

Leseprobe

Karlheinz Kabus

Mechanik und Festigkeitslehre - Aufgaben

ISBN (Buch): 978-3-446-45497-2

ISBN (E-Book): 978-3-446-45500-9

Weitere Informationen oder Bestellungen unter

<http://www.hanser-fachbuch.de/978-3-446-45497-2>

sowie im Buchhandel.

## 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
<b>1 Einführung</b> . . . . .	11	173	221
<b>2 Statik starrer Körper</b> . . . . .	13	174	222
Freimachen . . . . .	13	174	222
Zentrales ebenes Kräftesystem . . . . .	15	175	222
Allgemeines ebenes Kräftesystem . . . . .	20	178	224
Räumliche Kräftesysteme . . . . .	32	181	229
<b>3 Ebene Fachwerke</b> . . . . .	35	183	231
<b>4 Schwerpunkt</b> . . . . .	37	184	232
Körper . . . . .	37	184	232
Flächen . . . . .	38	184	232
Linien . . . . .	41	185	233
Standsicherheit . . . . .	42	186	233
<b>5 Reibung</b> . . . . .	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
<b>6 Kinematik</b> . . . . .	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
<b>7 Kinetik</b> . . . . .	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
<b>8 Mechanische Schwingungen</b> . . . . .	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
<b>9 Festigkeitslehre</b> . . . . .	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
<b>10 Hydromechanik</b> . . . . .	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  $\tau_a$  im Bolzen,
2. Die mittlere Flächenpressung  $\bar{p}$  zwischen Bolzen und Bohrung.

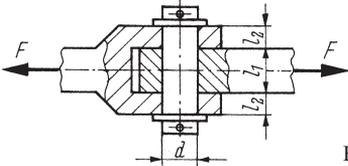


Bild 9.75 Gelenk

**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  $500 \text{ W}$  bei der Drehzahl  $250 \text{ min}^{-1}$  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  $\tau_a$  im Kreisringquerschnitt der Hülse.

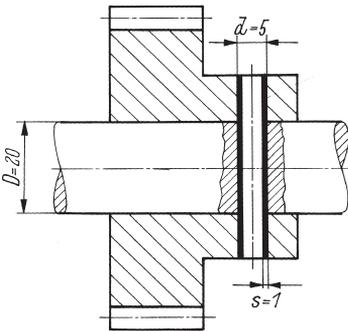


Bild 9.77 Querstiftverbindung

**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  $32 \text{ N/mm}^2$  nicht überschritten wird?

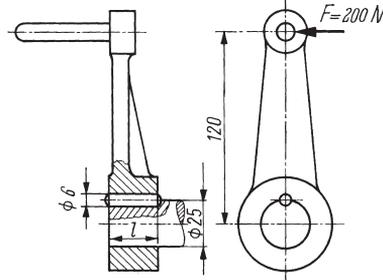


Bild 9.78 Längsstiftverbindung

**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?

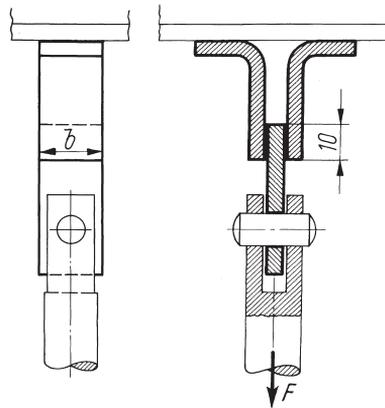


Bild 9.79 Gelötete Blechöse

**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.

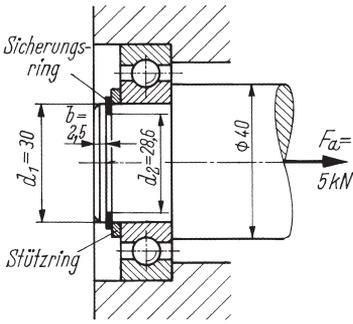


Bild 9.80 Befestigung eines Rillenkugellagers

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  $40\text{ N/mm}^2$ .

