

Vorwort

Zu den wichtigsten theoretischen Grundlagen jedes Technikers und Ingenieurs gehören die Mechanik und Festigkeitslehre. Die vom vorliegenden Buch angebotenen Übungsaufgaben sollen dazu dienen, die im Unterricht oder im Selbststudium erarbeiteten Kenntnisse zu vertiefen, und zur Rationalisierung des Unterrichts an technischen Lehranstalten beitragen. Sie sind vorzugsweise auf das Studium an Technikerschulen und Technischen Hochschulen abgestimmt, aber auch für Praktiker geeignet, die ihre theoretischen Kenntnisse auffrischen oder erweitern wollen. Die Auswahl der Aufgaben und die Formulierungen der Aufgabenstellungen erfolgte nach didaktischen Gesichtspunkten, wobei eine enge Beziehung zur Praxis angestrebt wurde. Jeder Abschnitt beginnt mit relativ einfach zu lösenden Aufgaben, die in der Regel den Beispielen im Lehrbuch angepasst wurden (siehe „Hinweise für die Benutzung des Buches“). Es sind auch die Formelzeichen der gegebenen und der gesuchten Größen angegeben. Danach nimmt der Schwierigkeitsgrad zu; die Formelzeichen müssen selbst festgelegt werden, der Lösungsgang ist nicht mehr durch Fragestellungen nach Zwischenergebnissen vorgegeben. Der erste Teil des Buches enthält die Aufgabentexte, zu deren Verständnis zahlreiche Abbildungen beitragen. Im zweiten Teil befinden sich geordnet zusammengestellt die Ergebnisse der Berechnungen und der zeichnerischen Lösungen, falls in der Aufgabenstellung verlangt. In einem besonderen dritten Teil werden Erläuterungen und Hinweise zum Lösungsgang jeder Aufgabe

gegeben. Durch diese bewährte Methode wird Studienanfängern und den in der Praxis tätigen Technikern und Ingenieuren, die nur hin und wieder Probleme der Technischen Mechanik zu lösen haben, eine Möglichkeit zur schnellen Einarbeitung in die Berechnungsverfahren angeboten. Ein separates Lösungsbuch ist somit überflüssig, da jede Lösung nach der gegebenen Anleitung sicher nachvollzogen werden kann. Selbstverständlich führen in vielen Fällen auch andere Lösungswege zum richtigen Ergebnis.

Allen Kolleginnen und Kollegen und den Benutzern der bisherigen Auflagen, die mündlich oder schriftlich viele Anregungen gaben, sagen wir herzlichen Dank. Die nun vorliegende Neuauflage berücksichtigt die Änderungen in der sechsten Auflage des zugehörigen Lehrbuches (siehe „Hinweise zur Benutzung des Buches“). Druck- und Ergebnisfehler, die sich leider eingeschlichen hatten, wurden bereinigt und einige neue Aufgaben hinzugefügt. Bei den Mitarbeitern des Carl Hanser Verlages, besonders bei Frau *Ute Eckardt* und Frau *Katrin Wulst* bedanken wir uns für die gute Zusammenarbeit.

Wir hoffen, dass auch diese Auflage den Studenten und den lehrenden Kollegen ebenso wie den in der Praxis tätigen Technikern und Ingenieuren ein brauchbares Hilfsmittel sein wird. Verbesserungsvorschläge und Hinweise auf mögliche Rechenfehler, die bei der Vielzahl der erforderlichen Rechnungsgänge trotz größter Sorgfalt nicht ausgeschlossen sind, werden dankbar entgegengenommen.

Bernd Kretschmer
Peter Möhler

Inhaltsverzeichnis

A = Aufgaben, E = Ergebnisse, L = Erläuterungen und Hinweise zu den Lösungen

| | A | E | L |
|---|----|-----|-----|
| 1 Einführung | 11 | 173 | 221 |
| 2 Statik starrer Körper | 13 | 174 | 222 |
| Freimachen | 13 | 174 | 222 |
| Zentrales ebenes Kräftesystem | 15 | 175 | 222 |
| Allgemeines ebenes Kräftesystem | 20 | 178 | 224 |
| Räumliche Kräftesysteme | 32 | 181 | 229 |
| 3 Ebene Fachwerke | 35 | 183 | 231 |
| 4 Schwerpunkt | 37 | 184 | 232 |
| Körper | 37 | 184 | 232 |
| Flächen | 38 | 184 | 232 |
| Linien | 41 | 185 | 233 |
| Standsicherheit | 42 | 186 | 233 |
| 5 Reibung | 45 | 187 | 235 |
| Haft- und Gleitreibung | 45 | 187 | 235 |
| Reibungskräfte, Haftsicherheit | 45 | 187 | 235 |
| Reibung auf geneigter Ebene | 47 | 187 | 235 |
| Technische Anwendung des Reibungsgesetzes | 48 | 187 | 236 |
| Gleitführungen | 48 | 187 | 236 |
| Gewinde | 49 | 187 | 236 |
| Reibungskupplungen und -bremsen | 50 | 188 | 237 |
| Lager | 52 | 188 | 237 |
| Rollen und Rollenzüge | 53 | 188 | 237 |
| Seilreibung | 54 | 188 | 237 |
| Roll- und Fahrwiderstand | 56 | 189 | 238 |
| 6 Kinematik | 58 | 190 | 239 |
| Gleichförmige geradlinige Bewegung | 58 | 190 | 239 |
| Ungleichförmige geradlinige Bewegung | 59 | 190 | 239 |
| Gleichmäßig beschleunigt oder verzögert | 59 | 190 | 239 |
| Freier Fall und senkrechter Wurf | 61 | 191 | 240 |
| Gleichförmige Kreis- und Drehbewegung | 62 | 191 | 241 |
| Ungleichförmige Kreis- und Drehbewegung | 63 | 192 | 241 |
| Übersetzung | 64 | 192 | 242 |
| Zusammengesetzte Bewegungen | 67 | 192 | 242 |
| 7 Kinetik | 71 | 194 | 245 |
| Translation | 71 | 194 | 245 |
| Anwendung des Grundgesetzes der Dynamik | 71 | 194 | 245 |
| Prinzip von d'Alembert | 72 | 194 | 245 |
| Impuls, Impulssatz | 74 | 194 | 246 |
| Arbeit, Energie, Leistung | 75 | 195 | 246 |
| Arbeit und Energie | 75 | 195 | 246 |
| Leistung und Wirkungsgrad | 77 | 195 | 247 |
| Gerader zentrischer Stoß | 79 | 196 | 248 |
| Rotation | 80 | 196 | 248 |
| Anwendung des Grundgesetzes der Dynamik | 80 | 196 | 248 |
| Trägheitsmomente | 82 | 197 | 249 |
| Drehimpuls, Drehimpulssatz | 84 | 197 | 249 |
| Arbeit, Energie und Leistung bei Drehbewegung | 85 | 197 | 250 |
| Fliehkraft | 90 | 198 | 251 |

