

# Inhaltsverzeichnis

---

|       |                                         |    |
|-------|-----------------------------------------|----|
| 1     | <b>Grundbegriffe</b>                    | 1  |
| 1.1   | <b>Physikalische Größen</b>             | 2  |
| 1.1.1 | Physikalische Größen und ihre Einheiten | 2  |
| 1.1.2 | SI Einheitensystem                      | 4  |
| 1.1.3 | Dimensionskontrolle                     | 5  |
| 1.2   | <b>Mengenangaben</b>                    | 6  |
| 1.2.1 | Masse und Stoffmenge                    | 6  |
| 1.2.2 | Dichten und Gehalte                     | 7  |
| 1.3   | <b>Statistik und Messunsicherheit</b>   | 9  |
| 1.3.1 | Messfehler                              | 9  |
| 1.3.2 | Mittelwert und Streumaß                 | 10 |
| 1.3.3 | Messunsicherheit                        | 11 |
| 1.3.4 | Fehlerfortpflanzung                     | 13 |
| 1.4   | <b>Vektoren und Skalare</b>             | 14 |
| 1.5   | <b>Wichtige Funktionen</b>              | 19 |
| 1.5.1 | Winkelfunktionen                        | 19 |
| 1.5.2 | Exponentialfunktion und Logarithmus     | 20 |
| 1.5.3 | Potenzfunktionen                        | 23 |
| 1.5.4 | Algebraische Gleichungen                | 24 |
| 1.6   | <b>Fragen und Übungen</b>               | 26 |
| 2     | <b>Mechanik starrer Körper</b>          | 29 |
| 2.1   | <b>Kinematik (Bewegung)</b>             | 31 |
| 2.1.1 | Fahrstrecke und Geschwindigkeit         | 31 |
| 2.1.2 | Beschleunigung                          | 34 |
| 2.1.3 | Überlagerung von Bewegungen             | 37 |
| 2.1.4 | Kinematik der Drehbewegungen            | 41 |
| 2.1.5 | Relativ oder Absolut?                   | 44 |
| 2.2   | <b>Kraft, Drehmoment, Energie</b>       | 45 |
| 2.2.1 | Kraft                                   | 45 |
| 2.2.2 | Gewichtskraft und Gravitation           | 49 |
| 2.2.3 | Reibungskraft                           | 50 |
| 2.2.4 | Arbeit und Energie                      | 52 |
| 2.2.5 | Kinetische Energie                      | 56 |
| 2.2.6 | Hebel und Drehmoment                    | 59 |
| 2.2.7 | Die Grundgleichungen der Statik         | 62 |
| 2.2.8 | Gleichgewichte                          | 62 |
| 2.3   | <b>Dynamik der linearen Bewegung</b>    | 65 |
| 2.3.1 | Die Newton'schen Gesetze                | 65 |
| 2.3.2 | Kraft = Gegenkraft                      | 69 |
| 2.3.3 | Bewegungsgleichung                      | 70 |
| 2.3.4 | Impuls                                  | 71 |