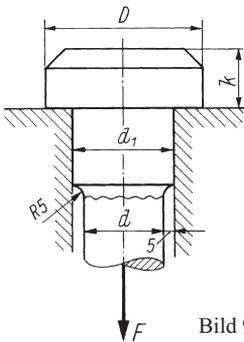


Bild 9.81 Kopf eines Zugbolzens

**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

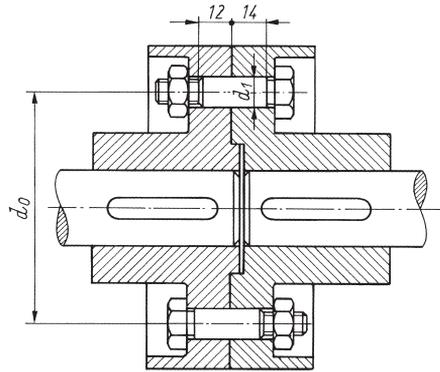


Bild 9.82 Scheibenkupplung

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  $100\text{ N/mm}^2$ , die zulässige Leibungsspannung von  $280\text{ N/mm}^2$  und die zulässige Zugspannung von  $140\text{ N/mm}^2$  überschritten werden.

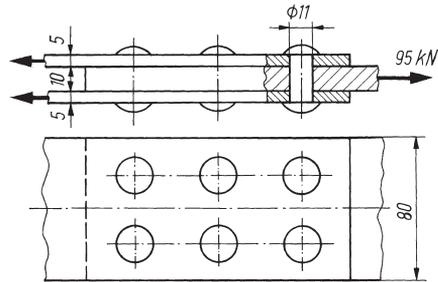


Bild 9.83 Zweischnittige Nietverbindung

**9.84**

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

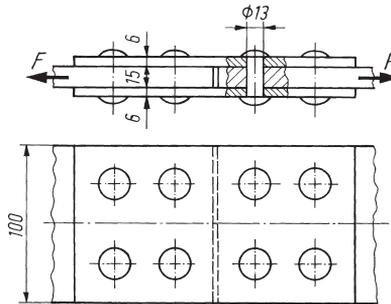


Bild 9.84 Doppelaschennietung

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  $\sigma_z$  tritt infolge der Fliehkraft  $F_z$  bei einer Drehzahl von  $3500 \text{ min}^{-1}$  im gefährdeten Querschnitt des Flügels auf?
2. Wie groß ist die Scherspannung  $\tau_a$  in den Nietquerschnitten?
3. Wie groß ist die Leibungsspannung  $\sigma_1$  in den Bohrungen des Flügels?

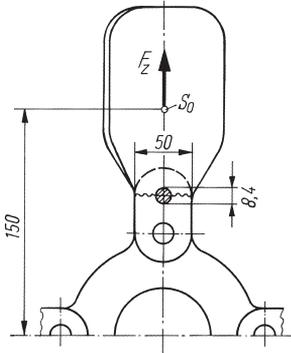


Bild 9.85 Genietet Lüfterflügel

**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-

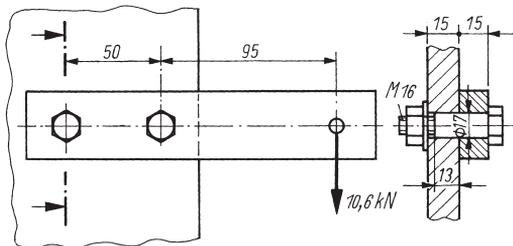


Bild 9.87 Passschraubenverbindung

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  $\tau_a$  in den Schraubenstäben zulässig?
3. Ist die Leibungsspannung  $\sigma_1$  in den Bauteilen zulässig?