| | A | E | L |
|--|-----|-----|-----|
| 8 Mechanische Schwingungen | 93 | 200 | 253 |
| Freie ungedämpfte Schwingungen | 93 | 200 | 253 |
| Schwingungen mit geradliniger Bewegung | 93 | 200 | 253 |
| Pendelschwingungen | 95 | 200 | 253 |
| Dreh- oder Torsionsschwingungen | 97 | 200 | 254 |
| Diverse freie ungedämpfte Schwingungen | 99 | 201 | 254 |
| Freie gedämpfte Schwingungen | 102 | 201 | 256 |
| Erzwungene Schwingungen | 104 | 201 | 256 |
| 9 Festigkeitslehre | 109 | 203 | 258 |
| Spannung und Formänderung | 109 | 203 | 258 |
| Schnittkräfte und -momente | 109 | 203 | 258 |
| Dehnung und Formänderungsarbeit | 110 | 203 | 258 |
| Zug-, Druck- und Scherbeanspruchung | 111 | 203 | 259 |
| Zug- und Druckbeanspruchung, Flächenpressung | 112 | 203 | 259 |
| Reiß- und Traglänge | 116 | 204 | 260 |
| Fliehzugspannungen, Wärmespannungen | 116 | 204 | 260 |
| Walzenpressung | 118 | 205 | 261 |
| Scherbeanspruchung | 119 | 205 | 261 |
| Biegebeanspruchung | 122 | 205 | 262 |
| Flächen- und Widerstandsmomente | 122 | 205 | 262 |
| Biegemomente, Quer- und Längskräfte | 125 | 206 | 262 |
| Berechnung biegebeanspruchter Bauteile | 127 | 208 | 263 |
| Schubspannungen bei Biegebeanspruchung | 132 | 209 | 264 |
| Durchbiegung | 132 | 210 | 265 |
| Verdrehbeanspruchung (Torsion). | 132 | 210 | 265 |
| Kreisförmige Querschnitte | 133 | 210 | 265 |
| Nichtkreisförmige Querschnitte | 134 | 210 | 266 |
| Verdrehwinkel, Formänderungsarbeit | 135 | 210 | 266 |
| Zusammengesetzte Beanspruchung | 135 | 210 | 266 |
| Biegung mit Zug oder Druck | 135 | 210 | 266 |
| Biegung mit Verdrehung | 138 | 211 | 267 |
| Gestaltfestigkeit | 140 | 211 | 268 |
| Zug- und druckbeanspruchte Bauteile | 140 | 211 | 268 |
| Biegebeanspruchte Bauteile | 142 | 212 | 268 |
| Torsionsbeanspruchte Bauteile | 144 | 213 | 269 |
| Zusammengesetzt beanspruchte Bauteile | 145 | 213 | 269 |
| Wellen und Achsen nach DIN 743 | 147 | 214 | 269 |
| Knickung | 148 | 214 | 270 |
| Elastische und unelastische Knickung | 148 | 214 | 270 |
| Omega-Verfahren | 151 | 215 | 270 |
| 10 Hydromechanik | 153 | 216 | 271 |
| Hydrostatik | 153 | 216 | 271 |
| Druckausbreitung in Flüssigkeiten | 153 | 216 | 271 |
| Hydrostatischer Druck | 155 | 216 | 271 |
| Druckkräfte gegen Gefäßwände | 157 | 216 | 272 |
| Auftrieb und Schwimmen | 158 | 216 | 273 |
| Hydrodynamik reibungsfreier Strömungen | 160 | 217 | 273 |
| Kontinuitätsgleichung, Bernoullische Gleichung | 160 | 217 | 273 |
| Ausfluss aus Behältern | 162 | 217 | 274 |
| Kraftwirkungen stationärer Strömungen | 164 | 217 | 274 |
| Strömungskräfte | 164 | 217 | 274 |
| Rückstoß- und Stoßkräfte | 165 | 218 | 274 |
| Hydrodynamik wirklicher Strömungen | 167 | 218 | 275 |
| Laminare und turbulente Strömungen | 167 | 218 | 275 |
| Energieverluste in Rohrleitungsanlagen | 167 | 218 | 275 |

Scherbeanspruchung

9.75

Der Bolzen im skizzierten Gelenk (Bild 9.75) hat eine größte Kraft $F = 18 \text{ kN}$ zu übertragen. Sein Durchmesser beträgt $d = 25 \text{ mm}$, die Länge $l_1 = 2l_2 = 30 \text{ mm}$. Es sind gesucht:

1. Die Scherspannung τ_a im Bolzen,
2. Die mittlere Flächenpressung \bar{p} zwischen Bolzen und Bohrung.

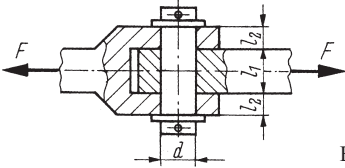


Bild 9.75 Gelenk

9.76

Für ein Gelenk entsprechend Bild 9.75, das eine Kraft $F = 950 \text{ N}$ zu übertragen hat, sind zu errechnen und auf volle mm zu runden:

1. Der erforderliche Bolzendurchmesser d bei einer zulässigen Scherspannung $\tau_{a\text{zul}} = 52 \text{ N/mm}^2$,
2. Die erforderlichen Längen l_1 und $l_2 = 0,5l_1$ mit einer zulässigen Flächenpressung $p_{\text{zul}} = 24 \text{ N/mm}^2$.

9.77

Das geradzahnnte Stirnrad nach Bild 9.77 hat eine Leistung von 500 W bei der Drehzahl 250 min^{-1} zu übertragen. Eine als Querstift angeordnete Spannhülse verbindet Welle und Nabe. Zu errechnen sind:

1. Das Drehmoment M ,
2. Die Umfangskraft F_u an der Welle,
3. Die Scherspannung τ_a im Kreisringquerschnitt der Hülse.

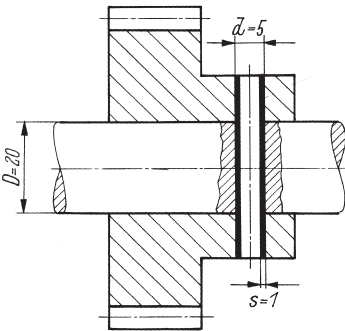


Bild 9.77 Querstiftverbindung

9.78

Bild 9.78 zeigt eine Kurbel, die durch eine Längsstiftverbindung auf der Welle befestigt ist. Welche tragende Länge l muss der Zylinderstift mindestens haben, damit die zulässige Scherspannung von 32 N/mm^2 nicht überschritten wird?

