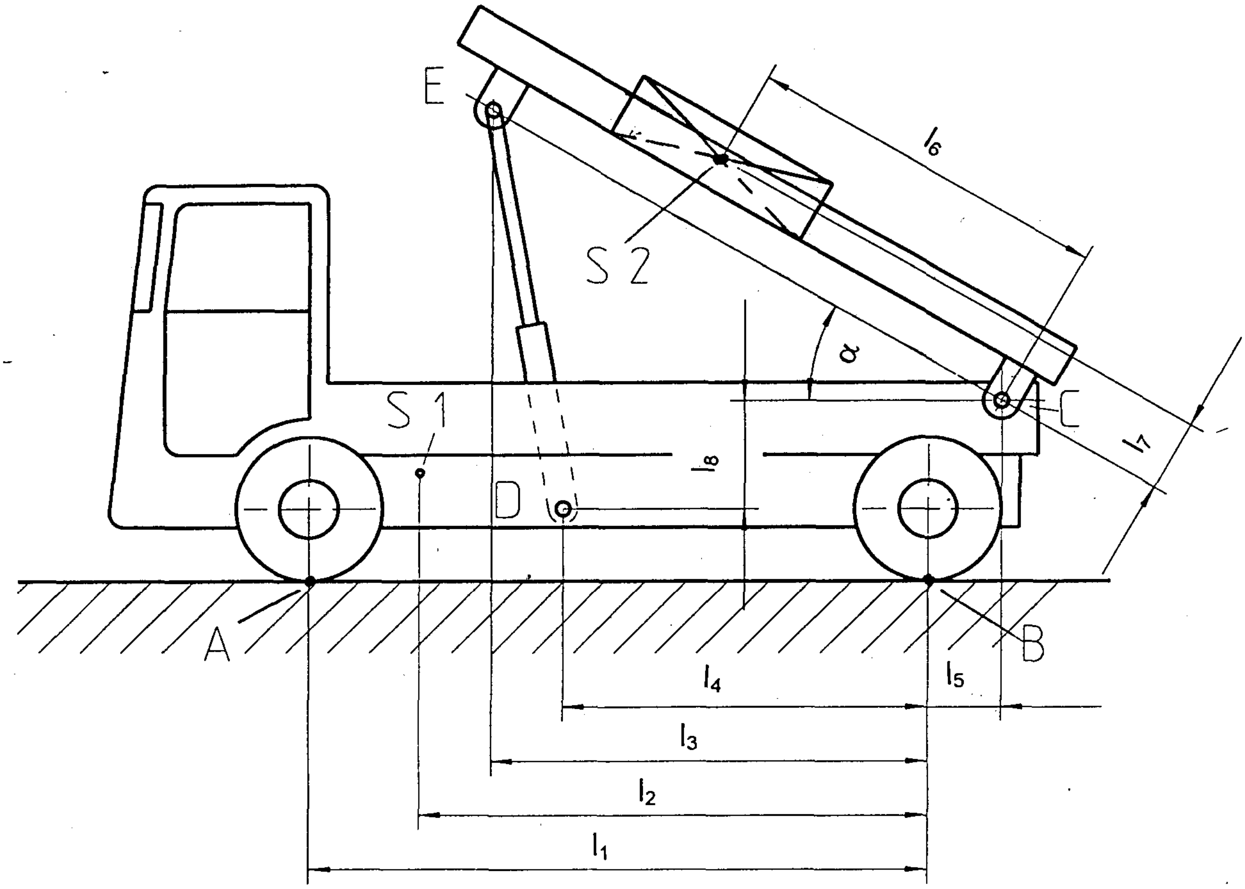
tgt HP 1998/99-1: Lastkraftwagen



Ein Hubzylinder mittig angeordnet; Lagerstellen C beidseitig.

Abmessungen:	l_1 = 8,5 m	l_2 =7,0 m	l_3 = 6,0 m	l_4 = 5,0 m
	l_5 = 1,0 m	l_6 = 5,0 m	l_7 = 1,0 m	l_8 = 1,5 m
Gewichtskraft des LKW:		F_1 = 120 kN		
Masse des Stahlblocks:		m = 7000 kg		

Die Gewichtskraft F_1 des LKW greift im Schwerpunkt S_1 und die Gewichtskraft des Stahlblocks F_2 im Schwerpunkt S_2 an.

