

Karlheinz Kabus
Bernd Kretschmer
Peter Möhler

Mechanik und Festigkeitslehre Aufgaben



9., aktualisierte Auflage

HANSER



bleiben Sie auf dem Laufenden!

Hanser Newsletter informieren Sie regelmäßig über neue Bücher und Termine aus den verschiedenen Bereichen der Technik. Profitieren Sie auch von Gewinnspielen und exklusiven Leseproben. Gleich anmelden unter

www.hanser-fachbuch.de/newsletter

Karlheinz Kabus
Bernd Kretschmer
Peter Möhler

Mechanik und Festigkeitslehre – Aufgaben

9., aktualisierte Auflage

HANSER

Die Autoren:

Dipl.-Ing. Karlheinz Kabus, Studiendirektor i. R. (†)

Dipl.-Ing. Bernd Kretschmer, Studiendirektor an der Staatlichen Technikerschule Berlin i. R.

Dr.-Ing. Peter Möhler, Studiendirektor an der Staatlichen Technikerschule Berlin

Die vorliegende Aufgabensammlung ist abgestimmt auf das im gleichen Verlag erscheinende Lehrbuch Kabus, *Mechanik und Festigkeitslehre*, 9., aktualisierte Auflage (siehe auch „Hinweise für die Benutzung des Buches“, Seite 7).



Alle in diesem Buch enthaltenen Informationen wurden nach bestem Wissen zusammengestellt und mit Sorgfalt geprüft und getestet. Dennoch sind Fehler nicht ganz auszuschließen. Aus diesem Grund sind die im vorliegenden Buch enthaltenen Informationen mit keiner Verpflichtung oder Garantie irgendeiner Art verbunden. Autor(en, Herausgeber) und Verlag übernehmen infolgedessen keine Verantwortung und werden keine daraus folgende oder sonstige Haftung übernehmen, die auf irgendeine Weise aus der Benutzung dieser Informationen – oder Teilen davon – entsteht.

Ebenso wenig übernehmen Autor(en, Herausgeber) und Verlag die Gewähr dafür, dass die beschriebenen Verfahren usw. frei von Schutzrechten Dritter sind. Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek:

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt.

Alle Rechte, auch die der Übersetzung, des Nachdruckes und der Vervielfältigung des Buches, oder Teilen daraus, sind vorbehalten. Kein Teil des Werkes darf ohne schriftliche Genehmigung des Verlages in irgendeiner Form (Fotokopie, Mikrofilm oder ein anderes Verfahren) – auch nicht für Zwecke der Unterrichtsgestaltung – reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme verarbeitet, vervielfältigt oder verbreitet werden.

© 2023 Carl Hanser Verlag München

Internet: www.hanser-fachbuch.de

Lektorat: Frank Katzenmayer

Herstellung: Frauke Schafft

Covergestaltung: Max Kostopoulos

Coverkonzept: Marc Müller-Bremer, www.rebranding.de, München

Titelmotiv: © gettyimages.de/Westend61

Satz: Lumina Datamatics Ltd.

Druck und Bindung: CPI books GmbH, Leck

Printed in Germany

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

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

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
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, 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
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

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 m^2/cm sind die Balkenlängen zu errechnen, wenn die größte Fläche von 400 m^2 mit einer Länge von 125 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_{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_{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_{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^{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.

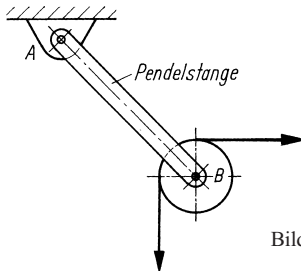


Bild 2.1 Pendelstange mit Seilrolle

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.

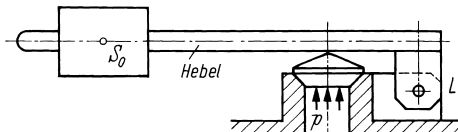


Bild 2.2 Sicherheitsventil

2.3

Der in Bild 2.3 vereinfacht dargestellte Wandschwenkkran ist freizumachen.

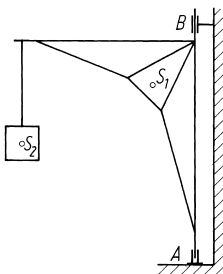


Bild 2.3 Wandschwenkkran mit Last

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.

