

Inhaltsverzeichnis

| | |
|---|-----------|
| 1 Statik in der Ebene | 1 |
| 1.1 Grundlagen | 2 |
| 1.1.1 Die Aufgaben der Statik | 2 |
| 1.1.2 Physikalische Größen in der Statik | 2 |
| 1.1.2.1 Die Kraft F | 3 |
| 1.1.2.2 Das Kraftmoment oder Drehmoment M | 4 |
| 1.1.2.3 Das Kräftepaar | 4 |
| 1.1.3 Übungen zur Berechnung von Drehmomenten | 5 |
| 1.1.4 Bewegungsmöglichkeiten (Freiheitsgrade) eines Körpers | 6 |
| 1.1.4.1 Freiheitsgrade im Raum | 6 |
| 1.1.4.2 Freiheitsgrade in der Ebene | 6 |
| 1.1.5 Gleichgewicht des Körpers in der Ebene (Gleichgewichtsbedingungen) | 6 |
| 1.1.6 Der Parallelogrammsatz für Kräfte | 8 |
| 1.1.6.1 Zusammensetzen von zwei nichtparallelen Kräften (Kräftereduktion) | 8 |
| 1.1.6.2 Zerlegen einer Kraft F in zwei nichtparallele Kräfte F_1 und F_2 | 9 |
| 1.1.6.3 Zerlegen einer Kraft F in zwei parallele Kräfte | 9 |
| 1.1.6.4 Übungen zum Parallelogrammsatz für Kräfte | 10 |
| 1.1.7 Das Freimachen der Bauteile | 11 |
| 1.1.7.1 Zweck und Beschreibung des Verfahrens, Oberflächen- und Volumenkräfte | 11 |
| 1.1.7.2 Seile, Ketten, Riemen | 12 |
| 1.1.7.3 Zweigelenkstäbe | 13 |
| 1.1.7.4 Berührungsflächen (ebene Stützflächen) | 13 |
| 1.1.7.5 Rollkörper (gewölbte Stützflächen) | 14 |
| 1.1.7.6 Einwertige Lager (Loslager) | 15 |
| 1.1.7.7 Zweiwertige Lager (Festlager) | 15 |
| 1.1.7.8 Dreiwertige Lager | 17 |
| 1.1.8 Übungen zum Freimachen | 18 |
| 1.2 Die Grundaufgaben der Statik | 21 |
| 1.2.1 Zentrales und allgemeines Kräftesystem | 21 |
| 1.2.2 Die zwei Hauptaufgaben | 21 |
| 1.2.3 Die zwei Lösungsmethoden | 22 |
| 1.2.4 Die vier Grundaufgaben der Statik im zentralen ebenen Kräftesystem | 22 |
| 1.2.4.1 Rechnerische Ermittlung der Resultierenden (erste Grundaufgabe) | 22 |

| | | |
|---------|--|----|
| 1.2.4.2 | Zeichnerische Ermittlung der Resultierenden (zweite Grundaufgabe) | 26 |
| 1.2.4.3 | Rechnerische Ermittlung unbekannter Kräfte (dritte Grundaufgabe), die rechnerischen Gleich- gewichtsbedingungen | 28 |
| 1.2.4.4 | Zeichnerische Ermittlung unbekannter Kräfte (vierte Grundaufgabe), die zeichnerische Gleichgewichtsbedingung | 32 |
| 1.2.4.5 | Übungen zur dritten und vierten Grundaufgabe | 35 |
| 1.2.5 | Die vier Grundaufgaben der Statik im allgemeinen ebenen Kräftesystem | 38 |
| 1.2.5.1 | Rechnerische Ermittlung der Resultierenden (fünfte Grundaufgabe), der Momentensatz | 38 |
| 1.2.5.2 | Zeichnerische Ermittlung der Resultierenden (sechste Grundaufgabe), das Seileckverfahren | 40 |
| 1.2.5.3 | Rechnerische Ermittlung unbekannter Kräfte (siebte Grundaufgabe), die rechnerischen Gleich- gewichtsbedingungen | 44 |
| 1.2.5.4 | Übungen zur Stützkraftberechnung | 47 |
| 1.2.5.5 | Zeichnerische Ermittlung unbekannter Kräfte (achte Grundaufgabe), die zeichnerischen Gleich- gewichtsbedingungen | 50 |
| 1.2.6 | Systemanalytisches Lösungsverfahren zur Stützkraft- berechnung | 55 |
| 1.2.6.1 | Herleitung der Systemgleichungen | 55 |
