



tgt HP 1993/94-2: Zweigelenkarm ...

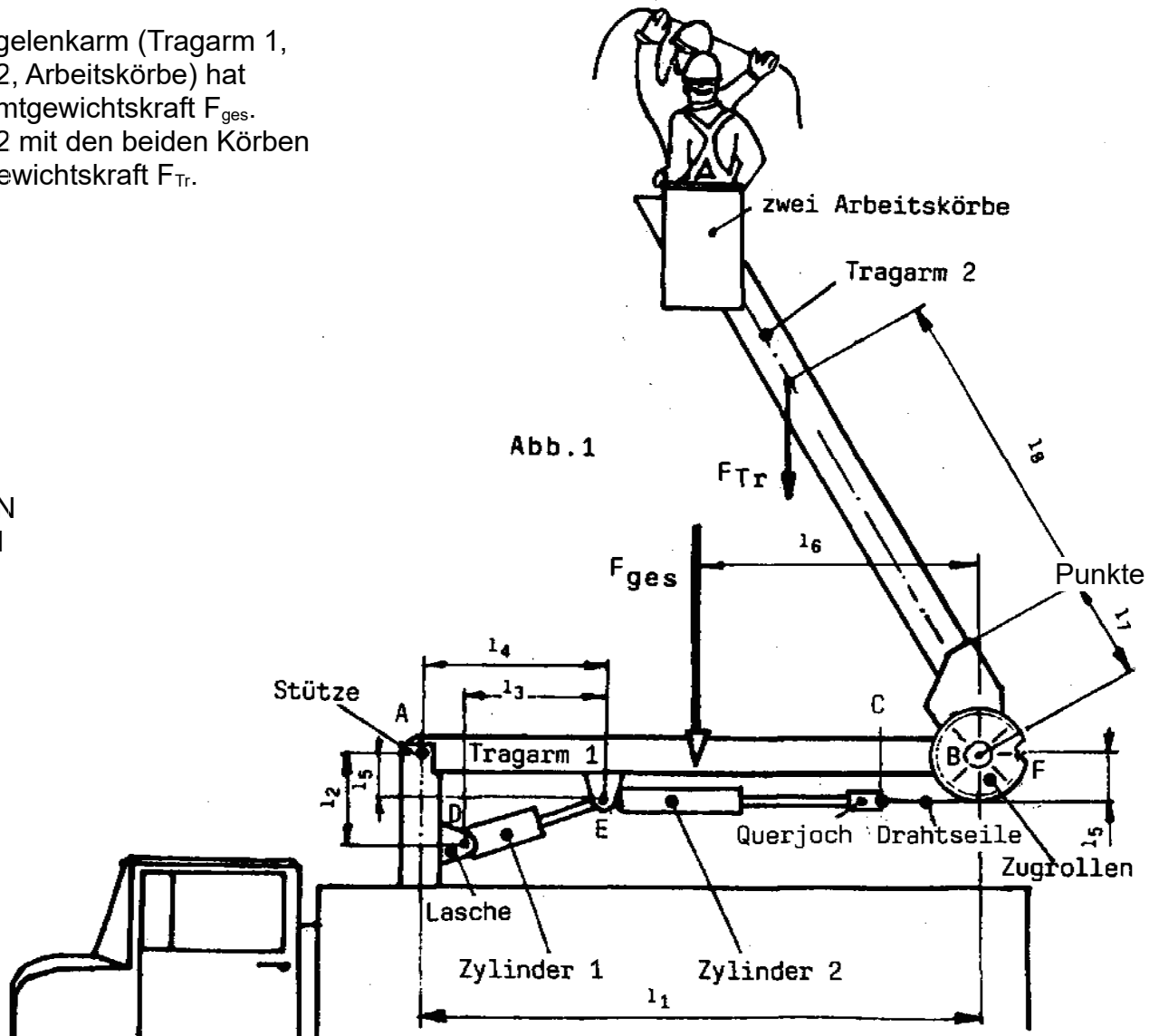
... für Arbeiten an Oberleitungen

Der skizzierte Lastwagen wird für Arbeiten an Oberleitungen eingesetzt.

