

# tgt HP 1986/87-2: Stirnkipper für Eisenbahnwagen



## tgt HP 1986/87-2: Stirnkipper für Eisenbahnwagen

Gesamtgewichtskraft des beladenen Waggons

$$F_{G1} = 250 \text{ kN}$$

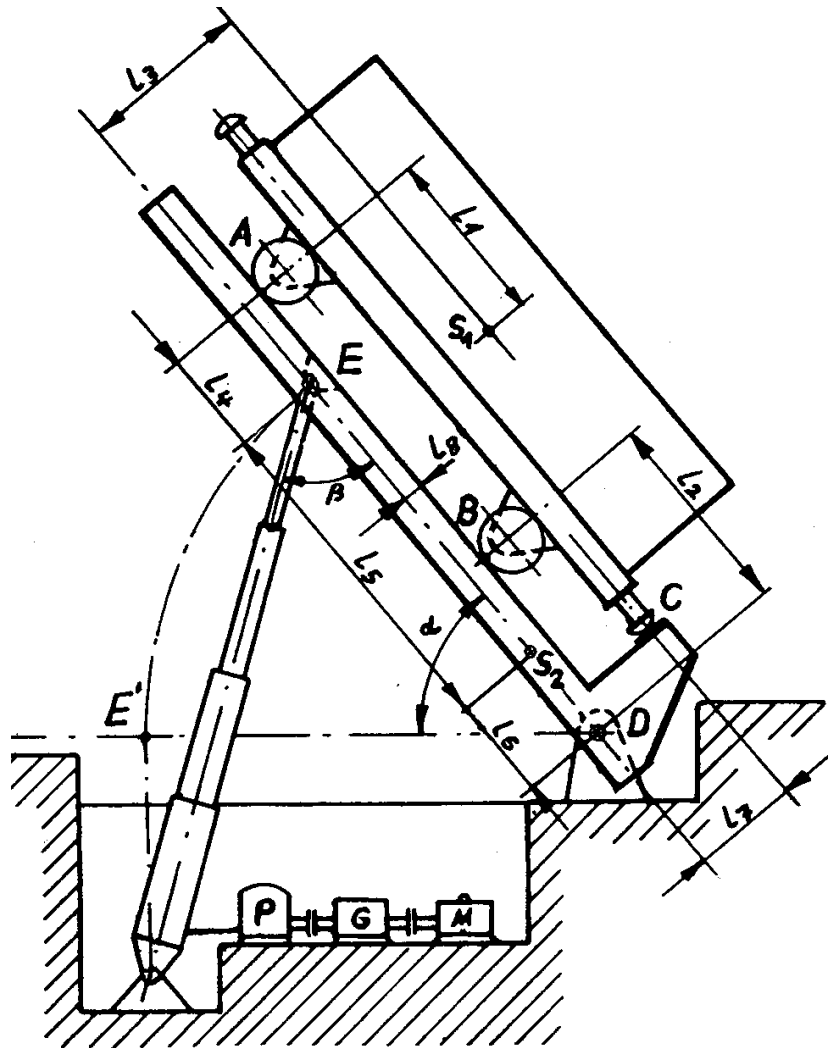
Eigengewichtskraft der Hebebühne

$$F_{G2} = 100 \text{ kN}$$

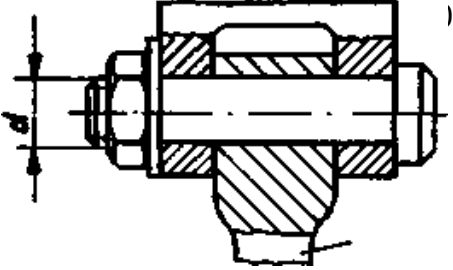
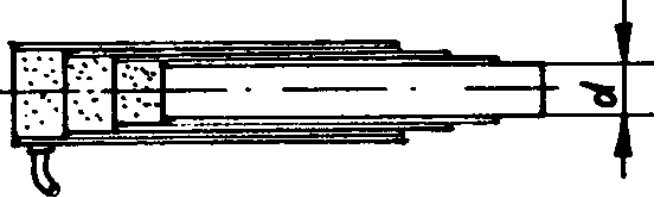
Die Kräfte greifen in  $S_1$  und  $S_2$  an.