| 1.2.6.2 | Zusammenstellung der Systemgleichungen | 62 |
| 1.2.6.3 | Beschreibung des Programmlaufs zur Stützkraft- berechnung | 63 |
| 1.2.6.4 | Übung zum systemanalytischen Lösungsverfahren zur Stützkraftberechnung | 64 |
| 1.2.7 | Stützkraftermittlung beim räumlichen Kräftesystem (Getriebewelle) | 66 |
| 1.3 | Statik der ebenen Fachwerke | 70 |
| 1.3.1 | Gestaltung von Fachwerkträgern | 70 |
| 1.3.2 | Die Gleichgewichtsbedingungen am statisch bestimmten Fachwerkträger | 71 |
| 1.3.3 | Ermittlung der Stabkräfte im Fachwerkträger | 72 |
| 1.3.3.1 | Das Knotenschnittverfahren | 73 |
| 1.3.3.2 | Das Ritter'sche Schnittverfahren | 75 |

| | |
|---|------------|
| 2 Schwerpunktslehre | 77 |
| 2.1 Begriffsbestimmung für Schwerlinie, Schwerebene und Schwerpunkt | 77 |
| 2.2 Der Flächenschwerpunkt | 78 |
| 2.2.1 Flächen haben einen Schwerpunkt. | 78 |
| 2.2.2 Schwerpunkte einfacher Flächen | 79 |
| 2.2.3 Schwerpunkte zusammengesetzter Flächen..... | 80 |
| 2.2.3.1 Rechnerische Bestimmung des Flächenschwerpunkts | 80 |
| 2.2.3.2 Übungen zur Bestimmung des Flächenschwerpunkts..... | 82 |
| 2.3 Der Linienschwerpunkt. | 84 |
| 2.3.1 Linien haben einen Schwerpunkt..... | 84 |
| 2.3.2 Schwerpunkte einfacher Linien | 84 |
| 2.3.3 Schwerpunkte zusammengesetzter Linien (Linienzüge)..... | 85 |
| 2.3.3.1 Rechnerische Bestimmung des Linienschwerpunkts | 85 |
| 2.4 Guldin'sche Regeln | 87 |
| 2.4.1 Volumenberechnung..... | 87 |
| 2.4.2 Oberflächenberechnung | 87 |
| 2.4.3 Übungen mit den Guldin'schen Regeln..... | 88 |
| 2.5 Gleichgewichtslagen und Standsicherheit | 88 |
| 2.5.1 Gleichgewichtslagen..... | 88 |
| 2.5.1.1 Stabiles Gleichgewicht..... | 88 |
| 2.5.1.2 Labiles Gleichgewicht | 88 |
| 2.5.1.3 Indifferentes Gleichgewicht..... | 88 |
| 2.5.2 Standsicherheit | 89 |
| 2.5.2.1 Kippmoment, Standmoment, Standsicherheit..... | 89 |
| 2.5.2.2 Übung zur Standsicherheit..... | 90 |
| 3 Reibung | 91 |
| 3.1 Grunderkenntnisse über die Reibung | 91 |
| 3.2 Gleitreibung und Haftreibung | 92 |
| 3.2.1 Reibungswinkel, Reibungszahl und Reibungskraft | 92 |
| 3.2.2 Ermittlung der Reibungszahlen μ, und μ_0 | 93 |
| 3.2.3 Der Reibungskegel | 94 |
| 3.2.4 Übungen zur Lösung von Reibungsaufgaben | 96 |
| 3.3 Reibung auf der schiefen Ebene | 101 |
| 3.3.1 Verschieben des Körpers nach oben (1. Grundfall) | 101 |
| 3.3.1.1 Zugkraft F wirkt unter beliebigem Zugwinkel | 101 |
| 3.3.1.2 Zugkraft F wirkt parallel zur schießen Ebene | 102 |
| 3.3.1.3 Zugkraft F wirkt waagerecht | 104 |

| | | |
|------------|--|------------|
| 3.3.2 | Halten des Körpers auf der schiefen Ebene (2. Grundfall) | 106 |
| 3.3.2.1 | Haltekraft F wirkt unter beliebigem Zugwinkel | 106 |
| 3.3.2.2 | Haltekraft F wirkt parallel zur schiefen Ebene | 107 |
| 3.3.2.3 | Haltekraft F wirkt waagerecht | 109 |
| 3.3.3 | Verschieben des Körpers nach unten (3. Grundfall) | 111 |
| 3.3.3.1 | Schubkraft F wirkt unter beliebigem Schubwinkel | 111 |
