

# Inhaltsverzeichnis

## Kapitel I

---

|       |                                                                                                                                              |    |
|-------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1.1   | Sicherheitsgrundregeln beim Umgang mit chemischen Stoffen .....                                                                              | 2  |
| 1.2   | Erste Hilfe Maßnahmen .....                                                                                                                  | 3  |
| 1.2.1 | ABC-Vitaltherapie .....                                                                                                                      | 3  |
| 1.2.2 | Erste Hilfe bei Elektrounfällen .....                                                                                                        | 3  |
| 1.2.3 | Erste Hilfe bei Verbrennungen .....                                                                                                          | 4  |
| 1.2.4 | Erste Hilfe bei Chemikalienunfällen .....                                                                                                    | 4  |
| 1.2.5 | Behandlungszentren für Vergiftungen .....                                                                                                    | 5  |
| 1.3   | Übersicht über die Gefahrenkennzeichnung nach der Gefahrstoffverordnung .....                                                                | 8  |
| 1.4   | Übersicht über die persönliche Schutzausrüstung bei der Verwendung gefährlicher Stoffe (VbF = Verordnung über brennbare Flüssigkeiten) ..... | 10 |
| 1.5   | Farbcode für Druckgasflaschen und Rohrleitungen .....                                                                                        | 13 |
| 1.6   | Unverträgliche Chemikalien .....                                                                                                             | 14 |
| 1.7   | Lösemittel/Sicherheitsdaten .....                                                                                                            | 18 |
| 1.8   | Abfallbeseitigung und Vernichtung von Kleinmengen ....                                                                                       | 23 |
| 1.9   | Literatur .....                                                                                                                              | 26 |

## Kapitel II

---

|       |                                               |    |
|-------|-----------------------------------------------|----|
| 2.1   | Struktur und Eigenschaften der Elemente ..... | 28 |
| 2.1.1 | Das Periodensystem der Elemente .....         | 28 |
| 2.1.2 | Elektronenkonfiguration der Elemente .....    | 29 |
| 2.1.3 | Besetzung der Elektronenschalen .....         | 32 |
| 2.1.4 | Graphische Darstellung der Atomorbitale ..... | 33 |

|         |                                                                                           |    |
|---------|-------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 2.1.5   | Radioaktive Zerfallsreihen .....                                                          | 40 |
| 2.1.6   | IUPAC-Standardwerte der Atommassen 1983 .....                                             | 43 |
| 2.1.7   | Vielfache Atommassen häufig vorkommender Elemente .....                                   | 47 |
| 2.1.8   | Atom- und Ionenradien in pm .....                                                         | 49 |
| 2.1.9   | Van der WAALS-RADIEN .....                                                                | 50 |
| 2.1.10  | Ionisierungsenthalpien, Ionisierungspotentiale .....                                      | 51 |
| 2.1.11  | Elektronenaffinität .....                                                                 | 52 |
| 2.1.12  | Elektronegativität .....                                                                  | 54 |
| 2.2     | Struktur und Eigenschaften von Molekülen .....                                            | 56 |
| 2.2.1   | Bindungslängen und Bindungsenergien (Auswahl) ....                                        | 56 |
| 2.2.2   | Kristallsysteme .....                                                                     | 58 |
| 2.2.3   | Bravais-Gitter .....                                                                      | 59 |
| 2.2.4   | Kristallgitter .....                                                                      | 60 |
| 2.2.4.1 | Polarisierbarkeit von Ionen .....                                                         | 60 |
| 2.2.4.2 | Gitterenergie von ionischen Kristallen .....                                              | 61 |
| 2.2.4.3 | Typische Gitter .....                                                                     | 62 |
| 2.2.4.4 | Metallgitter .....                                                                        | 67 |
| 2.3.    | Physikalisch Chemische Daten von Atomen<br>und Molekülen .....                            | 69 |
| 2.3.1   | Kalorische Daten von Metallen .....                                                       | 69 |
| 2.3.2   | Löslichkeitsprodukte .....                                                                | 70 |
| 2.3.3   | Elektrochemische Spannungsreihe .....                                                     | 72 |
| 2.3.4   | Oxidations- und Reduktionsmittel .....                                                    | 77 |
| 2.3.4.1 | Klassifizierung .....                                                                     | 77 |
| 2.3.4.2 | Reduktionsmittel (Auswahl) .....                                                          | 77 |
| 2.3.4.3 | Oxidationsmittel .....                                                                    | 78 |
| 2.3.5   | Flammenphotometrie: Wichtige Emissionslinien<br>im Flammenspektrum einiger Elemente ..... | 80 |
| 2.3.6   | Komplexe .....                                                                            | 81 |
| 2.3.6.1 | Beispiele für Komplexliganden .....                                                       | 81 |
| 2.3.6.2 | Spektrochemische Reihe .....                                                              | 85 |
| 2.3.6.3 | Stabilitätskonstanten von Komplexen in Wasser .....                                       | 85 |
| 2.3.7   | Thermodynamische Daten von Elementen<br>und Verbindungen (298 K, 1 bar) .....             | 86 |

