

Inhaltsverzeichnis

| | |
|-----------------------------------------------------------------------|------|
| Arbeitspläne | XIII |
| Verständnisübungen | XV |
| Übungen | XVII |
| Tabellenverzeichnis | XIX |
| 1 Statik in der Ebene | 1 |
| 1.1 Grundlagen | 2 |
| 1.1.1 Aufgaben der Statik | 2 |
| 1.1.2 Physikalische Größen in der Statik | 2 |
| 1.1.3 Übungen zur Berechnung von Drehmomenten | 5 |
| 1.1.4 Bewegungsmöglichkeiten (Freiheitsgrade) eines Körpers | 6 |
| 1.1.5 Gleichgewicht des Körpers in der Ebene | 6 |
| 1.1.6 Parallelogrammsatz für Kräfte | 8 |
| 1.1.7 Freimachen der Bauteile | 11 |
| 1.1.8 Übungen zum Freimachen | 18 |
| 1.2 Grundaufgaben der Statik | 21 |
| 1.2.1 Zentrales und allgemeines Kräftesystem | 21 |
| 1.2.2 Hauptaufgaben | 21 |
| 1.2.3 Lösungsmethoden | 22 |
| 1.2.4 Grundaufgaben der Statik im zentralen ebenen Kräftesystem | 22 |
| 1.2.5 Grundaufgaben der Statik im allgemeinen ebenen Kräftesystem | 42 |
| 1.2.6 Systemanalytisches Lösungsverfahren zur Stützkraftberechnung | 60 |
| 1.2.7 Stützkraftermittlung im räumlichen Kräftesystem (Getriebewelle) | 71 |
| 1.3 Statik der ebenen Fachwerke | 76 |
| 1.3.1 Gestaltung von Fachwerkträgern | 76 |
| 1.3.2 Gleichgewichtsbedingungen am statisch bestimmten | |
| Fachwerkträger | 77 |
| 1.3.3 Ermittlung der Stabkräfte im Fachwerkträger | 78 |
| 2 Schwerpunkt | 83 |
| 2.1 Schwerlinie, Schwerebene und Schwerpunkt | 83 |
| 2.2 Flächenschwerpunkt | 84 |
| 2.2.1 Flächen haben einen Schwerpunkt | 84 |
| 2.2.2 Schwerpunkte ausgewählter Flächen | 85 |
| 2.2.3 Schwerpunkte zusammengesetzter Flächen | 86 |
| 2.3 Linienschwerpunkt | 90 |
| 2.3.1 Linien haben einen Schwerpunkt | 90 |
| 2.3.2 Schwerpunkte ausgewählter Linien | 90 |
| 2.3.3 Schwerpunkte zusammengesetzter Linien (Linienzüge) | 91 |
| 2.4 Guldin'sche Regeln | 93 |
| 2.4.1 Volumenberechnung | 93 |

| | | |
|----------|--------------------------------------------------------------------|------------|
| 2.4.2 | Oberflächenberechnung | 93 |
| 2.4.3 | Übungen zu den Guldin'schen Regeln | 94 |
| 2.5 | Gleichgewichtslagen und Standsicherheit | 94 |
| 2.5.1 | Gleichgewichtslagen | 94 |
| 2.5.2 | Standsicherheit | 95 |
| 3 | Reibung | 97 |
| 3.1 | Grundkenntnisse über die Reibung | 98 |
| 3.2 | Gleitreibung und Haftreibung | 99 |
| 3.2.1 | Reibungswinkel, Reibungszahl und Reibungskraft | 99 |
| 3.2.2 | Ermittlung der Reibungszahlen | 101 |
| 3.2.3 | Reibungskegel | 102 |
| 3.2.4 | Übungen zur Lösung von Reibungsaufgaben | 103 |
| 3.3 | Reibung auf der schiefen Ebene | 114 |