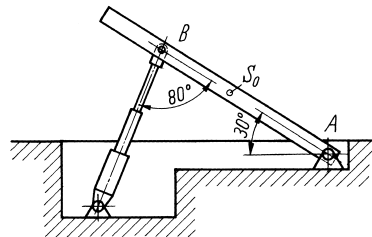


Bild 2.4 Kippbare Bühne

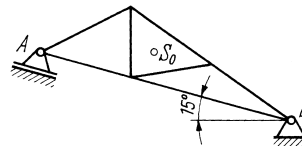


Bild 2.5 Fachwerkträger

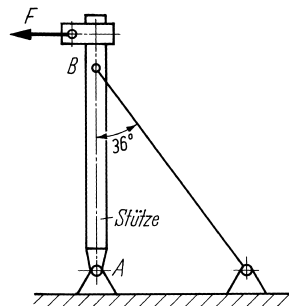


Bild 2.6 Stütze mit Spannseil

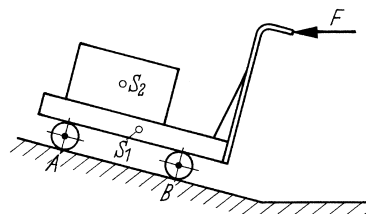


Bild 2.7 Belasteter Karren

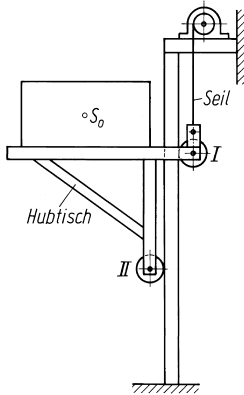


Bild 2.8 Belasteter Hubtisch mit Führungsrollen I und II

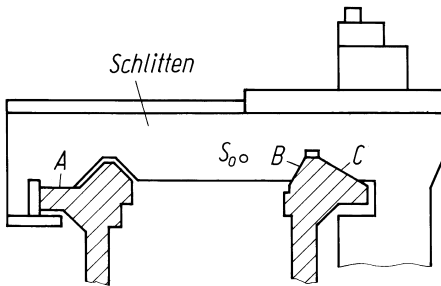


Bild 2.9 Maschinenschlitten mit Führungsflächen

2.10

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

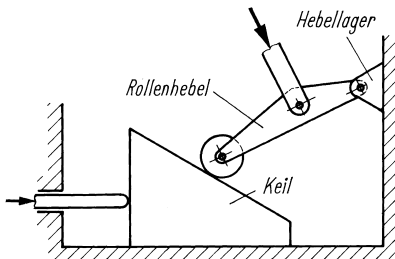


Bild 2.10 Steuersystem

2.11

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

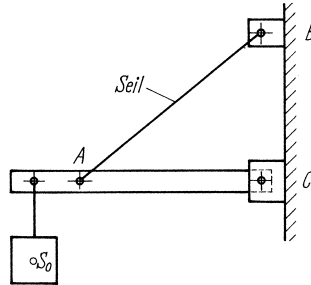


Bild 2.11 Tragbalken mit Halteseil und Last

2.12

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

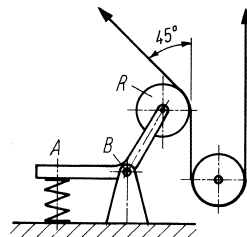


Bild 2.12 Riemenspanneinrichtung

2.13

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

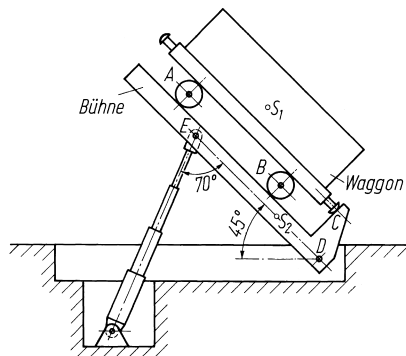


Bild 2.13 Kippvorrichtung für Waggon

2.14

Folgende Bauteile des in Bild 2.14 schematisch dargestellten Kurbeltriebs sollen freigemacht

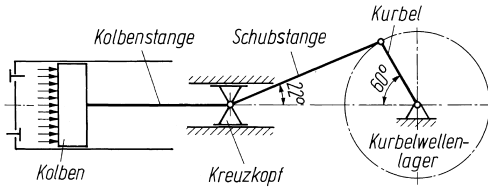


Bild 2.14 Kurbeltrieb

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 α_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 α_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.

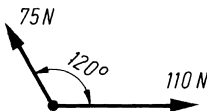


Bild 2.17 Zentrales Kräftesystem mit zwei Kräften

2.18

Ein mit 500 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 β zur vertikalen Seilkraft wirkt die Resultierende?

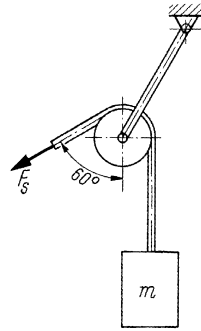


Bild 2.18 Pendelstange mit Seilrolle und Last

2.19

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

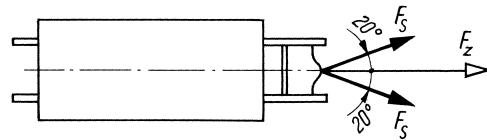


Bild 2.19 Beladener Schlitten mit Zugseilen

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.

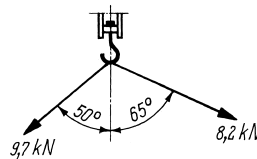


Bild 2.20 Lasthaken mit Seilkräften

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

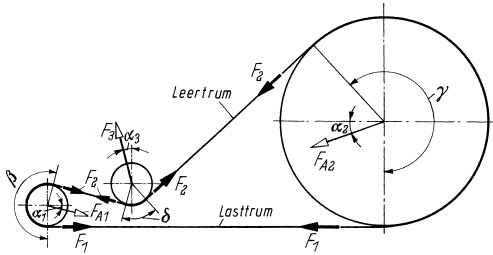


Bild 2.21 Kräfte eines Flachriementriebs mit Spannrolle

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 α_1 ,
2. Die Achskraft F_{A2} und deren Winkel α_2 ,
3. Die Spannrollenkraft F_3 und der Winkel α_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 α_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.

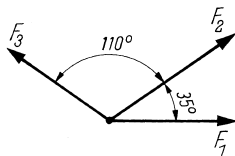


Bild 2.22 Zentrales Kräftesystem mit drei Kräften

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 α_r .

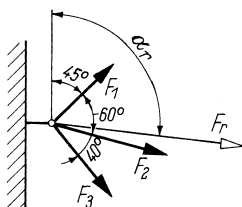


Bild 2.23 Seilkräfte an einem Wandhaken

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.

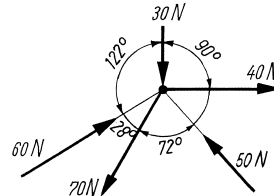


Bild 2.24 Zentrales Kräftesystem mit fünf Kräften

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.

