

# HANSER



## Leseprobe

zu

## Mechanik und Festigkeitslehre — Aufgaben

von Karlheinz Kabus, Bernd Kretschmer und Peter  
Möhler

Print-ISBN: 978-3-446-47904-3

E-Book-ISBN: 978-3-446-47905-0

Weitere Informationen und Bestellungen unter

<https://www.hanser-kundencenter.de/fachbuch/artikel/9783446479043>

sowie im Buchhandel

© Carl Hanser Verlag, München

## 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 neunten Auflage des zugehörigen Lehrbuches (siehe „Hinweise zur Benutzung des Buches“). Druck- und Ergebnisfehler, die sich leider eingeschlichen hatten, wurden bereinigt. Bei den Mitarbeitern des Carl Hanser Verlages 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*



## Hinweise für die Benutzung des Buches

Diese Aufgabensammlung entspricht in ihrer Gliederung, den verwendeten Begriffen und Formelzeichen und den Berechnungsverfahren vollkommen dem im gleichen Verlag in der **9. Auflage** erschienenen **Lehrbuch „Mechanik und Festigkeitslehre“** von Karlheinz Kabus, Bernd Kretschmer und Peter Möhler. Sie stellt also eine Ergänzung des genannten Werkes dar.

Die in den Aufgaben nicht genannten und zur Lösung benötigten Erfahrungs- und Normenwerte wie Reibungszahlen, Werkstoffkennwerte, Sicherheiten usw. sind dem Lehrbuch mit Beilage zu entnehmen.

Alle angezogenen Gleichungen und Tabellen sind in diesem Werk zu finden. Ferner beziehen sich auch alle Hinweise auf Bilder oder Buchseiten, die durch ein vorangestelltes „**MF**“ gekennzeichnet sind, auf das Buch „Mechanik und Festigkeitslehre“.

Jedem Lehrbuchabschnitt ist eine bestimmte Anzahl Übungsaufgaben zugeordnet. Aufgaben über Schnittkräfte und -momente sind demzufolge an den Anfang der Festigkeitslehre gestellt.

Ihre Durcharbeitung kann aber ohne weiteres im Anschluss an die Statik erfolgen.

Die **Bildnummern** sind identisch mit den dazugehörigen Aufgabenummern, die kapitelweise ge-

ordnet wurden. Den Bildern im Ergebnisteil ist der Buchstabe „**E**“ vorangestellt, z. B. gehört Bild E 6.12 zum Ergebnis der Aufgabe 6.12. Sinngemäß erhielten die Bildnummern im Hinweisteil zu den Lösungen ein vorangestelltes „**L**“. Dabei handelt es sich vorzugsweise um Berechnungsskizzen, die das Verständnis des Lösungsganges erleichtern sollen. Die Richtigkeit der vom Leser ausgeführten Berechnungen kann anhand der im zweiten Teil des Buches zusammengestellten Ergebnisse und Zwischenergebnisse (in Klammern angegeben) kontrolliert werden. Innerhalb der Berechnungen wurde häufig mit den angegebenen Zwischenergebnissen weitergerechnet, d. h., diese Werte wurden in den Rechner immer neu eingegeben. Beim Weiterrechnen mit den vom Rechner angezeigten ungerundeten Werten ergeben sich teilweise geringfügig abweichende Ergebnisse. Die Genauigkeit der Ergebnisse wurde in der Regel auf drei bzw. vier Ziffern beschränkt, zum Teil sind sie sinnvoll gerundet. Bei aus Diagrammen abgelesenen Werten ist die Genauigkeit geringer. Sie werden mit einem  $\approx$ -Zeichen (ungefähr gleich) angegeben.

Besonderer Wert wurde auch auf eine Übereinstimmung mit den im gleichen Verlag erschienenen Büchern *Decker* „Maschinenelemente“ und *Decker/Kabus* „Maschinenelemente-Aufgaben“ gelegt, da die „Mechanik und Festigkeitslehre“ als Grundlage für die Berechnung von Maschinenelementen angesehen werden kann.



# 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, Haftsickeit . . . . .	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

# Aufgaben

## 1 Einführung

Diese Aufgaben sollen vor allem den Lesern, die sich erstmalig in die Probleme der Technischen Mechanik einarbeiten wollen, Gelegenheit geben, mit einigen wichtigen Größen und Einheiten sowie mit deren Umrechnung, mit der Schreibweise von Größengleichungen und der Handhabung von Maßstäben für zeichnerische Lösungen vertraut zu werden. Die Ermittlung der Gewichtskraft  $F_G$  aus der Masse  $m$  und der Fallbeschleunigung  $g$  sowie die Errechnung der Streckenlängen (Vektorlängen) für die Darstellung von Kräften sind dabei ebenfalls berücksichtigt worden (siehe MF Abschn. 2.1.1).

### 1.1

Für eine geschliffene Oberfläche wird eine gemittelte Rautiefe  $R_z = 4 \mu\text{m}$  angegeben. Wie viel mm beträgt diese Rautiefe?

### 1.2

Welche innere Kantenlänge  $a$  in m muss ein Behälter mit quadratischer Bodenfläche erhalten, wenn darin 2000 Liter einer Flüssigkeit eine Höhe  $h = 925 \text{ mm}$  über dem Boden haben sollen?

### 1.3

Ein feinmechanisches Geräteteil wiegt  $0,0125 \text{ g}$ . Seine Masse ist in mg anzugeben.