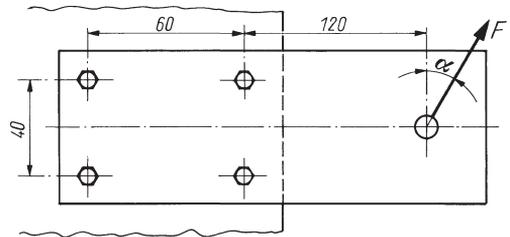


Bild 9.88 Momentenanschluss mit Passschrauben

**9.89**

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

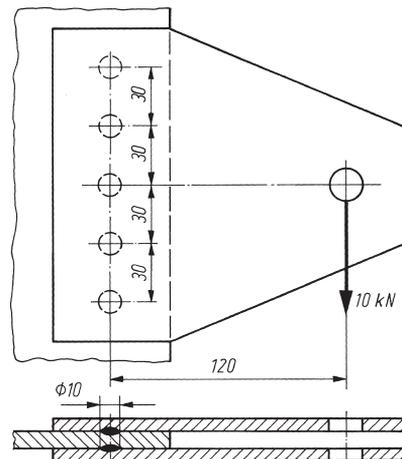


Bild 9.89 Zweischnittige Punktschweißverbindung

**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/mm<sup>2</sup> hat und das Bruch-Drehmoment  $M = 760$  Nm betragen soll?

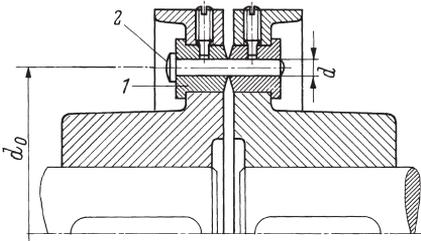


Bild 9.90 Scherbolzenkupplung  
1 Buchse, 2 Bolzen

**9.91**

In einen  $s = 0,6$  mm dicken Blechstreifen aus S235JR sollen quadratische Löcher mit der Kantenlänge  $a = 20$  mm gestanzt werden. Zu errechnen 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/mm<sup>2</sup> gestanzt werden. Welche Schnittkraft ist hierfür erforderlich?

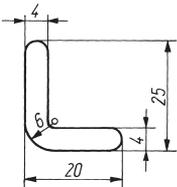


Bild 9.92 Blechteil

Bruchteile von  $\pi$  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?

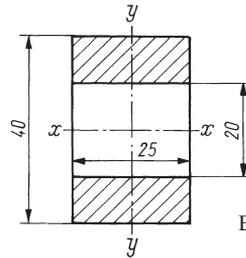
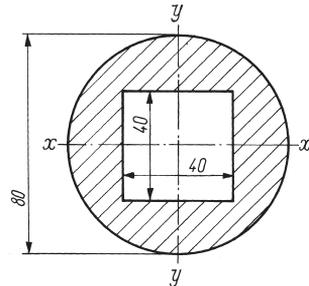
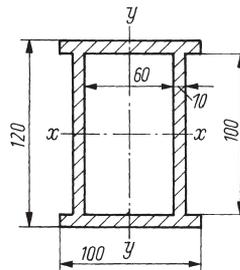


Bild 9.93 Querschnittsflächen  
a) Aufgabe 9.93



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?