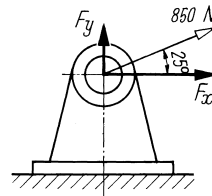


Bild 2.26 Lagerbock

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

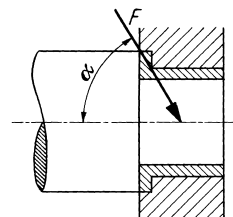


Bild 2.27 Gleitlager mit schräg angreifender Lagerkraft

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.

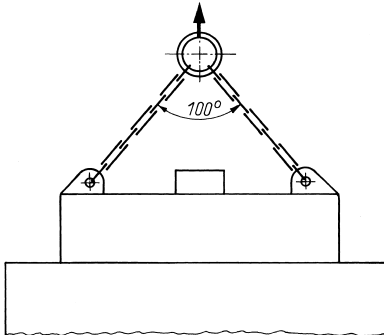


Bild 2.28 Lasthebemagnet mit Last

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 α und mit welchen Seilkräften F_S ziehen die am Haken befestigten Seilenden?

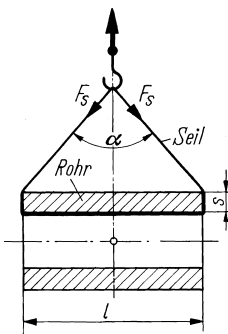


Bild 2.29 Seil mit Rohr

2.30

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

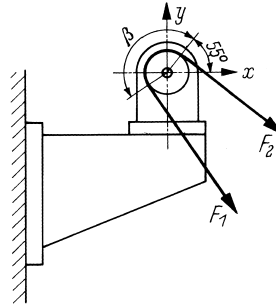


Bild 2.30 Riemenkräfte an einem Elektromotor

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 α_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-

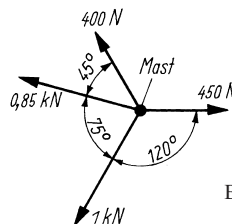


Bild 2.33 Seilkräfte an einem Mast

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 ?

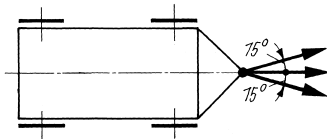


Bild 2.34 Zugkräfte an einem Wagen

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.

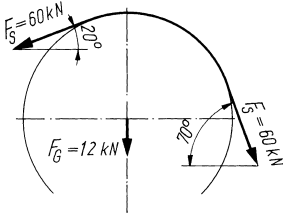


Bild 2.35 Kräfte an einer Seilrolle

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 Schleplift 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?

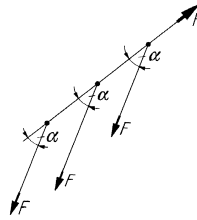


Bild 2.37 Kräfte an einem Schleppseil

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?

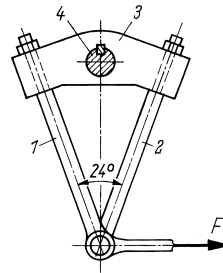


Bild 2.38 Zusammengesetzter Hebel

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 .

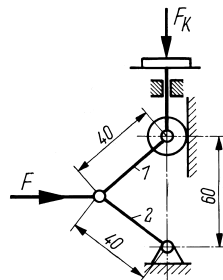


Bild 2.39 Hubvorrichtung

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?

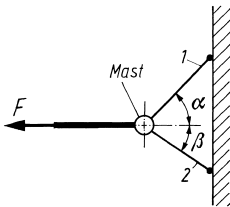


Bild 2.40 Mast mit Seil und Haltedrähten

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?

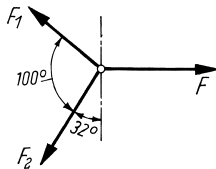


Bild 2.41 Dreikräfte-System

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.

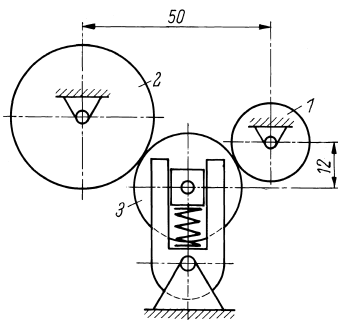


Bild 2.42 Reibradgetriebe

2.43

Durch die Zugfeder der in Bild 2.43 vereinfacht dargestellten Riemen-spannvorrichtung 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.

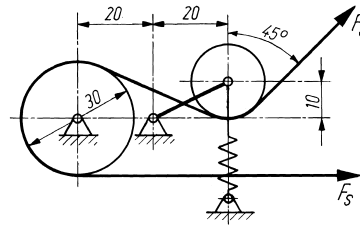


Bild 2.43 Riemen-spannvorrichtung

2.44

Für das in Bild 2.44 gezeigte zentrale Kräfte-System 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 α , den ihre Wirklinie mit der x -Achse bildet, und die Lage im Koordinatensystem,
4. Der Richtungswinkel β zur positiven x -Achse.

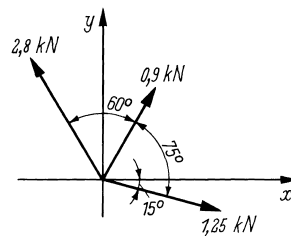


Bild 2.44 Zentrales Kräfte-System

2.45

Die Gleichgewichtskraft des in Bild 2.45 dargestellten zentralen Kräfte-Systems ist rechnerisch zu bestimmen.