## Kapitel III

---

|       |                            |     |
|-------|----------------------------|-----|
| 3.1   | Hauptgruppenelemente ..... | 98  |
| 3.1.1 | I. Hauptgruppe .....       | 98  |
| 3.1.2 | II. Hauptgruppe .....      | 100 |

|       |                                                              |     |
|-------|--------------------------------------------------------------|-----|
| 3.1.3 | III. Hauptgruppe .....                                       | 102 |
| 3.1.4 | IV. Hauptgruppe .....                                        | 104 |
| 3.1.5 | V. Hauptgruppe .....                                         | 106 |
| 3.1.6 | VI. Hauptgruppe .....                                        | 110 |
| 3.1.7 | VII. Hauptgruppe .....                                       | 114 |
| 3.1.8 | VIII. Hauptgruppe .....                                      | 116 |
| 3.2   | Nebengruppenelemente .....                                   | 118 |
| 3.2.1 | I. Nebengruppe (Cu, Ag, Au) .....                            | 123 |
| 3.2.2 | II. Nebengruppe (Zn, Cd, Hg) .....                           | 124 |
| 3.2.3 | III. Nebengruppe (Sc, Y, La, Ac) .....                       | 125 |
| 3.2.4 | IV. Nebengruppe (Ti, Zr, Hf) .....                           | 126 |
| 3.2.5 | V. Nebengruppe (V, Nb, Ta) .....                             | 127 |
| 3.2.6 | VI. Nebengruppe (Cr, Mo, W) .....                            | 128 |
| 3.2.7 | VII. Nebengruppe (Mn, Tc, Re) .....                          | 129 |
| 3.2.8 | VIII. Nebengruppe (Fe, Co, Ni, Ru, Rh, Pd, Os, Ir, Pt) ..... | 130 |
| 3.3   | Die Lanthaniden (Lanthanoide, Ln) .....                      | 131 |
| 3.4   | Die Actiniden (Actinoide, An) .....                          | 133 |

## Kapitel IV

---

|         |                                           |     |
|---------|-------------------------------------------|-----|
| 4.1     | Organische Chemie – ein Überblick .....   | 136 |
| 4.1.1   | Alkane (Kap. 3.1) .....                   | 136 |
| 4.1.2   | Cycloalkane (Kap. 3.2) .....              | 137 |
| 4.1.3   | Alkene (Kap. 5 und 6) .....               | 138 |
| 4.1.4   | Alkine (Kap. 7) .....                     | 139 |
| 4.1.5   | Arene (Kap. 9) .....                      | 140 |
| 4.1.6   | Halogenkohlenwasserstoffe (Kap. 11) ..... | 142 |
| 4.1.7   | Sauerstoff-Verbindungen .....             | 145 |
| 4.1.7.1 | Alkohole (Kap. 14) .....                  | 145 |
| 4.1.7.2 | Ether (Kap. 15) .....                     | 147 |
| 4.1.7.3 | Phenole (Kap. 16) .....                   | 148 |
| 4.1.8   | Schwefelverbindungen (Kap. 17) .....      | 150 |
| 4.1.8.1 | Thiole .....                              | 150 |
| 4.1.8.2 | Sulfide .....                             | 151 |
| 4.1.8.3 | Sulfonsäuren .....                        | 151 |
| 4.1.9   | Stickstoffverbindungen .....              | 153 |
| 4.1.9.1 | Amine (Kap. 18) .....                     | 153 |
| 4.1.9.2 | Nitroverbindungen (Kap. 19) .....         | 156 |