### Abmessungen

$l_1$	=	2,5 m
$l_2$	=	3,0 m
$l_3$	=	2,5 m
$l_4$	=	1,5 m
$l_5$	=	5,0 m
$l_6$	=	1,5 m
$l_7$	=	1,5 m
$l_8$	=	0,3 m
$\alpha$	=	$50^\circ$
$\beta$	=	$55^\circ$





Teilaufgaben:		Punkte
1	Bestimmen Sie zeichnerisch die Achskräfte $F_A$ und $F_B$ und die Stützkraft $F_C$ in der gezeichneten Stellung.	5,0
2	Bestimmen Sie rechnerisch nach Größe und Richtung in der gezeichneten Stellung die Kolbenkraft $F_E$ und die Lagerkraft $F_D$ , wenn $F_A = 35 \text{ kN}$ , $F_B = 130 \text{ kN}$ und $F_C = 190 \text{ kN}$ ist.	6,5
3	Berechnen Sie den Durchmesser des Verbindungsbolzens aus 25 CrMo 4 (ersatzweise mit C60E rechnen) gegen Abscherung beim <u>Abheben</u> der Bühne (Punkt E'), wenn 3-fache Sicherheit gefordert wird.	
		
4	Bestimmen Sie den kleinsten Durchmesser des Hydraulikkolbens (Teleskopzylinder) bei einer erforderlichen Kolbenkraft $F_K = 300 \text{ kN}$ und einem Druck $p = 200 \text{ bar}$ .	2,0
		
5	Ein Elektromotor treibt über ein 2-stufiges Getriebe die Hydraulikpumpe an. Folgende Daten sind gegeben: <u>Pumpe:</u> $n_P = 1000 \text{ min}^{-1}$ und $M_P = 400 \text{ Nm}$ (erforderliches Drehmoment an der Antriebswelle der Pumpe) <u>Getriebe:</u> $i = 2,8$ und $\eta_G = 0,85$ <u>Motor:</u> $\eta_M = 0,9$ Berechnen Sie die Aufnahmeleistung und die Drehzahl des Motors.	3,0
6	Welchen Durchmesser muss die Antriebswelle der Pumpe aus 16 MnCr 5 mit $\tau_{zul} = 120 \text{ N/mm}^2$ haben, wenn $M_t = 400 \text{ Nm}$ übertragen wird ?	2,0
Alle Teilaufgaben sind unabhängig voneinander lösbar.		$\Sigma = 22,5$

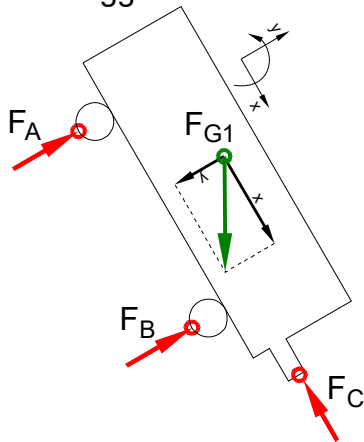


## Lösungsvorschläge

Teilaufgaben:

Punkte  
5,0

1 LS Waggon



Rechnerische Lösung (nicht gefordert)

Drehpunkt im Schnittpunkt von  $F_A$  und  $F_C$ :

$$F_{G1x} = F_{G1} \cdot \sin \alpha = 250 \text{ kN} \cdot \sin 50^\circ = 191,5 \text{ kN}$$

$$F_{G1y} = F_{G1} \cdot \cos \alpha = 250 \text{ kN} \cdot \cos 50^\circ = 160,7 \text{ kN}$$

$$\Sigma M_{AC} = 0 = -F_{G1y} \cdot l_1 - F_{G1x} \cdot (l_3 - l_7) + F_B \cdot (l_4 + l_5 + l_6 - l_2) \Rightarrow$$

$$F_B = \frac{F_{G1y} \cdot l_1 + F_{G1x} \cdot (l_3 - l_7)}{l_4 + l_5 + l_6 - l_2} = \frac{160,7 \text{ kN} \cdot 2,5 \text{ m} + 191,5 \text{ kN} \cdot (2,5 - 1,5) \text{ m}}{(1,5 + 5,0 + 1,5 - 3,0) \text{ m}} = 118,7 \text{ kN}$$

