

# Inhaltsverzeichnis

|   |    |  |     |
|---|----|--|-----|
| <b>Lernfeldkompass für Industrie- und Werkzeugmechaniker</b>          | 6  | <b>2.4 Kräfte</b>  | 81  |
| <b>Lernfeldkompass für Zerspanungs- und Feinwerkmechaniker</b>        | 7  | 2.4.1 Darstellen von Kräften                               | 81  |
| <b>Mathematische und physikalische Begriffe</b>                       | 8  | 2.4.2 Grafische Ermittlung von Kräften                     | 81  |
| <b>1 Grundlagen der technischen Mathematik</b>                        | 9  | • Zusammensetzen von Kräften                               | 81  |
| <b>1.1 Zahlensysteme</b>  | 9  | • Zerlegen von Kräften                                     | 82  |
| 1.1.1 Dezimales Zahlensystem  | 9  | 2.4.3 Rechnerische Ermittlung von Kräften                  | 83  |
| 1.1.2 Duales Zahlensystem   | 9  | <b>2.5 Hebel</b>   | 85  |
| 1.1.3 Hexadezimals Zahlensystem                                       | 10 | 2.5.1 Drehmoment, Hebelgesetz                              | 85  |
| <b>1.2 Grundrechnungsarten</b>  | 11 | 2.5.2 Lagerkräfte  | 87  |
| 1.2.1 Variable  | 11 | • Bauteile mit zwei Lagerstellen                           | 87  |
| 1.2.2 Klammerausdrücke (Klammerterm)                                  | 11 | • Bauteile mit einer Lagerstelle                           | 87  |
| 1.2.3 Strich- und Punktrechnungen                                     | 11 | 2.5.3 Umfangskraft und Drehmoment                          | 89  |
| 1.2.4 Bruchrechnen  | 14 | <b>2.6 Reibung</b>   | 91  |
| 1.2.5 Potenzieren   | 15 | 2.6.1 Haft- und Gleitreibung                               | 91  |
| 1.2.6 Radizieren  | 17 | 2.6.2 Rollreibung  | 91  |
| <b>1.3 Technische Berechnungen</b>                                    | 19 | <b>2.7 Arbeit, Energie, Leistung, Wirkungsgrad</b>         | 93  |
| 1.3.1 Formeln (Größengleichungen)                                     | 19 | 2.7.1 Mechanische Arbeit                                   | 93  |
| 1.3.2 Zahlenwertgleichungen   | 19 | • Hubarbeit  | 93  |
| 1.3.3 Größen und Einheiten  | 20 | • Reibungsarbeit   | 93  |
| 1.3.4 Darstellung großer und kleiner Zahlenwerte                      | 20 | • Feder-Spannarbeit  | 93  |
| 1.3.5 Rechnen mit physikalischen Größen                               | 21 | 2.7.2 Mechanische Energie                                  | 94  |
| 1.3.6 Umrechnen von Einheiten   | 21 | • Potentielle Energie                                      | 94  |
| 1.3.7 Umstellen von Formeln   | 24 | • Kinetische Energie                                       | 94  |
| 1.3.8 Technische Berechnungen mit dem Taschenrechner                  | 27 | 2.7.3 Mechanische Leistung                                 | 96  |
| <b>1.4 Berechnungen im Dreieck</b>                                    | 30 | • Mechanische Leistung, allgemein                          | 96  |
| 1.4.1 Lehrsatz des Pythagoras   | 30 | • Leistung bei Drehbewegung                                | 96  |
| 1.4.2 Winkelfunktionen  | 33 | 2.7.4 Wirkungsgrad   | 97  |
| • Winkelfunktionen im rechtwinkligen Dreieck                          | 33 | <b>2.8 Einfache Maschinen</b>                              | 100 |
| • Winkelfunktionen im schiefwinkligen Dreieck                         | 37 | 2.8.1 Schiefe Ebene  | 100 |
| <b>1.5 Allgemeine Berechnungen</b>                                    | 39 | 2.8.2 Keil   | 100 |
| 1.5.1 Schlussrechnung (Dreisatzrechnung)                              | 39 | 2.8.3 Schraube   | 102 |
| 1.5.2 Prozentrechnung   | 40 | <b>3 Prüftechnik und Qualitätsmanagement</b>               | 103 |
| 1.5.3 Zeitberechnungen  | 41 | <b>3.1 Maßtoleranzen und Passungen</b>                     | 103 |
| 1.5.4 Winkelberechnungen  | 42 | 3.1.1 Maßtoleranzen  | 103 |
