

# Chemie

Das Basiswissen  
der Chemie

Charles E. Mortimer  
Ulrich Müller

9., überarbeitete Auflage

395 Abbildungen

520 Formelbilder

126 Tabellen



Thieme

# Inhalt

|          |                                                               |           |
|----------|---------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1</b> | <b>Einleitung</b>                                             | <b>1</b>  |
| 1.1      | Historische Entwicklung der Chemie                            | 2         |
| 1.2      | Elemente, Verbindungen, Gemische                              | 6         |
| 1.3      | Stofftrennung                                                 | 9         |
| 1.4      | Maßeinheiten                                                  | 11        |
| 1.5      | Genauigkeit und signifikante Stellen                          | 11        |
|          | Übungsaufgaben                                                | 14        |
| <b>2</b> | <b>Einführung in die Atomtheorie</b>                          | <b>15</b> |
| 2.1      | Die Dalton-Atomtheorie                                        | 16        |
| 2.2      | Das Elektron                                                  | 17        |
| 2.3      | Das Proton                                                    | 18        |
| 2.4      | Das Neutron                                                   | 19        |
| 2.5      | Aufbau der Atome                                              | 19        |
| 2.6      | Atomsymbole                                                   | 20        |
| 2.7      | Isotope                                                       | 21        |
| 2.8      | Atommassen                                                    | 22        |
|          | Übungsaufgaben                                                | 24        |
| <b>3</b> | <b>Stöchiometrie, Teil I: Chemische Formeln</b>               | <b>25</b> |
| 3.1      | Moleküle und Ionen                                            | 25        |
| 3.2      | Empirische Formeln                                            | 27        |
| 3.3      | Das Mol                                                       | 28        |
| 3.4      | Prozentuale Zusammensetzung von Verbindungen                  | 29        |
| 3.5      | Ermittlung chemischer Formeln                                 | 31        |
|          | Übungsaufgaben                                                | 33        |
| <b>4</b> | <b>Stöchiometrie, Teil II: Chemische Reaktionsgleichungen</b> | <b>35</b> |
| 4.1      | Chemische Reaktionsgleichungen                                | 35        |
| 4.2      | Begrenzende Reaktanden                                        | 38        |
| 4.3      | Ausbeute bei chemischen Reaktionen                            | 39        |
| 4.4      | Konzentration von Lösungen                                    | 40        |
|          | Übungsaufgaben                                                | 42        |

|          |                                                              |            |
|----------|--------------------------------------------------------------|------------|
| <b>5</b> | <b>Energieumsatz bei chemischen Reaktionen</b>               | <b>45</b>  |
| 5.1      | Energiemaße .....                                            | 46         |
| 5.2      | Temperatur und Wärme .....                                   | 47         |
| 5.3      | Kalorimetrie .....                                           | 47         |
| 5.4      | Reaktionsenergie und Reaktionsenthalpie .....                | 48         |
| 5.5      | Der Satz von Hess .....                                      | 51         |
| 5.6      | Bildungsenthalpien .....                                     | 52         |
| 5.7      | Bindungsenergien .....                                       | 54         |
|          | Übungsaufgaben .....                                         | 57         |
| <br>     |                                                              |            |
| <b>6</b> | <b>Die Elektronenstruktur der Atome</b>                      | <b>59</b>  |
| 6.1      | Elektromagnetische Strahlung .....                           | 60         |
| 6.2      | Atomspektren .....                                           | 62         |
| 6.3      | Ordnungszahl und das Periodensystem der Elemente .....       | 65         |
| 6.4      | Wellenmechanik .....                                         | 69         |
| 6.5      | Quantenzahlen .....                                          | 73         |
| 6.6      | Orbitalbesetzung und die Hund-Regel .....                    | 78         |
| 6.7      | Die Elektronenstruktur der Elemente .....                    | 81         |
| 6.8      | Halb- und vollbesetzte Unterschalen .....                    | 83         |
| 6.9      | Einteilung der Elemente .....                                | 86         |
|          | Übungsaufgaben .....                                         | 87         |
| <br>     |                                                              |            |
| <b>7</b> | <b>Eigenschaften der Atome und die Ionenbindung</b>          | <b>89</b>  |
| 7.1      | Atomgröße .....                                              | 90         |
| 7.2      | Ionisierungsenergien .....                                   | 93         |
| 7.3      | Elektronenaffinitäten .....                                  | 95         |
| 7.4      | Die Ionenbindung .....                                       | 96         |
| 7.5      | Gitterenergie .....                                          | 98         |
| 7.6      | Arten von Ionen .....                                        | 100        |
| 7.7      | Ionenradien .....                                            | 102        |
| 7.8      | Nomenklatur von Ionenverbindungen .....                      | 103        |
|          | Übungsaufgaben .....                                         | 105        |
| <br>     |                                                              |            |
| <b>8</b> | <b>Die kovalente Bindung</b>                                 | <b>107</b> |
| 8.1      | Konzept der kovalenten Bindung .....                         | 108        |
| 8.2      | Übergänge zwischen Ionenbindung und kovalenter Bindung ..... | 109        |
| 8.3      | Elektronegativität .....                                     | 112        |
| 8.4      | Formalladungen .....                                         | 114        |
| 8.5      | Mesomerie (Resonanz) .....                                   | 116        |
| 8.6      | Nomenklatur von binären Molekülverbindungen .....            | 118        |
|          | Übungsaufgaben .....                                         | 119        |