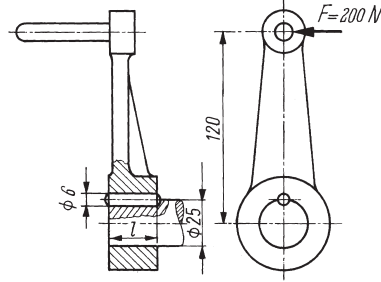


Bild 9.78 Längsstiftverbindung

9.79

Die Blechöse in Bild 9.79 ist zwischen zwei Blechwinkel gelötet und dient zur Aufnahme einer Gelenkstange, in der eine größte Kraft $F = 500 \text{ N}$ wirkt. Welche Breite b muss die Lötfläche mindestens erhalten, wenn das Lot eine Scherfestigkeit $\tau_{aB} = 15 \text{ N/mm}^2$ hat und die Bruchsicherheit $S_B = 6$ betragen soll?

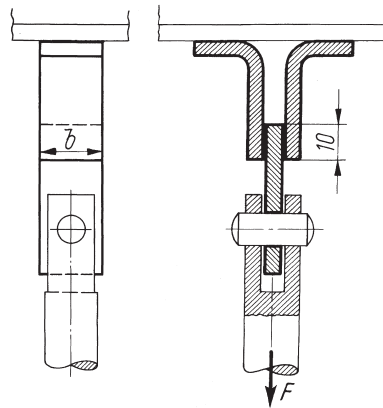


Bild 9.79 Gelötete Blechöse

9.80

In Bild 9.80 ist ein Rillenkugellager dargestellt, das auf dem Lagerzapfen der Welle aus S275JR mit einem Sicherungsring befestigt ist. Die in der Welle schwellend wirkende Axialkraft wird über den Sicherungsring und eine Stützscheibe in das Lager geleitet.

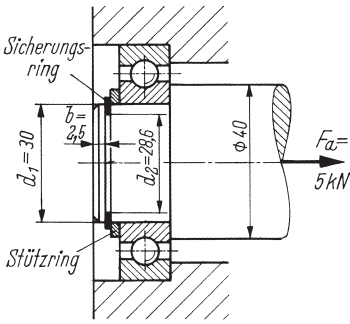


Bild 9.80 Befestigung eines Rillenkugellagers

1. Wird im Ringquerschnitt des Bundes am Zapfenende die zulässige Scherspannung überschritten?
2. Wie groß ist die Flächenpressung an der kreisringförmigen Anlagefläche des Sicherungsringes am Zapfenbund?

9.81

Für den Entwurf eines Zugbolzens (Bild 9.81) aus E335 sind der Bolzendurchmesser d , der Führungszylinderdurchmesser d_1 , der Kopf­flächen­durchmesser D und die Kopfhöhe k über­schläglich zu errechnen und auf ganzzahlige Werte mit der Endziffer Null zu runden. Es ist eine schwelende Zugkraft von 65 kN zu über­tragen, deren stoßartiges Auftreten durch einen Be­triebsfaktor von 2,5 zu berücksichtigen ist. Die zulässige Flächenpressung beträgt 40 N/mm^2 .

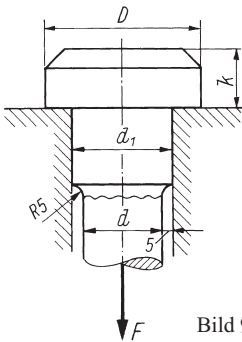


Bild 9.81 Kopf eines Zugbolzens

9.82

In der Scheibenkupplung nach Bild 9.82 sind auf dem Teilkreis mit $d_0 = 140\text{ mm}$ Durchmesser vier Passschrauben M 12 mit $d_1 = 13\text{ mm}$ Schaft­durchmesser angeordnet. Der Schraubenwerkstoff hat die Streckgrenze $R_e = 640\text{ N/mm}^2$. Die Kupp­lungshälften sind aus Gusseisen EN-GJL-200 ge­fertigt. Wird bei Übertragung eines wechselnd wirkenden Drehmoments $M = 1000\text{ Nm}$ in den

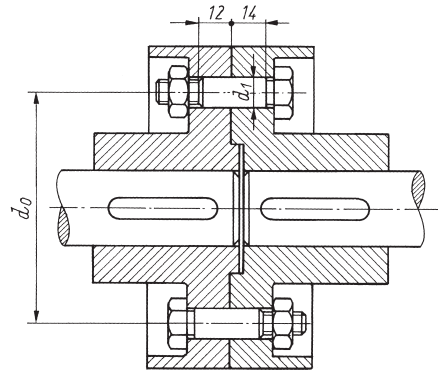


Bild 9.82 Scheibenkupplung

Schraubenschäften die zulässige Scherspannung $\tau_{a\text{zul}} = R_e/3$ und in den Bohrungen die zulässige Leibungsspannung $\sigma_{1\text{zul}} = 2\sigma_{\text{zul}}$ überschritten?

9.83

Für die in Bild 9.83 skizzierte Nietverbindung ist der Spannungsnachweis durchzuführen. Es ist zu prüfen, ob die zulässige Scherspannung von 100 N/mm^2 , die zulässige Leibungsspannung von 280 N/mm^2 und die zulässige Zugspannung von 140 N/mm^2 überschritten werden.

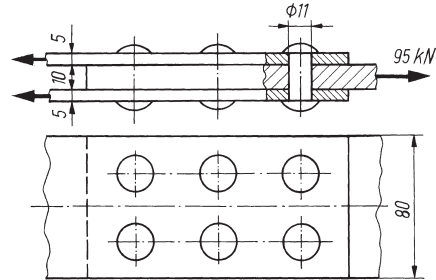


Bild 9.83 Zweischnittige Nietverbindung

9.84

Bild 9.84 zeigt eine Doppelaschennietung, die im Lastfall H eine Kraft $F = 132\text{ kN}$ zu über-

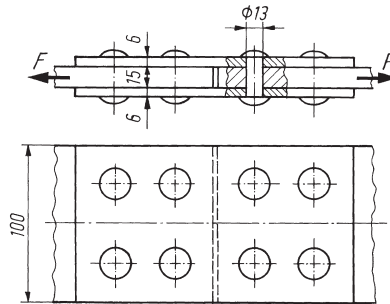


Bild 9.84 Doppelaschennietung

tragen hat, Bauteilwerkstoff: S235JR, Nietwerkstoff: USt 36-1. Es ist der Spannungsnachweis für die Niete und die Bauteile durchzuführen.

9.85

Ein Lüfterflügel aus 2 mm dickem Blech mit einem Gewicht von 200 g ist entsprechend Bild 9.85 mit zwei Nieten an der Nabe befestigt.

1. Welche Zugspannung σ_z tritt infolge der Fliehkraft F_z bei einer Drehzahl von 3500 min^{-1} im gefährdeten Querschnitt des Flügels auf?
2. Wie groß ist die Scherspannung τ_a in den Nietquerschnitten?
3. Wie groß ist die Leibungsspannung σ_1 in den Bohrungen des Flügels?