Teilaufgaben: Punkte

1 Der Stahlblock soll durch Abrutschen abgeladen werden. Berechnen Sie den Kippwinkel α, bei dem der Stahlblock gerade noch haften bleibt. Die Ladefläche besteht aus trockenen Holzdielen. (μ_G = 0,4, μ_H = 0,6) 1,5

In den Teilaufgaben 2 und 3 liegt der Stahlblock bei einem Kippwinkel von α = 30° auf der Ladefläche.

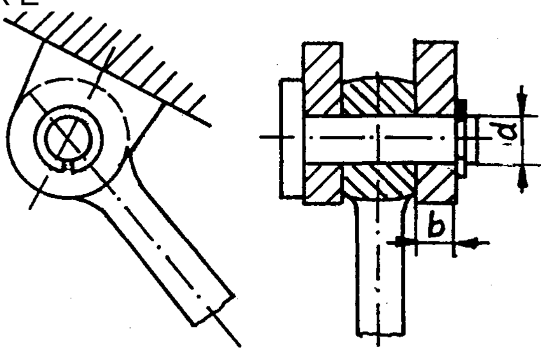
2 Bestimmen Sie zeichnerisch die Kolbenkraft F_K im Hubzylinder und die Lagerkräfte in C. 4,5

3 Berechnen Sie die Achskräfte in A und B. 4,0

4 Berechnen Sie den erforderlichen Kolbendurchmesser D bei einer wirksamen Kolbenkraft F_K = 70 kN, einem Hydraulikdruck p_e = 100 bar und einem Wirkungsgrad des Zylinders η = 0,9. 2,0

5 Berechnung der Verbindung im Gelenk E bei einer wirksamen Kolbenkraft F_K = 70kN

Gelenk E



5.1 Berechnen Sie den Durchmesser d des Verbindungsbolzens aus 16MnCr5 im Gelenkpunkt E bei 3-facher Sicherheit gegen Abscheren. 2,5

5.2 In den beiden Laschen ist eine Flächenpressung p_{zul} = 100 N/mm² zulässig. 2,0

Berechnen Sie die erforderliche Laschenbreite, wenn der Bolzendurchmesser d = 16 mm gewählt wurde.

6 Die Pumpenwelle der Hydraulikanlage erfordert ein Antriebsmoment von M_p = 100 Nm bei einer Drehzahl von n_p = 1000 min^{-1}.
Die Pumpe wird vom Fahrzeugmotor über ein einstufiges Getriebe angetrieben:
i = 2,5 ; η_G = 0,9

6.1 Berechnen Sie die abgegebene Motorleistung und die Motordrehzahl. 3,0

6.2 Berechnen Sie den Durchmesser d_p der Pumpenantriebswelle bei τ_{tzul} = 80 N/mm². 3,0

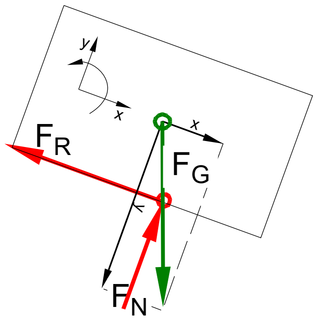
Alle Teilaufgaben sind unabhängig voneinander lösbar. Σ=30,0

tgt HP 1998/99-1: Lastkraftwagen

Lösungsvorschläge

	Teilaufgaben:	Punkte

1 LP Stahlblock: 1,5



$$\Sigma F_y = 0 = -F_{Gy} + F_N \quad \Rightarrow \quad F_N = F_{Gy} = F_G \cdot \cos\alpha$$
$$F_{RHaft} = F_N \cdot \mu_H = F_{Gy} \cdot \mu_H = F_G \cdot \cos\alpha \cdot \mu_H$$
$$\Sigma F_x = 0 = + F_{Gx} - F_R \quad \Rightarrow \quad F_R = F_{Gx} = F_G \cdot \sin\alpha$$

Rutschbedingung :

$$F_{RHaft} < F_R$$
$$F_G \cdot \cos\alpha \cdot \mu_H < F_G \cdot \sin\alpha$$
$$\mu_H < \frac{\sin\alpha}{\cos\alpha} = \tan\alpha \quad \Rightarrow \quad \alpha > \arctan\mu_H = \arctan 0{,}6 = 30{,}96°$$

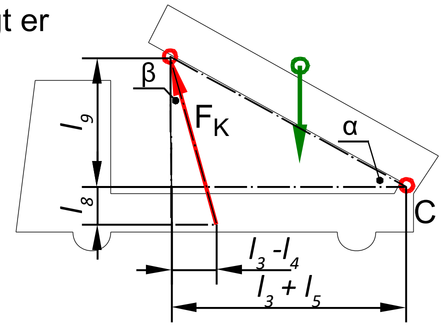
Bei α = 30,96° haftet der Block gerade noch, darüber gerät er ins Rutschen.