Der Tragarm 1 wird durch einen Hydraulikzylinder 1 und der Tragarm 2 für die zwei Arbeitskörbe durch einen Hydraulikzylinder 2 über einen Seilrollentrieb bewegt. Auf jeder Seite des Tragarms 1 befindet sich je eine Zugrolle. Die beiden Zugrollen sind fest mit dem Tragarm 2 verbunden. Die Drahtseile sind beim Punkt C über ein Querjoch an der Kolbenstange des Zylinders 2 und beim Punkt F am Umfang der beiden Zugrollen befestigt.

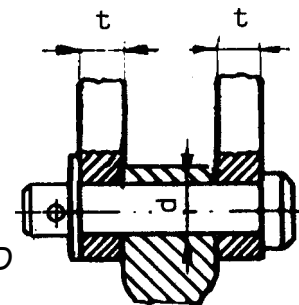
Der Zweigelenkarm (Tragarm 1, Tragarm 2, Arbeitskörbe) hat die Gesamtgewichtskraft F_{ges} .
Tragarm 2 mit den beiden Körben hat die Gewichtskraft F_{Tr} .

- $l_1 = 3,6 \text{ m}$
- $l_2 = 0,6 \text{ m}$
- $l_3 = 0,9 \text{ m}$
- $l_4 = 1,2 \text{ m}$
- $l_5 = 0,3 \text{ m}$
- $l_6 = 1,8 \text{ m}$
- $l_7 = 1 \text{ m}$
- $l_8 = 2 \text{ m}$
- $F_{ges} = 6 \text{ kN}$
- $F_{Tr} = 3 \text{ kN}$





Teilaufgaben:		Punkte
1	Ermitteln Sie für die skizzierte Lage zeichnerisch bei $F_{ges} = 6 \text{ kN}$ die Kräfte F_A im Lager A und F_E in der Kolbenstange des Zylinders 1.	5,0
2	Der Tragarm 2 wird nicht für die skizzierte Lage berechnet, sondern für den Augenblick des Aufrichtens aus der waagrechten Lage. Berechnen Sie die Wandstärke des Tragarms, wenn für diesen ein Rohr mit folgenden Daten gegeben ist: Außendurchmesser $D = 200 \text{ mm}$, Werkstoff S275, 8fache Sicherheit gegen Verformung, Gewichtskraft für Tragarm und Körbe mit Arbeitern $F_{Tr} = 3 \text{ kN}$, beanspruchte Rohrlänge l_8	4,0
3	Bestimmen Sie den Durchmesser des Bolzens am Lager D, wenn der Vergütungsstahl C35 (ersatzweise mit C45E rechnen) verwendet und eine 10fache Sicherheit gegen Abscherung verlangt wird. $F_D = 17 \text{ kN}$. (s.Abb.2)	3,5
4	Für Lager D wird eine Flächenpressung $p_{zul} = 40 \text{ N/mm}^2$ angenommen. Die Kraft F_D beträgt 17 kN , der Lagerbolzen misst $d = 16 \text{ mm}$. Lagerbolzen und Zylinder 1 werden durch zwei an der Stütze angeschweißte Laschen gehalten. Berechnen Sie die Dicke t einer Lasche. (s.Abb.2)	3,0
	<i>Abb.2: Lager D</i>	
5	Berechnen Sie die Anzahl der Drähte eines Drahtseils für die waagrechte Lage des Tragarms 2 mit den Körben. Daten: Drahtdurchmesser $d_{Dr} = 0,5 \text{ mm}$, $R_m = 1800 \text{ N/mm}^2$, $F_{Tr} = 3 \text{ kN}$, 5fache Sicherheit gegen Bruch.	4,5
6	Bestimmen Sie den Kolbendurchmesser D_K von Hydraulikzylinder 2, wenn die Kraft in einem Drahtseil $F_Z = 15 \text{ kN}$ beträgt. Außerdem sind gegeben: Kolbenstangendurchmesser $d_K = 40 \text{ mm}$, Druck im Zylinder $p = 50 \text{ bar}$.	2,5



Alle Teilaufgaben sind unabhängig voneinander lösbar.