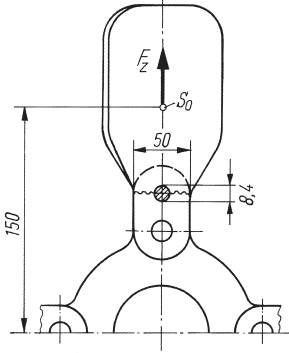


Bild 9.85 Genietet Lüfterflügel

9.86

Die Schweißpunkte an der Blechöse in Bild 2.102 haben einen Durchmesser $d = 6 \text{ mm}$. Welche Scherspannung tritt in den Punkten auf, wenn eine Federkraft $F = 560 \text{ N}$ wirkt?

9.87

Ist die in Bild 9.87 skizzierte Passschraubenverbindung ausreichend bemessen für die Übertragung der angegebenen Kraft? Der Schrauben-

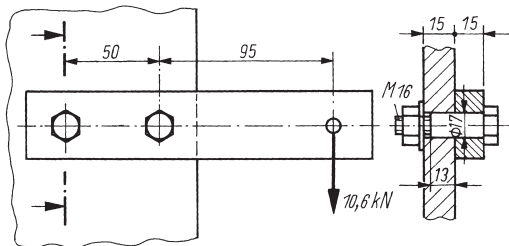


Bild 9.87 Passschraubenverbindung

werkstoff hat die Streckgrenze $R_e = 300 \text{ N/mm}^2$. Die zulässigen Spannungen betragen $\tau_{a \text{ zul}} = R_e/2,2$ und $\sigma_{1 \text{ zul}} = 2\sigma_{\text{zul}}$. Der angeschraubte Flachstahl besteht aus S275, die Anschlusskonstruktion aus E 295.

9.88

Bild 9.88 zeigt die Anordnung von vier Passschrauben in einer Verbindung mit Bauteildicken, Schraubenabmessungen und -werkstoff sowie zulässige Spannungen wie in Aufgabe 9.87 (Bild 9.87). Die Kraft $F = 25 \text{ kN}$ wirkt unter dem Winkel $\alpha = 30^\circ$. Zu ermitteln ist:

1. Die von einer Schraube zu übertragende größte Kraft F_1 .
2. Ist die Scherspannung τ_a in den Schraubenstäben zulässig?
3. Ist die Leibungsspannung σ_1 in den Bauteilen zulässig?

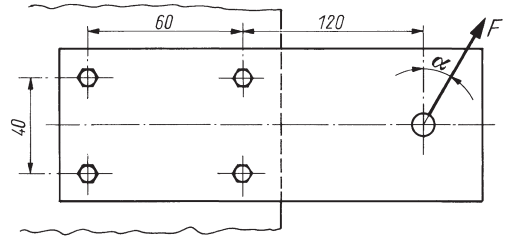


Bild 9.88 Momentenanschluss mit Passschrauben

9.89

In Bild 9.89 ist eine Punktschweißverbindung mit fünf zweischnittigen Schweißpunkten skizziert. Die in einer Schweißlinse auftretende größte Scherspannung τ_a ist zu errechnen.

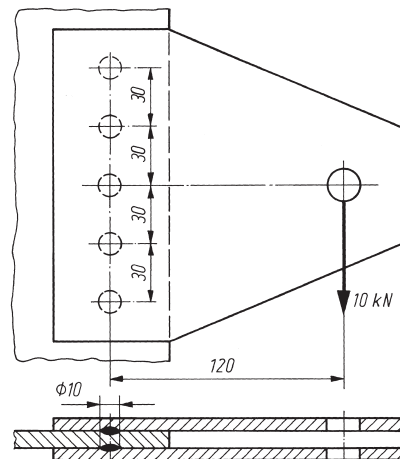


Bild 9.89 Zweischnittige Punktschweißverbindung

9.90

Bild 9.90 zeigt eine Scherbolzenkupplung, die Maschinen vor Überlastung und Beschädigung schützen soll. Die in gehärteten Buchsen (1) geführten Bolzen (2) werden bei Überschreitung des zulässigen Drehmoments abgeschert. Wie groß muss der Bolzendurchmesser d ausgeführt werden bei einer Kupplung mit $z = 3$ Scherbolzen am Teilkreisdurchmesser $d_0 = 100$ mm, wenn der Bolzenwerkstoff eine Scherfestigkeit $\tau_{AB} = 400$ N/mm² hat und das Bruch-Drehmoment $M = 760$ Nm betragen soll?

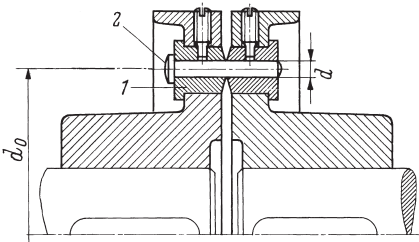


Bild 9.90 Scherbolzenkupplung
1 Buchse, 2 Bolzen

9.91

In einen $s = 0,6$ mm dicken Blechstreifen aus S235JR sollen quadratische Löcher mit der Kantenlänge $a = 20$ mm gestanzt werden. Zu er rechnen sind die mindestens erforderliche Schnittkraft (Bruchscherkraft) und die Druckspannung im Stempelquerschnitt, der gleich der Lochfläche ist.

9.92

Das in Bild 9.92 skizzierte Blechteil soll aus 0,8 mm dickem Messingblech mit einer Scherfestigkeit von 220 N/mm² gestanzt werden. Welche Schnittkraft ist hierfür erforderlich?

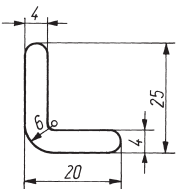


Bild 9.92 Blechteil

Bruchteile von π errechnet, z. B. mit $\pi/64 \approx 0,05$, $\pi/32 \approx 0,1$ und $\pi/16 \approx 0,2$ (vgl. Tab. 22 u. die Gln. (9.76) bis (9.79)). Die auftretenden Abweichungen sind nur gering und ohne Bedeutung, da in der Regel die ermittelten Abmessungen gerundet und die errechneten Spannungen mit Erfahrungswerten für zulässige Beanspruchungen verglichen werden.

Flächen- und Widerstandsmomente

9.93 bis 9.95

Wie groß sind die axialen Flächenmomente 2. Grades I_x und I_y , und die axialen Widerstandsmomente W_x und W_y der in Bild 9.93 gezeigten Querschnittsflächen?

