

**Aufgaben:**

64. In der Zulassungsbescheinigung Teil I eines Pkws finden sich über die zulässige Belastung der Achsen folgende Angaben:

Vorderachse: 581 kg, Hinterachse: 765 kg (Achsabstand:  $a = 2\,650\text{ mm}$ ,  $g = 9,81\text{ m/s}^2$ )

Ermitteln Sie den Schwerpunktsabstand  $l_0$  von der Vorderachse bei zulässiger Belastung.

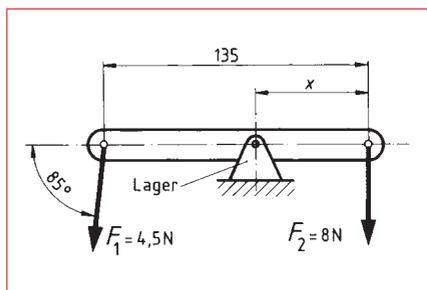
65. Zwei Kräfte  $F_1 = 5\text{ N}$  und  $F_2 = 14\text{ N}$  sind waagrecht gerichtet und haben den Wirkabstand  $l = 12\text{ cm}$ .

$F_1$  wirkt nach rechts,  $F_2$  nach links.

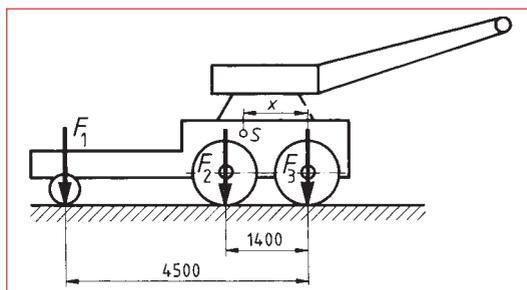
Ermitteln Sie die Resultierende der beiden Kräfte und ihren Abstand von  $F_1$ .

66. Ein Hebel wird durch die beiden Kräfte  $F_1$  und  $F_2$  belastet.

Welchen Abstand  $x$  muss das Lager haben, wenn die Resultierende  $F_r$  aus  $F_1$  und  $F_2$  durch den Lagermittelpunkt gehen soll?



zu Aufgabe 66



zu Aufgabe 67

67. Bei einem dreiachsigen Spezial-Baufahrzeug betragen die Achsbelastungskräfte:  $F_1 = 28\text{ kN}$ ,  $F_2 = 55\text{ kN}$ ,  $F_3 = 60\text{ kN}$ . Welchen Abstand  $x$  von  $F_3$  hat der Schwerpunkt?

## 2.6 Ermittlung unbekannter Kräfte im allgemeinen Kräftesystem

► Lehrbuch: Kapitel 2.4.3)

### ■ Lehrbeispiel 8

Ein Ausleger wird durch die drei Kräfte  $F_1 = 700\text{ N}$ ,  $F_2 = 1000\text{ N}$  und  $G = 300\text{ N}$  belastet. Ermitteln Sie die Lagerkräfte  $F_A$  und  $F_B$ .

#### Lösung:

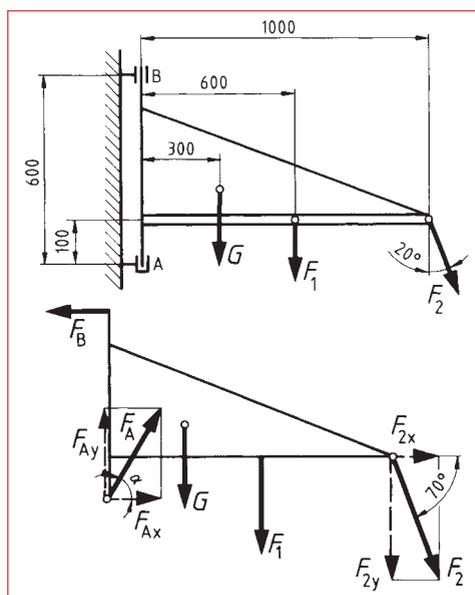
##### rechnerisch:

Zunächst wird der Ausleger freigemacht. Lager B ist ein Loslager,  $F_B$  ist also radial zur Auslegerachse gerichtet. Lager A ist ein Festlager, kann also Kräfte in  $x$ - und  $y$ -Richtung aufnehmen.