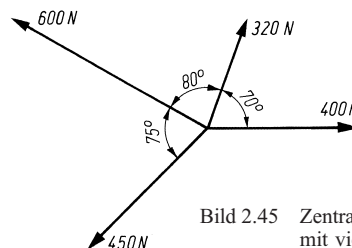


Bild 2.45 Zentrales Kräfte-System mit vier Kräften

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.

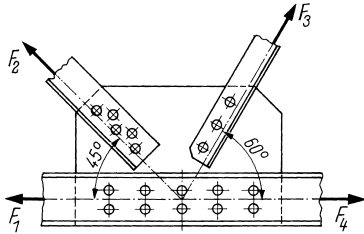


Bild 2.46 Knoten eines Fachwerks

2.47

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

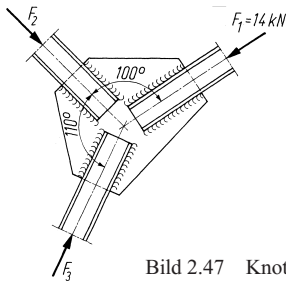


Bild 2.47 Knoten eines Krantragwerks

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.

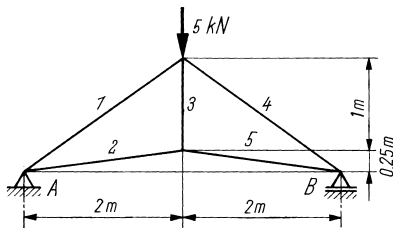


Bild 2.48 Fachwerkträger

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

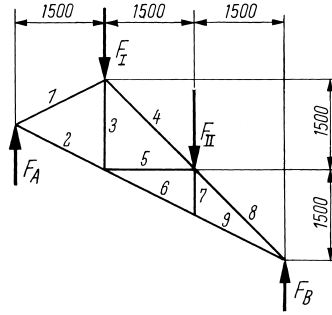


Bild 2.49 Fachwerk

$F_A = 1,6 \text{ kN}$ 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?

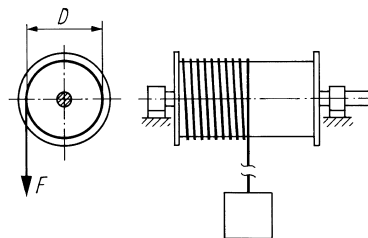


Bild 2.50 Seiltrommel

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

$D_r = 584 \text{ mm}$. Wie groß ist das erforderliche Antriebsmoment für die Trommel, wenn eine Last von 2,5 t mit gleich bleibender Geschwindigkeit gehoben werden soll (Seilgewicht, Reibung usw. vernachlässigen)?

2.52

Bei der Betätigung des Handrades eines Ventils wirken tangential am Durchmesser 400 mm zwei parallele, gleich große und entgegengesetzt gerichtete Kräfte von je 200 N. Das dabei auf die Ventilspindel ausgeübte Moment ist zu errechnen.

2.53

Welche Kraft F muss die Gewindestange in dem Schaltgestänge nach Bild 2.53 aufnehmen, wenn das auf die Schaltwelle ausgeübte Moment 20 Nm betragen soll?

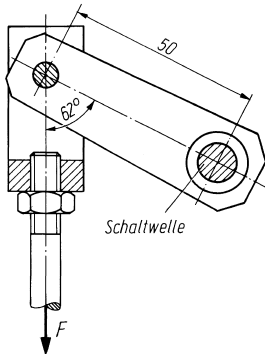


Bild 2.53 Schaltgestänge

2.54

Ein Hebel (Bild 2.54) ist auf einer Welle befestigt, die ein größtes Drehmoment von 0,5 Nm übertragen kann. Zu ermitteln sind:

1. Die maximale Kraft F , die am Hebel angreifen darf,
2. Das dabei auf den angedeuteten Hebelquerschnitt an der Nabe ausgeübte Biegemoment M_b .

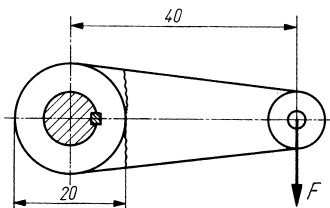


Bild 2.54 Hebel

2.55

Auf einen Steuerhebel wirkt nach Bild 2.55 eine größte Kraft $F = 121 \text{ N}$. Es sind zu ermitteln:

1. Das auf die Welle ausgeübte Drehmoment M ,
2. Die Umfangskraft F_u an der Welle,
3. Das auf den Hebelquerschnitt A–B wirkende Biegemoment M_b ,
4. Die auf den Querschnitt A–B wirkende Druckkraft F_d .

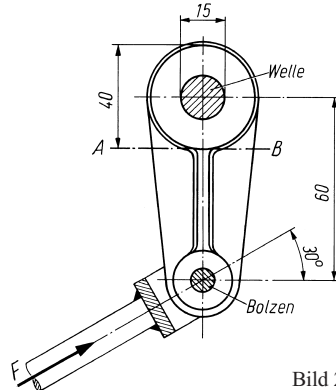


Bild 2.55 Steuerhebel

2.56

An dem in Bild 2.56 skizzierten Hebel, der auf einer Welle befestigt ist, greifen drei Kräfte unter verschiedenen Winkeln an. Es ist das von der Welle aufzunehmende resultierende Moment M_r zu errechnen und sein Drehsinn anzugeben.