|       |                                                   |     |
|-------|---------------------------------------------------|-----|
| 2.4   | <b>Dynamik der Rotation</b> .....                 | 75  |
| 2.4.1 | Das 2. Newton'sche Gesetz in neuem Kleid .....    | 75  |
| 2.4.2 | Dynamik der Kreisbewegung .....                   | 76  |
| 2.4.3 | Trägheitsmoment .....                             | 78  |
| 2.4.4 | Die Rollbewegung .....                            | 79  |
| 2.4.5 | Drehimpulserhaltung .....                         | 81  |
| 2.5   | <b>Trägheitskräfte</b> .....                      | 83  |
| 2.5.1 | Linear beschleunigte Bezugssysteme .....          | 83  |
| 2.5.2 | Rotierende Bezugssysteme .....                    | 85  |
| 2.5.3 | Trägheitskräfte in der technischen Mechanik ..... | 87  |
| 2.6   | <b>Fragen und Übungen</b> .....                   | 91  |
| 3     | <b>Mechanik deformierbarer Körper</b> .....       | 97  |
| 3.1   | <b>Die Aggregatzustände</b> .....                 | 98  |
| 3.2   | <b>Festkörper</b> .....                           | 99  |
| 3.2.1 | Struktur der Festkörper .....                     | 99  |
| 3.2.2 | Verformung von Festkörpern .....                  | 100 |
| 3.2.3 | Viskoelastizität .....                            | 104 |
| 3.3   | <b>Hydrostatik</b> .....                          | 104 |
| 3.3.1 | Stempeldruck .....                                | 104 |
| 3.3.2 | Schweredruck .....                                | 106 |
| 3.3.3 | Auftrieb .....                                    | 108 |
| 3.3.4 | Manometer .....                                   | 110 |
| 3.3.5 | Pumpen .....                                      | 111 |
| 3.3.6 | Kompressibilität .....                            | 111 |
| 3.4   | <b>Grenzflächen</b> .....                         | 112 |
| 3.4.1 | Kohäsion .....                                    | 112 |
| 3.4.2 | Adhäsion .....                                    | 116 |
| 3.5   | <b>Hydrodynamik</b> .....                         | 118 |
| 3.5.1 | Ideale Strömung .....                             | 118 |
| 3.5.2 | Zähigkeit (Viskosität) .....                      | 121 |
| 3.5.3 | Reale Strömung durch Rohre .....                  | 122 |
| 3.5.4 | Umströmung von Hindernissen .....                 | 126 |
| 3.6   | <b>Fragen und Übungen</b> .....                   | 130 |
| 4     | <b>Mechanische Schwingungen und Wellen</b> .....  | 133 |
| 4.1   | <b>Mechanische Schwingungen</b> .....             | 134 |
| 4.1.1 | Alles was schwingt .....                          | 134 |
| 4.1.2 | Harmonische Schwingungen .....                    | 134 |
| 4.1.3 | Gedämpfte Schwingungen .....                      | 138 |
| 4.1.4 | Erzwungene Schwingungen .....                     | 140 |
| 4.1.5 | Überlagerung von Schwingungen .....               | 142 |
| 4.2   | <b>Wellen</b> .....                               | 145 |
| 4.2.1 | Wellenarten .....                                 | 145 |
| 4.2.2 | Harmonische Seilwellen .....                      | 147 |
| 4.2.3 | Intensität und Energietransport .....             | 150 |
| 4.2.4 | Stehende Wellen .....                             | 152 |

|       |                                            |     |
|-------|--------------------------------------------|-----|
| 4.2.5 | Schallwellen.....                          | 153 |
| 4.2.6 | Schallwahrnehmung .....                    | 155 |
| 4.2.7 | Dopplereffekt .....                        | 157 |
| 4.3   | <b>Fragen und Übungen</b> .....            | 162 |
| 5     | <b>Wärmelehre</b> .....                    | 165 |
| 5.1   | <b>Die Grundlegenden Größen</b> .....      | 167 |
| 5.1.1 | Wärme .....                                | 167 |
| 5.1.2 | Temperatur.....                            | 168 |
| 5.1.3 | Temperaturmessung .....                    | 170 |
| 5.1.4 | Wahrscheinlichkeit und Ordnung .....       | 171 |
| 5.1.5 | Die Entropie.....                          | 172 |
| 5.1.6 | Wärmekapazität.....                        | 173 |
| 5.2   | <b>Das ideale Gas</b> .....                | 177 |
| 5.2.1 | Die Zustandsgleichung .....                | 177 |
| 5.2.2 | Partialdruck .....                         | 179 |
| 5.2.3 | Die Energie im Gas .....                   | 179 |
| 5.3   | <b>Transportphänomene</b> .....            | 181 |
| 5.3.1 | Wärmeleitung .....                         | 181 |
| 5.3.2 | Konvektion.....                            | 182 |
| 5.3.3 | Wärmestrahlung .....                       | 184 |
| 5.3.4 | Diffusion .....                            | 186 |
| 5.3.5 | Osmose .....                               | 188 |
| 5.4   | <b>Phasenumwandlungen</b> .....            | 190 |
| 5.4.1 | Umwandlungswärmen .....                    | 190 |
| 5.4.2 | Schmelzen oder Aufweichen?.....            | 191 |
| 5.4.3 | Schmelzen und Gefrieren .....              | 193 |
| 5.4.4 | Lösungs- und Solvatationswärme .....       | 195 |
| 5.4.5 | Verdampfen und Kondensieren .....          | 196 |
| 5.4.6 | Luftfeuchtigkeit .....                     | 198 |
| 5.4.7 | Zustandsdiagramme .....                    | 198 |
| 5.4.8 | Absorption und Adsorption.....             | 201 |
| 5.5   | <b>Wärmenutzung</b> .....                  | 202 |
| 5.5.1 | Warum kostet Energie? .....                | 202 |
| 5.5.2 | Zustandsänderungen.....                    | 203 |
| 5.5.3 | Der Ottomotor .....                        | 207 |
| 5.5.4 | „Echte“ Wärmekraftmaschinen .....          | 210 |
| 5.5.5 | Wärme- und Entropiehaushalt der Erde ..... | 211 |
| 5.6   | <b>Fragen und Übungen</b> .....            | 215 |
| 6     | <b>Elektrizitätslehre</b> .....            | 219 |
| 6.1   | <b>Grundlagen</b> .....                    | 221 |
| 6.1.1 | Ladung und Strom .....                     | 221 |
| 6.1.2 | Kräfte zwischen Ladungen.....              | 222 |
| 6.1.3 | Elektrisches Feld.....                     | 224 |
| 6.1.4 | Feld und Spannung.....                     | 227 |
| 6.1.5 | Das elektrische Potential.....             | 228 |