Zerlegung der schräg wirkenden Kräfte in Komponenten:

$$F_{2x} = F_2 \cdot \cos \alpha = 1000\text{ N} \cdot \cos 70^\circ = 342\text{ N}$$

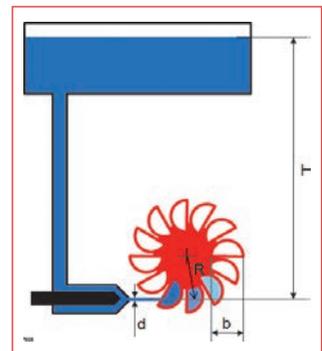
$$F_{2y} = F_2 \cdot \sin \alpha = 1000\text{ N} \cdot \sin 70^\circ = 940\text{ N}$$



80. Bei einer Rakete mit der Masse  $m = 360 \text{ kg}$  wirkt beim Start eine Schubkraft von  $20 \text{ kN}$ . Welche Geschwindigkeit wird die Rakete nach  $15 \text{ s}$  erreichen?
81. Eine Druckfeder ist um  $25 \text{ mm}$  zusammengedrückt; ihre Federrate beträgt  $120 \text{ N/cm}$ . Sie erteilt beim Zurückfedern einem Bauteil von  $2 \text{ kg}$  Masse die Geschwindigkeit  $v = 9 \text{ m/s}$ . Wie lange dauert der Rückfederungsvorgang?
82. Eine Person ( $m = 70 \text{ kg}$ ) steht auf einem mit  $v = 2 \text{ m/s}$  fahrenden Wagen ( $m = 40 \text{ kg}$ ) und wirft fünf Bälle (je  $m = 500 \text{ g}$ ):
- in Fahrtrichtung,
  - entgegen der Fahrtrichtung.
- Die Bälle erhalten eine Geschwindigkeit von  $20 \text{ m/s}$ .  
Wie groß ist nach dem Abwurf der fünf Bälle die Geschwindigkeit des Wagens mit der daraufstehenden Person in Fall a) und b)?  
(Reibungswiderstände vernachlässigen! Mit Impulserhaltungssatz lösen!)
83. Ein Trupp der Feuerwehr löscht bei einem Brandeinsatz mit einem B-Strahlrohr ohne Mundstück, das bei Nenndruck einen Wasserdurchfluss von  $\dot{V} = 800 \text{ l/min}$  hat. Die Düse weist einen Durchmesser von  $22 \text{ mm}$  auf.  
Welche Haltekraft müssen die Feuerwehrmänner aufbringen?
84. Während der Verlegearbeit eines Gehwegs fällt eine hochkant stehende, quadratische Gehwegplatte (Kantenlänge  $a = 0,4 \text{ m}$ , Dicke  $d = 5 \text{ cm}$ ) aus Beton ( $\rho = 2,5 \text{ kg/dm}^3$ ) durch einen Anstoß in  $t = 0,2 \text{ s}$  um. Dabei fällt sie mit der oberen Kante einem Mitarbeiter auf den Fuß. Da dieser Sicherheitsschuhe mit Stahlkappen trägt, gibt sein Fuß auf dem weichen Untergrund ca.  $3 \text{ mm}$  nach.  
Welchen Impuls erfährt der Schuh?
85. Beim Golfspiel schlägt ein Spieler mit einem Schläger (Masse  $m_1 = 250 \text{ g}$ ) einen Golfball der Masse  $m_2 = 45 \text{ g}$  vom Abschlagpunkt ab ( $v_2 = 0$ ). Ein guter Amateur erreicht eine Schlägerkopfgeschwindigkeit von  $v_1 = 170 \text{ km/h}$ . Ein Golfball hat eine Stoßzahl von ca.  $e = 0,84$ .  
Welche Geschwindigkeit haben der Ball ( $c_2$ ) und der Schläger ( $c_1$ ) nach dem Abschlag?
86. Ein Bergsteiger sichert sich mit einem Seil. An einer schwierigen Stelle rutscht er aus und stürzt  $2 \text{ m}$  in die Tiefe, bevor sein Sturz vom Sicherungsseil gestoppt wird. Der Bergsteiger besitzt ausgerüstet eine Masse von  $80 \text{ kg}$ , das Seil ist  $4 \text{ m}$  über ihm fixiert und es weist eine übliche Falldehnung von  $15 \%$  auf. Ermitteln Sie die Last, die das Seil mindestens aufnehmen muss, um ihn zu halten.

