

# Inhaltsverzeichnis

|                                                             |    |
|-------------------------------------------------------------|----|
| Vorwort .....                                               | 3  |
| <b>Kapitel 1: Physikalische Grundlagen – Mechanik</b> ..... | 11 |
| Pflichtmodul: Wirtschaft und Gestaltung                     |    |
| 1.1 Größen, Basisgrößen, Einheiten .....                    | 11 |
| 1.1.1 Größen und Einheiten .....                            | 11 |
| 1.1.2 Basisgröße Zeit .....                                 | 13 |
| 1.1.3 Basisgröße Länge .....                                | 14 |
| 1.1.4 Basisgröße Masse .....                                | 16 |
| 1.2 Die gleichförmige Bewegung .....                        | 17 |
| 1.2.1 Bewegung mit konstanter Geschwindigkeit .....         | 17 |
| 1.2.2 Das Zeit-Weg-Diagramm .....                           | 20 |
| 1.2.3 Der Vektor der Geschwindigkeit .....                  | 22 |
| 1.3 Beschleunigte Bewegung .....                            | 24 |
| 1.3.1 Bewegung auf der geneigten Ebene .....                | 24 |
| 1.3.2 Gleichungen für beschleunigte Bewegungen .....        | 27 |
| 1.3.3 Der freie Fall .....                                  | 30 |
| 1.4 Kräfte .....                                            | 33 |
| 1.4.1 Die Gewichtskraft .....                               | 33 |
| 1.4.2 Newtons Gesetze .....                                 | 37 |
| 1.4.3 Kräfteaddition .....                                  | 39 |
| 1.4.4 Kräftezerlegung .....                                 | 41 |
| 1.5 Mechanische Arbeit .....                                | 44 |
| 1.5.1 Mechanische Kraftwandler .....                        | 44 |
| 1.5.2 Arbeit als physikalische Größe .....                  | 55 |
| <b>Kapitel 2: Grundlagen der Chemie</b> .....               | 58 |
| Pflichtmodul: Wirtschaft und Gestaltung                     |    |
| 2.1 Aufbau der Materie .....                                | 58 |
| 2.2 Atommodelle .....                                       | 59 |
| 2.3 Periodensystem der Elemente (PSE) .....                 | 63 |
| 2.3.1 Aufbau der Elemente .....                             | 63 |
| 2.3.2 Gruppen des Periodensystems .....                     | 64 |
| 2.4 Chemische Bindungsarten .....                           | 70 |
| 2.4.1 Atombindung .....                                     | 71 |
| 2.4.2 Ionenbindung .....                                    | 77 |
| 2.4.3 Metallbindung .....                                   | 81 |
| 2.5 Chemische Reaktionen .....                              | 82 |

|       |                                                       |    |
|-------|-------------------------------------------------------|----|
| 2.5.1 | Energie bei chemischen Reaktionen .....               | 82 |
| 2.5.2 | Wie kann man chemische Reaktionen beeinflussen? ..... | 87 |

### **Kapitel 3: Technische Mechanik** ..... 91

Pflichtmodul: Technik

|       |                                                                 |     |
|-------|-----------------------------------------------------------------|-----|
| 3.1   | Der Kraftvektor .....                                           | 92  |
| 3.1.1 | Bestimmungsgrößen der Kraft .....                               | 92  |
| 3.1.2 | Mathematische Darstellung von Kraftvektoren .....               | 93  |
| 3.2   | Die Axiome der Statik .....                                     | 95  |
| 3.2.1 | Der Gleichgewichtssatz .....                                    | 95  |
| 3.2.2 | Der Verschiebungssatz .....                                     | 95  |
| 3.2.3 | Der Reaktionssatz .....                                         | 96  |
| 3.2.4 | Der Überlagerungssatz .....                                     | 96  |
| 3.3   | Das Drehmoment .....                                            | 97  |
| 3.4   | Zentrales und allgemeines Kräftesystem .....                    | 99  |
| 3.4.1 | Das zentrale Kräftesystem .....                                 | 99  |
| 3.4.2 | Das allgemeine Kräftesystem .....                               | 100 |
| 3.5   | Einzelkräfte, konstante und lineare Streckenlasten .....        | 101 |
| 3.5.1 | Einzelkräfte .....                                              | 101 |
| 3.5.2 | Konstante Streckenlast .....                                    | 101 |
| 3.5.3 | Lineare Streckenlast .....                                      | 102 |
| 3.6   | Resultierende Kräfte und Momente in ebenen Kräftesystemen ..... | 103 |
| 3.6.1 | Zentrales Kräftesystem .....                                    | 103 |
| 3.6.2 | Allgemeines Kräftesystem .....                                  | 104 |
| 3.7   | Körper in der Ebene im statischen Gleichgewicht .....           | 106 |
| 3.7.1 | Statische Gleichgewichtsbedingungen .....                       | 106 |
| 3.7.2 | Das Freimachen von Bauteilen .....                              | 107 |
| 3.7.3 | Freiheitsgrade .....                                            | 109 |
| 3.7.4 | Kraftübertragung zwischen Bauteilen .....                       | 110 |
| 3.7.5 | Lösen von Aufgaben im statischen Gleichgewicht .....            | 115 |
| 3.8   | Statische Bestimmtheit .....                                    | 117 |
| 3.9   | Schnittgrößen .....                                             | 121 |