### 1.4

Die Massen von  $6,8 \text{ t}$  und  $3,5 \text{ Mt}$  sind in kg umzurechnen.

### 1.5

Die Angabe  $t = 6 \text{ min} + 48 \text{ s}$  für einen Zeitabschnitt ist in Minuten und außerdem in Sekunden umzuwandeln (Zahlenwerte als Dezimalzahlen). Die Ergebnisse sind in einer Größengleichung anzugeben.

### 1.6

Eine Zeitspanne von  $2,436 \text{ h}$  soll in einer Größengleichung in Sekunden angegeben werden.

### 1.7

In einem Diagramm sollen verschiedene Flächeninhalte durch Balken dargestellt werden. Mit

welchem Maßstabsfaktor  $m_A$  in  $\text{m}^2/\text{cm}$  sind die Balkenlängen zu errechnen, wenn die größte Fläche von  $400 \text{ m}^2$  mit einer Länge von  $125 \text{ mm}$  zu zeichnen ist?

### 1.8

Wie groß ist die wirkliche Länge  $l$  in m bei einem Längenmaßstabsfaktor  $m_l = 2,5 \text{ m/cm}$ , wenn auf der Zeichnung eine Strecke  $l_{\text{gez}} = 6,8 \text{ cm}$  gemessen wird?

### 1.9

Wie groß ist die zu zeichnende Streckenlänge  $s_{\text{gez}}$  in mm für eine Wegstrecke  $s = 4,55 \text{ m}$  bei einem Wegmaßstabsfaktor  $m_s = 0,7 \text{ m/cm}$ ?

### 1.10

Für eine Wegstrecke  $s = 1,85 \text{ km}$ , die mit  $s_{\text{gez}} = 7,4 \text{ cm}$  zeichnerisch dargestellt wurde, ist der Maßstabsfaktor  $m_s$  anzugeben.

### 1.11

Wie lautet der Längenmaßstabsfaktor  $m_l$  für folgende Maßstabangabe:  $1 \text{ cm} \cong 25 \text{ m}$ ?

### 1.12

Wie groß ist die zu zeichnende Streckenlänge  $l_{\text{gez}}$  in mm für einen Abstand  $l = 1,25 \text{ m}$  bei einer Maßstabangabe  $1 \text{ cm} \cong 0,5 \text{ m}$ ?

### 1.13

Für die Maßstabangabe  $10 \text{ mm} \cong 20 \text{ km/h}$  ist der Geschwindigkeitsmaßstabsfaktor  $m_v$  in  $(\text{km/h})/\text{mm}$  zu ermitteln.

### 1.14

Wie groß ist die Geschwindigkeit  $v$  in m/s, die mit einer Strecke  $v_{\text{gez}} = 2,4 \text{ cm}$  dargestellt ist, wenn die Zeichnung eine Maßstabangabe  $1 \text{ cm} \cong 10 \text{ km/h}$  enthält?

### 1.15

Wie groß ist die zu zeichnende Streckenlänge  $F_{\text{gez}}$  in cm für eine Kraft  $F = 820 \text{ N}$  bei einem Kräftemaßstabsfaktor  $m_F = 200 \text{ N/cm}$ ?

### 1.16

Welchen Betrag in kN hat eine Kraft  $F$ , die mit der Strecke  $F_{\text{gez}} = 28 \text{ mm}$  dargestellt wurde, wenn die Zeichnung folgende Maßstabangabe enthält:  $1 \text{ cm} \cong 600 \text{ N}$ ?



**1.17**

Welche Gewichtskraft  $F_G$  in N übt ein Körper von der Masse  $m = 75 \text{ kg}$  auf seine Unterlage aus?

**1.18**

Für drei Maschinenteile mit den Massen  $m_1 = 1368 \text{ g}$ ,  $m_2 = 45 \text{ kg}$  und  $m_3 = 12,5 \text{ t}$  sind die Gewichtskräfte zu errechnen.

**1.19**

Für ein 36 t schweres Maschinenteil ist die Gewichtskraft  $F_G$  in kN zu errechnen und die Streckenlänge  $F_G^{\text{gez}}$  in cm anzugeben, mit der sie bei einem Maßstabsfaktor  $m_F = 120 \text{ kN/cm}$  darzustellen ist.

**1.20**

Für welche Masse in kg hat der Vektor der Gewichtskraft bei der Angabe  $1 \text{ cm} \hat{=} 100 \text{ N}$  eine Länge von 57 mm?

## 2 Statik starrer Körper

### Freimachen

Zur Lösung der Aufgaben dieses Abschnitts ist für jede Aufgabe eine Skizze anzufertigen, die den oder die betreffenden Körper (Bauteile) im freigemachten Zustand in vereinfachter Darstellung zeigt. Dabei genügt es meistens, jedes Bauteil symbolisiert (z. B. durch eine Strecke) darzustellen. Kräfte sind mit Formelzeichen anzugeben, wenn die Kraftangriffsstelle durch Buchstaben gekennzeichnet ist. Wo der Schwerpunkt eines Bauteils ( $S_0$ ,  $S_1$ ,  $S_2$  usw.) angegeben wurde, ist auch die Gewichtskraft einzutragen. Reibungskräfte sind zu vernachlässigen.

### 2.1

Die in Bild 2.1 dargestellte Pendelstange zur Aufnahme einer Seilrolle ist freizumachen.