|        |                                              |     |
|--------|----------------------------------------------|-----|
| 6.2    | <b>Materie im elektrischen Feld</b>          | 230 |
| 6.2.1  | Influenz und elektrische Abschirmung         | 230 |
| 6.2.2  | Der elektrische Strom                        | 232 |
| 6.2.3  | Leitfähigkeit und Resistivität               | 233 |
| 6.2.4  | Die Permittivität (Dielektrizitätskonstante) | 235 |
| 6.2.5  | Gasentladung                                 | 237 |
| 6.3    | <b>Der Stromkreis</b>                        | 237 |
| 6.3.1  | Strom und Spannung messen                    | 237 |
| 6.3.2  | Leistung und Energie                         | 239 |
| 6.3.3  | Elektrischer Widerstand                      | 241 |
| 6.3.4  | Wärme bei Stromdurchgang                     | 243 |
| 6.3.5  | Kondensator                                  | 243 |
| 6.3.6  | Feld im Kondensator                          | 245 |
| 6.3.7  | Energie des geladenen Kondensators           | 246 |
| 6.3.8  | Energie des elektrischen Feldes              | 247 |
| 6.4    | <b>Wechselspannung</b>                       | 248 |
| 6.4.1  | Effektivwerte                                | 248 |
| 6.4.2  | Kapazitiver Widerstand                       | 249 |
| 6.5    | <b>Elektrische Netzwerke</b>                 | 251 |
| 6.5.1  | Widerstände in Reihe und parallel            | 251 |
| 6.5.2  | Spannungsteiler                              | 253 |
| 6.5.3  | Innenwiderstände                             | 255 |
| 6.5.4  | Hoch- und Tiefpass                           | 257 |
| 6.5.5  | Kondensatorentladung und e-Funktion          | 258 |
| 6.6    | <b>Elektrochemie</b>                         | 260 |
| 6.6.1  | Dissoziation                                 | 260 |
| 6.6.2  | Elektrolyte                                  | 262 |
| 6.7    | <b>Grenzflächen</b>                          | 264 |
| 6.7.1  | Membranspannung                              | 264 |
| 6.7.2  | Galvani-Spannung                             | 266 |
| 6.7.3  | Thermospannung                               | 268 |
| 6.7.4  | Halbleiter                                   | 269 |
| 6.8    | <b>Elektrische Unfälle</b>                   | 273 |
| 6.9    | <b>Magnetische Felder</b>                    | 275 |
| 6.9.1  | Einführung                                   | 275 |
| 6.9.2  | Kräfte im Magnetfeld                         | 278 |
| 6.9.3  | Erzeugung von Magnetfeldern                  | 281 |
| 6.9.4  | Materie im Magnetfeld                        | 282 |
| 6.9.5  | Die Feldgrößen $\vec{H}$ und $\vec{D}$       | 284 |
| 6.10   | <b>Induktion</b>                             | 285 |
| 6.10.1 | Einführung                                   | 285 |
| 6.10.2 | Transformatoren                              | 288 |
| 6.10.3 | Selbstinduktion                              | 289 |
| 6.10.4 | Induktiver Widerstand                        | 291 |
| 6.11   | <b>Elektrische Schwingungen</b>              | 292 |
| 6.11.1 | Der Schwingkreis                             | 292 |