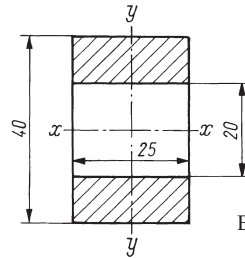
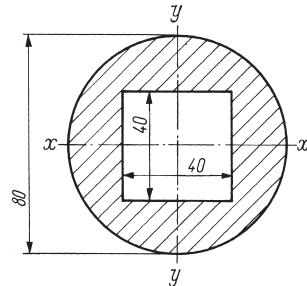
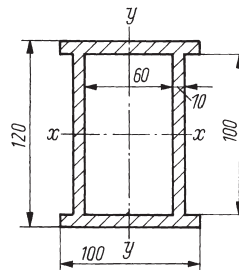


Bild 9.93 Querschnittsflächen
a) Aufgabe 9.93



b) Aufgabe 9.94



c) Aufgabe 9.95

Biegebeanspruchung

Die Flächen- und Widerstandsmomente von Kreis- und Kreisringflächen wurden bei den Lösungen der Aufgaben dieses und der folgenden Kapitel teilweise mit den in der Praxis üblichen gerundeten Beträgen der

9.96

Eine Stütze hat die in Bild 9.96 dargestellte H-förmige Querschnittsfläche. Wie groß sind die axialen Flächenmomente 2. Grades I_x und I_y dieser Fläche?

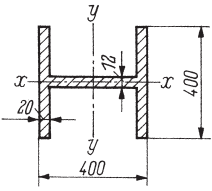


Bild 9.96 Querschnitt einer Stütze

9.97

Die Arme eines Zahnrades haben den in Bild 9.97 skizzierten kreuzförmigen Querschnitt. Welchen Betrag hat das auf die x -Achse bezogene Flächenmoment 2. Grades I_x und das auf diese Achse bezogene Widerstandsmoment W_b gegen Biegung?

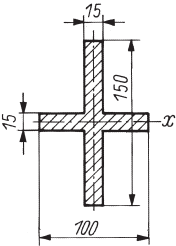


Bild 9.97 Armquerschnitt eines Zahnrades

9.98

Für die U-förmige Querschnittsfläche einer Traverse (Bild 9.98) sind zu ermitteln:

1. Die Randabstände e_1 und e_2 ,
2. Die Flächenmomente 2. Grades I_x und I_y ,
3. Die Widerstandsmomente W_{x1} und W_{x2} .

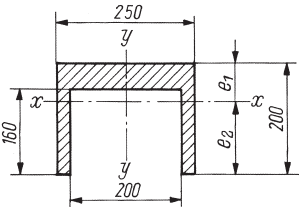


Bild 9.98 Traversenquerschnitt

9.99

Die axialen Flächenmomente 2. Grades I_x und I_y sowie die kleinsten und größten Widerstandsmomente $W_{x\min}$ und $W_{x\max}$, $W_{y\min}$ und $W_{y\max}$ der in Bild 9.99 skizzierten Querschnittsfläche sind zu errechnen.

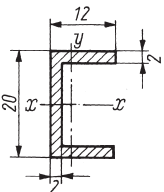


Bild 9.99 Querschnitt eines U-Profiles

9.100

Für die in Bild 9.100 dargestellten trapezförmige Querschnittsfläche mit den Abmessungen $B = 100 \text{ mm}$, $b = 60 \text{ mm}$, $d = 50 \text{ mm}$ und $h = 120 \text{ mm}$ sind zu errechnen:

1. Die Randabstände e_1 und e_2 ,
2. Das axiale Flächenmoment 2. Grades I_x ,
3. Die Widerstandsmomente W_{x1} und W_{x2} .

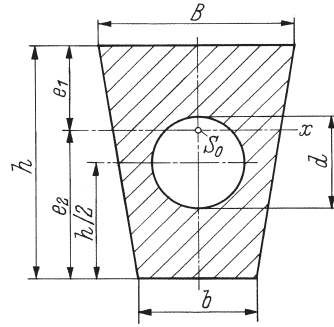


Bild 9.100 Trapezförmiger Querschnitt mit kreisförmiger Ausparung

9.101

Ein Maschinenrahmen hat die in Bild 9.101 skizzierte Querschnittsfläche. Es sind zu ermitteln:

1. Die Randabstände e_1 und e_2 ,
2. Das auf die Nulllinie bezogene Flächenmoment 2. Grades I ,
3. Die Widerstandsmomente W_{b1} und W_{b2} gegen Biegung.

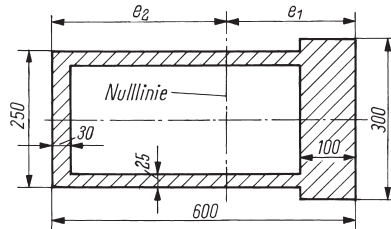


Bild 9.101 Querschnitt eines Maschinenrahmens

9.102

Von dem in Bild 9.102 skizzierten Querschnitt eines Wulstprofils sind die auf die y -Achse bezogenen Widerstandsmomente gegen Biegung zu errechnen.

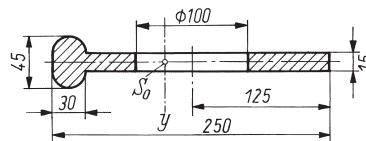


Bild 9.102 Querschnitt eines Wulstprofils

9.103

Wie groß sind die auf die Schwerachsen bezogenen Flächenmomente 2. Grades und Widerstandsmomente der in Bild 9.103 skizzierten Querschnittsfläche eines Hohlprofils?

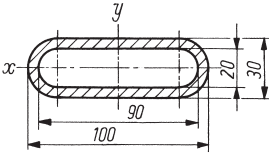


Bild 9.103 Hohlprofilquerschnitt

9.104

In Bild 9.104 ist eine Schweißnahtfläche dargestellt. Die Nahtdicke beträgt $a = 6$ mm. Zu ermitteln sind:

1. Die Nahtfläche A ,
2. Die Flächenmomente 2. Grades I_x und I_y .

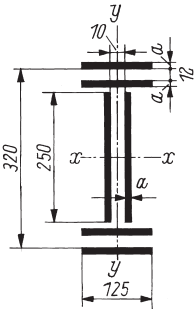


Bild 9.104 Schweißnahtfläche

9.105

Bild 9.105 zeigt den Querschnitt eines geschweißten Trägers. Es sind das kleinste und das größte Widerstandsmoment W_{bmin} und W_{bmax} gegen Biegung zu ermitteln, bezogen auf die zur Symmetrielinie senkrechte Nulllinie, wobei die Schweißnahtflächen zu vernachlässigen sind.