| <b>1.6 Längen, Flächen, Volumen</b>                                   | 44 | 3.1.2 Passungen  | 105 |
| 1.6.1 Längen  | 44 | 3.1.3 ISO-Passungen  | 106 |
| • Teilung gerader Längen  | 44 | <b>3.2 Qualitätsmanagement</b>                             | 109 |
| • Kreisumfänge und Kreisteilungen                                     | 46 | 3.2.1 Prozesskennwerte aus Stichprobenprüfung              | 109 |
| • Gestreckte und zusammengesetzte Längen                              | 47 | • Median-, Modal-, arithmetischer Mittelwert               | 109 |
| 1.6.2 Flächen   | 48 | • Spannweite   | 110 |
| • Geradlinig begrenzte Flächen  | 48 | • Standardabweichung                                       | 110 |
| • Kreisförmig begrenzte Flächen                                       | 50 | • Urliste, Strichliste, Häufigkeitsverteilung, Histogramm  | 111 |
| • Zusammengesetzte Flächen  | 52 | • Summenhäufigkeit   | 111 |
| • Verschnitt  | 53 | • Wahrscheinlichkeitsnetz                                  | 112 |
| 1.6.3 Volumen   | 54 | 3.2.2 Statistische Berechnungen mit dem Taschenrechner     | 112 |
| 1.6.4 Masse   | 55 | 3.2.3 Maschinen- und Prozessfähigkeit                      | 114 |
| 1.6.5 Gewichtskraft   | 55 | • Maschinenfähigkeit                                       | 114 |
| 1.6.6 Gleichdicke Körper, Masseberechnung mithilfe von Tabellenwerten | 57 | • Prozessfähigkeit   | 115 |
| 1.6.7 Volumenänderung beim Umformen                                   | 60 | 3.2.4 Statistische Prozesslenkung mit Qualitätsregelkarten | 118 |
| <b>1.7 Diagramme und Funktionen</b>                                   | 61 | • Urliste und Urwertkarte                                  | 118 |
| 1.7.1 Kreisdiagramm   | 61 | • Histogramm der Häufigkeitsverteilung                     | 118 |
| 1.7.2 Balkendiagramm  | 61 | • Qualitätsregelkarte                                      | 119 |
| 1.7.3 Histogramm und Paretodiagramm                                   | 61 | • Mittelwert-Standardabweichungskarte                      | 119 |
| 1.7.4 Grafische Darstellungen von Funktionen und Messreihen           | 62 | • Median-Spannweitenkarte                                  | 120 |
| <b>2 Mechanik</b>   | 65 | • Prozessbewertung   | 120 |
| <b>2.1 Bewegungen</b>   | 65 | <b>4 Fertigungstechnik und Fertigungsplanung</b>           | 122 |
| 2.1.1 Konstante Bewegungen  | 65 | <b>4.1 Spanende Fertigung</b>                              | 122 |
| • Konstante geradlinige Bewegungen                                    | 65 | 4.1.1 Drehen   | 122 |
| • Durchschnittsgeschwindigkeit  | 65 | • Schnittdaten, Anzahl der Schnitte                        | 122 |
| • Vorschubgeschwindigkeit   | 66 | • Drehzahl   | 123 |
| • Kreisförmige Bewegungen   | 68 | • Schnittkraft   | 124 |
| 2.1.2 Beschleunigte und verzögerte Bewegungen                         | 70 | • Schnittleistung und Antriebsleistung                     | 125 |
| <b>2.2 Zahnradmaße</b>  | 72 | • Rautiefe   | 127 |
| 2.2.1 Stirnräder mit Geradverzahnung                                  | 72 | • Hauptnutzungszeit mit konstanter Drehzahl                | 128 |
| 2.2.2 Stirnräder mit Schrägverzahnung                                 | 73 | 4.1.2 Bohren   | 130 |
| 2.2.3 Achsabstand bei Zahnradern                                      | 74 | • Schnittdaten und Drehzahl                                | 130 |
| <b>2.3 Übersetzungen bei Antrieben</b>                                | 76 | • Schnittkraft   | 131 |
| 2.3.1 Einfache Übersetzungen  | 76 | • Schnittleistung  | 132 |
| • Zahnradtrieb mit Zwischenrad  | 77 | • Hauptnutzungszeit (Bohren, Senken, Reiben)               | 133 |
| • Zahnstangentrieb  | 77 | 4.1.3 Fräsen   | 135 |
| 2.3.2 Mehrfache Übersetzungen   | 79 | • Schnittdaten   | 135 |

|   |     |  |     |
|---|-----|--|-----|