|           |                                              |            |
|-----------|----------------------------------------------|------------|
| <b>9</b>  | <b>Molekülstruktur, Molekülorbitale</b>      | <b>121</b> |
| 9.1       | Ausnahmen zur Oktettregel                    | 122        |
| 9.2       | Elektronenpaar-Abstoßung und Molekülstruktur | 122        |
| 9.3       | Hybridorbitale                               | 127        |
| 9.4       | Molekülorbitale                              | 130        |
| 9.5       | Molekülorbitale in mehratomigen Molekülen    | 134        |
| 9.6       | Delokalisierte Bindungen                     | 135        |
| 9.7       | Stark polare kovalente Bindungen             | 139        |
| 9.8       | Hypervalente Atome                           | 140        |
|           | Übungsaufgaben                               | 142        |
| <br>      |                                              |            |
| <b>10</b> | <b>Gase</b>                                  | <b>143</b> |
| 10.1      | Druck                                        | 144        |
| 10.2      | Das Avogadro-Gesetz                          | 145        |
| 10.3      | Das ideale Gasgesetz                         | 146        |
| 10.4      | Stöchiometrie und Gasvolumina                | 149        |
| 10.5      | Die kinetische Gastheorie                    | 150        |
| 10.6      | Das Dalton-Gesetz der Partialdrücke          | 152        |
| 10.7      | Molekülgeschwindigkeiten in Gasen            | 154        |
| 10.8      | Das Graham-Effusionsgesetz                   | 155        |
| 10.9      | Reale Gase                                   | 156        |
| 10.10     | Verflüssigung von Gasen                      | 158        |
|           | Übungsaufgaben                               | 160        |
| <br>      |                                              |            |
| <b>11</b> | <b>Flüssigkeiten und Feststoffe</b>          | <b>163</b> |
| 11.1      | Intermolekulare Anziehungskräfte             | 165        |
| 11.2      | Wasserstoff-Brücken                          | 167        |
| 11.3      | Der flüssige Zustand                         | 169        |
| 11.4      | Verdampfung                                  | 170        |
| 11.5      | Dampfdruck                                   | 170        |
| 11.6      | Siedepunkt                                   | 171        |
| 11.7      | Verdampfungsenthalpie                        | 172        |
| 11.8      | Gefrierpunkt                                 | 173        |
| 11.9      | Dampfdruck von Festkörpern                   | 174        |
| 11.10     | Phasendiagramme                              | 175        |
| 11.11     | Arten von kristallinen Feststoffen           | 176        |
| 11.12     | Kristallstruktur und Kristallgitter          | 180        |
| 11.13     | Kristallstrukturen von Metallen              | 181        |
| 11.14     | Ionenkristalle                               | 184        |
| 11.15     | Defektstrukturen                             | 186        |
| 11.16     | Flüssigkristalle                             | 187        |
| 11.17     | Nanostrukturen                               | 188        |
|           | Übungsaufgaben                               | 189        |