Schiefe Ebene mit Reibung

2 rechnerische Lösung 4,5

Diese Aufgabe war für eine grafische Lösung gestellt. Aufgrund ihrer Bemaßung ist sie rechnerisch ziemlich aufwendig.

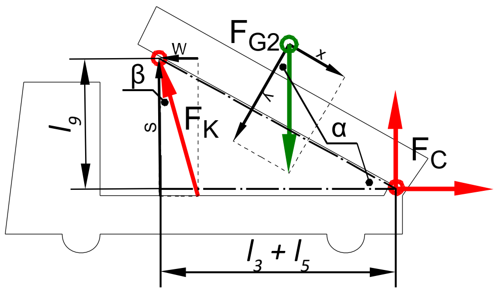
Einen Winkel β des Hubzylinders braucht man immer. Hier liegt er zwischen dem Zylinder und einer Senkrechten:



$$\tan\alpha = \frac{l_9}{l_3 + l_5} \quad \Rightarrow \quad l_9 = (l_3 + l_5) \cdot \tan\alpha = (6+1)\,m \cdot \tan 30° = 4{,}04\,m$$
$$\tan\beta = \frac{l_3 - l_4}{l_9 + l_8} \quad \Rightarrow \quad \beta = \arctan\frac{6-5}{4{,}041+1{,}5} \cdot \frac{m}{m} = 10{,}23°$$

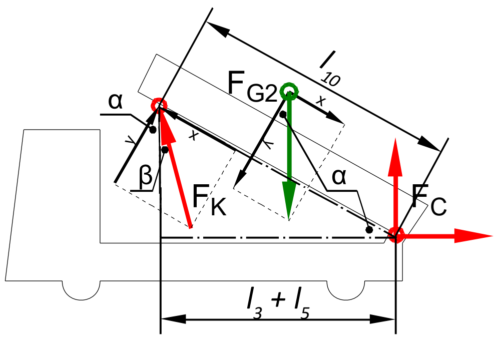
Die Kolbenkraft F_K kann mit der Gleichgewichtsbedingung für (Dreh-) Momente um den Punkt C ermittelt werden, aber die Bemaßung ist für eine Standardlösung nicht geeignet. Hier einige individuelle Lösungen:

Variante 1: Zerlegung von F_K in waagerechte und senkrechte Komponenten

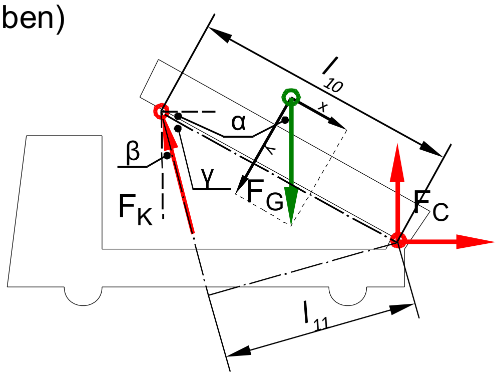


$$\Sigma M_C = 0 = -F_{KS} \cdot (l_5 + l_3) + F_{KW} \cdot l_9 + F_{G2y} \cdot l_6 - F_{G2x} \cdot l_7$$
$$= -F_K \cdot \cos\beta \cdot (l_3 + l_5) + F_K \cdot \sin\beta \cdot l_9 + F_{G2} \cdot \cos\alpha \cdot l_6 - F_{G2} \cdot \sin\alpha \cdot l_7$$
$$F_K = F_{G2} \cdot \frac{\cos\alpha \cdot l_6 - \sin\alpha \cdot l_7}{\cos\beta \cdot (l_3 + l_5) - \sin\beta \cdot l_9}$$
$$= 70\,kN \cdot \frac{\cos 30° \cdot 5\,m - \sin 30° \cdot 1\,m}{\cos 10{,}23° \cdot (6+1)\,m - \sin 10{,}23° \cdot 4{,}04\,m} = 43{,}45\,kN$$

