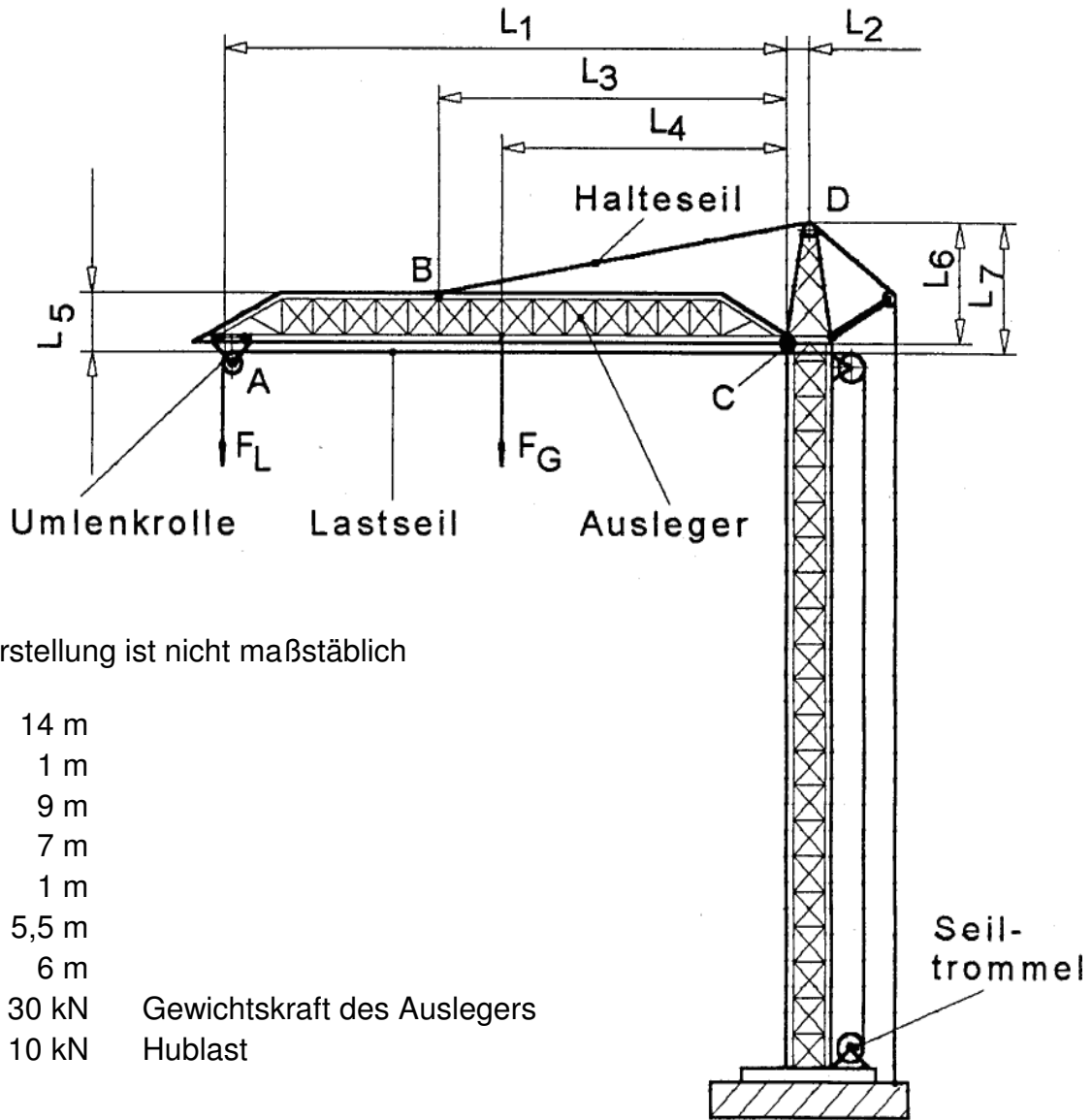


HP 1999/2000-2: Turmdrehkran

HP 1999/2000-2: Turmdrehkran

Der skizzierte Turmdrehkran darf in der gezeichneten Lage eine maximale Last von $F_L = 10 \text{ kN}$ heben. Die Hubbewegung erfolgt über eine Seiltrommel, die über einen Motor und ein Schneckengetriebe angetrieben wird.