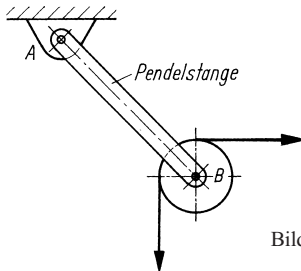


Bild 2.1 Pendelstange mit Seilrolle

### 2.2

Bild 2.2 zeigt in vereinfachter Darstellung ein Sicherheitsventil, das aus dem Ventilhebel, dem Belastungsgewicht und dem Ventilteller besteht, auf den der Druck  $p$  wirkt. Der im Lager L drehbar gelagerte Hebel soll freigemacht werden.

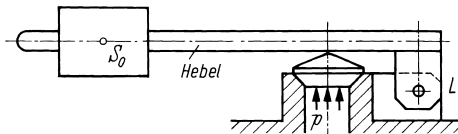


Bild 2.2 Sicherheitsventil

### 2.3

Der in Bild 2.3 vereinfacht dargestellte Wandschwenkkran ist freizumachen.

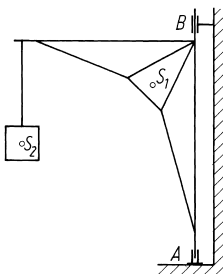


Bild 2.3 Wandschwenkkran mit Last

### 2.4 bis 2.9

Nachfolgend bezeichnete Bauteile sollen freigemacht werden: Die kippbare Bühne in Bild 2.4, der Fachwerkträger in Bild 2.5, die Stütze in Bild 2.6, der Karren in Bild 2.7, der Hubtisch in Bild 2.8 und der Maschinenschlitten in Bild 2.9.

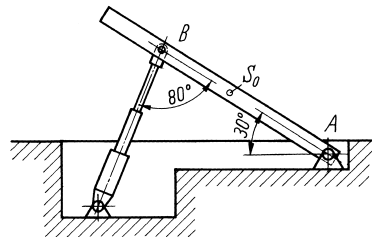


Bild 2.4 Kippbare Bühne

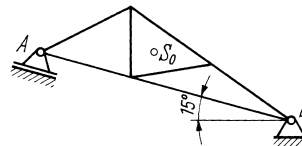


Bild 2.5 Fachwerkträger

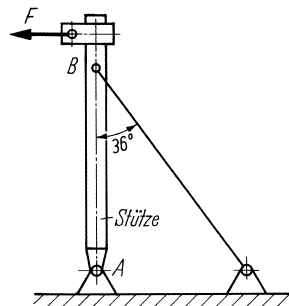


Bild 2.6 Stütze mit Spannseil

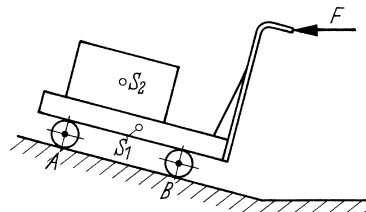


Bild 2.7 Belasteter Karren

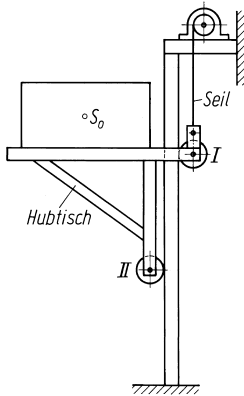


Bild 2.8 Belasteter Hubtisch mit Führungsrollen I und II

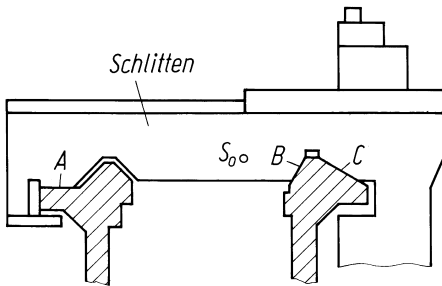


Bild 2.9 Maschinenschlitten mit Führungsflächen

**2.10**

Die in Bild 2.10 bezeichneten Teile des dargestellten Systems sind freizumachen.

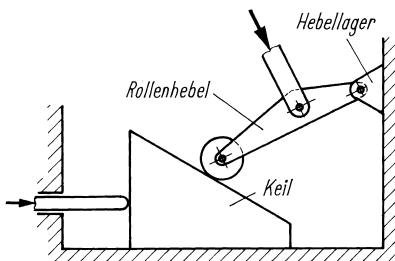


Bild 2.10 Steuersystem

**2.11**

Von dem Halteseil, dem belasteten Tragbalken und den Befestigungen B und C ist je eine Freimachskizze anzufertigen.

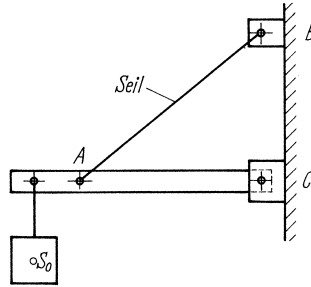


Bild 2.11 Tragbalken mit Halteseil und Last

**2.12**

Bild 2.12 zeigt eine Riemenspanneinrichtung mit Druckfeder. Der Spannrollenhebel ist freizumachen unter Berücksichtigung der Gewichtskraft  $F_G$  der Spannrolle R.