|           |                                                         |            |
|-----------|---------------------------------------------------------|------------|
| <b>12</b> | <b>Strukturaufklärung</b>                               | <b>191</b> |
| 12.1      | Röntgenbeugung                                          | 192        |
| 12.2      | Kernmagnetische Resonanz-Spektroskopie                  | 196        |
|           | Übungsaufgaben                                          | 200        |
| <b>13</b> | <b>Lösungen</b>                                         | <b>201</b> |
| 13.1      | Allgemeine Betrachtungen                                | 202        |
| 13.2      | Der Auflösungsprozess                                   | 203        |
| 13.3      | Hydratisierte Ionen                                     | 204        |
| 13.4      | Lösungsenthalpie                                        | 205        |
| 13.5      | Abhängigkeit der Löslichkeit von Druck und Temperatur   | 207        |
| 13.6      | Konzentration von Lösungen                              | 208        |
| 13.7      | Dampfdruck von Lösungen                                 | 211        |
| 13.8      | Gefrierpunkt und Siedepunkt von Lösungen                | 213        |
| 13.9      | Osmose                                                  | 215        |
| 13.10     | Destillation                                            | 217        |
| 13.11     | Elektrolytlösungen                                      | 219        |
| 13.12     | Interionische Wechselwirkungen in Lösungen              | 220        |
| 13.13     | Kolloide Lösungen und Gele                              | 220        |
| 13.14     | Tenside und Mizellen                                    | 221        |
|           | Übungsaufgaben                                          | 222        |
| <b>14</b> | <b>Reaktionen in wässriger Lösung</b>                   | <b>225</b> |
| 14.1      | Metathese-Reaktionen                                    | 226        |
| 14.2      | Oxidationszahlen                                        | 229        |
| 14.3      | Reduktions-Oxidations-Reaktionen                        | 230        |
| 14.4      | Arrhenius-Säuren und -Basen                             | 234        |
| 14.5      | Saure und basische Oxide                                | 236        |
| 14.6      | Nomenklatur von Säuren, Hydroxiden und Salzen           | 237        |
| 14.7      | Volumetrische Analyse                                   | 239        |
| 14.8      | Äquivalentmasse und Normallösungen                      | 241        |
|           | Übungsaufgaben                                          | 243        |
| <b>15</b> | <b>Reaktionskinetik</b>                                 | <b>245</b> |
| 15.1      | Reaktionsgeschwindigkeit                                | 246        |
| 15.2      | Konzentrationsabhängigkeit der Reaktionsgeschwindigkeit | 247        |
| 15.3      | Zeitabhängigkeit der Reaktionsgeschwindigkeit           | 249        |
| 15.4      | Einstufige Reaktionen                                   | 254        |
| 15.5      | Geschwindigkeitsgesetze für einstufige Reaktionen       | 257        |
| 15.6      | Reaktionsmechanismen                                    | 258        |
| 15.7      | Temperaturabhängigkeit der Reaktionsgeschwindigkeit     | 261        |
| 15.8      | Katalyse                                                | 263        |
|           | Übungsaufgaben                                          | 266        |