Darstellung ist nicht maßstäblich

L_1	=	14 m	
L_2	=	1 m	
L_3	=	9 m	
L_4	=	7 m	
L_5	=	1 m	
L_6	=	5,5 m	
L_7	=	6 m	
F_G	=	30 kN	Gewichtskraft des Auslegers
F_L	=	10 kN	Hublast

Teilaufgaben:

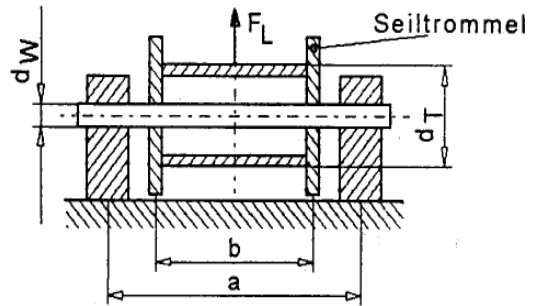
	Punkte
1 Ausleger	2,0
1.1 Machen Sie die Umlenkrolle bei A frei, und berechnen Sie die Lagerkraft F_A .	6,0
1.2 Ermitteln Sie zeichnerisch die Kräfte F_B und F_C .	6,0

HP 1999/2000-2: Turmdrehkran

- 2 Halteseil
Wie viele Einzeldrähte werden für das Halteseil benötigt, wenn der Durchmesser der Einzeldrähte $d = 1,2 \text{ mm}$ beträgt, eine vierfache Sicherheit gegen Bruch gegeben sein muss und das Seil eine Zugfestigkeit von $R_m = 1800 \text{ N/mm}^2$ hat. Die Kraft im Halteseil F_B beträgt 110 kN . 3,0

- 3 Seiltrommel
Die Seiltrommelwelle ist aus C60E gefertigt. 3,0

$$\begin{aligned} a &= 800 \text{ mm} \\ b &= 600 \text{ mm} \\ d_T &= 500 \text{ mm} \end{aligned}$$



- 3.1 Berechnen Sie das maximale Biegemoment. 1,5
3.2 Ermitteln Sie den Durchmesser d_w der Seiltrommelwelle bei vierfacher Sicherheit bei reiner Biegebeanspruchung und einem Biegemoment von 500 Nm . 2,0

- 3.3 Da außer Biegebeanspruchung auch Torsionsbeanspruchung auftritt, wird für die Seiltrommelwelle ein Durchmesser $d_w = 60 \text{ mm}$ gewählt. Berechnen Sie Sicherheit gegen Verformung bei reiner Torsionsbeanspruchung für die Verdrehgrenze $\tau_{tF} = 400 \text{ N/mm}^2$. 3,0

4 Antrieb

Der Antrieb der Seiltrommel erfolgt über einen Elektromotor und ein Getriebe.
Daten:

Motor	$n_M = 1500 \text{ min}^{-1}$
Getriebe	$i = 50:1$
Wirkungsgrad	$\eta_G = 0,8$
Seiltrommel	$d_T = 500 \text{ mm}$
Hublast	$F_L = 10 \text{ kN}$

- 4.1 Ermitteln Sie die Hubgeschwindigkeit der Last. 3,0
4.2 Welche Leistung muss der Elektromotor abgeben? 2,0

Alle Teilaufgaben sind unabhängig voneinander lösbar. $\Sigma = 22,5$

HP 1999/2000-2: Turmdrehkran

Lösungsvorschläge

Teilaufgaben:

Punkte

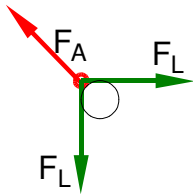
1

1.1 Rechnerische Lösung nach dem Kräfteplan (siehe unten)

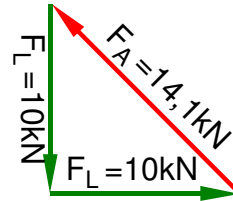
2,0

$$F_A = F_L \cdot \sqrt{2} = 10 \text{ kN} \cdot \sqrt{2} = 14,1 \text{ kN}$$

LS Rolle A

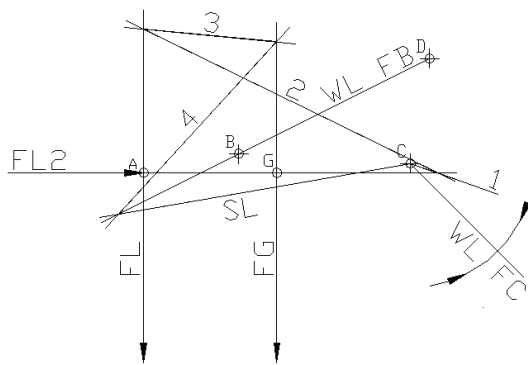


KP $M_k = \dots$

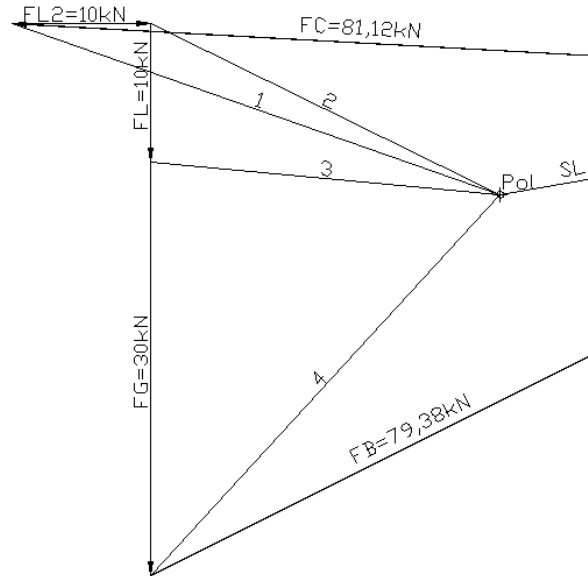


1.2 LP Ausleger $M_L = \dots$

6,0

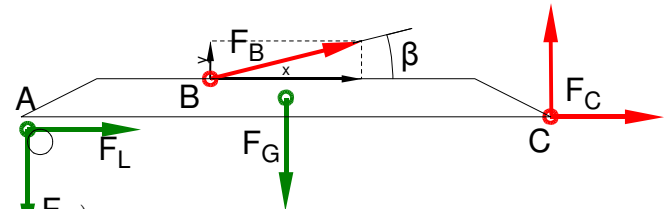


KP $M_k = \dots$



Rechnerische Lösung (nicht gefordert)

Lageplanskizze Ausleger



$$\tan \beta = \frac{l_7 - l_5}{l_3 + l_2} = \frac{6 \text{ m} - 1 \text{ m}}{9 \text{ m} + 1 \text{ m}} = \frac{5 \text{ m}}{10 \text{ m}} \Rightarrow \beta = 26,56^\circ$$

$$\Sigma M_C = 0 = +F_L \cdot l_1 + F_{L2} \cdot (l_7 - l_6) - F_{By} \cdot l_3 - F_{Bx} \cdot (l_5 - l_7 + l_6) + F_G \cdot l_4 \Rightarrow$$

$$= F_L \cdot l_1 + F_{L2} \cdot (l_7 - l_6) - F_B \cdot \sin \beta \cdot l_3 - F_B \cdot \cos \beta \cdot (l_5 - l_7 + l_6) + F_G \cdot l_4$$