| 3.3.1 | Verschieben des Körpers nach oben (1. Grundfall) | 114 |
| 3.3.2 | Halten des Körpers auf der schiefen Ebene (2. Grundfall) | 119 |
| 3.3.3 | Verschieben des Körpers nach unten (3. Grundfall) | 124 |
| 3.3.4 | Übungen zur Reibung auf der schiefen Ebene | 129 |
| 3.4 | Reibung an Maschinenteilen | 133 |
| 3.4.1 | Prismenführung und Keilnut | 133 |
| 3.4.2 | Zylinderführung | 135 |
| 3.4.3 | Lager | 137 |
| 3.4.4 | Schraube und Schraubgetriebe | 139 |
| 3.4.5 | Seilreibung | 149 |
| 3.4.6 | Bremsen | 153 |
| 3.4.7 | Rollwiderstand (Rollreibung) | 159 |
| 3.4.8 | Fahrwiderstand | 159 |
| 3.4.9 | Übungen zum Rollwiderstand und Fahrwiderstand | 160 |
| 3.4.10 | Rolle und Rollenzug | 163 |
| 4 | Dynamik | 169 |
| 4.1 | Allgemeine Bewegungslehre | 170 |
| 4.1.1 | Größen und Geschwindigkeit-Zeit-Diagramm | 170 |
| 4.1.2 | Übungen zu dem Geschwindigkeit-Zeit-Diagramm | 172 |
| 4.1.3 | Gleichförmige Bewegung | 174 |
| 4.1.4 | Gleichmäßig beschleunigte Bewegung | 176 |
| 4.1.5 | Arbeitsplan zur gleichmäßig beschleunigten Bewegung | 179 |
| 4.1.6 | Freier Fall und Luftwiderstand | 184 |
| 4.1.7 | Übungen zur gleichmäßig beschleunigten Bewegung | 187 |
| 4.1.8 | Zusammengesetzte Bewegungen | 192 |
| 4.1.9 | Übungen zur zusammengesetzten Bewegung | 193 |
| 4.2 | Gleichförmige Drehbewegung (Kreisbewegung) | 203 |
| 4.2.1 | Drehzahl (Umdrehungsfrequenz) | 203 |
| 4.2.2 | Umfangsgeschwindigkeit | 204 |
| 4.2.3 | Richtung der Umfangsgeschwindigkeit | 204 |

| | | |
|-------|------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 4.2.4 | Umfangsgeschwindigkeit und Drehzahl | 205 |
| 4.2.5 | Umfangsgeschwindigkeit und Mittelpunktsgeschwindigkeit | 206 |
| 4.2.6 | Winkelgeschwindigkeit | 206 |
| 4.2.7 | Winkelgeschwindigkeit und Umfangsgeschwindigkeit | 207 |
| 4.2.8 | Baugrößen und Größen der Bewegung in Getrieben | 208 |
| 4.2.9 | Übersetzung (Übersetzungsvorhältnis) | 209 |
| 4.3 | Gleichmäßig beschleunigte Drehbewegung | 210 |
| 4.3.1 | Gegenüberstellung der allgemeinen Größen mit den Kreisgrößen | 210 |
| 4.3.2 | Winkelbeschleunigung | 211 |
| 4.3.3 | Drehwinkel im ω , t -Diagramm | 211 |
| 4.3.4 | Tangentialbeschleunigung | 212 |
| 4.3.5 | Arbeitsplan zur Kreisbewegung | 212 |
| 4.4 | Dynamik der geradlinigen Bewegung (Translation) | 216 |
| 4.4.1 | Trägheitsgesetz (Beharrungsgesetz), 1. Newton'sches Axiom | 216 |
| 4.4.2 | Masse, Gewichtskraft und Dichte | 217 |
| 4.4.3 | Dynamisches Grundgesetz, 2. Newton'sches Axiom | 219 |
| 4.4.4 | Gesetzliche und internationale Einheit der Kraft | 221 |
| 4.4.5 | Übungen zum dynamischen Grundgesetz | 221 |