|         |                                                                                                         |     |
|---------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 4.1.9.3 | Azo- und Diazoverbindungen (Kap. 20)                                                                    | 158 |
| 4.1.9.4 | Nitrile                                                                                                 | 160 |
| 4.1.10  | Elementorganische Verbindungen (Kap. 26)                                                                | 162 |
| 4.1.11  | Aldehyde und Ketone (Kap. 21)                                                                           | 164 |
| 4.1.12  | Carbonsäuren (Kap. 23)                                                                                  | 170 |
| 4.1.13  | Reaktionen von Carbonsäurederivaten (Kap. 24)                                                           | 173 |
| 4.1.14  | Reaktionen von Carbonionen aus Estern<br>(Esterkondensationen, Kap. 24.3)                               | 176 |
| 4.2     | Überblick über das Reaktionsverhalten wichtiger funktioneller Gruppen gegenüber ausgewählten Reagenzien | 180 |
| 4.3     | Nomenklatur und Systematik                                                                              | 181 |
| 4.3.2   | Hinweise zur Nomenklatur organischer Verbindungen                                                       | 184 |
| 4.3.1   | Systematik organischer Verbindungen                                                                     | 181 |

## Kapitel V

---

|       |                                                    |     |
|-------|----------------------------------------------------|-----|
| 5.1   | Meßwesen, Definitionen, Umrechnungsfaktoren        | 202 |
| 5.1.1 | Einheiten und Vorsätze                             | 202 |
| 5.1.2 | Umrechnungsfaktoren                                | 205 |
| 5.1.3 | Naturkonstanten                                    | 209 |
| 5.1.4 | Siedendiagramm                                     | 210 |
| 5.1.5 | Häufig verwendete Legierungen                      | 211 |
| 5.2   | Hohe und tiefe Temperaturen                        | 212 |
| 5.3   | Gase                                               | 215 |
| 5.3.1 | Herstellung von häufig benutzten Gasen             | 215 |
| 5.3.2 | Entfernung und Absorption von Sauerstoff           | 216 |
| 5.3.3 | Bestandteile der Luft                              | 217 |
| 5.3.4 | Löslichkeit von ausgewählten Gasen in Wasser       | 217 |
| 5.3.5 | Physikalische Daten von Gasen                      | 218 |
| 5.4   | Wasser, Säuren und Basen                           | 220 |
| 5.4.1 | Physikalisch-chemische Daten von Wasser            | 220 |
| 5.4.2 | Feuchthalte- und Trockenmittel                     | 222 |
| 5.4.3 | Konzentration und Dichte für Säuren und Laugen     | 225 |
| 5.5   | Lösemittel                                         | 230 |
| 5.5.1 | Physikalische Daten für organische Lösemittel      | 230 |
| 5.5.2 | Lösemittel nach physikalischen Kenngrößen geordnet | 232 |

|         |                                                                            |     |
|---------|----------------------------------------------------------------------------|-----|
| 5.5.3   | Mischbarkeit von Lösemitteln .....                                         | 249 |
| 5.5.4   | Trocknen von Lösemitteln .....                                             | 251 |
| 5.5.4.1 | Allgemeine Trocknungsverfahren .....                                       | 251 |
| 5.5.4.2 | Trocknen von Lösemitteln – Labormethoden<br>für spezielle Lösemittel ..... | 253 |
| 5.6     | Literatur .....                                                            | 263 |