$$\Sigma F_x = 0 = F_{G1x} - F_C \Rightarrow F_C = F_{G1x} = 191,5 \text{ kN}$$

$$\Sigma F_y = 0 = F_A + F_B - F_{G1y} \Rightarrow$$

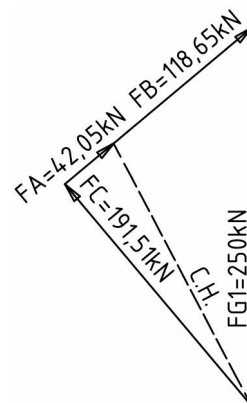
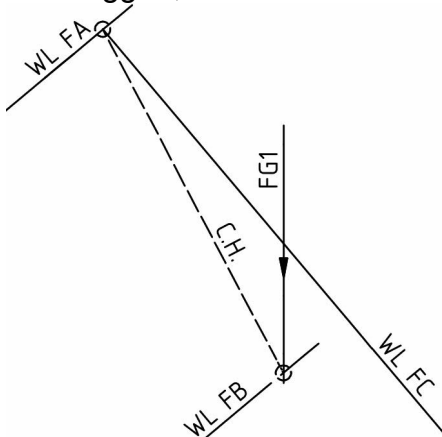
$$F_A = -F_B + F_{G1y} = -118,7 \text{ kN} + 160,7 \text{ kN} = 42,0 \text{ kN}$$

Grafische Lösung

Statik (4-Kräfte-Verfahren)

LP Waggon,  $M_L = 5 \text{ m} / 50 \text{ mm}$

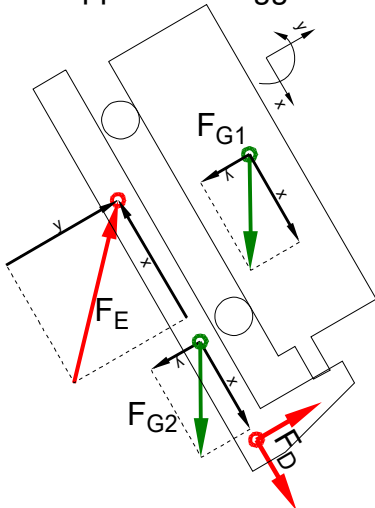
KP  $M_K = 250 \text{ kN} / 50 \text{ mm}$





## 2 LS Kipper mit Waggon

6,5



Rechnerische Lösung:

$$F_{G1x} = F_{G1} \cdot \sin \alpha = 250 \text{ kN} \cdot \sin 50^\circ = 191,5 \text{ kN}$$

$$F_{G1y} = F_{G1} \cdot \cos \alpha = 250 \text{ kN} \cdot \cos 50^\circ = 160,7 \text{ kN}$$

$$F_{G2x} = F_{G2} \cdot \sin \alpha = 100 \text{ kN} \cdot \sin 50^\circ = 76,6 \text{ kN}$$

$$F_{G2y} = F_{G2} \cdot \cos \alpha = 100 \text{ kN} \cdot \cos 50^\circ = 64,3 \text{ kN}$$

$$\Sigma M_D = 0 = + F_{G1y} \cdot (l_4 + l_5 + l_6) - F_{G1x} \cdot l_3 + F_{G2y} \cdot l_6 - F_{Ey} \cdot (l_5 + l_6) \Rightarrow$$

$$F_{Ey} = \frac{+ F_{G1y} \cdot (l_4 + l_5 + l_6 - l_1) - F_{G1x} \cdot l_3 + F_{G2y} \cdot l_6}{l_5 + l_6}$$

$$= \frac{160,7 \text{ kN} \cdot (1,5 + 5,0 + 1,5 - 2,5) \text{ m} - 191,5 \text{ kN} \cdot 2,5 \text{ m} + 64,3 \text{ kN} \cdot 1,5 \text{ m}}{(5,0 + 1,5) \text{ m}} = 77,1 \text{ kN}$$

$$F_E = \frac{F_{Ey}}{\sin \beta} = \frac{77,1 \text{ kN}}{\sin 55^\circ} = 94,2 \text{ kN}$$

$$\Sigma F_x = 0 = F_{G1x} + F_{G2x} + F_{Dx} - F_{Ex} \Rightarrow$$

$$F_{Dx} = -F_{G1x} - F_{G2x} + F_E \cos \beta = -191,5 \text{ kN} - 76,6 \text{ kN} + 94,2 \text{ kN} \cdot \cos 55^\circ = -214,1 \text{ kN}$$

$$\Sigma F_y = 0 = -F_{G1y} - F_{G2y} + F_{Dy} + F_{Ey} \Rightarrow$$

$$F_{Dy} = + F_{G1y} + F_{G2y} - F_{Ey} = + 160,7 \text{ kN} + 64,3 \text{ kN} - 77,1 \text{ kN} = 147,8 \text{ kN}$$

$$F_D = \sqrt{F_{Dx}^2 + F_{Dy}^2} = \sqrt{(-214,1 \text{ kN})^2 + (147,8 \text{ kN})^2} = 260,2 \text{ kN}$$

$$\alpha_A = \arctan \frac{F_{Dy}}{F_{Dx}} = \arctan \frac{147,8 \text{ kN}}{-214,1 \text{ kN}} = -34,6^\circ$$