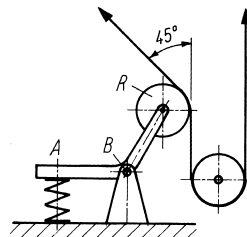


Bild 2.12 Riemenspanneinrichtung

**2.13**

Für den Waggon und die Bühne der in Bild 2.13 gezeigten Kippvorrichtung ist je eine Freimachskizze anzufertigen.

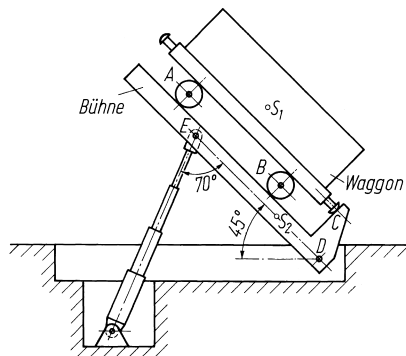


Bild 2.13 Kippvorrichtung für Waggonen

**2.14**

Folgende Bauteile des in Bild 2.14 schematisch dargestellten Kurbeltriebs sollen freigemacht

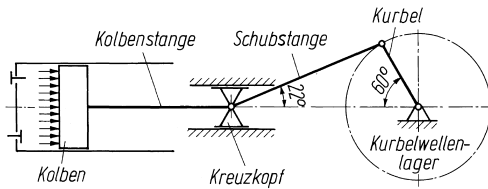


Bild 2.14 Kurbeltrieb

werden: Kolbenstange mit Kolben, Kreuzkopf, Schubstange, Kurbel.

## Zentrales ebenes Kräftesystem

Alle Aufgaben dieses Abschnitts, in denen nicht ausdrücklich eine zeichnerische Lösung verlangt wird, sind rechnerisch zu lösen. Die bei den Ergebnissen angegebenen Werte basieren auf rechnerischer Lösung.

Das **Zusammensetzen von Kräften zur Resultierenden** wird in den Aufgaben 2.15 bis 2.24 und 2.31 bis 2.35 verlangt, das **Zerlegen einer Kraft in Komponenten** in den Aufgaben 2.25 bis 2.30 und die **Ermittlung von Gleichgewichtskräften** in den Aufgaben 2.36 bis 2.49.

### 2.15

Für zwei Kräfte  $F_1 = 120 \text{ N}$  und  $F_2 = 80 \text{ N}$ , die einen gemeinsamen Angriffspunkt haben und deren Wirklinien senkrecht aufeinander stehen, sind zeichnerisch und rechnerisch zu ermitteln:

1. Der Betrag der resultierenden Kraft  $F_r$ ,
2. Der spitze Winkel  $\alpha_r$ , den die Wirklinien von  $F_1$  und  $F_r$  einschließen.

### 2.16

Die Wirklinien zweier Kräfte  $F_1 = 2,5 \text{ kN}$  und  $F_2 = 1,8 \text{ kN}$  schneiden sich in einem Punkt unter dem Winkel  $\gamma = 78,5^\circ$ . Es sind zeichnerisch und rechnerisch die Resultierende  $F_r$  beider Kräfte und der spitze Winkel  $\alpha_r$  zwischen den Wirklinien von  $F_1$  und  $F_r$  zu ermitteln.

### 2.17

Zwei Kräfte wirken, wie in Bild 2.17 dargestellt, an einem Angriffspunkt. Ihre Resultierende und deren spitze Winkel zur größeren Kraft sind zeichnerisch und rechnerisch zu bestimmen.

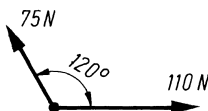


Bild 2.17 Zentrales Kräftesystem mit zwei Kräften

### 2.18

Ein mit  $500 \text{ kg}$  belastetes Seil wird nach Bild 2.18 über eine Seilrolle geführt, die an einer Pendelstange befestigt ist. Welche resultierende Kraft  $F_r$  üben die Seilkräfte  $F_S$  auf die Rollenachse aus, und unter welchem Winkel  $\beta$  zur vertikalen Seilkraft wirkt die Resultierende?

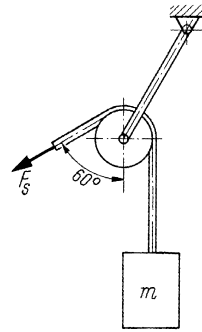


Bild 2.18 Pendelstange mit Seilrolle und Last

### 2.19

Ein beladener Schlitten wird an zwei Seilen gezogen (Bild 2.19). Die gleich großen Seilkräfte betragen je  $600 \text{ N}$ . Welche Zugkraft  $F_z$  wird in Bewegungsrichtung des Schlittens ausgeübt?

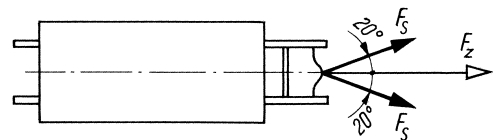


Bild 2.19 Beladener Schlitten mit Zugseilen

### 2.20

Am Lasthaken eines Kranes ziehen zwei Seile mit den in Bild 2.20 angegebenen Kräften. Die auf den Haken ausgeübte resultierende Kraft und ihre Wirkrichtung sind zu ermitteln.

