                     | 251        |
| Von Glucose zur Fructose und zurück                                     | 251        |
| Disaccharide – glykosidisch gebunden                                    | 253        |
| Noch mehr Glykoside                                                     | 255        |
| Einfach riesig – Polymere aus <i>D</i> -Glucose                         | 256        |
| <b>Kapitel 24</b>                                                       |            |
| <b>Lipide</b>                                                           | <b>259</b> |
| Lipophile – aus Liebe zum Fett                                          | 259        |
| Energie aus Fetten                                                      | 260        |
| Phospholipide in Zellmembranen                                          | 261        |
| Fettsäuren – ungesättigt besonders wertvoll                             | 262        |
| Auf- und Abbau von Fettsäuren                                           | 264        |
| Eine Schmerztablette, bitte! – Acetylsalicylsäure hemmt Cyclooxygenasen | 265        |
| <b>Kapitel 25</b>                                                       |            |
| <b>Nukleinsäuren</b>                                                    | <b>267</b> |
| Der Kern des Lebens                                                     | 267        |
| Die Nukleinbasen                                                        | 268        |
| Der genetische Code                                                     | 268        |

|                                                                      |            |
|----------------------------------------------------------------------|------------|
| Zucker und Nukleinbasen bilden Nukleoside                            | 270        |
| Mit Phosphorsäure zum Nukleotidester                                 | 271        |
| DNA und RNA sind Polyester                                           | 272        |
| Basenpaarung durch Wasserstoffbrücken                                | 273        |
| <b>Teil V</b>                                                        |            |
| <b>Top-Ten-Teil</b>                                                  | <b>277</b> |
| <b>Kapitel 26</b>                                                    |            |
| <b>Valenzstrich (Lewis)-Strukturen</b>                               | <b>279</b> |
| Der Bindungsstrich – zwei Elektronen, die Atome verbinden            | 279        |
| Elektronenkonfiguration und Kästchenschema                           | 280        |
| Freie Elektronenpaare (lone pairs)                                   | 280        |
| Ungepaarte Elektronen in Radikalen                                   | 281        |
| Oktetaufweitung bei Elementen ab der dritten Periode                 | 281        |
| Grenzstrukturen (I): induktiver Effekt                               | 282        |
| Grenzstrukturen (II): konjugativer (»mesomerer«) Effekt              | 282        |
| Dreidimensionale Geometrie                                           | 282        |
| Relative und absolute Konfiguration                                  | 283        |
| Absolute Konfiguration nach Fischer                                  | 283        |
| <b>Kapitel 27</b>                                                    |            |
| <b>Zehn sensationelle Moleküle</b>                                   | <b>285</b> |
| Stabiler geht es nicht – Adamantan                                   | 285        |
| Ein stabiles Carben                                                  | 285        |
| Ein stabiles C-Radikal                                               | 286        |
| Hoch gespannt und aromatisch                                         | 286        |
| Ein dreidimensionaler Aromat                                         | 287        |
| Ein Kohlenwasserstoff-Würfel                                         | 287        |
| Ein kleiner, billiger, hocheffektiver Katalysator für C-C-Kupplungen | 287        |
| Ein Kohlenstoff-Tetraeder                                            | 288        |
| Ein Fußball nur aus Kohlenstoff                                      | 288        |
| Der invertierte Tetraeder – [1.1.1]Propellan                         | 289        |
| <b>Stichwortverzeichnis</b>                                          | <b>291</b> |