87. Das Wasserkraftwerk Kartell in St. Anton am Arlberg besitzt zwei Pelton-Freistrahlturbinen, die durch Wasser aus einem  $535 \text{ m}$  höher gelegenen Stausee gespeist werden. Die Peltonräder haben einen Durchmesser von  $D = 2 \cdot R = 1,2 \text{ m}$  und drehen sich mit  $n = 1000 \text{ 1/min}$ . Sie werden durch zwei Düsen mit Wasser beschickt, die insgesamt einen Volumenstrom von  $\dot{V} = 1000 \text{ l/s}$  bereitstellen und einen Düsendurchmesser von  $d = 6,8 \text{ cm}$  aufweisen.

Welche Leistung kann eine solche Turbine bei einem Wirkungsgrad von  $91 \%$  erbringen?



# 4 Mechanische Schwingungen

## Aufgaben:

1. Eine Werkzeugmaschine hat die erste Eigenfrequenz von  $\omega_0 = 200$  Hz. Eine ideale Schnittgeschwindigkeit für das Werkzeug ergibt sich bei einer Spindeldrehzahl von  $n = 3\,000$  1/min. Die Maschine soll im unterkritischen Bereich betrieben werden. Ist hierfür ein drei- oder ein vierschnittiges Werkzeug besser geeignet?
2. Ein Kolbenkompressor soll über eine drehelastische Kupplung mit einem Asynchronmotor angetrieben werden. Die Nenn-drehzahl des Motors beträgt  $n = 1\,500$  1/min und das Nennmoment  $M = 25$  Nm. Er weist ein Trägheitsmoment von  $J_{\text{Motor}} = 0,0097$  kg m<sup>2</sup> auf. Der Kolbenkompressor hat ein Trägheitsmoment von  $J_{\text{Kompressor}} = 0,004$  kg m<sup>2</sup>. Aus einem Katalog ist eine geeignete Klauenkupplung mit elastischem Zwischenteil auszuwählen, um den Motor mit dem Kolbenkompressor zu koppeln, damit das Aggregat unterkritisch bei  $n_b = 1\,450$  1/min arbeiten kann (Auszug aus Katalog siehe Seite 70).



3. Ein Fahrradfahrer tritt mit einer Drehfrequenz von 1 Hz in die Pedale. Das vordere Kettenblatt hat einen Durchmesser von  $d = 180$  mm. Im Sitzen fahrend kann der Fahrer mit ca.  $F = 400$  N in die Pedale treten. Die Tretkurbeln haben einen Radius von  $r = 200$  mm.
  - a) Stellen Sie eine Funktion der Trumspannung der Kette auf der Zugseite in Abhängigkeit von der Zeit auf. Beginnen Sie zum Zeitpunkt  $t = 0$  mit waagrecht stehenden Pedalen.
  - b) Stellen Sie den Verlauf mithilfe eines Tabellenkalkulationsprogrammes grafisch dar.



4. Ein Pkw-Zug, bestehend aus einem SUV und einem einachsigen Caravan mit der Masse  $m = 1\,200$  kg und der belastungsbedingten Drehträgheit von  $J = 2\,500$  kg m<sup>2</sup> fährt auf einer Bundesautobahn. Der Caravan wird von einer seitlichen Windböe erfasst, die ihn 2° aus der Zugrichtung drückt, sodass er kurzzeitig schräg hinter dem Zugfahrzeug rollt. Der Caravan besitzt aufgrund seines Fahrwerks und seiner Anhängerkupplung eine Gierfederhärte<sup>1</sup>  $c_n = 60\,000$  Nm/rad und einen Schwingungsabklingkoeffizienten  $\delta$ , abhängig von der Fahrgeschwindigkeit  $v$ , nach folgender Tabelle.