| 3.3.3.2 | Schubkraft F wirkt parallel zur schiefen Ebene | 112 |
| 3.3.3.3 | Schubkraft F wirkt waagerecht | 113 |
| 3.3.4 | Übungen zur Reibung auf der schiefen Ebene | 114 |
| 3.4 | Reibung an Maschinenteilen | 115 |
| 3.4.1 | Prismenführung und Keilnut | 115 |
| 3.4.2 | Zylinderführung | 116 |
| 3.4.3 | Lager | 117 |
| 3.4.3.1 | Reibung am Tragzapfen (Querlager) | 117 |
| 3.4.3.2 | Reibung am Spurzapfen (Längslager) | 118 |
| 3.4.3.3 | Übungen zur Trag- und Spurzapfenreibung | 119 |
| 3.4.4 | Schraube und Schraubgetriebe | 120 |
| 3.4.4.1 | Bewegungsschraube mit Flachgewinde | 120 |
| 3.4.4.2 | Bewegungsschraube mit Spitz- oder Trapezgewinde | 121 |
| 3.4.4.3 | Befestigungsschraube mit Spitzgewinde | 122 |
| 3.4.4.4 | Übungen zur Schraube | 123 |
| 3.4.5 | Seilreibung | 125 |
| 3.4.5.1 | Grundgleichung der Seilreibung | 125 |
| 3.4.5.2 | Aufgabenarten und Lösungsansätze | 126 |
| 3.4.5.3 | Übungen zur Seilreibung | 126 |
| 3.4.6 | Bremsen | 129 |
| 3.4.6.1 | Backenbremsen | 129 |
| 3.4.6.2 | Bandbremsen | 133 |
| 3.4.6.3 | Scheiben- und Kegelbremsen | 134 |
| 3.4.7 | Rollwiderstand (Rollreibung) | 135 |
| 3.4.8 | Fahrwiderstand | 135 |
| 3.4.9 | Übungen zum Rollwiderstand und Fahrwiderstand | 136 |
| 3.4.10 | Rolle und Rollenzug | 139 |
| 3.4.10.1 | Feste Rolle (Leit- oder Umlenkrolle) | 139 |
| 3.4.10.2 | Lose Rolle | 140 |
| 3.4.10.3 | Rollenzug | 142 |
| 3.4.10.4 | Übung zum Rollenzug | 143 |

| | |
|--|------------|
| 4 Dynamik | 144 |
| | |
| 4.1 Allgemeine Bewegungslehre | 145 |
| 4.1.1 Größen und v, t -Diagramm, Ordnung der Bewegungen | 145 |
| 4.1.2 Übungen mit dem v, t -Diagramm | 147 |
| 4.1.3 Gesetze und Diagramme der gleichförmigen Bewegung, Geschwindigkeitsbegriff | 149 |
| 4.1.4 Gesetze und Diagramme der gleichmäßig beschleunigten (verzögerten) Bewegung, Beschleunigungsbegriff | 151 |
| 4.1.5 Arbeitsplan zur gleichmäßig beschleunigten oder verzögerten Bewegung | 154 |
| 4.1.6 Freier Fall und Luftwiderstand | 158 |
| 4.1.6.1 Freier Fall ohne Luftwiderstand | 158 |
| 4.1.6.2 Luftwiderstand F_w | 158 |
| 4.1.6.3 Freier Fall mit Luftwiderstand | 159 |
| 4.1.7 Übungen zur gleichmäßig beschleunigten und verzögerten Bewegung | 161 |
| 4.1.8 Zusammengesetzte Bewegungen | 165 |
| 4.1.8.1 Kennzeichen der zusammengesetzten Bewegung | 165 |
| 4.1.8.2 Überlagerungsprinzip | 166 |
| 4.1.8.3 Zusammensetzen und Zerlegen von Wegen, Geschwindigkeiten und Beschleunigungen | 166 |
| 4.1.9 Übungen zur zusammengesetzten Bewegung | 167 |
| 4.1.9.1 Überlagerung von zwei gleichförmig geradlinigen Bewegungen | 167 |
| 4.1.9.2 Überlagerung von gleichförmiger und gleichmäßig beschleunigter Bewegung | 168 |
| 4.2 Gleichförmige Drehbewegung (Kreisbewegung) | 177 |
| 4.2.1 Die Drehzahl n (Umdrehungsfrequenz) | 177 |
| 4.2.2 Die Umfangsgeschwindigkeit v_u | 178 |
| 4.2.3 Richtung der Umfangsgeschwindigkeit v_u | 178 |
| 4.2.4 Umfangsgeschwindigkeit v_u und Drehzahl n | 178 |