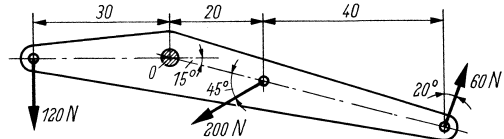


Bild 2.56 Hebel mit drei Kräften

2.57

An dem in Bild 2.57 gezeigten Bauteil eines Automaten wirken die drei Kräfte F_1 , F_2 und

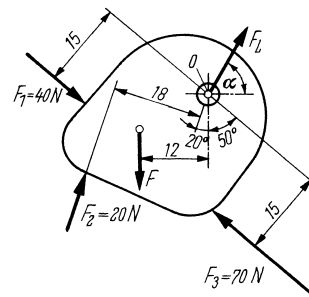


Bild 2.57 Kräfte an einem Automatenenteil

F_3 . Zu ermitteln sind:

1. Das von diesen Kräften auf die Drehachse 0 ausgeübte resultierende Moment M_r ,
2. Die erforderliche Kraft F , durch die sich alle an dem Teil angreifenden Momente im Gleichgewicht befinden.

2.58

Mit welcher Kraft F_L wirkt die Lagerung auf das in Bild 2.57 gezeigte Bauteil, wenn die Kräfte F_1, F_2, F_3 und die in Aufgabe 2.57 unter 2. errechnete Kraft F gleichzeitig auftreten? Es sind der Betrag von F_L , ihr spitzer Richtungswinkel α zur x -Achse und der Quadrant anzugeben.

2.59

Bild 2.59 zeigt ein Geradzahn-Stirnräderpaar und die Kräfte an der Eingriffsstelle. Die Räder drücken an ihren Zahnflanken mit der Zahnkraft $F = 21,3 \text{ kN}$ unter dem Eingriffswinkel $\alpha = 20^\circ$ gegeneinander. Es sind zu ermitteln:

1. Die tangential zu den Teilkreisen mit den Radien $r_1 = d_1/2$ und $r_2 = d_2/2$ wirkende Umfangskraft F_t als Komponente der Zahnkraft F ,
2. Die radiale Zahnkraftkomponente F_r ,
3. Die Drehmomente M_1 und M_2 der Zahnräder 1 und 2.

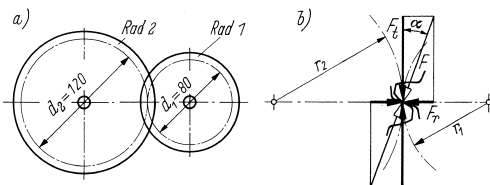


Bild 2.59 Stirnradgetriebe
a) Räderpaar im Eingriff, b) Kräfte an den Zähnen

2.60

Ein Zahnrad mit einem Teilkreisdurchmesser von 20 mm hat ein Drehmoment von 750 Nmm zu übertragen. Die unter dem Eingriffswinkel $\alpha = 20^\circ$ zur Teilkreistangente wirkende Zahnkraft F ist zu errechnen (siehe Bild 2.59).

2.61

Der Kurbeltrieb eines Kolbenkompressors ist in Bild 2.61 schematisch dargestellt. Es betragen der Kolbendurchmesser $D = 200 \text{ mm}$, der Kurbelradius $r = 320 \text{ mm}$ und die Winkel $\alpha = 60^\circ, \beta = 22^\circ$. Auf den Kolben wirkt der Druck

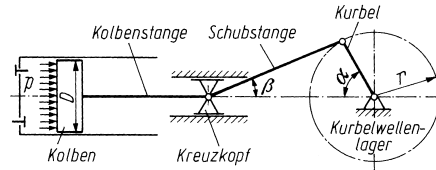


Bild 2.61 Kurbeltrieb

$p = 6 \text{ bar}$ (siehe ggf. die Erläuterungen zu dieser Aufg.). Für die durch die Winkel gekennzeichnete Stellung sind zu ermitteln:

1. Die Kolbenkraft F ,
2. Die Schubstangenkraft F_S ,
3. Die Normalkraft F_N am Kreuzkopf,
4. Die Tangentialkraft F_t an der Kurbel,
5. Das auf die Kurbelwelle ausgeübte Drehmoment M ,
6. Die Komponenten F_{Lx} und F_{Ly} der Kraft am Kurbelwellenlager.

2.62

Ein Bauteil wird entspr. Bild 2.62 durch die Kräfte $F_1 = 2 \text{ kN}, F_2 = 3,5 \text{ kN}$ und $F_3 = 2,7 \text{ kN}$ belastet. Ihre Wirklinien bilden mit der Bauteilachse die Winkel $\alpha_1 = 70^\circ, \alpha_2 = 80^\circ$ und $\alpha_3 = 60^\circ$. Die Abstände betragen $l_1 = 0,5 \text{ m}$ und $l_2 = 0,7 \text{ m}$. Es sind zeichnerisch und rechnerisch zu ermitteln:

1. Der Betrag der Resultierenden F_r ,
2. Der Abstand l_r des Schnittpunktes ihrer Wirklinie mit der Bauteilachse vom Angriffspunkt der Kraft F_1 ,
3. Der spitze Winkel α_r , den ihre Wirklinie mit der Bauteilachse einschließt.

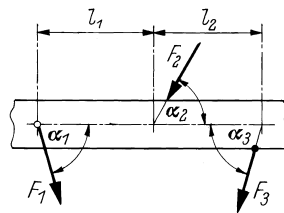


Bild 2.62 Kräfte an einem Bauteil

2.63

Auf dem in Bild 2.63 dargestellten Hebel greifen zwei verschieden große Kräfte an. Wie groß ist

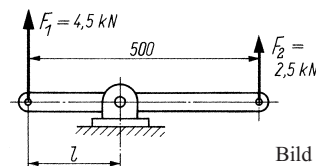


Bild 2.63 Gerader Hebel

die Lagerkraft F , und in welchem Abstand l muss das Lager angeordnet werden, damit sich der Hebel im Gleichgewicht befindet?