| 4.4.6 | Prinzip von d'Alembert | 223 |
| 4.4.7 | Arbeitsplan zum Prinzip von d'Alembert | 225 |
| 4.4.8 | Übungen zum Prinzip von d'Alembert | 225 |
| 4.4.9 | Impuls (Bewegungsgröße) und Impulserhaltungssatz | 232 |
| 4.5 | Arbeit, Leistung, Wirkungsgrad bei geradliniger Bewegung | 233 |
| 4.5.1 | Arbeit einer konstanten Kraft | 233 |
| 4.5.2 | Zeichnerische Darstellung der Arbeit | 234 |
| 4.5.3 | Federarbeit (Formänderungsarbeit) | 235 |
| 4.5.4 | Übungen zu der Größe Arbeit | 236 |
| 4.5.5 | Mechanische Leistung | 239 |
| 4.5.6 | Wirkungsgrad | 241 |
| 4.5.7 | Übungen zu den Größen Leistung, Wirkungsgrad | 242 |
| 4.6 | Arbeit, Leistung, Wirkungsgrad bei Drehbewegung (Kreisbewegung) | 243 |
| 4.6.1 | Gegenüberstellung der allgemeinen Größen mit den entsprechenden Kreisgrößen | 243 |
| 4.6.2 | Dreharbeit (Rotationsarbeit) | 244 |
| 4.6.3 | Drehleistung (Rotationsleistung) | 245 |
| 4.6.4 | Zahlenwertgleichung für die Drehleistung | 246 |
| 4.6.5 | Wirkungsgrad, Drehmoment und Übersetzung | 246 |
| 4.6.6 | Übungen zu Arbeit, Leistung, Wirkungsgrad und Übersetzung bei Drehbewegung | 246 |
| 4.7 | Energie | 251 |
| 4.7.1 | Energie – Begriffsbestimmung und Einheit | 251 |
| 4.7.2 | Potentielle Energie und Hubarbeit | 252 |
| 4.7.3 | Kinetische Energie und Beschleunigungsarbeit | 253 |
| 4.7.4 | Spannungsenergie und Formänderungsarbeit | 253 |

| | | |
|----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 4.7.5 | Energieerhaltungssatz | 254 |
| 4.7.6 | Übungen zum Energieerhaltungssatz | 255 |
| 4.8 | Gerader zentrischer Stoß | 257 |
| 4.8.1 | Stoßbegriff, Kräfte und Geschwindigkeiten beim Stoß | 257 |
| 4.8.2 | Merkmale des geraden zentrischen Stoßes | 257 |
| 4.8.3 | Elastischer Stoß | 258 |
| 4.8.4 | Unelastischer Stoß | 260 |
| 4.8.5 | Wirklicher Stoß | 262 |
| 4.8.6 | Übungen zum geraden zentrischen Stoß | 263 |
| 4.9 | Dynamik der Drehbewegung (Rotation) | 265 |
| 4.9.1 | Dynamisches Grundgesetz für die Drehbewegung | 265 |
| 4.9.2 | Trägheitsmoment und Trägheitsradius | 266 |
| 4.9.3 | Übung zum dynamischen Grundgesetz für die Drehung | 273 |
| 4.9.4 | Drehimpuls (Drall) und Impulserhaltungssatz für die Drehung | 273 |
| 4.9.5 | Kinetische Energie (Rotationsenergie) | 274 |
| 4.9.6 | Energieerhaltungssatz für Drehung | 275 |
| 4.9.7 | Fliehkraft | 276 |
| 4.9.8 | Gegenüberstellung der translatorischen und rotatorischen Größen | 279 |
| 4.10 | Mechanische Schwingungen | 280 |
| 4.10.1 | Begriff | 280 |
| 4.10.2 | Ordnungsbegriffe | 280 |
| 4.10.3 | Harmonische Schwingung | 280 |