$\Sigma = 22,5$



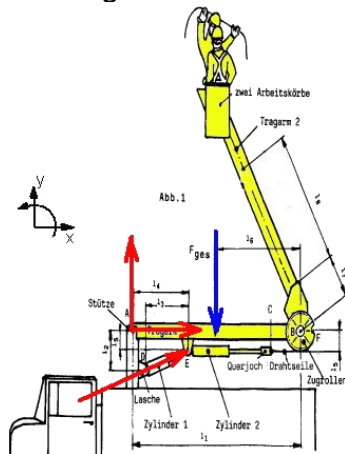
Lösungsvorschlag

Teilaufgaben:

1 LS Tragarme 1 und 2 mit Korb und Arbeitern

5,0

Punkte



Rechnerische Lösung (nicht gefordert):

$$\alpha_E = \arctan \frac{l_2 - l_5}{l_3} = \arctan \frac{0,6\text{ m} - 0,3\text{ m}}{0,9\text{ m}} = 18,4^\circ$$

$$\Sigma M_A = 0 = F_{Ex} \cdot l_2 + F_{Ey} \cdot (l_4 - l_3) - F_{ges} \cdot (l_1 - l_6)$$

$$\Sigma M_A = 0 = F_E \cdot \cos \alpha_E \cdot l_2 + F_E \cdot \sin \alpha_E \cdot (l_4 - l_3) - F_{ges} \cdot (l_1 - l_6) \Rightarrow$$

$$F_E = F_{ges} \cdot \frac{l_1 - l_6}{\cos \alpha_E \cdot l_2 + \sin \alpha_E \cdot (l_4 - l_3)} = 6\text{ kN} \cdot \frac{3,6\text{ m} - 1,8\text{ m}}{\cos 18,4^\circ \cdot 0,6\text{ m} + \sin 18,4^\circ \cdot (1,2\text{ m} - 0,9\text{ m})} = 16,26\text{ kN}$$

$$\Sigma F_y = 0 = F_{Ay} + F_{Ey} - F_{ges} \Rightarrow F_{Ay} = F_{ges} - F_E \cdot \sin \alpha_E = 6\text{ kN} - 16,26\text{ kN} \cdot \sin 18,4^\circ = 0,8675\text{ kN}$$

$$\Sigma F_x = 0 = F_{Ax} + F_{Ex} \Rightarrow F_{Ax} = -F_E \cdot \cos \alpha_E = -16,26\text{ kN} \cdot \cos 18,4^\circ = -15,4\text{ kN}$$

(F_{Ax} wirkt entgegen der angenommenen Richtung, d.h. nach links)

$$F_A = \sqrt{F_{Ax}^2 + F_{Ay}^2} = \sqrt{15,43^2 + 0,868^2}\text{ kN} = 15,5\text{ kN}$$

$$\alpha_S = \arctan \frac{F_{Ay}}{F_{Ax}} = \arctan \frac{0,8675\text{ kN}}{-15,43\text{ kN}} = -3,2^\circ$$

$\alpha_A = 3,2^\circ$ nach links oben gegen die negative x-Achse bzw.

$\alpha_A = 186,8^\circ$ gegen die positive x-Achse

Zeichnerische Lösung nach dem 3-Kräfteverfahren



2 $\sigma_{bF} = 380 \text{ N/mm}^2$ (S275 → Tabellenbuch Metall, Europa, 44. Auflage, S.44)

4,0

$$M_b = |F_{Tr} \cdot l_8| = 3 \text{ kN} \cdot 2 \text{ m} = 6 \text{ kNm}$$

$$\frac{\sigma_{bF}}{v} = \sigma_{bzul} > \sigma_b = \frac{M_{bmax}}{W} \Rightarrow$$

$$\sigma_{bzul} = \frac{\sigma_{bF}}{v} = \frac{380 \text{ N/mm}^2}{8} = 47,5 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$W_{erf} = \frac{M_{bmax}}{\sigma_{bzul}} = \frac{6 \text{ kNm}}{47,5 \text{ N/mm}^2} = 126,3 \text{ cm}^3$$

$$W = \frac{\pi \cdot (D^4 - d^4)}{32 D} \Rightarrow$$

$$d = \sqrt[4]{D^4 - \frac{32 D \cdot W}{\pi}} = \sqrt[4]{(200 \text{ mm})^4 - \frac{32 \cdot 200 \text{ mm} \cdot 126316 \text{ mm}^3}{\pi}} = 191,4 \text{ mm}$$

$$s_{erf} = \frac{D - d}{2} = \frac{200 \text{ mm} - 191,4 \text{ mm}}{2} = 4,3 \text{ mm}$$

Biegemoment, erf. Widerstandsmoment, Wandstärke

3 $\tau_{aB} = 560 \text{ N/mm}^2$ (C45E → Tabellenbuch Metall, Europa Verlag, 44. Auflage, S.44)