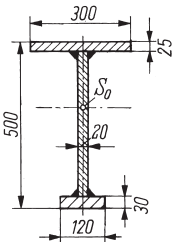


Bild 9.105 Kranträgerquerschnitt

9.106

In Bild 9.106 ist der doppelt-symmetrische Querschnitt eines Kastenträgers dargestellt. Wie

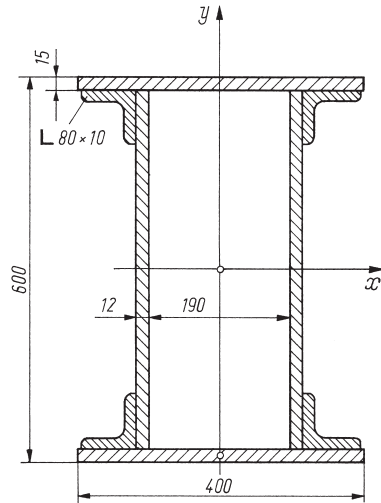


Bild 9.106 Querschnitt eines Kastenträgers

groß sind die auf die Schwerachsen x und y bezogenen axialen Widerstandsmomente W_x und W_y ?

9.107

Für die in Bild 4.21 gezeigte Querschnittsfläche eines zusammengesetzten Profilträgers sind die auf die waagerechte Schwerachse bezogenen Widerstandsmomente W_{bmax} und W_{bmin} gegen Biegung zu ermitteln.

9.108

Wie groß sind das Widerstandsmoment W_{bz} gegen Biegezug (obere Randschicht) und das Widerstandsmoment W_{bd} gegen Biegedruck (untere Randschicht) der Trägerquerschnittsfläche nach Bild 4.22 unter Berücksichtigung der Nietlöcher?

9.109

Für die in Bild 4.23 dargestellte Querschnittsfläche eines geschweißten Profilträgers sind unter Vernachlässigung der Schweißnahtflächen die Widerstandsmomente W_{bd} gegen Biegedruck (obere Randschicht) und W_{bz} gegen Biegezug (untere Randschicht) zu errechnen.

9.110

Bild 9.110 zeigt den Querschnitt eines genieteten Trägers aus Blechen und Winkelprofilen. Unter Berücksichtigung der Schwächung durch die Nietlöcher ist das auf die waagerechte Null-

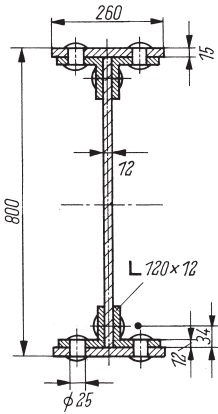


Bild 9.110 Querschnitt eines genieteten Trägers

linie bezogene Widerstandsmoment gegen Biegung zu ermitteln.

9.111

Für eine Vollwelle mit dem Durchmesser $d = 25$ mm sind zu ermitteln:

1. Das axiale Flächenmoment 2. Grades I und das Widerstandsmoment W_b gegen Biegung,
2. Das polare Flächenmoment 2. Grades I_p und das Widerstandsmoment W_t gegen Torsion.
3. Welchen Innendurchmesser d_i muss eine Hohlwelle mit dem Außendurchmesser $d_a = 28$ mm haben, wenn deren Widerstandsmomente W_b gegen Biegung und W_t gegen Torsion ebenso groß sein sollen wie bei der Vollwelle mit $d = 25$ mm Durchmesser?
4. Wie groß ist die Gewichtseinsparung in % bei dieser Hohlwelle gegenüber der Vollwelle?

Biegemomente, Quer- und Längskräfte

9.112

Der in Bild 9.112 skizzierte Freitragler mit den Abmessungen $l_1 = 600$ mm und $l_2 = 800$ mm wird durch die Einzelkräfte $F_1 = 500$ N und $F_2 = 750$ N belastet. Die Querkraft F_q und das größte Biegemoment $M_{b,max}$ im Einspannquerschnitt sind zu ermitteln.

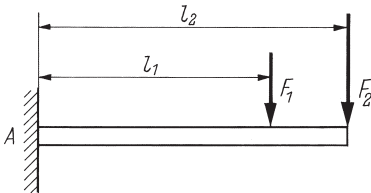


Bild 9.112 Freitragler mit zwei Einzelkräften

9.113

An dem Freitragler in Bild 9.113 wirken die Kräfte $F_1 = 1$ kN, $F_2 = 875$ N und $F_3 = 1625$ N. Es sind zu ermitteln:

1. Das Biegemoment M_{b2} und M_{b3} unter den Kräften F_2 und F_3 ,
2. Das Biegemoment M_{bA} im Einspannquerschnitt,
3. Die Biegemomentenfläche und der Abstand l_0 vom Einspannquerschnitt, wo das Biegemoment null ist,
4. Die Querkraftfläche und die Stelle, wo die Querkraftlinie durch Null geht.

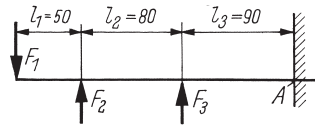


Bild 9.113 Freitragler mit drei Einzelkräften

9.114

Auf dem Tisch einer Bohrmaschine (Bild 9.114) wirken aus der Gewichtskraft des Werkstücks die Streckenkraft $F' = 20$ N/mm und die durch das Bohren lotrechte Belastungskraft $F = 15$ kN. Die Tischplatte hat mit der Rippe eine Gewichtskraft $F_G = 400$ N. Für den angegebenen Querschnitt A sind das Biegemoment M_b und die Querkraft F_q zu errechnen. Außerdem sind die Biegemomenten- und die Querkraftfläche zu skizzieren.

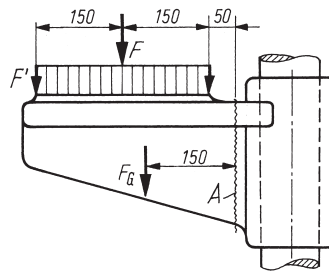


Bild 9.114 Bohrmaschinentisch

9.115

Bild 9.115 zeigt einen einseitig bei A fest eingespannten Träger, der durch zwei Einzelkräfte $F_1 = 80$ N und $F_2 = 250$ N und eine konstante Streckenkraft $F' = 50$ N/m belastet wird. Die Reaktionskraft F_A und das Biegemoment M_{bA} an der Einspannstelle A sind zu errechnen. Außerdem sind der Verlauf des Biegemoments, der Querkraft und der Längskraft über der Trägerlänge $l_1 = 4$ m maßstäblich darzustellen.

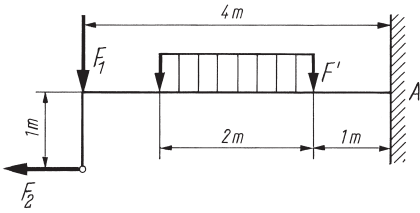


Bild 9.115 Freitragler mit Einzel- und Streckenkräften

9.116

Für den Stützträger in Bild 9.116 ist das größte Biegemoment $M_{b,max}$ zu errechnen und anzugeben, wo es auftritt. Ferner sind die Biegemomenten- und die Querkraftfläche zu zeichnen.