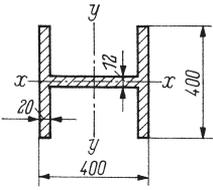


Bild 9.96 Querschnitt einer Stütze

**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?

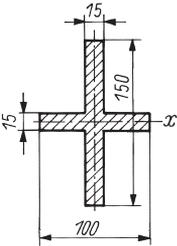


Bild 9.97 Armquerschnitt eines Zahnrades

**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  $W_{x2}$ .

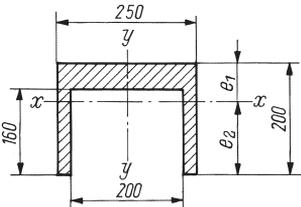


Bild 9.98 Traversenquerschnitt

**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.

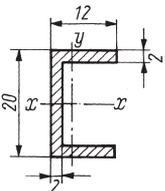


Bild 9.99 Querschnitt eines U-Profiles

**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  $W_{x2}$ .

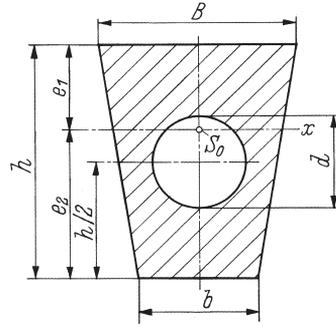


Bild 9.100 Trapezförmiger Querschnitt mit kreisförmiger Ausparung

**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.

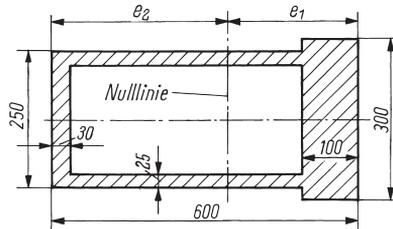


Bild 9.101 Querschnitt eines Maschinenrahmens

**9.102**

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

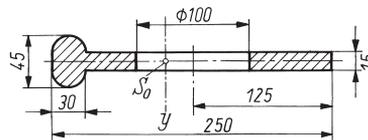


Bild 9.102 Querschnitt eines Wulstprofils

**9.103**

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

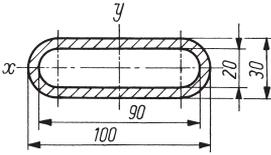


Bild 9.103 Hohlprofilquerschnitt

**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  $I_y$ .

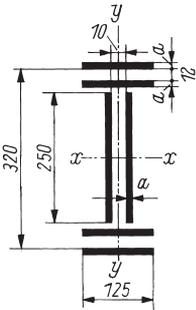


Bild 9.104 Schweißnahtfläche

**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.

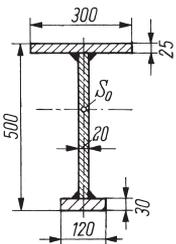


Bild 9.105 Kranträgerquerschnitt

**9.106**

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

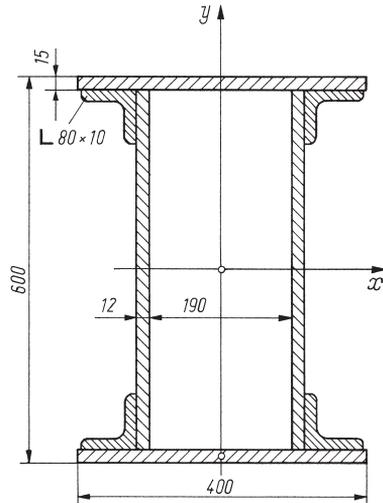


Bild 9.106 Querschnitt eines Kastenträgers

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-

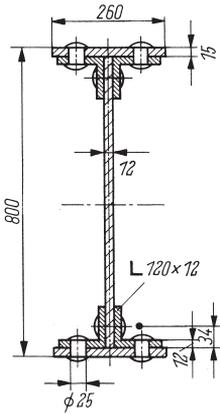


Bild 9.110 Querschnitt eines genieteten Trägers

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.