| 4.2.4.1 Zahlenwertgleichungen für die Umfangs- geschwindigkeit | 179 |
| 4.2.5 Umfangsgeschwindigkeit und Mittelpunktsgeschwindigkeit | 179 |
| 4.2.6 Die Winkelgeschwindigkeit ω | 180 |
| 4.2.7 Winkelgeschwindigkeit und Umfangsgeschwindigkeit | 180 |
| 4.2.7.1 Zahlenwertgleichung für die Winkelgeschwindigkeit | 181 |
| 4.2.8 Baugrößen und Größen der Bewegung in Getrieben | 181 |
| 4.2.9 Übersetzung i (Übersetzungsverhältnis) | 182 |
| 4.3 Gleichmäßig beschleunigte (verzögerte) Drehbewegung | 183 |
| 4.3.1 Gegenüberstellung der allgemeinen Größen mit den entsprechenden Kreisgrößen | 183 |

| | | |
|------------|--|------------|
| 4.3.2 | Winkelbeschleunigung α | 184 |
| 4.3.3 | Der Drehwinkel im ω, t -Diagramm | 184 |
| 4.3.4 | Die Tangentialbeschleunigung α_T | 185 |
| 4.3.5 | Arbeitsplan zur Kreisbewegung (Vergleich mit Abschnitt 4.1.5) | 185 |
| 4.4 | Dynamik der geradlinigen Bewegung (Translation) | 189 |
| 4.4.1 | Das Trägheitsgesetz (Beharrungsgesetz), erstes Newton'sches Axiom | 189 |
| 4.4.2 | Masse, Gewichtskraft und Dichte | 190 |
| 4.4.3 | Das dynamische Grundgesetz, zweites Newton'sches Axiom | 192 |
| 4.4.4 | Die gesetzliche und internationale Einheit für die Kraft | 194 |
| 4.4.5 | Übungen zum dynamischen Grundgesetz | 194 |
| 4.4.6 | Prinzip von d'Alembert | 196 |
| 4.4.7 | Arbeitsplan zum Prinzip von d'Alembert | 198 |
| 4.4.8 | Übungen zum Prinzip von d'Alembert | 198 |
| 4.4.9 | Impuls (Bewegungsgröße) und Impulserhaltungssatz | 203 |
| 4.5 | Arbeit, Leistung, Wirkungsgrad | 204 |
| 4.5.1 | Arbeit W einer konstanten Kraft F | 204 |
| 4.5.2 | Zeichnerische Darstellung der Arbeit W | 205 |
| 4.5.3 | Federarbeit W_f (Formänderungsarbeit) als Arbeit einer veränderlichen Kraft | 206 |
| 4.5.4 | Übungen mit der Größe Arbeit | 207 |
| 4.5.5 | Mechanische Leistung P | 210 |
| 4.5.6 | Wirkungsgrad η | 211 |
| 4.5.7 | Übungen mit den Größen Arbeit, Leistung, Wirkungsgrad | 213 |
| 4.6 | Arbeit, Leistung, Wirkungsgrad bei der Drehbewegung (Kreisbewegung) | 214 |
| 4.6.1 | Gegenüberstellung der allgemeinen Größen mit den entsprechenden Kreisgrößen | 214 |
| 4.6.2 | Dreharbeit W_{rot} (Rotationsarbeit) | 215 |
| 4.6.3 | Drehleistung P_{rot} (Rotationsleistung) | 216 |
| 4.6.4 | Zahlenwertgleichung für die Drehleistung P_{rot} | 216 |
| 4.6.5 | Wirkungsgrad, Drehmoment und Übersetzung | 217 |
| 4.6.6 | Übungen zu Arbeit, Leistung, Wirkungsgrad und Übersetzung bei Drehbewegung | 217 |
| 4.7 | Energie | 219 |
| 4.7.1 | Energie – Begriffsbestimmung und Einheit | 219 |
| 4.7.2 | Potenzielle Energie E_{pot} und Hubarbeit W_h | 220 |
| 4.7.3 | Kinetische Energie E_{kin} und Beschleunigungsarbeit W_a | 221 |
| 4.7.4 | Spannungsenergie E_s und Formänderungsarbeit W_f | 221 |
| 4.7.5 | Energieerhaltungssatz für technische Vorgänge | 222 |
| 4.7.6 | Übungen zum Energieerhaltungssatz | 223 |

| | | |
|-------------|--|-----|
| 4.8 | Gerader zentrischer Stoß | 225 |