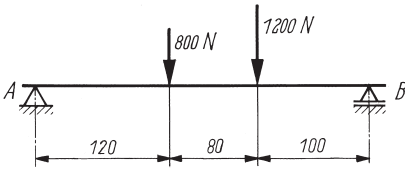


Bild 9.116 Stützträger mit zwei Einzelkräften

9.117

Für die in Bild 9.117 schematisch dargestellte Triebwerkswelle sind das größte Biegemoment $M_{b,max}$ zu errechnen und die Biegemomentenfläche zu skizzieren.

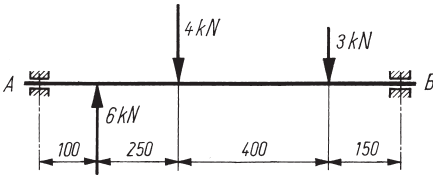


Bild 9.117 Drei Kräfte an einer Triebwerkswelle

9.118

In Bild 9.118 ist ein Träger auf zwei Stützen dargestellt, der zwischen den Lagern A und B durch eine stetig ansteigende Streckenkraft und am Ende durch eine Einzelkraft belastet wird. Zu ermitteln sind:

1. Die Auflagerkräfte F_A und F_B ,

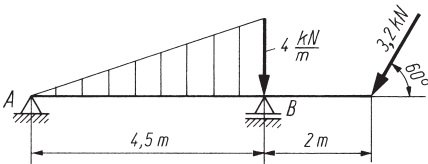


Bild 9.118 Stützträger mit zunehmender Streckenkraft und Einzelkraft

2. Darstellung des Biegemomenten-, Querkraft- und Längskraftverlaufs über der gesamten Trägerlänge.
3. Welchen Betrag hat das größte Biegemoment $M_{b,max}$ und wo tritt es auf?

9.119

Der in Bild 9.119 dargestellte Kragträger wird durch die Einzelkräfte $F_1 = 12 \text{ kN}$, $F_2 = 2,5 \text{ kN}$ und auf der Länge $l_s = 0,4 \text{ m}$ durch die konstante Streckenkraft $F' = 25 \text{ kN/m}$ belastet. Die Längen betragen $L = 1,2 \text{ m}$, $l_1 = 1 \text{ m}$, $l_2 = 0,3 \text{ m}$ und $l_3 = 0,16 \text{ m}$. Zu errechnen sind:

1. Die Stützkkräfte F_{Ae} und F_{Be} durch die Einzelkräfte,
2. Die Stützkkräfte F_{As} und F_{Bs} durch die Streckenkraft,
3. Die resultierenden Stützkkräfte F_A und F_B ,
4. Das größte Biegemoment $M_{b,max}$ und sein Abstand l_0 vom Stützlager A.

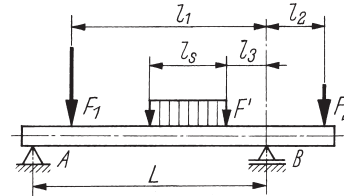


Bild 9.119 Kragträger mit Einzel- und Streckenkräften

9.120

Für den in Bild 9.120 skizzierten Kragträger sind unter Berücksichtigung des Trägereigengewichts die Querkraftfläche maßstäblich zu zeichnen und das größte Biegemoment zu errechnen.

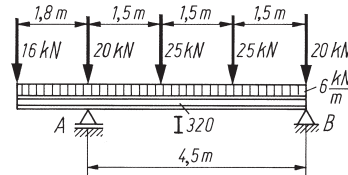


Bild 9.120 Kragträger mit gemischtem Kraftangriff

9.121

Für das in Bild 9.5 skizzierte Bauteil sind mit den in Aufgabe 9.5 errechneten Größen die Biegemomenten-, die Querkraft- und die Längskraftfläche zu skizzieren.

9.122

Von dem in Bild 9.122 skizzierten Stützträger ist die Biegemomentenfläche bekannt. Es be-

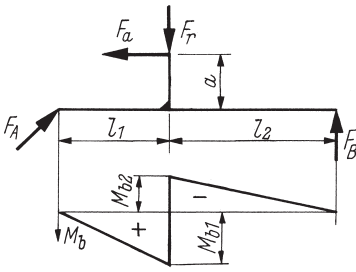


Bild 9.122 Stützträger mit Kräften und Biegemomentenfläche

tragen die Biegemomente $M_{b1} = 440 \text{ Nm}$, $M_{b2} = -60 \text{ Nm}$ und die Längen $l_1 = 200 \text{ mm}$, $l_2 = 300 \text{ mm}$, $a = 100 \text{ mm}$. Wie groß sind die Stützkraften F_A und F_B , die Axialkraft F_a und die Radialkraft F_r ? Dazu sind auch die Querkraft- und die Längskraftfläche zu zeichnen.

9.123

Über das in Bild 9.123 skizzierte Kegelrad an einer Getriebewelle wird bei der Drehzahl $n = 300 \text{ min}^{-1}$ eine Leistung $P = 8 \text{ kW}$ in die Welle eingeleitet. Am Kegelrad greifen die Umfangs- oder Tangentialkraft F_t und die Normalkraft $F_N = F_t \cdot \tan 20^\circ$ an. Es betragen $\delta = 70^\circ$, $d_m = 100 \text{ mm}$, $l = 70 \text{ mm}$. Wie groß sind im Wellenquerschnitt an der Lagerstelle A die Längskraft F_1 , die Querkraft F_q und das Biegemoment M_b ?

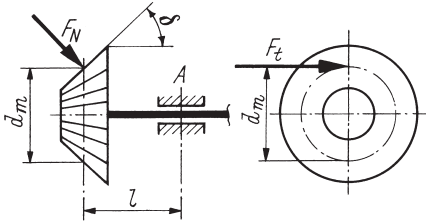


Bild 9.123 Kegelradwelle

9.124

Die in Bild 9.124 dargestellte Getriebewelle hat eine Leistung von 12 kW bei der Drehzahl

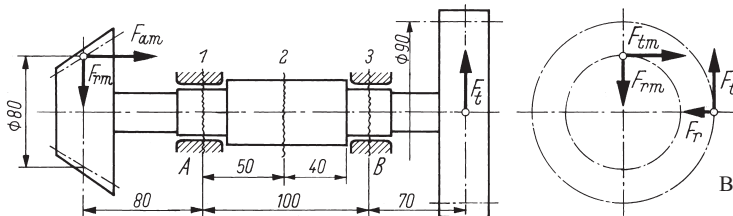


Bild 9.124 Getriebewelle mit Kegelrad und Stirnrad

1450 min^{-1} zu übertragen. Dabei entstehen an dem Geradzahn-Stirnrad mit dem Teilkreisdurchmesser 90 mm die Umfangs- oder Tangentialkraft F_t und die Radialkraft $F_r = 0,36F_t$, am Kegelrad mit dem mittleren Teilkreisdurchmesser 80 mm die Tangentialkraft F_{tm} , die Radialkraft $F_{rm} = 0,6F_{tm}$ und die Axialkraft $F_{am} = 0,4F_{tm}$. Es sind der Biegemomenten- und der Längskraftverlauf darzustellen und für die Querschnitte 1, 2 und 3 die Schnittgrößen M_b , F_q und F_1 zu errechnen.