3,5

$$\frac{\tau_{aB}}{v} = \tau_{azul} > \tau_a = \frac{F}{2 \cdot S} \Rightarrow$$

$$\tau_{azul} = \frac{\tau_{aB}}{v} = \frac{560 \text{ N/mm}^2}{10} = 56 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$S_{erf} = \frac{F_D}{2 \cdot \tau_{azul}} = \frac{17 \text{ kN}}{2 \cdot 56 \text{ N/mm}^2} = 151,8 \text{ mm}^2$$

$$S = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \rightarrow d_{erf} = \sqrt{\frac{4 \cdot S}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 151,8 \text{ mm}^2}{\pi}} = 13,9 \text{ mm}$$

Gewählt wird der nächstgrößere angebotene Bolzen $\varnothing 14 \text{ mm}$ (→ TabB „Bolzen“)

Scherfestigkeit (Bolzen \varnothing)

4 $p_{zul} = \frac{F}{A} \Rightarrow A_{erf} = \frac{F_D}{p_{zul}} = \frac{17 \text{ kN}}{40 \text{ N/mm}^2} = 425 \text{ mm}^2$

3,0

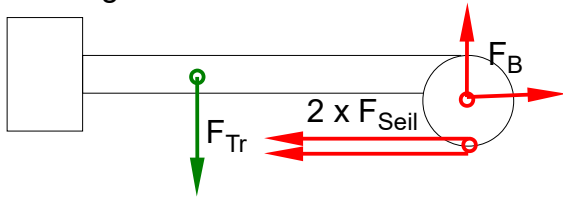
$$A = d \cdot 2 \cdot t \Rightarrow t = \frac{A}{d \cdot 2} = \frac{425 \text{ mm}^2}{2 \cdot 16 \text{ mm}} = 13,3 \text{ mm}$$

Flächenpressung (Laschenbreite)



5 LS Tragarm 2 mit Körben einschließlic Zugrollen

4,5



$$\Sigma M_B = 0 = + F_{Tr} \cdot (l_8 + l_7) - 2 \cdot F_{Seil} \cdot l_5 \Rightarrow$$

$$F_{Seil} = F_{Tr} \cdot \frac{l_8 + l_7}{2 \cdot l_5} = 3 \text{ kN} \cdot \frac{2 \text{ m} + 1 \text{ m}}{2 \cdot 0,3 \text{ m}} = 15 \text{ kN}$$

$$S_{Draht} = \frac{\pi \cdot d_0^2}{4} = \frac{\pi \cdot (0,5 \text{ mm})^2}{4} = 0,196 \text{ mm}^2$$

$$\frac{\sigma_{zlim}}{\sqrt{v}} = \sigma_{zzul} > \sigma_z = \frac{F}{S} \Rightarrow$$

$$\sigma_{zzul} = \frac{R_m}{\sqrt{v}} = \frac{1800 \text{ N/mm}^2}{5} = 360 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$S_{erf} = \frac{F_{Tr}}{\sigma_{zzul}} = \frac{15 \text{ kN}}{360 \text{ N/mm}^2} = 41,7 \text{ mm}^2$$

$$n_{erf} = \frac{S_{erf}}{S_{Draht}} = \frac{41,7 \text{ mm}^2}{0,196 \text{ mm}^2} = 212,2 \approx 213$$

Erforderlicher Anzahl Einzeldrähte im Drahtseil

$$6 \quad p \cdot \eta = \frac{F}{A} \Rightarrow A_{erf} = \frac{2 \cdot F_z}{p \cdot \eta} = \frac{2 \cdot 15 \text{ kN}}{50 \text{ bar} \cdot 1} = \frac{2 \cdot 15 \text{ kN}}{50 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot 1} = 6000 \text{ mm}^2 \quad 2,5$$

$$A = \frac{\pi \cdot (D_K^2 - d_K^2)}{4} \Rightarrow D_{kerf} = \sqrt{d_K^2 + \frac{4 \cdot A}{\pi}} = \sqrt{(40 \text{ mm})^2 + \frac{4 \cdot 6000 \text{ mm}^2}{\pi}} = 96,1 \text{ mm}$$

Erforderlicher Durchmesser bei einem Hydraulikkolben mit Kolbenstange

Alle Teilaufgaben sind unabhängig voneinander lösbar.

$\Sigma = 22,5$