| 4.10.4 | Schraubenfederpendel | 285 |
| 4.10.5 | Torsionsfederpendel | 288 |
| 4.10.6 | Schwerependel (Fadenpendel) | 290 |
| 4.10.7 | Schwingung einer Flüssigkeitssäule | 291 |
| 4.10.8 | Analogiebetrachtung zum Schraubenfederpendel, Torsionsfederpendel, Schwerependel und zur schwingenden Flüssigkeitssäule | 292 |
| 4.10.9 | Dämpfung, Energiezufuhr, erzwungene Schwingung, Resonanz . . | 292 |
| 5 | Festigkeitslehre | 297 |
| 5.1 | Grundbegriffe | 299 |
| 5.1.1 | Aufgaben der Festigkeitslehre | 299 |
| 5.1.2 | Schnittverfahren | 300 |
| 5.1.3 | Spannung und Beanspruchung | 301 |
| 5.1.4 | Normalspannung und Schubspannung | 302 |
| 5.1.5 | Grundbeanspruchungsarten | 303 |
| 5.1.6 | Zusammengesetzte Beanspruchung | 305 |
| 5.1.7 | Innernes Kräftesystem und Beanspruchungsarten | 306 |
| 5.2 | Beanspruchung auf Zug | 313 |
| 5.2.1 | Spannung | 313 |
| 5.2.2 | Gefährdeter Querschnitt in zugbeanspruchten Bauteilen | 313 |
| 5.2.3 | Elastische Formänderung (Hooke'sches Gesetz) | 315 |
| 5.2.4 | Reißlänge | 321 |

| | | |
|--------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 5.3 | Beanspruchung auf Druck | 322 |
| 5.4 | Übungen zur Zug- und Druckbeanspruchung | 323 |
| 5.5 | Flächenpressung | 325 |
| 5.5.1 | Begriff und Hauptgleichung | 325 |
| 5.5.2 | Flächenpressung an geneigten Flächen | 326 |
| 5.5.3 | Flächenpressung im Gewinde | 327 |
| 5.5.4 | Flächenpressung in Gleitlagern, Niet- und Bolzenverbindungen | 328 |
| 5.5.5 | Flächenpressung an gewölbten Flächen (Hertz'sche Gleichungen) | 329 |
| 5.5.6 | Übungen zur Flächenpressung | 332 |
| 5.6 | Beanspruchung auf Abscheren | 334 |
| 5.6.1 | Spannung | 334 |
| 5.6.2 | Hooke'sches Gesetz für Schubbeanspruchung | 335 |
| 5.7 | Flächenmomente 2. Grades und Widerstandsmomente | 352 |
| 5.7.1 | Gleichmäßige und lineare Spannungsverteilung | 352 |
| 5.7.2 | Definition der Flächenmomente 2. Grades | 353 |
| 5.7.3 | Herleitungsübung | 355 |
| 5.7.4 | Übungen zu Flächen- und Widerstandsmomenten | 356 |
| 5.7.5 | Axiale Flächenmomente 2. Grades symmetrischer Querschnitte | 364 |
| 5.7.6 | Axiale Flächenmomente 2. Grades einfach symmetrischer/ unsymmetrischer Querschnitte (Steiner'scher Verschiebesatz) | 365 |
| 5.7.7 | Übungen zu Flächen- und Widerstandsmomenten | 368 |
| 5.8 | Beanspruchung auf Torsion | 373 |
| 5.8.1 | Spannungsverteilung | 373 |
| 5.8.2 | Herleitung der Torsions-Hauptgleichung | 374 |
| 5.8.3 | Formänderung bei Torsion | 376 |
| 5.8.4 | Formänderungsarbeit | 377 |
| 5.9 | Beanspruchung auf Biegung | 385 |
| 5.9.1 | Spannungsarten und inneres Kräftesystem bei Biegeträgern | 385 |