Berechnung biegebeanspruchter Bauteile

9.125

Eine Blattfeder mit den Querschnittsmaßen $b = 40 \text{ mm}$ und $h = 6 \text{ mm}$ ist einseitig eingespannt. Sie wird im Abstand $l = 600 \text{ mm}$ von der Einspannstelle durch eine an der Breitseite senkrecht angreifende Kraft $F = 160 \text{ N}$ belastet. Die im Einspannquerschnitt auftretende Biegespannung σ_b ist zu errechnen.

9.126

Bei dem in Bild 9.113 skizzierten Freitragler handelt es sich um einen Rundstab mit $d = 25 \text{ mm}$ Durchmesser, für den ein Biegemoment $M_{bA} = 75 \text{ Nm}$ im Einspannquerschnitt A errechnet wurde. Welche Biegespannung tritt in diesem Querschnitt auf?

9.127

In der glatten Triebwerkswelle mit $d = 50 \text{ mm}$ Durchmesser nach Bild 9.117 tritt ein größtes Biegemoment von $663,5 \text{ Nm}$ auf. Die größte Biegespannung ist zu errechnen.

9.128

Für den Kragträger nach Bild 9.119 wurde ein größtes Biegemoment von 2643 Nm ermittelt. Es handelt sich um ein Stahlrohr 108×4 (Außendurchmesser $d_a = 108 \text{ mm}$, Wanddicke $s = 4 \text{ mm}$). Welche größte Biegespannung tritt im Rohrquerschnitt auf?

9.129

Der I-Profilträger DIN 1025 – S235JR – I 320 nach Bild 9.120 hat ein größtes Biegemoment von 39492 Nm aufzunehmen. Ist die auftretende Biegespannung zulässig, wenn die Belastungskräfte im Lastfall H auftreten?

9.130

Bild 9.130a zeigt eine Unterflasche (Seilrolle mit Lasthaken) für eine Nennt Tragkraft von 32 kN. Wegen der im Betrieb auftretenden Stöße ist mit einem Betriebsfaktor von 1,4 zu rechnen. Für die in Bild 9.130b dargestellte Seilrollenachse dieser Unterflasche sind die Biegespannungen σ_{b1} und σ_{b2} in den Querschnitten 1 und 2 zu ermitteln.

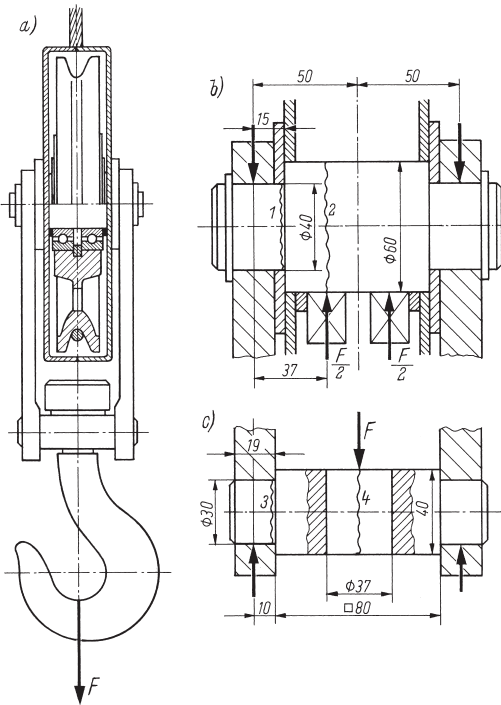


Bild 9.130 Unterflasche
 a) Übersicht,
 b) Seilrollenachse,
 c) Lasthakentraverse

9.131

In Bild 9.130c ist die Lasthakentraverse der Unterflasche nach Bild 9.130a dargestellt. Mit der in Aufgabe 9.130 angegebenen Belastungskraft sind die Biegespannungen σ_{b3} und σ_{b4} in den Querschnitten 3 und 4 der Traverse und die

mittlere Flächenpressung \bar{p} an den Traversenzapfen zu errechnen.

9.132

Der in Bild 9.132 skizzierte Hebel wird durch ein Drehmoment $M = 120 \text{ Nm}$ gegen einen Anschlag gedrückt. Die Längen betragen $l_1 = 120 \text{ mm}$, $l_2 = 95 \text{ mm}$ und $l_3 = 30 \text{ mm}$. Mit einer zulässigen Biegespannung $\sigma_{b\text{zul}} = 80 \text{ N/mm}^2$ sind die Antworten auf folgende Fragen zu ermitteln:

1. Welchen Durchmesser d muss der Querschnitt A_1 mindestens erhalten?
2. Welche Breite b ist für den Querschnitt A_2 erforderlich, wenn er $h = 15 \text{ mm}$ hoch ist?

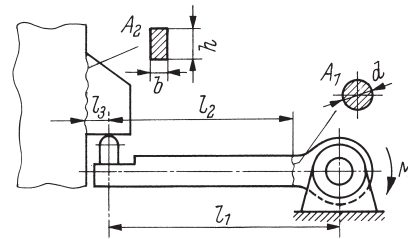


Bild 9.132 Hebel mit Anschlag

9.133

Eine Getriebewelle aus E335 nach Bild 9.133 wird durch zwei in einer Ebene wirkende Kräfte $F_1 = 50 \text{ kN}$ und $F_2 = 45 \text{ kN}$ belastet. Die Längen betragen $L = 400 \text{ mm}$, $L_1 = 520 \text{ mm}$, $L_2 = 120 \text{ mm}$, $l_1 = 50 \text{ mm}$, $l_2 = 120 \text{ mm}$, $l_3 = 180 \text{ mm}$, $l_4 = 35 \text{ mm}$, $l_A = 60 \text{ mm}$. Die erforderlichen Durchmesser der angegebenen Querschnitte 1 bis 4 sind zu ermitteln, wobei mit der Hälfte der bei Überschlagsrechnungen üblichen zulässigen Biegespannung bei wechselnder Belastung zu rechnen ist, um die durch ein Drehmoment zusätzlich auftretende Torsionsspannung zu berücksichtigen.

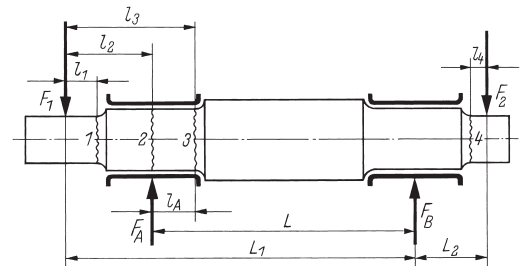


Bild 9.133 Kräfte an einer Getriebewelle