$\alpha_A = 145,4^\circ$  gegen die x-Achse (nach links oben)

$\alpha_A = 95,4^\circ$  gegen die Waagerechte (nach links oben)

Statik (rechnerisch)



3 Zunächst muss die Kraft  $F_{E'}$  berechnet werden. 5,0

$$\Sigma M_D = 0 = -F_{E'} \cdot (l_5 + l_6) + F_{G2} \cdot l_6 + F_{G1} \cdot (l_4 + l_5 + l_6 - l_1) \rightarrow$$

$$F_{E'} = \frac{100 \text{ kN} \cdot 1,5 \text{ m} + 250 \text{ kN} \cdot (1,5 + 5,0 + 1,5 - 2,5) \text{ m}}{(5,0 + 1,5) \text{ m}} = 234,6 \text{ kN}$$

Erforderlicher Durchmesser gegen Abscheren:

$\tau_{aB} = 680 \text{ N/mm}^2$  (C60E → Tabellenbuch Metall, Europa Verlag, 44. Auflage, S.44)

$$\frac{\tau_{aB}}{V} = \tau_{azul} > \tau_a = \frac{F}{2 \cdot S} \rightarrow$$

$$\tau_{azul} = \frac{\tau_{aB}}{V} = \frac{680 \text{ N/mm}^2}{3} = 226,7 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$S_{erf} = \frac{F_{E'}}{2 \cdot \tau_{azul}} = \frac{234,6 \text{ N}}{2 \cdot 226,7 \text{ N/mm}^2} = 517,5 \text{ mm}^2$$

$$S = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \rightarrow d_{erf} = \sqrt{\frac{4 \cdot S}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 517,5 \text{ mm}^2}{\pi}} = 25,7 \text{ mm}$$

Gewählt wird der nächstgrößere angebotene  $\varnothing 30 \text{ mm}$  (→ TabB „Bolzen“)

Scherfestigkeit (Bolzen $\varnothing$ ) kombiniert mit Statik

4  $p = \frac{F}{A} \Rightarrow A_{erf} = \frac{F_K}{p} = \frac{300 \text{ kN}}{200 \text{ bar}} = \frac{300 \text{ kN}}{200 \text{ N/(10 mm}^2)}} = 15000 \text{ mm}^2$  2,0

$$A = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \Rightarrow d_{erf} = \sqrt{\frac{4 \cdot A}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 15000 \text{ mm}^2}{\pi}} = 138,2 \text{ mm}$$

Kolben $\varnothing$

5  $P_p = 2\pi \cdot M_p \cdot n_p = 2\pi \cdot 400 \text{ Nm} \cdot 1000 \text{ min}^{-1} = 41,9 \text{ kW}$  3,0

$$\eta = \frac{P_{ab}}{P_{zu}} \Rightarrow P_M = \frac{P_M}{\eta_G \cdot \eta_M} = \frac{41,9 \text{ W}}{0,85 \cdot 0,9} = 54,8 \text{ W}$$

erf. Leistung bei Drehbewegung

$$i = \frac{n_{zu}}{n_{ab}} = \frac{n_M}{n_p} \Rightarrow n_M = n_p \cdot i = 1000 \text{ min}^{-1} \cdot 2,8 = 2800 \text{ min}^{-1} = 46,7 \text{ s}^{-1}$$

Übersetzungsverhältnis mit Drehzahlen

6  $\frac{\tau_{tF}}{V} = \tau_{tzul} > \tau_t = \frac{M_t}{W_p} \Rightarrow$  2,0

$$W_{perf} = \frac{M_t}{\tau_{tzul}} = \frac{400 \text{ Nm}}{120 \text{ N/mm}^2} = 3,3 \text{ cm}^3$$

$$W_p = \frac{\pi \cdot d^3}{16} \Rightarrow d_{erf} = \sqrt[3]{\frac{W_p \cdot 16}{\pi}} = \sqrt[3]{\frac{3,3 \text{ mm}^3 \cdot 16}{\pi}} = 25,7 \text{ mm}$$

Erforderlicher Durchmesser bei Torsion

Alle Teilaufgaben sind unabhängig voneinander lösbar.

$\Sigma = 22,5$