$$F_B = \frac{F_L \cdot l_1 + F_{L2} \cdot (l_7 - l_6) + F_G \cdot l_4}{\sin \beta \cdot l_3 + \cos \beta \cdot (l_5 - l_7 + l_6)} = \frac{10 \text{ kN} \cdot 14 \text{ m} + 10 \text{ kN} \cdot (6 - 5,5) \text{ m} + 30 \text{ kN} \cdot 7 \text{ m}}{\sin 26,56^\circ \cdot 9 \text{ m} + \cos 26,56^\circ \cdot (1 - 6 + 5,5) \text{ m}} = 79,39 \text{ kN}$$

$$\Sigma F_y = 0 = F_L - F_{By} - F_G + F_{Cy} \Rightarrow$$

$$F_{Cx} = -F_{L2} - F_B \cdot \sin \beta + F_G = 10 \text{ kN} - 79,39 \text{ kN} \cdot \sin 26,56^\circ + 30 \text{ kN} = 4,50 \text{ kN}$$

$$\Sigma F_x = 0 = F_{L2} + F_{Bx} + F_{Cx} \Rightarrow$$

$$F_{Cy} = -F_{L2} - F_B \cdot \cos \beta = -10 \text{ kN} - 79,39 \text{ kN} \cdot \cos 26,56^\circ = -81,0 \text{ kN}$$

$$F_C = \sqrt{F_{Cx}^2 + F_{Cy}^2} = \sqrt{(4,50 \text{ kN})^2 + (-81,0 \text{ kN})^2} = 81,1 \text{ kN}$$

$$\alpha_C = \arctan \frac{F_{Cy}}{F_{Cx}} = \arctan \frac{4,50 \text{ kN}}{-81,0 \text{ kN}} = -3,2^\circ$$

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

$\alpha_C = 176,8^\circ$ gegen die positive x-Achse

Statik (Schlusslinienverfahren), Freimachen anspruchsvoll

HP 1999/2000-2: Turmdrehkran

2 3,0

$$S_{\text{Draht}} = \frac{\pi \cdot d_0^2}{4} = \frac{\pi \cdot (1,2 \text{ mm})^2}{4} = 1,13 \text{ mm}^2$$

$$\frac{\sigma_{z\text{lim}}}{\nu} = \sigma_{z\text{zul}} > \sigma_z = \frac{F}{S} \Rightarrow$$

$$\sigma_{z\text{zul}} = \frac{R_m}{\nu} = \frac{1800 \text{ N/mm}^2}{4} = 450 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

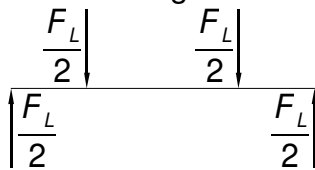
$$S_{\text{erf}} = \frac{F}{\sigma_{z\text{zul}}} = \frac{110 \text{ kN}}{450 \text{ N/mm}^2} = 244,4 \text{ mm}^2$$

$$n_{\text{erf}} = \frac{S_{\text{erf}}}{S_{\text{Draht}}} = \frac{244,4 \text{ mm}^2}{1,77 \text{ mm}^2} = 216,1 \approx 217$$

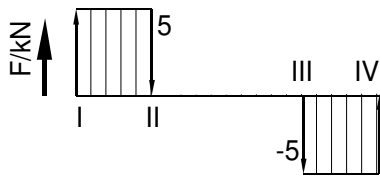
Erforderlicher Anzahl Einzeldrähte im Drahtseil