| • Schnittkraft  | 136 | • Luftdruck, absoluter Druck, Überdruck                      | 218 |
| • Schnittleistung und Antriebsleistung                            | 137 | • Kolbenkräfte   | 219 |
| • Hauptnutzungszeit   | 139 | 6.1.2 Prinzip der hydraulischen Presse                       | 222 |
| 4.1.4 Indirektes Teilen   | 141 | • Kolbenkräfte und Kolbenflächen                             | 222 |
| 4.1.5 Schleifen   | 143 | • Kolbenwege und Kolbenflächen                               | 222 |
| • Hauptnutzungszeit beim Längs-Rundschleifen                      | 143 | 6.1.3 Kolben- und Durchflussgeschwindigkeiten                | 224 |
| • Hauptnutzungszeit beim Umfangs-Planschleifen                    | 145 | 6.1.4 Leistungsberechnung in der Hydraulik                   | 226 |
| 4.1.6 Koordinaten in NC-Programmen                                | 147 | 6.1.5 Luftverbrauch in der Pneumatik                         | 228 |
| • Geometrische Grundlagen   | 147 | 6.2 Logische Verknüpfungen                                   | 230 |
| • Koordinatenmaße   | 149 | 6.2.1 Grundfunktionen  | 230 |
| 4.1.7 Hauptnutzungszeit beim Abtragen und Schneiden               | 153 | 6.2.2 Grundverknüpfungen                                     | 231 |
| 4.1.8 Kegelmaße   | 155 | 6.2.3 Verknüpfungen mehrerer logischer Grundfunktionen       | 232 |
| 4.2 Trennen durch Schneiden                                       | 157 | 6.2.4 Speichern von Signalen, Selbsthalteschaltungen         | 234 |
| 4.2.1 Schneidspalt  | 157 | 7 Elektrotechnik   | 237 |
| 4.2.2 Streifenmaße und Streifenausnutzung                         | 159 | 7.1 Ohmsches Gesetz  | 237 |
| 4.3 Umformen  | 161 | 7.2 Leiterwiderstand   | 238 |
| 4.3.1 Biegen  | 161 | 7.3 Temperaturabhängige Widerstände                          | 239 |
| • Zuschmittermittlung   | 161 | 7.4 Schaltung von Widerständen                               | 240 |
| • Rückfederung  | 163 | • Reihenschaltung von Widerständen                           | 240 |
| 4.3.2 Tiefziehen  | 165 | • Parallelschaltung von Widerständen                         | 241 |
| • Zuschnittedurchmesser   | 165 | • Gemischte Schaltung von Widerständen                       | 242 |
| • Ziehstufen und Ziehverhältnisse                                 | 166 | 7.5 Elektrische Leistung bei Gleichspannung                  | 244 |
| 4.4 Exzenter- und Kurbelpressen                                   | 168 | 7.6 Wechsellspannung und Wechselstrom                        | 246 |
| 4.4.1 Pressenauswahl  | 168 | • Periodendauer, Frequenz und Kreisfrequenz                  | 246 |
| 4.4.2 Schneidarbeit   | 168 | • Momentanwert von Spannung bzw. Strom                       | 246 |
| 4.5 Spritzgießen  | 170 | • Effektivwert und Maximalwert von Spannung und Strom        | 247 |
| 4.5.1 Schwindung  | 170 | 7.7 Elektrische Leistung bei Wechselstrom und bei Drehstrom  | 249 |
| 4.5.2 Kühlung   | 171 | • Wirkungsgrad   | 249 |
| 4.5.3 Dosierung der Formmasse                                     | 172 | 7.8 Elektrische Arbeit und Energiekosten                     | 251 |
| 4.5.4 Kräfte  | 173 | 7.9 Transformator  | 252 |
| 4.6 Fügen   | 175 | 8 Aufgaben zur Wiederholung und Vertiefung                   | 253 |
| 4.6.1 Schraubenverbindung   | 175 | Lernfeldkompass  | 253 |
| • mit axialer Betriebskraft                                       | 175 | 8.1 Lehrsatz des Pythagoras, Winkelfunktionen                | 254 |
| • ohne Betriebskraft  | 177 | 8.2 Längen, Flächen, Volumen, Masse und Gewichtskraft        | 255 |
| 4.6.2 Schmelzschweißen  | 179 | 8.3 Dreh- und Längsbewegungen, Getriebe                      | 256 |
| • Nahtquerschnitt und Elektrodenbedarf                            | 179 | 8.4 Kräfte, Arbeit und Leistung                              | 257 |
| 4.7 Fertigungsplanung   | 182 | 8.5 Kräfte, Flächenpressung; Kennwerte                       | 258 |