| 5.9.2 | Bestimmung der Biegemomente und Querkräfte an beliebigen Trägerstellen (Arbeitsplan) | 386 |
| 5.9.3 | Spannungsverteilung im Trägerquerschnitt bei Biegung | 386 |
| 5.9.4 | Herleitung der Biege-Hauptgleichung | 387 |
| 5.9.5 | Spannungsverteilung im einfach symmetrischen Querschnitt | 389 |
| 5.9.6 | Gültigkeitsbedingungen für die Biege-Hauptgleichung | 389 |
| 5.9.7 | Übungen zum Biegemomenten- und Querkraftverlauf | 390 |
| 5.9.8 | Träger gleicher Biegespannung | 400 |
| 5.9.9 | Formänderung bei Biegung | 405 |
| 5.9.10 | Übungen zur Durchbiegungsgleichung | 408 |
| 5.10 | Beanspruchung auf Knickung | 414 |
| 5.10.1 | Grundbegriffe | 414 |
| 5.10.2 | Elastische Knickung (Eulerfall) | 415 |
| 5.10.3 | Unelastische Knickung (Tetmajerfall) | 418 |
| 5.10.4 | Arbeitsplan für Knickungsberechnungen | 419 |
| 5.10.5 | Knickung im Stahlbau | 429 |
| 5.10.6 | Übung zur Knickung | 434 |

| | | |
|----------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 5.11 | Zusammengesetzte Beanspruchung | 436 |
| 5.11.1 | Zug und Biegung | 436 |
| 5.11.2 | Druck und Biegung | 437 |
| 5.11.3 | Übung zur zusammengesetzten Beanspruchung | 438 |
| 5.11.4 | Biegung und Torsion | 439 |
| 5.12 | Festigkeit, zulässige Spannung, Sicherheit | 450 |
| 5.12.1 | Festigkeitswerte im Spannungs-Dehnungs-Diagramm | 450 |
| 5.12.2 | Einflüsse auf die Festigkeit des Bauteils | 451 |
| 5.12.3 | Spannungsbegriffe | 455 |
| 5.12.4 | Dauerbruchsicherheit | 457 |
| 5.12.5 | Übungen zur Dauerfestigkeit | 459 |
| 6 | Fluidmechanik | 463 |
| 6.1 | Statik der Flüssigkeiten (Hydrostatik) | 463 |
| 6.1.1 | Eigenschaften der Flüssigkeiten | 463 |
| 6.1.2 | Hydrostatischer Druck (Flüssigkeitsdruck, hydraulische Pressung) | 464 |
| 6.1.3 | Druckverteilung ohne Berücksichtigung der Schwerkraft, das Druck-Ausbreitungsgesetz | 464 |
| 6.1.4 | Übung zum Druck-Ausbreitungsgesetz | 465 |
| 6.1.5 | Druckverteilung unter Berücksichtigung der Schwerkraft | 469 |
| 6.1.6 | Kommunizierende Röhren | 471 |
| 6.1.7 | Bodenkraft | 471 |
| 6.1.8 | Seitenkraft | 472 |
| 6.1.9 | Auftriebskraft | 474 |
| 6.1.10 | Schwimmen | 475 |
| 6.1.11 | Gleichgewichtslagen schwimmender Körper | 476 |
| 6.1.12 | Stabilität eines Schiffes | 477 |
| 6.2 | Dynamik der Fluide (Hydrodynamik, Strömungsmechanik) | 479 |
| 6.2.1 | Übungen zu den Grundbegriffen der Hydrodynamik | 479 |
| 6.2.2 | Erhaltungssätze der Strömung | 481 |
| 6.2.3 | Übungen zu der Strömung in Rohrleitungen | 493 |
| Allgemeine Tabellen | 499 | |
| Sachwortverzeichnis | 503 | |