|        |                                           |     |
|--------|-------------------------------------------|-----|
| 6.11.2 | Geschlossene elektrische Feldlinien ..... | 296 |
| 6.11.3 | Der schwingende elektrische Dipol .....   | 297 |
| 6.12   | <b>Fragen und Übungen</b> .....           | 304 |
| 7      | <b>Optik</b> .....                        | 311 |
| 7.1    | <b>Elektromagnetische Wellen</b> .....    | 313 |
| 7.1.1  | Der strahlende Dipol .....                | 313 |
| 7.1.2  | Spektralbereiche .....                    | 315 |
| 7.1.3  | Wellenausbreitung .....                   | 316 |
| 7.2    | <b>Geometrische Optik</b> .....           | 319 |
| 7.2.1  | Lichtbündel .....                         | 319 |
| 7.2.2  | Spiegelung .....                          | 321 |
| 7.2.3  | Brechung .....                            | 324 |
| 7.2.4  | Dispersion .....                          | 327 |
| 7.2.5  | Linse .....                               | 328 |
| 7.2.6  | Abbildung durch Linse .....               | 331 |
| 7.2.7  | Abbildungsgleichungen .....               | 333 |
| 7.2.8  | Dicke Linse und Objektive .....           | 335 |
| 7.2.9  | Das Auge .....                            | 336 |
| 7.2.10 | Optische Instrumente .....                | 338 |
| 7.3    | <b>Intensität und Farbe</b> .....         | 341 |
| 7.3.1  | Strahlungs- und Lichtmessgrößen .....     | 341 |
| 7.3.2  | Optische Absorption .....                 | 343 |
| 7.3.3  | Farbsehen .....                           | 346 |
| 7.4    | <b>Wellenoptik</b> .....                  | 348 |
| 7.4.1  | Polarisiertes Licht .....                 | 348 |
| 7.4.2  | Interferenz .....                         | 351 |
| 7.4.3  | Kohärenz .....                            | 353 |
| 7.4.4  | Dünne Schichten und Beugungsgitter .....  | 355 |
| 7.4.5  | Beugungsfiguren .....                     | 358 |
| 7.5    | <b>Quantenoptik</b> .....                 | 360 |
| 7.5.1  | Das Lichtquant .....                      | 360 |
| 7.5.2  | Energiezustände und Spektren .....        | 363 |
| 7.5.3  | Laser .....                               | 366 |
| 7.5.4  | Röntgenstrahlen .....                     | 368 |
| 7.6    | <b>Elektronenoptik</b> .....              | 371 |
| 7.6.1  | Elektronenbeugung .....                   | 371 |
| 7.6.2  | Elektronenmikroskope .....                | 372 |
| 7.6.3  | Die Unschärferelation .....               | 373 |
| 7.7    | <b>Fragen und Übungen</b> .....           | 377 |
| 8      | <b>Atom- und Kernphysik</b> .....         | 381 |
| 8.1    | <b>Aufbau des Atoms</b> .....             | 382 |
| 8.1.1  | Das Bohr'sche Atommodell .....            | 382 |
| 8.1.2  | Elektronenwolken .....                    | 383 |
| 8.1.3  | Das Pauli-Prinzip .....                   | 384 |

|                        |                                                       |     |
|------------------------|-------------------------------------------------------|-----|
| 8.1.4                  | Charakteristische Röntgenstrahlung .....              | 385 |
| 8.2                    | <b>Aufbau des Atomkerns</b> .....                     | 386 |
| 8.2.1                  | Nukleonen und Nuklide .....                           | 386 |
| 8.2.2                  | Der Massendefekt .....                                | 387 |
| 8.2.3                  | Radioaktivität .....                                  | 388 |
| 8.2.4                  | Nachweis radioaktiver Strahlung .....                 | 390 |
| 8.2.5                  | Zerfallsgesetz .....                                  | 394 |
| 8.2.6                  | Kernspaltung und künstliche Radioaktivität .....      | 396 |
| 8.2.7                  | Antimaterie .....                                     | 397 |
| 8.2.8                  | Strahlennutzen, Strahlenschaden, Strahlenschutz ..... | 399 |
| 8.3                    | <b>Fragen und Übungen</b> .....                       | 401 |
| <br><b>Serviceteil</b> |                                                       |     |
|                        | Anhang .....                                          | 404 |
|                        | Stichwortverzeichnis .....                            | 433 |