| 4.7.1 Standgrößen (Standzeit, Standmenge, Standweg, Standvolumen) | 182 | 8.6 Kräfte an Bauteilen                                      | 259 |
| 4.7.2 Durchlaufzeit, Belegungszeit                                | 183 | 8.7 Maßtoleranzen, Passungen und Teilen                      | 260 |
| 4.7.3 Auftragszeit  | 186 | 8.8 Qualitätsmanagement 1                                    | 261 |
| 4.7.4 Kostenrechnung  | 188 | 8.9 Qualitätsmanagement 2                                    | 262 |
| • Einfache Kalkulation  | 188 | 8.10 Spanende Fertigung 1 (Bohren, Senken, Reiben)           | 264 |
| • Erweiterte Kalkulation  | 188 | 8.11 Spanende Fertigung 2 (Drehen, Fräsen, Schleifen)        | 265 |
| 4.7.5 Maschinenstundensatz  | 192 | 8.12 CNC-Technik   | 267 |
| 4.7.6 Deckungsbeitrag   | 194 | 8.13 Schneiden und Umformen                                  | 268 |
| 4.7.7 Lohnberechnung  | 196 | 8.14 Fügen: Schraub-, Stift-, Passfeder- und Lötverbindungen | 269 |
| 5 Werkstofftechnik  | 199 | 8.15 Wärmeausdehnung und Wärmemenge                          | 270 |
| 5.1 Wärmetechnik  | 199 | 8.16 Pneumatik und Hydraulik                                 | 271 |
| 5.1.1 Temperatur  | 199 | 8.17 Elektrotechnik: Grundlagen                              | 273 |
| 5.1.2 Längen- und Volumenänderung                                 | 199 | 8.18 Elektrotechnik: Leistung und Wirkungsgrad               | 274 |
| 5.1.3 Schwindung beim Gießen                                      | 200 | 8.19 Elektrische Antriebe und Steuerungen                    | 275 |
| 5.1.4 Wärmemenge  | 202 | 8.20 Kostenrechnung  | 276 |
| • Wärmemenge beim Erwärmen und Abkühlen                           | 202 | 9 Projektaufgaben  | 277 |
| • Schmelzwärme  | 202 | 9.1 Vorschubantrieb einer CNC-Fräsmaschine                   | 277 |
| 5.2 Werkstoffprüfung  | 204 | 9.2 Hubeinheit   | 280 |
| 5.2.1 Zugversuch  | 204 | 9.3 Zahnradpumpe   | 283 |
| • Kraft-Verlängerungs-Diagramm                                    | 204 | 9.4 Hydraulische Spannklaue                                  | 286 |
| • Werkstoffkennwerte  | 204 | 9.5 Folgeschneidwerkzeug                                     | 289 |
| • Spannungs-Dehnungs-Diagramm                                     | 205 | 9.6 Tiefziehwerkzeug   | 292 |
| • Dehngrenze  | 205 | 9.7 Spritzgießwerkzeug                                       | 295 |
| 5.2.2 Elastizitätsmodul und Hookesches Gesetz                     | 207 | 9.8 Qualitätsmanagement am Beispiel eines Stirnradgetriebes  | 298 |
| • bei Zugbeanspruchung  | 207 | 9.9 Pneumatische Steuerung                                   | 301 |
| • bei Federn  | 208 | 9.10 Elektropneumatik – Sortieren von Materialien            | 304 |
| 5.3 Festigkeitsberechnungen                                       | 210 | 9.11 Zerspanungstechnik                                      | 307 |
| 5.3.1 Beanspruchung auf Zug                                       | 210 | Sachwortverzeichnis  | 310 |
| 5.3.2 Beanspruchung auf Druck                                     | 212 |  |     |
| 5.3.3 Beanspruchung auf Flächenpressung                           | 213 |  |     |
| 5.3.4 Beanspruchung auf Abscherung, Schneiden von Werkstoffen     | 214 |  |     |
| 5.3.5 Beanspruchung auf Biegung                                   | 216 |  |     |
| • Biegespannung   | 216 |  |     |
| • Biegemoment   | 216 |  |     |
| • Axiales Widerstandsmoment                                       | 216 |  |     |
| 6 Automatisierungstechnik   | 218 |  |     |
| 6.1 Pneumatik und Hydraulik                                       | 218 |  |     |
| 6.1.1 Druck und Kolbenkräfte                                      | 218 |  |     |
| • Druckarten, Druckeinheiten                                      | 218 |  |     |