### **Kapitel 4: Grundlagen der Thermodynamik** ..... 131

Pflichtmodul: Technik

|       |                                                                     |     |
|-------|---------------------------------------------------------------------|-----|
| 4.1   | Zustandsänderungen .....                                            | 131 |
| 4.1.1 | Zustandsgrößen .....                                                | 131 |
| 4.1.2 | Thermodynamische Systeme .....                                      | 134 |
| 4.1.3 | Experimentelle Untersuchung der Zusammenhänge der Zustandsgrößen .. | 135 |
| 4.1.4 | Zustandsgleichungen .....                                           | 137 |
| 4.1.5 | Allgemeine Gasgleichung .....                                       | 141 |

|                                                |                                                             |            |
|------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|------------|
| 4.2                                            | Thermische Energie .....                                    | 144        |
| 4.2.1                                          | Temperatur, Wärme und innere Energie .....                  | 144        |
| 4.2.2                                          | Adiabate Zustandsänderung .....                             | 149        |
| 4.2.3                                          | Arbeit im $V$ - $p$ -Diagramm .....                         | 152        |
| <b>Kapitel 5: Verbrennungsmotoren .....</b>    |                                                             | <b>155</b> |
| Wahlmodul: Technik                             |                                                             |            |
| 5.1                                            | Kreisprozesse .....                                         | 155        |
| 5.2                                            | Der Carnot-Kreisprozess .....                               | 159        |
| 5.3                                            | Idealer Otto- und Dieselprozess .....                       | 161        |
| 5.3.1                                          | Dampfmaschinen .....                                        | 161        |
| 5.3.2                                          | Allgemeiner Verlauf eines Wärmekraft-Kreisprozesses .....   | 162        |
| 5.3.3                                          | Der Ottoprozess .....                                       | 163        |
| 5.3.4                                          | Der Dieselprozess .....                                     | 166        |
| 5.4                                            | Reale Motoren .....                                         | 169        |
| 5.4.1                                          | Realer Ottoprozess .....                                    | 169        |
| 5.4.2                                          | Ventilsteuerung .....                                       | 170        |
| 5.4.3                                          | Motorsteuerung .....                                        | 171        |
| 5.4.4                                          | Kraftstoffeinbringung .....                                 | 172        |
| <b>Kapitel 6: Werkstoffkunde .....</b>         |                                                             | <b>173</b> |
| Wahlmodul: ABU, Wirtschaft, Gestaltung         |                                                             |            |
| 6.1                                            | Einteilung der Werkstoffe .....                             | 173        |
| 6.2                                            | Eigenschaften und Kenngrößen von Werkstoffen .....          | 176        |
| 6.3                                            | Werkstoffprüfung .....                                      | 178        |
| 6.3.1                                          | Zugversuch allgemein .....                                  | 180        |
| 6.3.2                                          | Zugversuch für Metalle (nach DIN EN ISO 6892-1/09) .....    | 183        |
| 6.3.3                                          | Härteprüfung .....                                          | 188        |
| 6.3.4                                          | Kerbschlagbiegeversuch .....                                | 194        |
| 6.3.5                                          | Ultraschallprüfung .....                                    | 195        |
| 6.3.6                                          | Röntgen-/Gammastrahlen-Prüfung .....                        | 195        |
| 6.3.7                                          | Computertomografie .....                                    | 196        |
| 6.3.8                                          | Kapillarverfahren .....                                     | 197        |
| 6.3.9                                          | Magnetpulververfahren .....                                 | 197        |
| <b>Kapitel 7: Metallische Werkstoffe .....</b> |                                                             | <b>198</b> |
| Pflichtmodul: Technik                          |                                                             |            |
| 7.1                                            | Metalle – Basismaterial unserer Industriegesellschaft ..... | 198        |
| 7.2                                            | Strukturen der Metalle .....                                | 199        |
| 7.2.1                                          | Kristallwachstum .....                                      | 200        |
| 7.2.2                                          | Kristallsysteme .....                                       | 200        |