| 4.8.1 | Stoßbegriff, Kräfte und Geschwindigkeiten beim Stoß | 225 |
| 4.8.2 | Merkmale des geraden zentrischen Stoßes | 225 |
| 4.8.3 | Elastischer Stoß | 226 |
| 4.8.4 | Unelastischer Stoß | 228 |
| 4.8.4.1 | Schmieden und Nieten | 228 |
| 4.8.4.2 | Rammen von Pfählen, Eintreiben von Keilen | 229 |
| 4.8.5 | Wirklicher Stoß | 229 |
| 4.8.6 | Übungen zum geraden zentrischen Stoß | 231 |
| 4.9 | Dynamik der Drehbewegung (Rotation) | 233 |
| 4.9.1 | Das dynamische Grundgesetz für die Drehbewegung | 233 |
| 4.9.2 | Trägheitsmoment J und Trägheitsradius i | 234 |
| 4.9.2.1 | Definition des Trägheitsmoments | 234 |
| 4.9.2.2 | Übung zum Trägheitsmoment | 235 |
| 4.9.2.3 | Verschiebesatz (Steiner'scher Satz) | 237 |
| 4.9.2.4 | Reduzierte Masse m_{red} und Trägheitsradius i | 239 |
| 4.9.3 | Übung zum dynamischen Grundgesetz für die Drehung | 240 |
| 4.9.4 | Drehimpuls (Drall) und Impulserhaltungssatz für die Drehung | 240 |
| 4.9.5 | Kinetische Energie E_{rot} (Rotationsenergie) | 241 |
| 4.9.6 | Energieerhaltungssatz für Drehung | 242 |
| 4.9.7 | Fliehkraft | 243 |
| 4.9.7.1 | Zentripetalbeschleunigung und Zentripetalkraft | 243 |
| 4.9.7.2 | Übungen zur Fliehkraft | 244 |
| 4.9.8 | Gegenüberstellung der translatorischen und rotatorischen Größen | 246 |
| 4.10 | Mechanische Schwingungen | 247 |
| 4.10.1 | Begriff | 247 |
| 4.10.2 | Ordnungsbegriffe | 247 |
| 4.10.3 | Die harmonische Schwingung | 247 |
| 4.10.3.1 | Die Bewegungsgesetze der harmonischen Schwingung | 247 |
| 4.10.3.1.1 | Auslenkung-Zeit-Gesetz | 248 |
| 4.10.3.1.2 | Geschwindigkeit-Zeit-Gesetz | 248 |
| 4.10.3.1.3 | Beschleunigung-Zeit-Gesetz | 248 |
| 4.10.3.2 | Die Graphen der harmonischen Schwingung | 249 |
| 4.10.3.3 | Zusammenstellung der wichtigsten Größen und Gleichungen der harmonischen Schwingung | 250 |
| 4.10.3.4 | Rückstellkraft F_R , Richtgröße D und lineares Kraftgesetz bei der harmonischen Schwingung | 251 |
| 4.10.4 | Das Schraubenfederpendel | 252 |
| 4.10.4.1 | Rückstellkraft F_R und Federrate R | 252 |
| 4.10.4.2 | Periodendauer T des Schraubenfederpendels | 254 |
| 4.10.5 | Das Torsionsfederpendel | 255 |
| 4.10.5.1 | Federrate R , Rückstellmoment M_R und Periodendauer T | 255 |

| | | |
|------------|--|------------|
| 4.10.5.2 | Experimentelle Bestimmung von Trägheitsmomenten J aus der Periodendauer | 256 |
| 4.10.6 | Das Schwerependel (Fadenpendel) | 257 |
| 4.10.7 | Schwingung einer Flüssigkeitssäule | 258 |
| 4.10.8 | Analogiebetrachtung zum Schraubenfederpendel, Torsionsfederpendel, Schwerependel und zur schwingenden Flüssigkeitssäule. | 259 |
| 4.10.9 | Dämpfung, Energiezufuhr, erzwungene Schwingung, Resonanz | 259 |
| 4.10.9.1 | Dämpfung. | 259 |
| 4.10.9.2 | Energieminderung durch Dämpfung | 260 |
| 4.10.9.3 | Energiezufuhr. | 260 |
| 4.10.9.4 | Die erzwungene Schwingung und Resonanz | 261 |
| 4.10.9.5 | Das Amplituden-Frequenz-Diagramm | 262 |
| 5 | Festigkeitslehre | 263 |