2.64

Für das Sicherheitsventil nach Bild 2.64 mit dem Öffnungsdurchmesser $d = 60$ mm und dem Abstand $l_1 = 85$ mm, das durch ein Belastungsgewicht von 40 kg geschlossen gehalten wird, sind unter Vernachlässigung der Eigengewichte des Ventilhebels und des Ventiltellers zu ermitteln:

1. Die bei einem Druck $p = 7,5$ bar auf den Ventilteller wirkende Kraft F (siehe ggf. Erläuterungen zu Aufg. 2.61),
2. Der Abstand l_2 , wenn das Ventil bei der Kraft F öffnen soll,
3. Die Lagerkraft F_L im Hebellager.

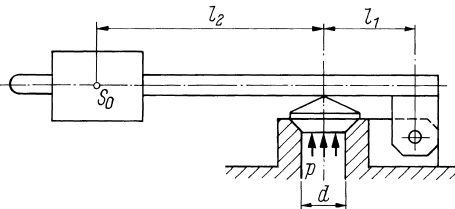


Bild 2.64 Sicherheitsventil

2.65

Bild 2.65 zeigt die Skizze eines Hebels im freigemachten Zustand. Mit den angegebenen Kräften befindet er sich im Gleichgewicht. Zu ermitteln sind:

1. Die Komponenten F_{1x} und F_{1y} der Kraft F_1 ,
2. Die Komponenten F_{2x} und F_{2y} der Kraft F_2 ,
3. Die Komponenten F_{Lx} und F_{Ly} der Lagerkraft F_L ,
4. Die Lagerkraft F_L ,
5. Der Richtungswinkel α ,
6. Der Lagerabstand l .

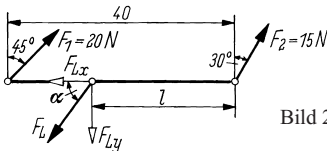


Bild 2.65 Freigemachter Hebel

2.66

Für den in Bild 2.66 skizzierten Hebel sind eine Berechnungsskizze anzufertigen und folgende Größen zu errechnen:

1. Der Lagerabstand l für den Gleichgewichtszustand,

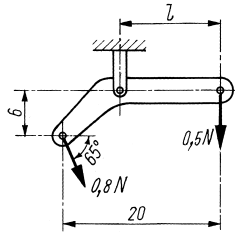


Bild 2.66 Gekrümmter Hebel

2. Die Lagerkraft F als Gleichgewichtskraft,
3. Der spitze Winkel α , den ihre Wirklinie mit dem waagerechten Hebelarm bildet.

2.67

Bild 2.67 zeigt einen schematisch dargestellten Winkelhebel. Es sind die Druckfederkraft F_A und die Bolzenkraft F_B im Gelenk sowie deren spitzer Richtungswinkel α zum waagerechten Hebelarm zu ermitteln.

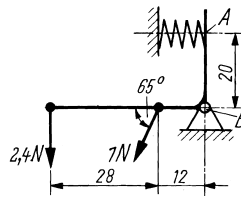


Bild 2.67 Winkelhebel

2.68

In Bild 2.68 ist ein Säulendrehkran mit Laufkatze schematisch dargestellt. Die Kranbauteile, deren Schwerpunkte in der Skizze angegeben sind, haben folgende Massen: Laufkatze $m_1 = 1$ t, Ausleger für Laufkatze $m_2 = 3,5$ t, Ausleger für Gegengewicht $m_3 = 2,5$ t, Gegengewicht $m_4 = 4$ t. Bei welchem Abstand l der Last $m = 5$ t werden auf die Säulenlager A und B keine waagerechten Kräfte ausgeübt (zeichnerische und rechnerische Lösung)?

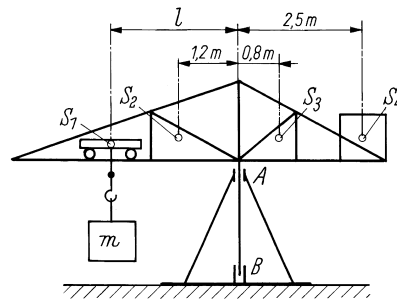


Bild 2.68 Säulendrehkran

2.69

Für den in Bild 2.69 skizzierten Träger auf zwei Stützen sind die in den Auflagern A und B auftretenden Stützkkräfte F_A und F_B zu ermitteln.

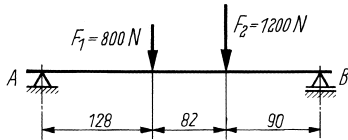


Bild 2.69 Träger auf zwei Stützen

2.70

Für die Elektromotorwelle nach Bild 2.70 sollen unter Vernachlässigung des Eigengewichts der Welle die durch das 20 kg schwere Läuferblechpaket in den Lagern A und B hervorgerufenen Lagerkräfte bestimmt werden.

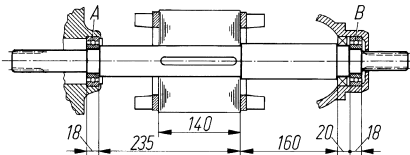


Bild 2.70 Elektromotorwelle

2.71

Eine Getriebewelle (Bild 2.71) wird durch eine resultierende Riemenkraft von 3 kN und zwei Zahnkräfte von 2,6 kN sowie 6,2 kN belastet. Die Kräfte wirken in einer Ebene. Es sind die in den Lagern A und B auftretenden Lagerkräfte F_A und F_B zu ermitteln.

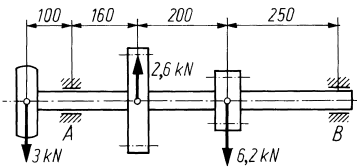


Bild 2.71 Getriebewelle

2.72

Für die in Bild 2.72 schematisch dargestellte Getriebewelle eines Feinwerkgerätes mit drei in einer Ebene parallel wirkenden Kräften sind die in den Lagern A und B wirkenden Lagerkräfte F_A und F_B zu bestimmen.