|                                                   |                                                                                                                    |            |
|---------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 7.2.3                                             | Fehler im Gitteraufbau .....                                                                                       | 202        |
| 7.3                                               | Legierungen .....                                                                                                  | 205        |
| 7.3.1                                             | Kennzeichnung von Legierungen.....                                                                                 | 205        |
| 7.3.2                                             | Bilden einer Legierung .....                                                                                       | 205        |
| 7.3.3                                             | Zweistoffsysteme mit vollständiger Löslichkeit im flüssigen und festen Zustand .....                               | 206        |
| 7.3.4                                             | Zweistoffsysteme mit vollständiger Löslichkeit im flüssigen und vollständiger Unlöslichkeit im festen Zustand..... | 211        |
| 7.3.5                                             | Eisen-Kohlenstoff-Diagramm.....                                                                                    | 213        |
| 7.4                                               | Stahl .....                                                                                                        | 215        |
| 7.4.1                                             | Martensitbildung .....                                                                                             | 217        |
| 7.4.2                                             | Mechanische Eigenschaften von Stahl .....                                                                          | 218        |
| 7.4.3                                             | Stahlsorten und Einsatzbereiche .....                                                                              | 218        |
| 7.5                                               | Wärmebehandlungsverfahren .....                                                                                    | 219        |
| 7.5.1                                             | Glühverfahren.....                                                                                                 | 220        |
| 7.5.2                                             | Härten und Anlassen.....                                                                                           | 220        |
| <b>Kapitel 8: Allgemeine Energietechnik .....</b> |                                                                                                                    | <b>224</b> |
| Wahlmodul: Technik, ABU, Wirtschaft, Gestaltung   |                                                                                                                    |            |
| 8.1                                               | Energie und Leistung.....                                                                                          | 225        |
| 8.2                                               | Energie zum Leben.....                                                                                             | 227        |
| 8.3                                               | Formen der Energie: physikalische Grundlagen .....                                                                 | 231        |
| 8.3.1                                             | Potenzielle Energie.....                                                                                           | 231        |
| 8.3.2                                             | Kinetische Energie .....                                                                                           | 232        |
| 8.3.3                                             | Energieumwandlung .....                                                                                            | 233        |
| 8.3.4                                             | Chemische Energie .....                                                                                            | 233        |
| 8.3.5                                             | Wirkungsgrad .....                                                                                                 | 235        |
| 8.3.6                                             | Elektrische Energie .....                                                                                          | 237        |
| 8.3.7                                             | Wärmeenergie .....                                                                                                 | 237        |
| 8.3.8                                             | Weitere Energieformen .....                                                                                        | 239        |
| 8.3.9                                             | Energieerhaltungssatz .....                                                                                        | 239        |
| 8.4                                               | Technologische Energieformen .....                                                                                 | 240        |
| 8.4.1                                             | Primärenergie, Sekundärenergie und Nutzenergie .....                                                               | 240        |
| 8.4.2                                             | Sankey-Diagramme .....                                                                                             | 241        |
| 8.5                                               | Energiebedarf .....                                                                                                | 243        |
| 8.5.1                                             | Energiebedarf in Deutschland .....                                                                                 | 243        |
| 8.5.2                                             | Energiebedarf in Indien.....                                                                                       | 247        |
| 8.5.3                                             | Energiebedarf der Weltbevölkerung .....                                                                            | 248        |
| 8.6                                               | Energieverteilung, -transport und -speicherung .....                                                               | 249        |
| 8.6.1                                             | Das Stromnetz.....                                                                                                 | 250        |
| 8.6.2                                             | Energiespeicher .....                                                                                              | 253        |
| 8.6.3                                             | Stabilität des Stromnetzes .....                                                                                   | 256        |