3

3.1 Die Auflagerkräfte ergeben sich aus Symmetriegründen 1,5
 Grafische Lösung Rechnung zur Grafik

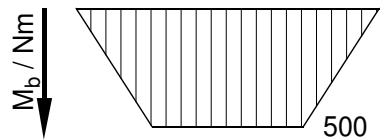


$$\begin{aligned} M_I &= 0 \text{ Nm} \\ M_{II} &= M_I + 5 \text{ kN} \cdot 100 \text{ mm} = 500 \text{ Nm} \\ M_{III} &= M_{II} + 0 \text{ kN} \cdot 600 \text{ mm} = 500 \text{ Nm} \\ M_{IV} &= M_{III} - 5 \text{ kN} \cdot 100 \text{ mm} = 0 \text{ kNm} \end{aligned}$$



Rechnerische Lösung
(Lageskizze siehe Aufgabe 1)

$$\begin{aligned} M_{II}(\text{links}) &= \left| \frac{F_1}{2} \cdot \frac{a-b}{2} \right| \\ &= \frac{10 \text{ kN}}{2} \cdot \frac{800 \text{ mm} - 600 \text{ mm}}{2} = 500 \text{ Nm} \end{aligned}$$



Biegemoment ermitteln

3.2 $\sigma_{bF} = 800 \text{ N/mm}^2$ (C60E → Tabellenbuch Metall, Europa, 44. Auflage, S.44) 2,0

$$\frac{\sigma_{bF}}{\nu} = \sigma_{b\text{zul}} > \sigma_b = \frac{M_{\text{bmax}}}{W} \Rightarrow$$

$$\sigma_{b\text{zul}} = \frac{\sigma_{bF}}{\nu} = \frac{800 \text{ N/mm}^2}{4} = 200 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$W_{\text{erf}} = \frac{M_{\text{bmax}}}{\sigma_{b\text{zul}}} = \frac{500 \text{ Nm}}{200 \text{ N/mm}^2} = 2,5 \text{ cm}^3$$

$$W = \frac{\pi \cdot d^3}{32} \Rightarrow d_{\text{erf}} = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot W_{\text{erf}}}{\pi}} = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot 2,5 \text{ cm}^3}{\pi}} = 29,4 \text{ mm}$$

Gewählt: $d = 30 \text{ mm}$ (nächste Größe → TabB „Rundstahl“)
 Rundstahl gegen Biegung

HP 1999/2000-2: Turmdrehkran

3.3 $M_T = \frac{F_L \cdot d_w}{2} = \frac{10 \text{ kN} \cdot 500 \text{ mm}}{2} = 2500 \text{ Nm}$ 3,0

$$W_P = \frac{\pi \cdot d^3}{16} = \frac{\pi \cdot (60 \text{ mm})^3}{16} = 42,4 \text{ cm}^3$$

$$\frac{\tau_{IF}}{v} = \tau_{zul} > \tau_t = \frac{M_T}{W_P} \Rightarrow$$

$$\tau_t = \frac{M_T}{W_P} = \frac{2500 \text{ Nm}}{42,4 \text{ cm}^3} = 58,9 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$v = \frac{\tau_{IF}}{\tau_t} = \frac{400 \text{ N/mm}^2}{58,9 \text{ N/mm}^2} = 6,8$$

Sicherheit gegen Torsion

4

4.1 $i = \frac{n_{zu}}{n_{ab}} \Rightarrow n_T = \frac{n_M}{i} = \frac{1500 \text{ min}^{-1}}{50} = 30 \text{ min}^{-1}$ 3,0

$$v_H = \pi \cdot d_T \cdot n_T = \pi \cdot 500 \text{ mm} \cdot 30 \text{ min}^{-1} = 47,1 \frac{\text{m}}{\text{min}} = 0,79 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Hubgeschwindigkeit mit Übersetzung

4.2 $\eta = \frac{P_{ab}}{P_{zu}} \Rightarrow P_M = \frac{P_H}{\eta_G} = \frac{F_L \cdot v_H}{\eta_G} = \frac{10 \text{ kN} \cdot 0,79 \text{ m/s}}{0,8} = 9,8 \text{ kW}$ 2,0

Leistung

Alle Teilaufgaben sind unabhängig voneinander lösbar.

$\Sigma = 22,5$