|           |                                                       |            |
|-----------|-------------------------------------------------------|------------|
| <b>16</b> | <b>Das chemische Gleichgewicht</b>                    | <b>269</b> |
| 16.1      | Reversible Reaktionen und chemisches Gleichgewicht    | 270        |
| 16.2      | Die Gleichgewichtskonstante $K_c$                     | 271        |
| 16.3      | Die Gleichgewichtskonstante $K_p$                     | 275        |
| 16.4      | Das Prinzip des kleinsten Zwanges                     | 276        |
|           | Übungsaufgaben                                        | 279        |
| <b>17</b> | <b>Säuren und Basen</b>                               | <b>281</b> |
| 17.1      | Das Arrhenius-Konzept                                 | 282        |
| 17.2      | Das Brønsted-Lowry-Konzept                            | 282        |
| 17.3      | Die Stärke von Brønsted-Säuren und -Basen             | 283        |
| 17.4      | Säurestärke und Molekülstruktur                       | 285        |
| 17.5      | Das Lewis-Konzept                                     | 287        |
| 17.6      | Lösungsmittelbezogene Säuren und Basen                | 290        |
|           | Übungsaufgaben                                        | 291        |
| <b>18</b> | <b>Säure-Base-Gleichgewichte</b>                      | <b>293</b> |
| 18.1      | Das Ionenprodukt des Wassers. $pH$ -Wert              | 294        |
| 18.2      | Schwache Elektrolyte                                  | 296        |
| 18.3      | Indikatoren                                           | 301        |
| 18.4      | Pufferlösungen                                        | 302        |
| 18.5      | Mehrprotonige Säuren                                  | 306        |
| 18.6      | Salze schwacher Säuren und Basen                      | 309        |
| 18.7      | Säure-Base-Titrationsen                               | 311        |
| 18.8      | Erweiterung des Säure-Base-Konzepts auf Festkörper    | 314        |
|           | Übungsaufgaben                                        | 316        |
| <b>19</b> | <b>Löslichkeitsprodukt und Komplex-Gleichgewichte</b> | <b>319</b> |
| 19.1      | Das Löslichkeitsprodukt                               | 320        |
| 19.2      | Fällungsreaktionen                                    | 322        |
| 19.3      | Fällung von Sulfiden                                  | 325        |
| 19.4      | Komplexgleichgewichte                                 | 326        |
|           | Übungsaufgaben                                        | 329        |
| <b>20</b> | <b>Grundlagen der chemischen Thermodynamik</b>        | <b>331</b> |
| 20.1      | Der 1. Hauptsatz der Thermodynamik                    | 332        |
| 20.2      | Enthalpie                                             | 333        |
| 20.3      | Der 2. Hauptsatz der Thermodynamik                    | 335        |
| 20.4      | Die freie Enthalpie                                   | 337        |
| 20.5      | Freie Standard-Enthalpien                             | 339        |
| 20.6      | Absolute Entropien                                    | 340        |
| 20.7      | Gleichgewicht und freie Reaktionsenthalpie            | 342        |
| 20.8      | Temperaturabhängigkeit von Gleichgewichtskonstanten   | 344        |
|           | Übungsaufgaben                                        | 346        |

|           |                                                            |            |
|-----------|------------------------------------------------------------|------------|
| <b>21</b> | <b>Elektrochemie</b>                                       | <b>349</b> |
| 21.1      | Elektrischer Strom .....                                   | 350        |
| 21.2      | Elektrolytische Leitung .....                              | 351        |
| 21.3      | Elektrolyse .....                                          | 352        |
| 21.4      | Stöchiometrische Gesetze bei der Elektrolyse .....         | 354        |
| 21.5      | Galvanische Zellen .....                                   | 356        |
| 21.6      | Die elektromotorische Kraft .....                          | 357        |
| 21.7      | Elektrodenpotenziale .....                                 | 358        |
| 21.8      | Freie Reaktionsenthalpie und elektromotorische Kraft ..... | 363        |
| 21.9      | Konzentrationsabhängigkeit des Potenzials .....            | 365        |
| 21.10     | Potenziometrische Titration .....                          | 369        |
| 21.11     | Elektrodenpotenziale und Elektrolyse .....                 | 370        |
| 21.12     | Korrosion und Korrosionsschutz .....                       | 371        |
| 21.13     | Galvanische Zellen für den praktischen Gebrauch .....      | 372        |
| 21.14     | Brennstoffzellen .....                                     | 372        |
|           | Übungsaufgaben .....                                       | 374        |
| <b>22</b> | <b>Wasserstoff</b>                                         | <b>377</b> |
| 22.1      | Vorkommen und physikalische Eigenschaften .....            | 378        |
| 22.2      | Herstellung von Wasserstoff .....                          | 378        |
| 22.3      | Chemische Eigenschaften des Wasserstoffs .....             | 380        |
| 22.4      | Technische Verwendung von Wasserstoff .....                | 382        |
|           | Übungsaufgaben .....                                       | 382        |
| <b>23</b> | <b>Die Halogene</b>                                        | <b>383</b> |
| 23.1      | Eigenschaften der Halogene .....                           | 384        |
| 23.2      | Vorkommen und Herstellung der Halogene .....               | 385        |
| 23.3      | Interhalogen-Verbindungen .....                            | 388        |
| 23.4      | Halogenwasserstoffe .....                                  | 389        |
| 23.5      | Halogenide .....                                           | 391        |
| 23.6      | Oxosäuren der Halogene .....                               | 392        |
| 23.7      | Verwendung der Halogene .....                              | 397        |
|           | Übungsaufgaben .....                                       | 398        |
| <b>24</b> | <b>Die Edelgase</b>                                        | <b>399</b> |
| 24.1      | Vorkommen und Gewinnung der Edelgase .....                 | 399        |
| 24.2      | Eigenschaften der Edelgase .....                           | 400        |
| 24.3      | Verwendung der Edelgase .....                              | 401        |