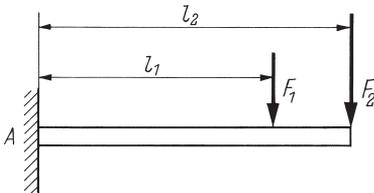


Bild 9.112 Freitragler mit zwei Einzelkräften

**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.

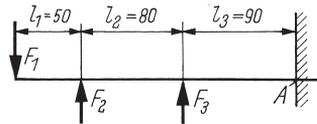


Bild 9.113 Freitragler mit drei Einzelkräften

**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.

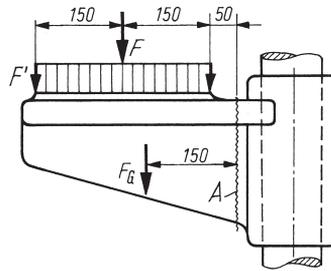


Bild 9.114 Bohrmaschinentisch

**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.

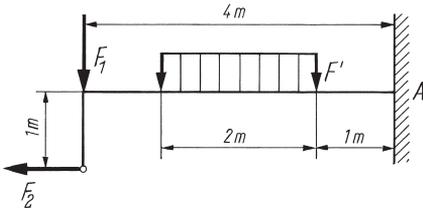


Bild 9.115 Freitragler mit Einzel- und Streckenkräften

**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.

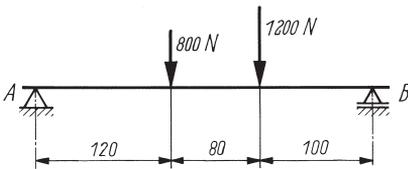


Bild 9.116 Stützträger mit zwei Einzelkräften

**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.

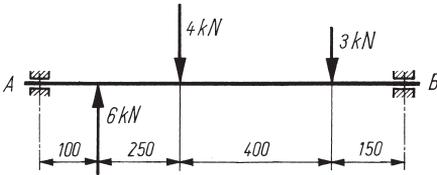


Bild 9.117 Drei Kräfte an einer Triebwerkswelle

**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  $F_B$ ,

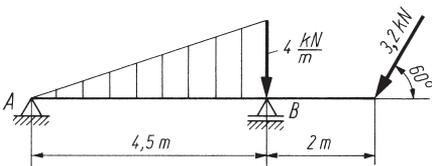


Bild 9.118 Stützträger mit zunehmender Streckenkraft und Einzelkraft

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  $F_1 = 12$  kN,  $F_2 = 2,5$  kN und auf der Länge  $l_s = 0,4$  m durch die konstante Streckenkraft  $F' = 25$  kN/m belastet. Die Längen betragen  $L = 1,2$  m,  $l_1 = 1$  m,  $l_2 = 0,3$  m und  $l_3 = 0,16$  m. Zu errechnen sind:

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

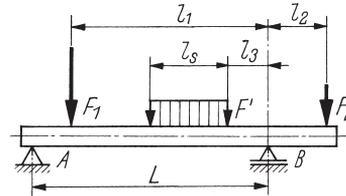


Bild 9.119 Kragträger mit Einzel- und Streckenkräften

**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.

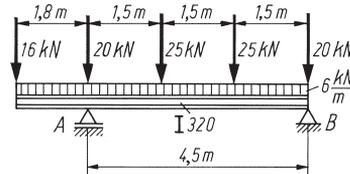


Bild 9.120 Kragträger mit gemischtem Kraftangriff

**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-

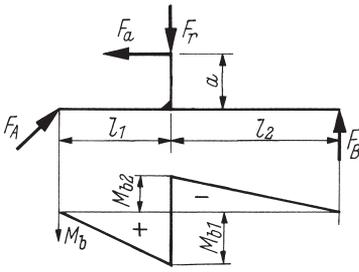


Bild 9.122 Stützträger mit Kräften und Biegemomentenfläche

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  $F_l$ , die Querkraft  $F_q$  und das Biegemoment  $M_b$ ?

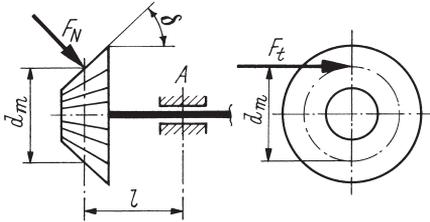


Bild 9.123 Kegelradwelle

**9.124**

Die in Bild 9.124 dargestellte Getriebewelle hat eine Leistung von  $12 \text{ kW}$  bei der Drehzahl