Variante 2: Zerlegung von F_K in Komponenten, die rechtwinklig und parallel zur Ladefläche liegen



$$\Sigma M_C = 0 = -F_{Ky} \cdot l_{10} + F_{Kx} \cdot 0 + F_{G2y} \cdot l_6 - F_{G2x} \cdot l_7$$
$$= -F_K \cdot \cos(\beta + \alpha) \cdot \frac{l_3 + l_5}{\cos\alpha} + F_{G2} \cdot \cos\alpha \cdot l_6 - F_{G2} \cdot \sin\alpha \cdot l_7$$
$$F_K = F_{G2} \cdot \frac{\cos\alpha \cdot l_6 - \sin\alpha \cdot l_7}{\cos(\beta + \alpha) \cdot (l_3 + l_5)} \cdot \cos\alpha$$
$$= 70\,kN \cdot \frac{\cos 30° \cdot 5\,m - \sin 30° \cdot 1\,m}{\cos(10{,}23° + 30°) \cdot (6+1)\,m} \cdot \cos 30° = 43{,}45\,kN$$



Variante 3: Ermittlung des Hebelarmes l_{11} für F_K (l_{10} siehe oben)

$$l_{11}=l_{10}\cdot\sin\gamma=\frac{l_3+l_5}{\cos\alpha}\cdot\sin(90°-\alpha-\beta)$$

$$=\frac{(6+1)m}{\cos 30°}\cdot\sin(90°-30°-10{,}23°)=6{,}17\,m$$

$$\Sigma M_C=0=-F_K\cdot l_{11}+F_{G2y}\cdot l_6-F_{G2x}\cdot l_7$$

$$F_K=F_{G2}\cdot\frac{\cos\alpha\cdot l_6-\sin\alpha\cdot l_7}{l_{11}}$$

$$=70\,kN\cdot\frac{\cos 30°\cdot 5\,m-\sin 30°\cdot 1\,m}{6{,}17\,m}=43{,}45\,kN$$

Auch für F_C gibt es mehrere Möglichkeiten. Hier wird mit dem klassischen Koordinatensystem gerechnet (x waagerecht, y senkrecht):

$$\Sigma F_x=0=-F_{Kx}+F_{Cx}$$

$$F_{Cx}=F_K\cdot\sin\beta=43{,}45\,kN\cdot\sin 10{,}23°=7{,}72\,kN$$

$$\Sigma F_y=0=+F_{Ky}-F_{G2}+F_{Cy}$$

$$F_{Cy}=-F_K\cdot\cos\beta+F_{G2}=-43{,}45\,kN\cdot\cos 10{,}23°+70\,kN=27{,}24\,kN$$

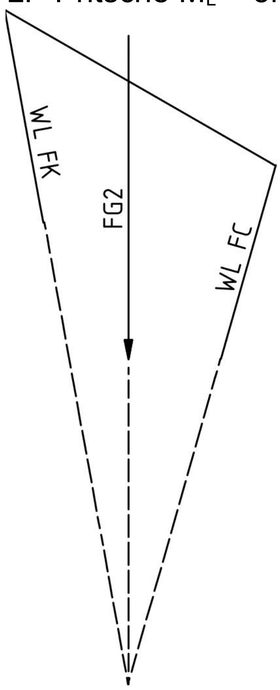
$$F_C=\sqrt{F_{Cx}^2+F_{Cy}^2}=\sqrt{(7{,}72\,kN)^2+(27{,}24\,kN)^2}=28{,}3\,kN$$

$$\alpha_A=\arctan\frac{F_{Cy}}{C_{Ax}}=\arctan\frac{27{,}24\,kN}{7{,}72\,kN}=74{,}2°\text{ nach rechts oben gegen die x-Achse bzw.}$$

rechnerische Lösung (umständliche Berechnung eines Hebelarmes)