**25 Die Elemente der 6. Hauptgruppe** 403

|       |                                                                      |     |
|-------|----------------------------------------------------------------------|-----|
| 25.1  | Allgemeine Eigenschaften der Chalkogene                              | 404 |
| 25.2  | Vorkommen und Gewinnung von Sauerstoff                               | 405 |
| 25.3  | Reaktionen des Sauerstoffs                                           | 406 |
| 25.4  | Verwendung von Sauerstoff                                            | 409 |
| 25.5  | Ozon                                                                 | 409 |
| 25.6  | Schwefel, Selen und Tellur                                           | 410 |
| 25.7  | Vorkommen und Gewinnung von Schwefel, Selen und Tellur               | 411 |
| 25.8  | Wasserstoff-Verbindungen von Schwefel, Selen und Tellur              | 412 |
| 25.9  | Schwefel-, Selen- und Tellur-Verbindungen in der Oxidationsstufe +IV | 414 |
| 25.10 | Schwefel-, Selen- und Tellur-Verbindungen in der Oxidationsstufe +VI | 415 |
| 25.11 | Verwendung von Schwefel, Selen und Tellur                            | 418 |
|       | Übungsaufgaben                                                       | 419 |

**26 Die Elemente der 5. Hauptgruppe** 421

|       |                                                               |     |
|-------|---------------------------------------------------------------|-----|
| 26.1  | Allgemeine Eigenschaften                                      | 422 |
| 26.2  | Die Elementstrukturen von Phosphor, Arsen, Antimon und Bismut | 424 |
| 26.3  | Der Stickstoffzyklus                                          | 425 |
| 26.4  | Vorkommen und Herstellung der Elemente der 5. Hauptgruppe     | 426 |
| 26.5  | Nitride und Phosphide                                         | 427 |
| 26.6  | Wasserstoff-Verbindungen                                      | 428 |
| 26.7  | Halogen-Verbindungen                                          | 430 |
| 26.8  | Oxide und Oxosäuren des Stickstoffs                           | 432 |
| 26.9  | Luftverschmutzung                                             | 435 |
| 26.10 | Oxide und Oxosäuren des Phosphors                             | 438 |
| 26.11 | Oxide und Oxosäuren von Arsen, Antimon und Bismut             | 441 |
| 26.12 | Verwendung der Elemente der 5. Hauptgruppe                    | 442 |
|       | Übungsaufgaben                                                | 443 |