|                                                               |         |
|---------------------------------------------------------------|---------|
| <b>Kapitel 9: Erneuerbare Energien</b> .....                  | 258     |
| Wahlmodul: Technik, ABU, Wirtschaft, Gestaltung               |         |
| 9.1 Sonnenenergie .....                                       | 258     |
| 9.1.1 Grundlagen .....                                        | 258     |
| 9.1.2 Treibhauseffekt .....                                   | 262     |
| 9.1.3 Solarthermie .....                                      | 266     |
| 9.1.4 Photovoltaik .....                                      | 271     |
| 9.2 Windenergie .....                                         | 277     |
| 9.2.1 Aufbau und Funktionsweise einer Windenergieanlage ..... | 277     |
| 9.2.2 Windenergie .....                                       | 278     |
| 9.2.3 Bauformen von Windenergieanlagen .....                  | 279     |
| 9.2.4 Offshore-Windparks .....                                | 280     |
| 9.3 Geothermie .....                                          | 281     |
| 9.3.1 Geothermiearten .....                                   | 281     |
| 9.3.2 Geothermie Unterhaching .....                           | 283     |
| 9.3.3 Risiken der Geothermie .....                            | 284     |
| 9.4 Wasserkraft .....                                         | 285     |
| 9.4.1 Stromerzeugung mit Wasserkraft .....                    | 286     |
| 9.4.2 Turbinenarten .....                                     | 287     |
| 9.4.3 Arten von Wasserkraftwerken .....                       | 288     |
| 9.5 Biomasse .....                                            | 290     |
| 9.5.1 Feste Bioenergieträger .....                            | 291     |
| 9.5.2 Flüssige Bioenergieträger .....                         | 292     |
| 9.5.3 Gasförmige Bioenergieträger .....                       | 293     |
| 9.5.4 Kritikpunkte am Biogasboom .....                        | 294     |
| 9.6 Effiziente und ressourcenschonende Energieanwendung ..... | 295     |
| 9.6.1 Steigerung der Effizienz .....                          | 295     |
| 9.6.2 Vermeidung von Verlusten .....                          | 300     |
| 9.6.3 Energiesparen .....                                     | 304     |
| 9.7 Von der Energie- zur Ökobilanz .....                      | 307     |
| 9.7.1 Energiebilanz .....                                     | 307     |
| 9.7.2 Ökobilanz .....                                         | 308     |
| 9.8 Die Zukunft der Energieversorgung .....                   | 309     |
| 9.8.1 Vergleich von Energiesystemen .....                     | 309     |
| 9.8.2 Dekarbonisierung der Energieversorgung .....            | 310     |
| <br><b>Kapitel 10: Komplexe technische Systeme</b> .....      | <br>314 |
| Wahlmodul: Technik, ABU, Wirtschaft, Gestaltung               |         |
| 10.1 Kernkraftwerk .....                                      | 314     |
| 10.1.1 Atomaufbau .....                                       | 315     |
| 10.1.2 Radioaktive Strahlung .....                            | 316     |
| 10.1.3 Kernumwandlung und Energiebilanz .....                 | 326     |

|                                                 |                                                       |            |
|-------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|------------|
| 10.1.4                                          | Kraftwerkstypen .....                                 | 332        |
| 10.1.5                                          | Reaktorkonzepte .....                                 | 336        |
| 10.2                                            | Kältemaschinen und Wärmekraftmaschinen .....          | 338        |
| 10.2.1                                          | Entropie und Wärmediagramm .....                      | 339        |
| 10.2.2                                          | Der Stirlingmotor .....                               | 344        |
| 10.2.3                                          | Gasturbinenprozess .....                              | 347        |
| 10.2.4                                          | Kältemaschinen .....                                  | 348        |
| <b>Kapitel 11: Umweltschutztechnik .....</b>    |                                                       | <b>355</b> |
| Wahlmodul: Technik, ABU, Wirtschaft, Gestaltung |                                                       |            |
| 11.1                                            | Umweltprobleme .....                                  | 355        |
| 11.1.1                                          | Ozonloch .....                                        | 355        |
| 11.1.2                                          | Wintersmog (Typ „London-Smog“) und saurer Regen ..... | 357        |
| 11.1.3                                          | Sommersmog (Typ „Los Angeles-Smog“) .....             | 361        |
| 11.2                                            | Schadstoffe .....                                     | 362        |
| 11.2.1                                          | Wirkungsmechanismen .....                             | 362        |
| 11.2.2                                          | Stickoxide (NOx) .....                                | 364        |
| 11.2.3                                          | Ozon .....                                            | 365        |
| 11.2.4                                          | Feinstaub .....                                       | 370        |
| 11.3                                            | Luftreinhaltung .....                                 | 375        |
| 11.3.1                                          | Großtechnische Maßnahmen zur Luftreinhaltung .....    | 375        |
| 11.3.2                                          | Abgasreinigung bei Verbrennungsmotoren .....          | 381        |
| 11.3.3                                          | Luftreinhaltung: Rechtliche Grundlagen .....          | 386        |
| 11.4                                            | Wasserreinhaltung .....                               | 388        |
| 11.4.1                                          | Abwasserreinigung .....                               | 389        |
| 11.4.2                                          | Trinkwasseraufbereitung .....                         | 391        |
| 11.5                                            | Abfallwirtschaft .....                                | 394        |
| 11.5.1                                          | Abfallarten .....                                     | 395        |
| 11.5.2                                          | Abfallentsorgung .....                                | 396        |
| 11.5.3                                          | Müllverbrennung .....                                 | 397        |
| 11.5.4                                          | Kreislaufwirtschaft und Recycling .....               | 398        |
| 11.5.5                                          | Wege zur Nachhaltigkeit .....                         | 399        |
| Anhang .....                                    |                                                       | 402        |
| Bildquellenverzeichnis .....                    |                                                       | 404        |
| Sachwortverzeichnis .....                       |                                                       | 405        |