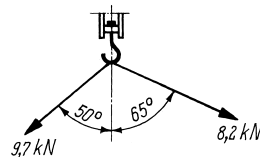


Bild 2.20 Lasthaken mit Seilkräften

### 2.21

Bild 2.21 zeigt schematisch einen Flachriemenantrieb mit Spannrolle. Die Umschlingungswinkel betragen  $\beta = 200^\circ$ ,  $\gamma = 222^\circ$  und  $\delta = 62^\circ$ . Im

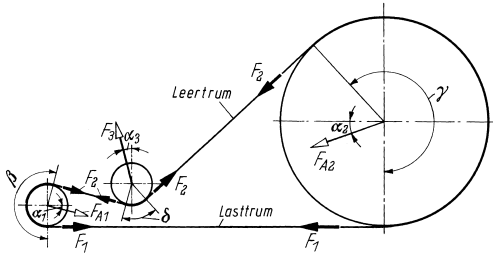


Bild 2.21 Kräfte eines Flachriementriebs mit Spannrolle

Lasttrum wirkt die Kraft  $F_1 = 2,44 \text{ kN}$ , im Leertrum  $F_2 = 1,38 \text{ kN}$ . Zeichnerisch und rechnerisch sind zu ermitteln:

1. Die Achskraft  $F_{A1}$  und ihr Winkel  $\alpha_1$ ,
2. Die Achskraft  $F_{A2}$  und deren Winkel  $\alpha_2$ ,
3. Die Spannrollenkraft  $F_3$  und der Winkel  $\alpha_3$ .

**2.22**

Für die wie in Bild 2.22 wirkenden Kräfte  $F_1 = 650 \text{ N}$ ,  $F_2 = 1,2 \text{ kN}$  und  $F_3 = 90 \text{ daN}$  sind die resultierende Kraft  $F_r$  in kN und ihr spitzer Richtungswinkel  $\alpha_r$  zu  $F_1$  zu ermitteln sowie der Quadrant anzugeben. Es ist eine zeichnerische Lösung mit dem Maßstabfaktor  $m_F = 200 \text{ N/cm}$  durchzuführen.

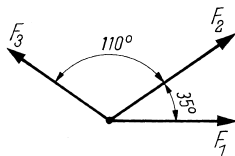


Bild 2.22 Zentrales Kräftesystem mit drei Kräften

**2.23**

An einem Wandhaken sind drei Drahtseile befestigt, die in einer Ebene liegen und die in Bild 2.23 angegebenen Winkel bilden. In den Seilen wirken folgende Kräfte:  $F_1 = 820 \text{ N}$ ,  $F_2 = 1,18 \text{ kN}$ ,  $F_3 = 960 \text{ N}$ . Zeichnerisch sind zu ermitteln:

1. Die Resultierende  $F_r$ ,
2. Der Richtungswinkel  $\alpha_r$ .

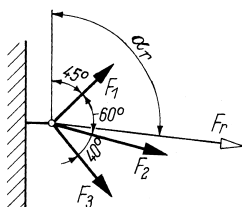


Bild 2.23 Seilkräfte an einem Wandhaken

**2.24**

Für die in Bild 2.24 angegebenen fünf Kräfte, die in einer vertikalen Ebene wirken, sind der Betrag, der spitze Richtungswinkel zur Waagerechten und die Lage (Quadrant) der vom Schnittpunkt der Wirkungslinien ausgehenden Resultierenden zeichnerisch zu bestimmen.

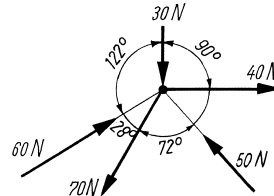


Bild 2.24 Zentrales Kräftesystem mit fünf Kräften

**2.25**

Eine Kraft  $F = 12,5 \text{ kN}$ , die mit der positiven Richtung der  $x$ -Achse eines rechtwinkligen Koordinatensystems den Winkel  $\alpha = 30^\circ$  einschließt, soll in zwei senkrecht zueinander stehende Komponenten zerlegt werden. Wie groß sind  $F_x$  und  $F_y$ ?

**2.26**

Die Komponenten  $F_x$  und  $F_y$  der an dem Lagerbock nach Bild 2.26 angreifenden Kraft sind zu ermitteln.

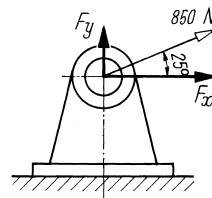


Bild 2.26 Lagerbock

**2.27**

Eine Lagerkraft  $F = 3,6 \text{ kN}$ , die unter dem Winkel  $\alpha = 55^\circ$  zur Mittellinie einer Welle wirkt (Bild 2.27), soll in ihre axiale und ihre radiale

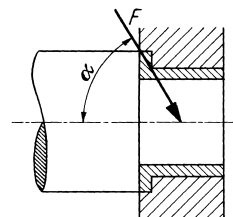


Bild 2.27 Gleitlager mit schräg angreifender Lagerkraft

Komponente zerlegt werden. Wie groß sind die axiale Komponente  $F_{ax}$  in Richtung der Wellenmittellinie und die dazu senkrechte radiale Komponente  $F_{ra}$ ?

**2.28**

Der in Bild 2.28 skizzierte Lasthebemagnet hat ein Eigengewicht von 500 kg und hebt einen 4,5 t schweren Stahlblock. Die in jedem Kettenstrang des zweisträngigen Kettengehänges auftretende Kettenkraft  $F_K$  ist zu ermitteln.