## Kapitel VI

---

|         |                                                                        |     |
|---------|------------------------------------------------------------------------|-----|
| 6.1     | Analytik-Hilfen .....                                                  | 266 |
| 6.1.1   | Herstellung von Lösungen (Mischungskreuz,<br>Kreuzregel) .....         | 266 |
| 6.1.2   | Herstellung verdünnter Säuren und Basen .....                          | 267 |
| 6.2     | Auswertung von Analysen, Rechenhilfen .....                            | 269 |
| 6.2.1   | Berechnung der empirischen Formel<br>einer chemischen Verbindung ..... | 269 |
| 6.2.2.  | Gewichtsanalytische Berechnungen .....                                 | 269 |
| 6.2.3.  | Maßanalytische Berechnungen .....                                      | 270 |
| 6.2.3.1 | Titer einer Maßlösung .....                                            | 270 |
| 6.2.3.2 | Gehalt w einer Analysenprobe .....                                     | 271 |
| 6.2.3.3 | Äquivalente bei chelatometrischen Titrationsen .....                   | 271 |
| 6.2.3.4 | Äquivalente bei Redox-Titrationsen .....                               | 272 |
| 6.2.3.5 | Reaktionsgleichungen bei Redox-Titrationsen .....                      | 273 |
| 6.3     | Konzentrationsmaße .....                                               | 274 |
| 6.4     | Glasfiltergeräte .....                                                 | 277 |
| 6.5     | Aufschlußmittel .....                                                  | 281 |
| 6.6     | Säurekonstanten, Basekonstanten .....                                  | 283 |
| 6.7     | pH-Indikatoren (Farbindikatoren) .....                                 | 288 |
| 6.8     | Redoxpotential und rH-Wert .....                                       | 293 |
| 6.9     | Puffersubstanzen, Pufferlösungen .....                                 | 296 |
| 6.9.1   | pH-Standardpufferlösungen .....                                        | 296 |
| 6.9.2   | Pufferlösungen nach Sörensen .....                                     | 299 |
| 6.9.3   | Weitere Standard-Pufferlösungen .....                                  | 304 |

|          |                                                           |     |
|----------|-----------------------------------------------------------|-----|
| 6.10     | Chromatographie .....                                     | 308 |
| 6.10.1   | Stationäre Phasen für die GC .....                        | 308 |
| 6.10.2   | Trägermaterialien .....                                   | 310 |
| 6.10.3   | Adsorbentien für die Gas-Fest-Chromatographie (GSC) ..... | 311 |
| 6.10.4   | Derivatisierungs- und Hilfsreagenzien .....               | 312 |
| 6.10.5   | Adsorptionschromatographie .....                          | 314 |
| 6.10.6   | Verteilungschromatographie .....                          | 316 |
| 6.10.7   | Affinitätsmedien (gebrauchsfertig) .....                  | 319 |
| 6.10.8   | Ionen-Austausch-Chromatographie (IEC) .....               | 322 |
| 6.10.8.1 | Allgemeiner Überblick .....                               | 322 |
| 6.10.8.2 | Selektivitätsreihen .....                                 | 322 |

## Kapitel VII

---

|       |                                                            |     |
|-------|------------------------------------------------------------|-----|
| 7.1   | IR-Spektroskopie .....                                     | 326 |
| 7.2   | NMR-Spektroskopie .....                                    | 336 |
| 7.2.1 | Allgemeines .....                                          | 336 |
| 7.2.2 | $^1\text{H}$ -Chemische Verschiebungen .....               | 340 |
| 7.2.3 | $^{13}\text{C}$ -Chemische Verschiebungen .....            | 358 |
| 7.2.4 | $^{15}\text{N}$ -Chemische Verschiebungen .....            | 370 |
| 7.2.5 | $^{19}\text{F}$ -Chemische Verschiebungen .....            | 372 |
| 7.2.6 | $^{31}\text{P}$ -Chemische Verschiebungen .....            | 373 |
| 7.3   | Kopplungskonstanten .....                                  | 376 |
| 7.3.1 | $^1\text{H} - ^1\text{H}$ -Kopplungskonstanten .....       | 376 |
| 7.3.2 | $^{13}\text{C} - ^1\text{H}$ -Kopplungskonstanten .....    | 384 |
| 7.3.3 | $^{13}\text{C} - ^{19}\text{F}$ -Kopplungskonstanten ..... | 389 |
| 7.3.4 | $^{31}\text{P} - ^1\text{H}$ -Kopplungskonstanten .....    | 390 |
| 7.3.5 | $^{13}\text{C} - ^{31}\text{P}$ -Kopplungskonstanten ..... | 391 |

|                       |     |
|-----------------------|-----|
| Quellennachweis ..... | 395 |
|-----------------------|-----|

|                       |     |
|-----------------------|-----|
| Sachverzeichnis ..... | 397 |
|-----------------------|-----|