| 5.1 | Grundbegriffe | 265 |
| 5.1.1 | Die Aufgabe der Festigkeitslehre. | 265 |
| 5.1.2 | Das Schnittverfahren zur Bestimmung des inneren Kräftesystems | 266 |
| 5.1.3 | Spannung und Beanspruchung | 267 |
| 5.1.4 | Die beiden Spannungsarten (Normalspannung σ und Schubspannung τ) | 268 |
| 5.1.5 | Die fünf Grundbeanspruchungsarten | 269 |
| 5.1.5.1 | Zugbeanspruchung (Zug). | 269 |
| 5.1.5.2 | Druckbeanspruchung (Druck) | 270 |
| 5.1.5.3 | Abscherbeanspruchung (Abscheren) | 270 |
| 5.1.5.4 | Biegebeanspruchung (Biegung) | 270 |
| 5.1.5.5 | Torsionsbeanspruchung (Torsion, Verdrehung) | 271 |
| 5.1.5.6 | Kurzzeichen für Spannung und Beanspruchung | 271 |
| 5.1.6 | Die zusammengesetzte Beanspruchung | 271 |
| 5.1.7 | Bestimmen des inneren ebenen Kräftesystems (Schnittverfahren) und der Beanspruchungsarten | 272 |
| 5.1.7.1 | Das allgemeine innere Kräftesystem | 272 |
| 5.1.7.2 | Arbeitsplan zur Bestimmung des inneren Kräftesystems und der Beanspruchungsarten | 273 |
| 5.1.7.3 | Übungen zum Schnittverfahren | 273 |
| 5.2 | Beanspruchung auf Zug | 279 |
| 5.2.1 | Spannung | 279 |
| 5.2.2 | Erkennen des gefährdeten Querschnitts in zugbeanspruchten Bauteilen | 279 |
| 5.2.2.1 | Profilstäbe mit Querbohrung | 280 |
| 5.2.2.2 | Zuglaschen | 280 |
| 5.2.2.3 | Zugschrauben | 280 |

| | | |
|---------|--|-----|
| 5.2.2.4 | Herabhängende Stäbe oder Seile | 281 |
| 5.2.2.5 | Ketten | 281 |
| 5.2.3 | Elastische Formänderung (Hooke'sches Gesetz) | 281 |
| 5.2.3.1 | Verlängerung Δl und Dehnung ε | 282 |
| 5.2.3.2 | Querdehnung ε_q | 282 |
| 5.2.3.3 | Poisson-Zahl μ | 283 |
| 5.2.3.4 | Das Hooke'sche Gesetz | 283 |
| 5.2.3.5 | Wärmespannung | 284 |
| 5.2.3.6 | Formänderungsarbeit W_f | 284 |
| 5.2.4 | Reißlänge | 285 |
| 5.3 | Beanspruchung auf Druck | 286 |
| 5.4 | Übungen zur Zug- und Druckbeanspruchung | 287 |
| 5.5 | Flächenpressung | 289 |
| 5.5.1 | Begriff und Hauptgleichung | 289 |
| 5.5.2 | Flächenpressung an geneigten Flächen | 289 |
| 5.5.3 | Flächenpressung am Gewinde | 291 |
| 5.5.4 | Flächenpressung in Gleitlagern, Niet- und Bolzenverbindungen | 292 |
| 5.5.5 | Flächenpressung an gewölbten Flächen (Hertz'sche Gleichungen) | 293 |
| 5.5.5.1 | Pressung zwischen Kugel und Ebene oder zwischen zwei Kugeln | 293 |
| 5.5.5.2 | Pressung zwischen Zylinder und Ebene oder zwischen zwei Zylindern | 293 |
| 5.5.6 | Übungen zur Flächenpressung | 294 |
| 5.6 | Beanspruchung auf Abscheren | 296 |
| 5.6.1 | Spannung | 296 |
| 5.6.2 | Elastische Formänderung (Hooke'sches Gesetz für Schub) | 298 |
| 5.7 | Flächenmomente 2. Grades I und Widerstandsmomente W | 304 |
| 5.7.1 | Gleichmäßige und lineare Spannungsverteilung (Gegenüberstellung) | 304 |
| 5.7.2 | Definition der Flächenmomente 2. Grades | 305 |
| 5.7.3 | Herleitungsbübung | 306 |
| 5.7.4 | Übungen mit Flächen- und Widerstandsmomenten einfacher Querschnitte | 307 |
| 5.7.5 | Axiale Flächenmomente 2. Grades symmetrischer Querschnitte | 313 |