$v$ in km/h	$\delta$ in 1/s	$v$ in km/h	$\delta$ in 1/s
60	1,13	100	0,1
80	0,6	120	-0,4

Ermitteln Sie den zeitlichen Verlauf, der Pendelschwingung des Anhängers, die sich bei Tempo 60 km/h, 80 km/h, 100 km/h und 120 km/h einstellt.

Überlegen Sie, welche Geschwindigkeit ohne zusätzliche Stabilisierungseinrichtungen risikolos fahrbar ist.

Hinweis zur Lösung: Für Längsschwingungen gilt:

$$\omega = \sqrt{\frac{c}{m}}, \text{ analog dazu gilt für Pendelschwingungen: } \omega = \sqrt{\frac{c_n}{J}}$$

<sup>1</sup> Gieren beschreibt eine Drehbewegung um die Fahrzeughochachse. Es wird umgangssprachlich als „Schleudern“ bezeichnet.

### ■ Projektaufgabe 3: Dieselmotor

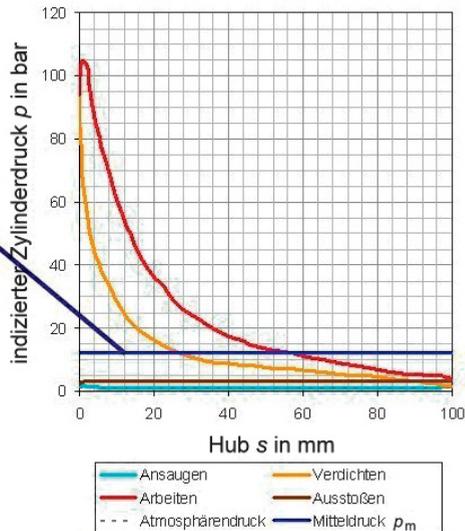
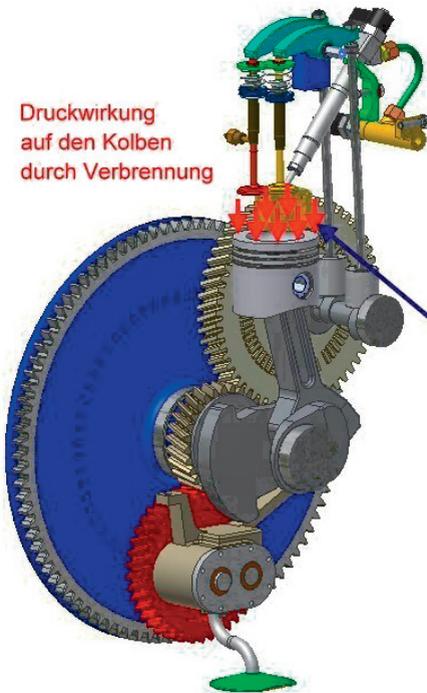
Für den abgebildeten Vierzylinder-Viertakt-Dieselmotor mit Abgasurboaufladung und Common-Rail-Einspritzung sollen im Rahmen der Konstruktion einige mechanische Berechnungen durchgeführt werden.



Technische Daten des Motors

Arbeitsverfahren	–	Viertakt-Verfahren
Anzahl Zylinder	$z$	4
Hub	$s$	100 mm
Bohrung	$d$	90,9 mm
mittlerer nutzbarer Kolbendruck	$p_m$	12,1 bar
Nenn Drehzahl	$n_n$	3000 1/min
Leerlaufdrehzahl	$n_l$	750 1/min

Druckwirkung auf den Kolben durch Verbrennung



mittlerer effektiver Kolbendruck während des Arbeitstaktes

#### Aufgaben:

1. Ermitteln Sie die Kolbenfläche  $A_{\text{Kolben}}$  des Motors.
2. Ermitteln Sie den Hubraum eines Zylinders  $V_h$  sowie den Gesamthubraum  $V_H$ .
3. Berechnen Sie die Kolbenkraft  $F_{\text{Kolben}}$ , die während eines Arbeitsspiels durchschnittlich auf einen Kolben wirkt. Verwenden Sie dazu den mittleren nutzbaren Kolbendruck  $p_m$ .
4. Berechnen Sie die Kolbenkraft  $F_{\text{Kolben}}$ , die bei der Verbrennung bei Maximaldruck ( $p$ - $V$ -Diagramm) auf den Kolben wirkt.