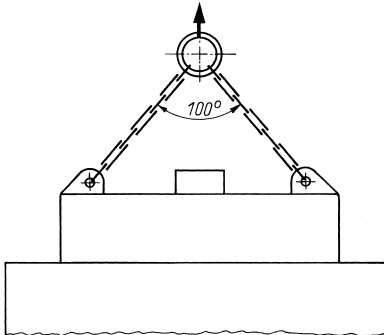


Bild 2.28 Lasthebemagnet mit Last

**2.29**

An einem Kranhaken hängt ein Seil mit einem 1000 kg schweren Rohr, das eine Wanddicke  $s = 50$  mm hat und  $l = 1,2$  m lang ist (Bild 2.29). Die gesamte Seillänge beträgt  $L = 3$  m. Unter welchem Winkel  $\alpha$  und mit welchen Seilkräften  $F_S$  ziehen die am Haken befestigten Seilenden?

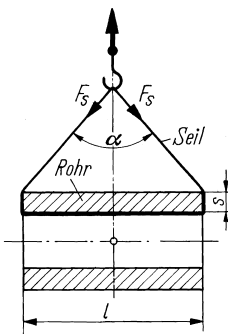


Bild 2.29 Seil mit Rohr

**2.30**

Bild 2.30 zeigt einen auf einer Konsole befestigten Elektromotor mit Riemenscheibe und Treibriemen. Die Riemenkräfte betragen  $F_1 = 1150$  N

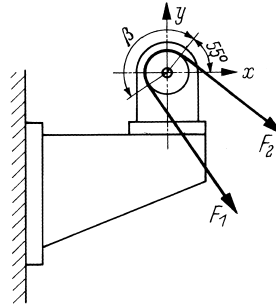


Bild 2.30 Riemenkräfte an einem Elektromotor

und  $F_2 = 780$  N, der Umschlingungswinkel  $\beta = 160^\circ$ . Die Komponenten  $F_x$  und  $F_y$  der auf die Motorwelle wirkenden resultierenden Riemenkraft sollen ermittelt werden.

**2.31**

Die Resultierende der in Aufgabe 2.22 gegebenen Kräfte  $F_1 = 650$  N,  $F_2 = 1200$  N und  $F_3 = 900$  N (siehe Bild 2.22), die unter den Winkeln  $\beta_1 = 0^\circ$ ,  $\beta_2 = 35^\circ$  und  $\beta_3 = 145^\circ$  zur positiven  $x$ -Achse wirken, ist rechnerisch wie folgt zu ermitteln:

1. Die Komponenten  $F_{1x}$ ,  $F_{2x}$  und  $F_{3x}$ ,
2. Die Komponenten  $F_{1y}$ ,  $F_{2y}$  und  $F_{3y}$ ,
3. Die Komponenten  $F_{rx}$  und  $F_{ry}$ ,
4. Die resultierende Kraft  $F_r$ ,
5. Der Richtungswinkel  $\alpha_r$  und der Quadrant.

**2.32**

Für die in Aufgabe 2.24 gegebenen Kräfte  $F_1 = 40$  N,  $F_2 = 60$  N,  $F_3 = 50$  N,  $F_4 = 70$  N und  $F_5 = 30$  N (siehe Bild 2.24) sind die Resultierende, ihr spitzer Richtungswinkel zur  $x$ -Achse und der Quadrant rechnerisch zu bestimmen, wofür auch eine Berechnungsskizze anzufertigen ist.

**2.33**

Auf einen Mast werden durch waagerechte Spannseile die in Bild 2.33 angegebenen Kräfte ausgeübt. Die Resultierende dieser Kräfte bean-

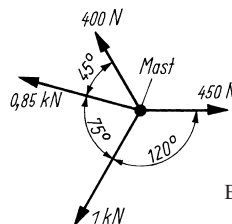


Bild 2.33 Seilkräfte an einem Mast

spricht den Mast auf Biegung. Wie groß ist die Resultierende und der spitze Winkel, den ihre Wirklinie mit der Kraft von 450 N bildet?

**2.34**

Ein Wagen wird von drei Männern an Seilen gezogen (Bild 2.34). Die von den Männern ausgeübten Zugkräfte weichen nur geringfügig voneinander ab und sind als gleich groß mit je 500 N anzunehmen. Wie groß ist die resultierende Zugkraft  $F_z$ ?

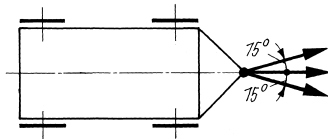


Bild 2.34 Zugkräfte an einem Wagen

**2.35**

In Bild 2.35 ist der Seilablauf an einer großen Seilrolle schematisch dargestellt. Die aus den Seilkräften  $F_S$  und der Gewichtskraft  $F_G$  der Rolle resultierende Belastungskraft  $F$  der Seilrollenachse ist zu ermitteln.

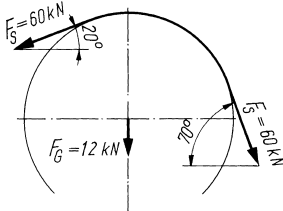


Bild 2.35 Kräfte an einer Seilrolle

**2.36**

Zwei gleich große Kräfte  $F_1 = F_2 = 2,5$  N greifen an einem Punkt an und bilden den Winkel  $\alpha = 75^\circ$ . Es ist die Kraft  $F$ , die beiden das Gleichgewicht hält, zeichnerisch und rechnerisch zu bestimmen.