| 5.7.6 | Axiale Flächenmomente 2. Grades unsymmetrischer Querschnitte (Steiner'scher Verschiebesatz) | 314 |
| 5.7.6.1 | Erste Herleitung des Steiner'schen Satzes | 315 |
| 5.7.6.2 | Zweite Herleitung des Steiner'schen Satzes | 316 |

| | | |
|-------------|---|------------|
| 5.7.6.3 | Arbeitsplan zur Berechnung axialer Flächenmomente 2. Grades | 317 |
| 5.7.7 | Übungen mit Flächen- und Widerstandsmomenten zusammengesetzter Querschnitte | 317 |
| 5.8 | Beanspruchung auf Torsion | 322 |
| 5.8.1 | Spannungsverteilung | 322 |
| 5.8.2 | Herleitung der Torsions-Hauptgleichung | 323 |
| 5.8.3 | Formänderung bei Torsion | 325 |
| 5.8.4 | Formänderungsarbeit W_f | 326 |
| 5.9 | Beanspruchung auf Biegung | 329 |
| 5.9.1 | Spannungsarten und inneres Kräftesystem bei Biegeträgern | 329 |
| 5.9.2 | Bestimmung der Biegemomente und Querkräfte an beliebigen Trägerstellen | 330 |
| 5.9.3 | Spannungsverteilung im Trägerquerschnitt | 330 |
| 5.9.4 | Herleitung der Biege-Hauptgleichung | 331 |
| 5.9.5 | Spannungsverteilung im einfach symmetrischen Querschnitt | 333 |
| 5.9.6 | Gültigkeitsbedingungen für die Biege-Hauptgleichung | 333 |
| 5.9.7 | Übungen zur Berechnung des Biegemomenten- und Querkraftverlaufs bei den wichtigsten Trägerarten und Belastungen | 334 |
| 5.9.7.1 | Freiträger mit Einzellast | 334 |
| 5.9.7.2 | Freiträger mit mehreren Einzellasten | 335 |
| 5.9.7.3 | Freiträger mit konstanter Streckenlast (gleichmäßig verteilte Streckenlast) | 336 |
| 5.9.7.4 | Freiträger mit Mischlast (Einzellast und konstante Streckenlast) | 337 |
| 5.9.7.5 | Stützträger mit Einzellast | 338 |
| 5.9.7.6 | Stützträger (Kragträger) mit mehreren Einzellasten | 339 |
| 5.9.7.7 | Stützträger (Kragträger) mit konstanter Streckenlast | 341 |
| 5.9.7.8 | Stützträger mit Mischlast (Einzellast und konstante Streckenlast) | 343 |
| 5.9.8 | Träger gleicher Biegespannung | 344 |
| 5.9.8.1 | Allgemeine Anformungsgleichung | 344 |
| 5.9.8.2 | Achsen und Wellen | 344 |
| 5.9.8.3 | Biegefeder mit Rechteckquerschnitt | 345 |
| 5.9.8.4 | Konsolträger mit Einzellast | 346 |
| 5.9.8.5 | Konsolträger mit Streckenlast | 346 |
| 5.9.9 | Formänderung bei Biegung | 347 |
| 5.9.9.1 | Krümmungsradius, Krümmung | 347 |
| 5.9.9.2 | Allgemeine Durchbiegungsgleichung | 348 |
| 5.9.9.3 | Neigungswinkel der Biegelinie | 349 |
| 5.9.10 | Übungen zur Durchbiegungsgleichung | 350 |
| 5.10 | Beanspruchung auf Knickung | 352 |
| 5.10.1 | Grundbegriffe | 352 |
| 5.10.2 | Elastische Knickung (Eulerfall) | 353 |

| | | |
|-------------|---|------------|
| 5.10.3 | Unelastische Knickung (Tetmajerfall) | 356 |
| 5.10.4 | Arbeitsplan für Knickungsaufgaben | 357 |
| 5.10.5 | Knickung im Stahlbau | 360 |
| 5.10.5.1 | Vorschriften | 360 |
| 5.10.5.2 | Tragsicherheitsnachweis bei einteiligen Knickstäben | 360 |
| 5.10.5.3 | Herleitung einer Entwurfsformel | 360 |
| 5.10.5.4 | Arbeitsplan (AP) zum Tragsicherheitsnachweis | 360 |