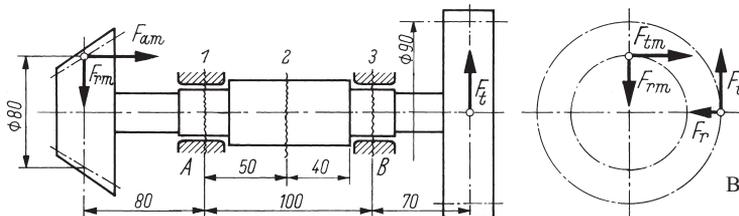


Bild 9.124 Getriebewelle mit Kegelrad und Stirnrad

$1450 \text{ min}^{-1}$  zu übertragen. Dabei entstehen an dem Geradzahn-Stirnrad mit dem Teilkreisdurchmesser  $90 \text{ mm}$  die Umfangs- oder Tangentialkraft  $F_t$  und die Radialkraft  $F_r = 0,36F_t$ , am Kegelrad mit dem mittleren Teilkreisdurchmesser  $80 \text{ mm}$  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  $F_l$  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  $\sigma_b$  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  $2643 \text{ Nm}$  ermittelt. Es handelt sich um ein Stahlrohr  $108 \times 4$  (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 Nenntragkraft 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  $\sigma_{b1}$  und  $\sigma_{b2}$  in den Querschnitten 1 und 2 zu ermitteln.

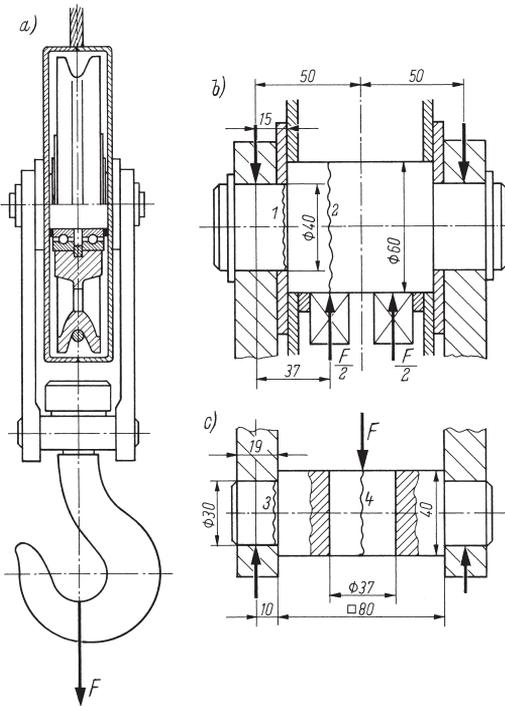


Bild 9.130 Unterflasche  
 a) Übersicht,  
 b) Seilrollenachse,  
 c) Lasthaken traverse

**9.131**

In Bild 9.130c ist die Lasthaken traverse der Unterflasche nach Bild 9.130a dargestellt. Mit der in Aufgabe 9.130 angegebenen Belastungskraft sind die Biegespannungen  $\sigma_{b3}$  und  $\sigma_{b4}$  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?

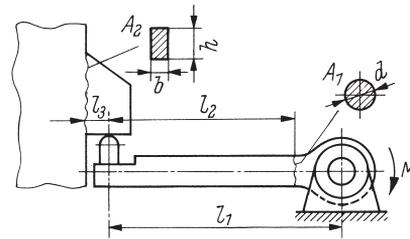


Bild 9.132 Hebel mit Anschlag

**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.

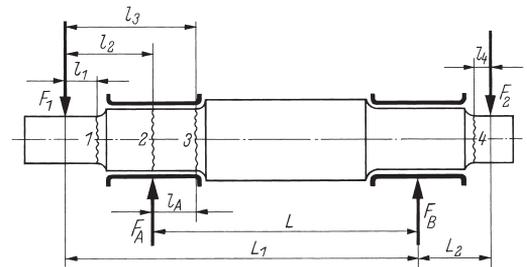


Bild 9.133 Kräfte an einer Getriebewelle