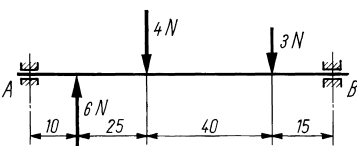


Bild 2.72 Getriebewelle

2.73

Bild 2.73 zeigt einen Mobilkran, dessen Achskräfte F_A und F_B zeichnerisch und rechnerisch ermittelt werden sollen, und zwar für eine Last mit der Gewichtskraft $F_G = 15$ kN bei den Auslegerstellungen I, II und III. Die Eigengewichtskräfte betragen für das Fahrgestell $F_{G1} = 36,4$ kN, den Aufbau $F_{G2} = 67,2$ kN und den Ausleger $F_{G3} = 7$ kN.

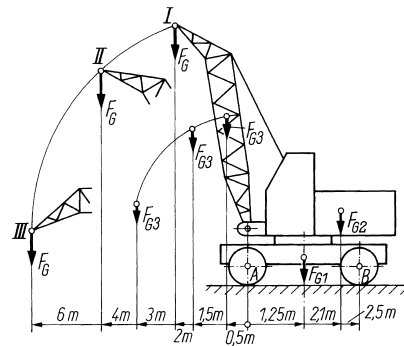


Bild 2.73 Mobilkran

2.74

In Bild 2.74 ist ein auf Schienen fahrbarer Drehkran dargestellt, dessen Bauteile folgende Eigenmassen haben: Fahrgestell $m_1 = 6$ t, Aufbau $m_2 = 18$ t, Ausleger $m_3 = 2,2$ t. Welche Radkräfte F_{R1} bis F_{R4} treten an den Rädern 1 bis 4 bei einer Last $m = 3$ t auf, und zwar

1. bei der Auslegerstellung nach Bild 2.74 a,
2. bei der in Bild 2.74 b gezeigten Auslegerstellung?

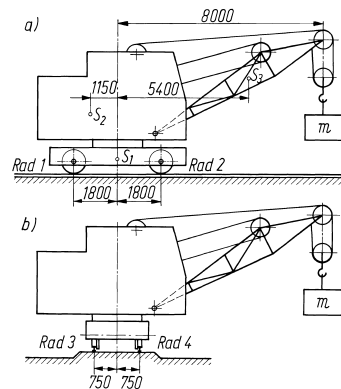


Bild 2.74 Schienen-Drehkran
a) Ausleger in Richtung der Schienen,
b) Ausleger quer zu den Schienen

2.75

Bild 2.75 zeigt eine Seiltrommel für eine größte Last von 3 t. Zu ermitteln sind:

1. Welches Drehmoment M ist für den Antrieb der Trommel beim gleichförmigen Heben dieser Last unter Vernachlässigung der Reibung erforderlich?
2. Welchen Betrag haben die Lagerkräfte F_A und F_B bei der Seilstellung I?
3. Wie groß sind die Lagerkräfte bei der Seilstellung II?

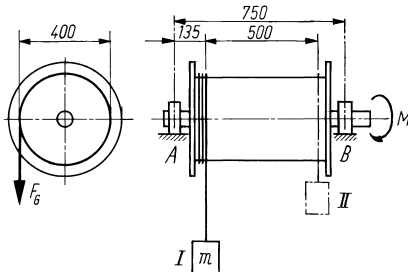


Bild 2.75 Seiltrommel mit äußersten Seilstellungen

2.76

In eine Getriebewelle (Bild 2.76) wird über eine Kupplung ein Drehmoment $M = 1210 \text{ Nm}$ eingeleitet und über ein Zahnrad mit dem Teilkreisdurchmesser $d = 220 \text{ mm}$ ausgeleitet. Das Gegenrad drückt dabei mit der Zahnkraft F unter dem Eingriffswinkel $\alpha = 20^\circ$ jeweils gegen einen Zahn des dargestellten Rades. Die Kräfte in den Lagern A und B sind mit den Lagerabständen $l_A = 90 \text{ mm}$ und $l_B = 160 \text{ mm}$ wie folgt zu ermitteln:

1. Die tangentielle Umfangskraft F_t aus dem Drehmoment,
2. Die Zahnkraft F ,
3. Die Lagerkräfte F_A und F_B .

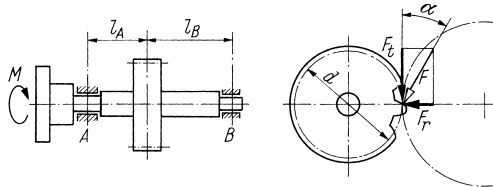


Bild 2.76 Getriebewelle

2.77

Der Stützträger nach Bild 2.77 wird durch eine vertikale Kraft $F_1 = 500 \text{ N}$ und eine unter dem Winkel $\beta = 52^\circ$ wirkende Kraft $F_2 = 350 \text{ N}$ belastet. Es sind zu ermitteln:

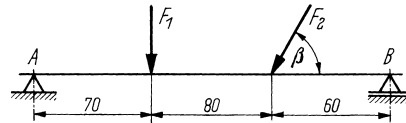


Bild 2.77 Träger auf zwei Stützen

1. Die im Festlager A auftretende Stützkraft F_A und der spitze Winkel α , den ihre Wirklinie mit der Trägerlängsachse einschließt,
2. Die Stützkraft F_B im Loslager B.