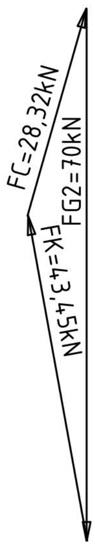
Grafische Lösung

LP Pritsche M_L = 5m/25mm

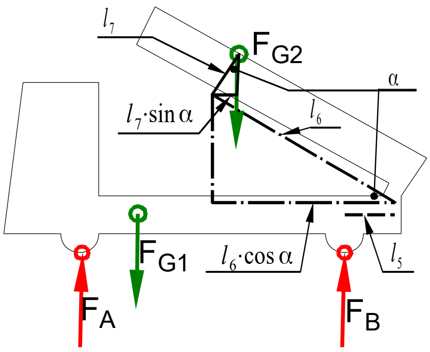


3-Käfte-Verfahren

KP M_K = 70kN / 70mm



3 LS Lkw



rechnerische Lösung: 4,0

$$l_x = -l_5 + l_6 \cdot \cos\alpha - l_7 \cdot \sin\alpha$$
$$= -1\,m + 5\,m \cdot \cos 30° - 1\,m \cdot \sin 30° = 2{,}83\,m$$
$$\Sigma M_B = 0 = -F_A \cdot l_1 + F_1 \cdot l_2 + F_2 \cdot l_x \quad \Rightarrow$$
$$F_A = \frac{F_1 \cdot l_2 + F_2 \cdot l_x}{l_1}$$
$$= \frac{120\,kN \cdot 7\,m + 70\,kN \cdot 2{,}83\,m}{8{,}5\,m} = 122{,}1\,kN$$
$$\Sigma F_y = 0 = F_A - F_1 - F_2 + F_B \quad \Rightarrow$$
$$F_B = F_1 + F_2 - F_A$$
$$= 120\,kN + 70\,kN - 122{,}1\,kN = 67{,}9\,kN$$

rechnerische Lösung (umständliche Berechnung eines Hebelarmes)

4 2,0

$$\eta \cdot P_e = \frac{F_K}{A} \quad \Rightarrow \quad A = \frac{F_K}{\eta \cdot P_e} = \frac{70\,kN}{0{,}9 \cdot 100\,\text{bar}} = 7777{,}8\,mm^2$$
$$A = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \quad \Rightarrow \quad d = \sqrt{\frac{4 \cdot A}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 7777{,}8\,mm^2}{\pi}} = 99{,}5\,mm$$

Kolbendurchmesser

5

5.1 R_e = 590 N/mm² (16MnCr5→ [EuroTabM46], S.133) 2,5

$$\tau_{aF} = 0{,}6 \cdot R_e = 0{,}6 \cdot 590 \frac{N}{mm^2} = 312 \frac{N}{mm^2}$$
$$\frac{\tau_{aF}}{\nu} = \tau_{azul} > \tau_a = \frac{F}{2 \cdot S} \quad \Rightarrow$$
$$\tau_{azul} = \frac{\tau_{aF}}{\nu} = \frac{312\,N/mm^2}{3} = 104 \frac{N}{mm^2}$$
$$S_{erf} = \frac{F_K}{2 \cdot \tau_{azul}} = \frac{70\,kN}{2 \cdot 104\,N/mm^2} = 336{,}5\,mm^2$$
$$S = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \quad \Rightarrow \quad d_{erf} = \sqrt{\frac{4 \cdot S}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 336{,}5\,mm^2}{\pi}} = 20{,}7\,mm$$

Gewählt wird der nächstgrößere angebotene BolzenØ 22mm (→ TabB „Bolzen“)

Erforderlicher Durchmesser gegen Abscheren:

5.2 2,0

$$p_{zul} = \frac{F}{2 \cdot A} \quad \Rightarrow$$
$$A_{erf} = \frac{F_K}{p_{zul}} = \frac{70\,kN}{2 \cdot 100\,N/mm^2} = 350\,mm^2$$
$$A = d_B \cdot b \quad \Rightarrow \quad b_{erf} = \frac{A}{d_B} = \frac{350\,mm^2}{22\,mm} = 15{,}9\,mm$$

Bolzen dimensionieren

6

6.1 3,0

$$i = \frac{n_M}{n_P} \quad \Rightarrow \quad n_M = i \cdot n_p = 2{,}5 \cdot 1000\,min^{-1} = 2500\,min^{-1}$$
$$P_P = 2\pi \cdot M_P \cdot n_P = 2\pi\,100\,Nm \cdot 1000\,min^{-1} = 10472\,W$$
$$\eta_G = \frac{P_P}{P_M} \quad \Rightarrow \quad P_M = \frac{P_P}{\eta_G} = \frac{10472\,W}{0{,}9} = 11{,}6\,kW$$

Motorleistung und -drehzahl

6.2 $\frac{\tau_{tF}}{\nu} = \tau_{tzul} > \tau_t = \frac{M_t}{W_p} \quad \Rightarrow$ 3,0

$$W_{perf} = \frac{M_t}{\tau_{tzul}} = \frac{100\,Nm}{80\,N/mm^2} = 1{,}25\,cm^3$$

$$W_p = \frac{\pi \cdot d^3}{16} \quad \Rightarrow \quad d_{erf} = \sqrt[3]{\frac{W_{perf} \cdot 16}{\pi}} = \sqrt[3]{\frac{1{,}25\,cm^3 \cdot 16}{\pi}} = 18{,}5\,mm$$

Welle dimensionieren

Alle Teilaufgaben sind unabhängig voneinander lösbar. Σ=30,0