**27 Kohlenstoff, Silicium und Bor** 445

|       |                                                                  |     |
|-------|------------------------------------------------------------------|-----|
| 27.1  | Allgemeine Eigenschaften der Elemente der 4. Hauptgruppe         | 446 |
| 27.2  | Die Strukturen der Elemente der 4. Hauptgruppe                   | 448 |
| 27.3  | Vorkommen, Gewinnung und Verwendung von Kohlenstoff und Silicium | 451 |
| 27.4  | Carbide, Silicide und Silane                                     | 453 |
| 27.5  | Oxide und Oxosäuren des Kohlenstoffs                             | 454 |
| 27.6  | Siliciumdioxid und Silicate                                      | 456 |
| 27.7  | Schwefel- und Stickstoff-Verbindungen des Kohlenstoffs           | 459 |
| 27.8  | Allgemeine Eigenschaften der Elemente der 3. Hauptgruppe         | 459 |
| 27.9  | Elementares Bor                                                  | 461 |
| 27.10 | Bor-Verbindungen                                                 | 461 |
| 27.11 | Borane (Borhydride)                                              | 463 |
|       | Übungsaufgaben                                                   | 464 |



|           |                                                                                  |     |
|-----------|----------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>28</b> | <b>Metalle</b>                                                                   | 465 |
| 28.1      | Die metallische Bindung                                                          | 467 |
| 28.2      | Halbleiter                                                                       | 470 |
| 28.3      | Physikalische Eigenschaften von Metallen                                         | 471 |
| 28.4      | Vorkommen von Metallen                                                           | 473 |
| 28.5      | Metallurgie: Aufbereitung von Erzen                                              | 474 |
| 28.6      | Metallurgie: Reduktion                                                           | 475 |
| 28.7      | Metallurgie: Raffination                                                         | 480 |
| 28.8      | Die Alkalimetalle                                                                | 483 |
| 28.9      | Die Erdalkalimetalle                                                             | 486 |
| 28.10     | Die Metalle der 3. Hauptgruppe                                                   | 490 |
| 28.11     | Die Metalle der 4. Hauptgruppe                                                   | 493 |
| 28.12     | Die Übergangsmetalle                                                             | 495 |
| 28.13     | Die Lanthanoide                                                                  | 501 |
|           | Übungsaufgaben                                                                   | 503 |
| <b>29</b> | <b>Komplex-Verbindungen</b>                                                      | 505 |
| 29.1      | Struktur von Komplex-Verbindungen                                                | 506 |
| 29.2      | Stabilität von Komplexen                                                         | 510 |
| 29.3      | Nomenklatur von Komplexen                                                        | 511 |
| 29.4      | Isomerie                                                                         | 512 |
| 29.5      | Die Bindungsverhältnisse in Komplexen                                            | 514 |
|           | Übungsaufgaben                                                                   | 522 |
| <b>30</b> | <b>Organische Chemie, Teil I: Kohlenwasserstoffe</b>                             | 525 |
| 30.1      | Alkane                                                                           | 526 |
| 30.2      | Alkene                                                                           | 532 |
| 30.3      | Alkine                                                                           | 533 |
| 30.4      | Arene                                                                            | 534 |
| 30.5      | Reaktionen der Kohlenwasserstoffe. Radikalische Substitution.<br>Addition        | 535 |
| 30.6      | Cycloaddition und die Bedeutung der Orbitalsymmetrie für chemische<br>Reaktionen | 538 |
| 30.7      | Reaktionen von Arenen. Elektrophile Substitution                                 | 539 |
|           | Übungsaufgaben                                                                   | 542 |
| <b>31</b> | <b>Organische Chemie, Teil II: Funktionelle Gruppen</b>                          | 543 |
| 31.1      | Halogenalkane. Nucleophile Substitution. Eliminierungsreaktionen                 | 545 |
| 31.2      | Metallorganische Verbindungen                                                    | 547 |
| 31.3      | Alkohole, Phenole und Thiole                                                     | 549 |
| 31.4      | Ether                                                                            | 552 |
| 31.5      | Carbonyl-Verbindungen                                                            | 552 |
| 31.6      | Carbonsäuren und ihre Derivate                                                   | 557 |

|       |                                    |     |
|-------|------------------------------------|-----|
| 31.7  | Amine und Carbonsäureamide .....   | 564 |
| 31.8  | Aminosäuren und Peptide .....      | 567 |
| 31.9  | Azo- und Diazo-Verbindungen .....  | 568 |
| 31.10 | Heterocyclische Verbindungen ..... | 569 |
|       | Übungsaufgaben .....               | 571 |