**2.37**

Am Schlepplift eines Skihanges werden jeweils zwei Skiläufer am Schleppseil gemeinsam mit  $F = 1$  kN aufwärts gezogen unter dem Winkel  $\alpha = 30^\circ$  zum Zugseil (Bild 2.37). Welche Kraft  $F_z$  muss im Zugseil aufgebracht werden, wenn die Liftanlage gleichzeitig von 80 Skiläufern benutzt wird?

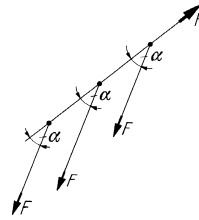


Bild 2.37 Kräfte an einem Schleppseil

**2.38**

Auf der Welle (4) nach Bild 2.38 ist ein Hebel befestigt, der aus einem Joch (3) und zwei Rundstäben (1 und 2) mit Augenköpfen und Gewindeenden besteht. Wie groß sind die Kräfte, die vom Joch auf die Stäbe ausgeübt werden, wenn am Hebelkopf eine Kraft  $F = 10$  kN wirkt?

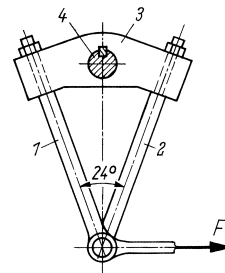


Bild 2.38 Zusammengesetzter Hebel

**2.39**

Auf die in Bild 2.39 skizzierte Vorrichtung wirkt in der gezeigten Stellung eine Kraft  $F_K = 100$  N. Zu ermitteln sind:

1. Die Normalkraft  $F_N$  an der Führungsrolle,
2. Die Kräfte  $F_1$  und  $F_2$  in den Kniehebeln 1 und 2,
3. Die Stangenkraft  $F$ .

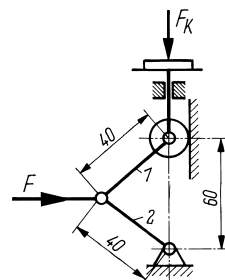


Bild 2.39 Hubvorrichtung

**2.40**

An einem Mast (Bild 2.40) ist ein Seil befestigt, in dem die Kraft  $F = 950 \text{ N}$  wirkt. Welche Kräfte wirken in den Haltedrähten 1 und 2, die mit dem Seil in einer Ebene liegen, wenn die Winkel  $\alpha = 45^\circ$  und  $\beta = 38^\circ$  betragen?

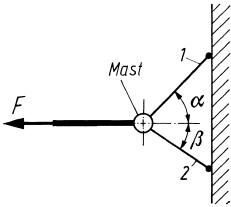


Bild 2.40 Mast mit Seil und Haltedrähten

**2.41**

Einer Kraft  $F = 1,7 \text{ N}$  soll durch zwei Kräfte entsprechend Bild 2.41 das Gleichgewicht gehalten werden. Welche Beträge müssen die Kräfte  $F_1$  und  $F_2$  haben?

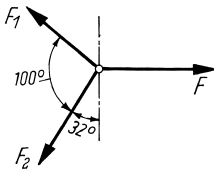


Bild 2.41 Dreikräftesystem

**2.42**

Bild 2.42 zeigt ein Reibradgetriebe, bestehend aus dem Antriebsrad 1 mit dem Durchmesser  $d_1 = 20 \text{ mm}$ , dem Abtriebsrad 2 mit  $d_2 = 40 \text{ mm}$  und dem durch eine Druckfeder mit der Federkraft  $F = 68 \text{ N}$  angedrückten Zwischenrad 3 mit  $d_3 = 30 \text{ mm}$  Durchmesser. Es sind zu ermitteln:

1. Die Kraft  $F_1$  zwischen den Rädern 1 und 3,
2. Die Kraft  $F_2$  zwischen den Rädern 2 und 3.

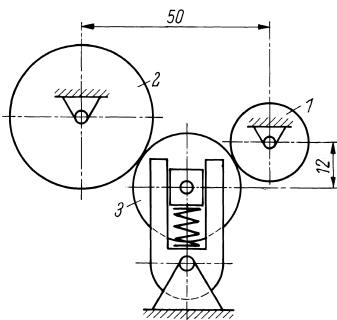


Bild 2.42 Reibradgetriebe

**2.43**

Durch die Zugfeder der in Bild 2.43 vereinfacht dargestellten Riemenspannvorrichtung soll im stillstehenden Riemen eine Spannkraft  $F_S = 50 \text{ N}$  erzeugt werden. Unter Vernachlässigung des Eigengewichtes der Spannrolle sind zu ermitteln:

1. Die erforderliche Federkraft  $F_F$ ,
2. Die Kraft  $F$  in der Pendelstange.

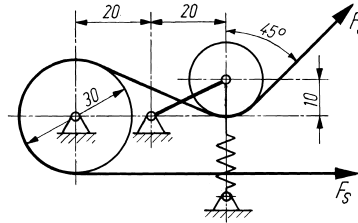


Bild 2.43 Riemenspannvorrichtung

**2.44**

Für das in Bild 2.44 gezeigte zentrale Kräftesystem ist die Gleichgewichtskraft zu bestimmen. Es sind zu ermitteln:

1. Die Komponenten  $F_x$  und  $F_y$  der Gleichgewichtskraft,
2. Der Betrag der Gleichgewichtskraft  $F$  in kN,
3. Der spitze Winkel  $\alpha$ , den ihre Wirklinie mit der  $x$ -Achse bildet, und die Lage im Koordinatensystem,
4. Der Richtungswinkel  $\beta$  zur positiven  $x$ -Achse.