| 5.10.5.5 | Zusammengesetzte Knickstäbe | 363 |
| 5.11 | Zusammengesetzte Beanspruchung | 366 |
| 5.11.1 | Zug und Biegung | 366 |
| 5.11.2 | Druck und Biegung | 367 |
| 5.11.3 | Übung zur zusammengesetzten Beanspruchung durch Normalspannungen | 368 |
| 5.11.4 | Biegung und Torsion | 369 |
| 5.11.4.1 | Festigkeitshypothesen und Vergleichsspannung σ_v | 369 |
| 5.11.4.2 | Vergleichsmoment M_v | 370 |
| 5.11.4.3 | Übung zu Biegung und Torsion | 371 |
| 5.12 | Festigkeit, zulässige Spannung, Sicherheit | 376 |
| 5.12.1 | Festigkeitswerte im Spannungs-Dehnungs-Diagramm | 376 |
| 5.12.2 | Einflüsse auf die Festigkeit des Bauteils | 377 |
| 5.12.2.1 | Beanspruchungsart und Festigkeit | 377 |
| 5.12.2.2 | Temperatur und Festigkeit | 377 |
| 5.12.2.3 | Belastungsart und Festigkeit | 377 |
| 5.12.2.4 | Gestalt und Dauerfestigkeit | 379 |
| 5.12.3 | Spannungsbegriffe | 381 |
| 5.12.3.1 | Nennspannung | 381 |
| 5.12.3.2 | Örtliche Spannung | 381 |
| 5.12.3.3 | Zulässige Spannung | 381 |
| 5.12.3.4 | Berechnungen im Buch | 382 |
| 5.12.3.5 | Praktische Festigkeitsberechnungen im Maschinenbau | 382 |
| 5.12.4 | Dauerbruchsicherheit | 383 |
| 5.12.4.1 | Sicherheit S_D bei ruhender Belastung | 383 |
| 5.12.4.2 | Sicherheit S_D bei dynamischer Belastung | 383 |
| 5.12.5 | Übungen zur Dauerfestigkeit | 384 |
| 6 | Fluidmechanik | 387 |
| 6.1 | Statik der Flüssigkeiten (Hydrostatik) | 387 |
| 6.1.1 | Eigenschaften der Flüssigkeiten | 387 |
| 6.1.2 | Hydrostatischer Druck (Flüssigkeitsdruck, hydraulische Pressung) | 388 |
| 6.1.3 | Druckverteilung in einer Flüssigkeit ohne Berücksichtigung der Schwerkraft, das Druck-Ausbreitungsgesetz | 388 |

| | | |
|-----------|---|-----|
| 6.1.4 | Anwendungen des Druck-Ausbreitungsgesetzes | 389 |
| 6.1.4.1 | Hydraulischer Hebebock | 389 |
| 6.1.4.2 | Druckkraft auf gewölbte Böden. | 391 |
| 6.1.4.3 | Beanspruchung einer Kessel- oder Rohrlängsnaht | 391 |
| 6.1.4.4 | Hydraulische Presse..... | 392 |
| 6.1.5 | Druckverteilung in einer Flüssigkeit unter Berücksichtigung der Schwerkraft | 393 |
| 6.1.6 | Kommunizierende Röhren | 395 |
| 6.1.7 | Bodenkraft | 395 |
| 6.1.8 | Seitenkraft. | 396 |
| 6.1.9 | Auftriebskraft | 398 |
| 6.1.10 | Schwimmen | 399 |
| 6.1.11 | Gleichgewichtslagen schwimmender Körper | 400 |
| 6.1.12 | Stabilität eines Schiffes | 401 |
| 6.2 | Dynamik der Fluide (Hydrodynamik, Strömungsmechanik). | 403 |
| 6.2.1 | Übersicht. | 403 |
| 6.2.2 | Erhaltungssätze der Strömung | 404 |
| 6.2.2.1 | Massenerhaltungssatz (Kontinuitätsgleichung) | 404 |
| 6.2.2.2 | Energieerhaltungssatz (Bernoulli'sche Gleichung) | 406 |
| 6.2.2.2.1 | Horizontale Strömung (Strömung ohne Höhenunterschied) | 406 |
| 6.2.2.2.2 | Nichthorizontale Strömung (Strömung mit Höhenunterschied) | 407 |
| 6.2.2.2.3 | Anwendung der Bernulligleichung | 408 |
| 6.2.2.3 | Impulserhaltungssatz | 413 |
| 6.2.3 | Strömung in Rohrleitungen | 417 |
| | Sachwortverzeichnis | 419 |