## **32 Spezielle Gebiete der organischen Chemie** ..... 573

|      |                                                       |     |
|------|-------------------------------------------------------|-----|
| 32.1 | Stereochemie organischer Verbindungen .....           | 574 |
| 32.2 | Racemat-Trennung und Synthese chiraler Moleküle ..... | 577 |
| 32.3 | Polymerchemie .....                                   | 579 |
| 32.4 | Supramolekulare Chemie .....                          | 585 |
|      | Übungsaufgaben .....                                  | 588 |

## **33 Naturstoffe und Biochemie** ..... 589

|       |                                              |     |
|-------|----------------------------------------------|-----|
| 33.1  | Terpene .....                                | 591 |
| 33.2  | Kohlenhydrate .....                          | 593 |
| 33.3  | Fette, Öle und Wachse .....                  | 597 |
| 33.4  | Botenstoffe, Hormone und Vitamine .....      | 599 |
| 33.5  | Natürliche Farbstoffe .....                  | 602 |
| 33.6  | Proteine .....                               | 605 |
| 33.7  | Nucleinsäuren .....                          | 610 |
| 33.8  | Proteinsynthese .....                        | 612 |
| 33.9  | Gentechnik .....                             | 614 |
| 33.10 | Enzyme und Coenzyme .....                    | 618 |
| 33.11 | Schlussbemerkung: Chemie und Biochemie ..... | 622 |
|       | Übungsaufgaben .....                         | 623 |

## **34 Kernchemie** ..... 625

|       |                                               |     |
|-------|-----------------------------------------------|-----|
| 34.1  | Der Atomkern .....                            | 626 |
| 34.2  | Kernreaktionen .....                          | 628 |
| 34.3  | Radioaktivität .....                          | 629 |
| 34.4  | Messung der Radioaktivität .....              | 632 |
| 34.5  | Die radioaktive Zerfallsgeschwindigkeit ..... | 633 |
| 34.6  | Biologische Effekte der Radioaktivität .....  | 637 |
| 34.7  | Radioaktive Zerfallsreihen .....              | 639 |
| 34.8  | Künstliche Kernumwandlungen .....             | 641 |
| 34.9  | Kernspaltung .....                            | 644 |
| 34.10 | Kernfusion .....                              | 648 |
| 34.11 | Verwendung von radioaktiven Nucliden .....    | 650 |
|       | Übungsaufgaben .....                          | 652 |

**35 Umgang mit gefährlichen Stoffen** 655

|      |                                                     |     |
|------|-----------------------------------------------------|-----|
| 35.1 | Einteilung und Kennzeichnung der Gefahrstoffe ..... | 656 |
| 35.2 | Europäisches Gefahrstoffrecht .....                 | 662 |
| 35.3 | Giftstoffe, Toxikologie .....                       | 668 |
|      | Übungsaufgaben .....                                | 673 |

**Anhang** 675

|   |                                      |     |
|---|--------------------------------------|-----|
| A | Normalpotenziale .....               | 676 |
| B | Gleichgewichtskonstanten .....       | 677 |
| C | Thermodynamische Daten .....         | 679 |
| D | Mittlere Bindungsenergien .....      | 680 |
| E | Lösungen zu den Übungsaufgaben ..... | 681 |

|                      |     |
|----------------------|-----|
| <b>Glossar</b> ..... | 709 |
|----------------------|-----|

|                              |     |
|------------------------------|-----|
| <b>Sachverzeichnis</b> ..... | 733 |
|------------------------------|-----|

|                           |     |
|---------------------------|-----|
| <b>Bildnachweis</b> ..... | 766 |
|---------------------------|-----|

|                                                                                          |                           |
|------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|
| Maßeinheiten, Naturkonstanten .....                                                      | vorderer Einband          |
| Tabelle der Elemente .....                                                               | hinterer Einband          |
| Periodensystem der Elemente .....                                                        | Ausklapptafel am Buchende |
| Periodensystem der Elemente, Naturkonstanten, Formelsammlung<br>(Einsteckkärtchen) ..... | hinterer Einband          |