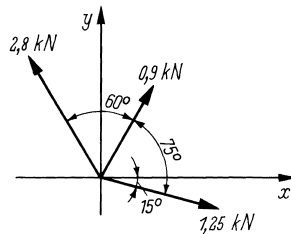


Bild 2.44 Zentrales Kräftesystem

**2.45**

Die Gleichgewichtskraft des in Bild 2.45 dargestellten zentralen Kräftesystems ist rechnerisch zu bestimmen.

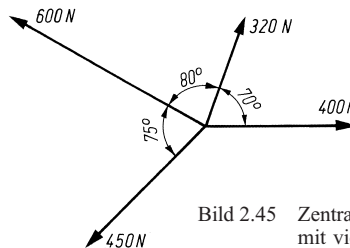


Bild 2.45 Zentrales Kräftesystem mit vier Kräften



**2.46**

Von den vier Stabkräften des in Bild 2.46 skizzierten Knotens eines genieteten Fachwerks sind die Kräfte  $F_1 = 18 \text{ kN}$  und  $F_2 = 26 \text{ kN}$  bekannt. Außerdem liegen die Wirklinien der Kräfte  $F_3$  und  $F_4$  fest. Es sind die Stabkräfte  $F_3$  und  $F_4$  zu ermitteln und deren angenommene Wirkrichtung zu überprüfen.

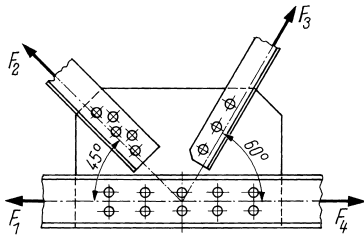


Bild 2.46 Knoten eines Fachwerks

**2.47**

Für den in Bild 2.47 skizzierten Knoten eines geschweißten Drehkrantragwerks sind die Stabkräfte  $F_2$  und  $F_3$  zu ermitteln.

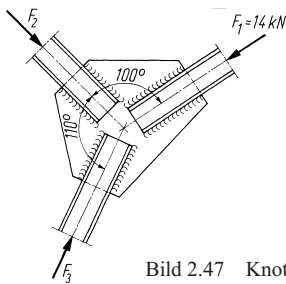


Bild 2.47 Knoten eines Krantragwerks

**2.48**

Die in den Stäben 1 und 5 des in Bild 2.48 skizzierten Fachwerkträgers auftretenden Stabkräfte  $F_1$  bis  $F_5$  sind zu bestimmen.

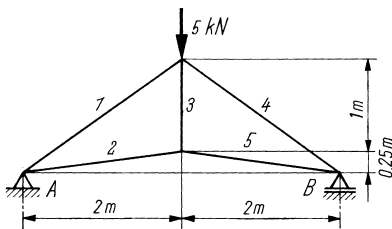


Bild 2.48 Fachwerkträger

**2.49**

An dem in Bild 2.49 schematisch dargestellten Fachwerk greifen die Kräfte  $F_I = 1,8 \text{ kN}$  und  $F_{II} = 1,2 \text{ kN}$  an. Die Stützkräfte betragen

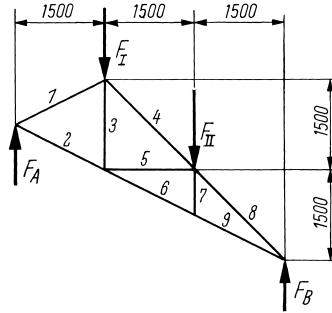


Bild 2.49 Fachwerk

$F_A = 1,6 \text{ kN}$  und  $F_B = 1,4 \text{ kN}$ . Die in den Stäben 1 bis 9 auftretenden Stabkräfte  $F_1$  bis  $F_9$  sind zeichnerisch zu bestimmen.

**Allgemeines ebenes Kräftesystem**

Die bei den Ergebnissen für die Aufgaben dieses Abschnitts angegebenen Werte basieren auf rechnerischer Lösung. Wenn im Aufgabentext eine zeichnerische Lösung verlangt wird, ist diese auch dargestellt.

Die **Berechnung von Momenten** ist in den Aufgaben 2.50 bis 2.61 vorgesehen, mit der **Ermittlung unbekannter Kräfte** (überwiegend Stütz- und Auflagerkräfte) befassen sich die weiteren Aufgaben.

**2.50**

Am Lastseil einer Seiltrommel (Bild 2.50) wirkt beim beschleunigten Anheben der Last eine maximale Kraft  $F = 11,5 \text{ kN}$ . Der auf Seilmittelpunkt bezogene Seiltrommeldurchmesser beträgt  $D = 250 \text{ mm}$ . Welches Moment  $M$  wird auf die Trommelwelle ausgeübt?

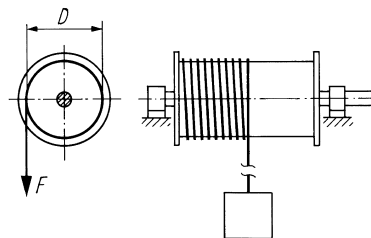


Bild 2.50 Seiltrommel

**2.51**

Auf der Seiltrommel eines Kranes ist ein  $d = 16 \text{ mm}$  dickes Seil befestigt und mit einigen Windungen aufgewickelt. Die Trommel hat am Grund der Seilrillen den Durchmesser