2.78

An dem Stützträger nach Bild 2.78 wirken die Kräfte $F_1 = 4,81 \text{ kN}$, $F_2 = 3,7 \text{ kN}$, $F_3 = 5,2 \text{ kN}$. Die Winkel betragen $\alpha_1 = 45^\circ$ und $\alpha_2 = 60^\circ$. Zu errechnen sind:

1. Die Loslagerkraft F_A ,
2. Die Festlagerkraft F_B und ihr spitzer Richtungswinkel β zur Trägerlängsachse.

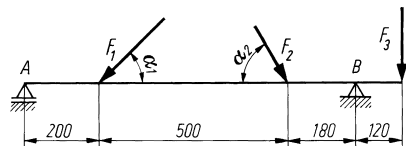


Bild 2.78 Stützträger

2.79

Bild 2.79 zeigt einen Hebel, der beim Auftreten der angegebenen Kräfte durch eine Zugfeder im Gleichgewicht gehalten werden soll. Es sind rechnerisch und zeichnerisch die Antworten auf folgende Fragen zu ermitteln:

1. Welche Kraft F muss die Zugfeder aufbringen?
2. Wie groß ist die Lagerkraft F_A im Hebellager A, und welchen spitzen Winkel α bildet ihre Wirklinie mit der Mittellinie des Hebels?

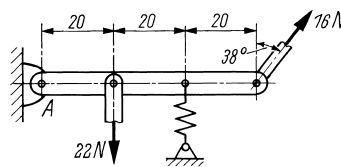


Bild 2.79 Hebel

2.80

An der in Bild 2.80 dargestellten Stütze mit den Abmessungen $a = 2,4 \text{ m}$, $b = 0,5 \text{ m}$ und $\beta = 36^\circ$ greift eine Kraft $F = 2,5 \text{ kN}$ an. Wie groß sind:

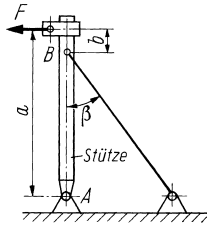


Bild 2.80 Stütze mit Spannseil

1. Die Seilkraft F_B ,
2. Die Lagerkraft F_A und ihr spitzer Richtungswinkel α zur Waagerechten?

2.81

Bild 2.81 zeigt ein klappbares Förderband, das zur Freigabe einer Durchfahrt an einem Zugseil hochgezogen werden kann. Es sind zu ermitteln:

1. Die erforderliche Zugkraft F für die gezeigte Stellung,
2. Die vom Lagerbock aufzunehmende Kraft F_A und ihr spitzer Richtungswinkel α zur Waagerechten.

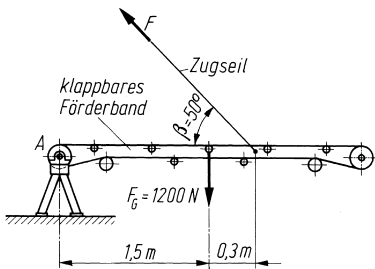


Bild 2.81 Förderband

2.82

Ein Balken ist wie in Bild 2.82 gelagert und wird durch eine Streckenlast $m' = 300 \text{ kg/m}$ und eine an einem Seil hängende Masse $m = 600 \text{ kg}$ belastet. Wie groß sind die Auflagerkräfte bei A und B?

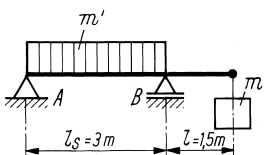


Bild 2.82 Belasteter Balken

2.83

Für den in Bild 2.83 skizzierten Träger auf zwei Stützen mit einer schräg angreifenden Einzelkraft und einer Streckenlast sind die Auflagerkräfte

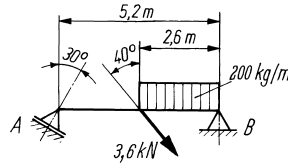


Bild 2.83 Träger mit Einzelkraft und Streckenlast

F_A und F_B zu ermitteln. Ferner ist der spitzer Winkel β anzugeben, den die Wirklinie von F_B mit der Trägerlängsachse bildet.

2.84

Das in Bild 2.84 skizzierte Fachwerk hat ein Gewicht von 3,6 t. Die Längen betragen $L = 5,2 \text{ m}$ und $l = 3 \text{ m}$. Es sind die Stützkkräfte F_A und F_B sowie ihre spitzen Richtungswinkel zur Waagerechten zu ermitteln, und zwar α bei A und β bei B.

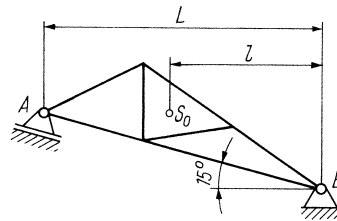


Bild 2.84 Fachwerkträger

2.85

Auf einen Maschinenschlitten (Bild 2.85) wirkt eine Kraft $F = 680 \text{ N}$. Im Schwerpunkt S_0 greift die Gewichtskraft $F_G = 850 \text{ N}$ an. Es sind zu ermitteln:

1. Die Stützkraft F_A im Punkt A,
2. Die Stützkkräfte F_B und F_C bei B und C.
3. Welche spitzen Winkel α_B und α_C schließen die Wirklinien von F_B und F_C mit der Waagerechten ein?

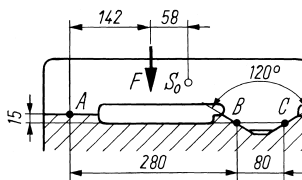


Bild 2.85 Maschinenschlitten

2.86

Ein 245 kg schwerer Maschinenschlitten ist nach Bild 2.86 auf einer Dach- und an einer Flachführung abgestützt. Wie groß sind die an