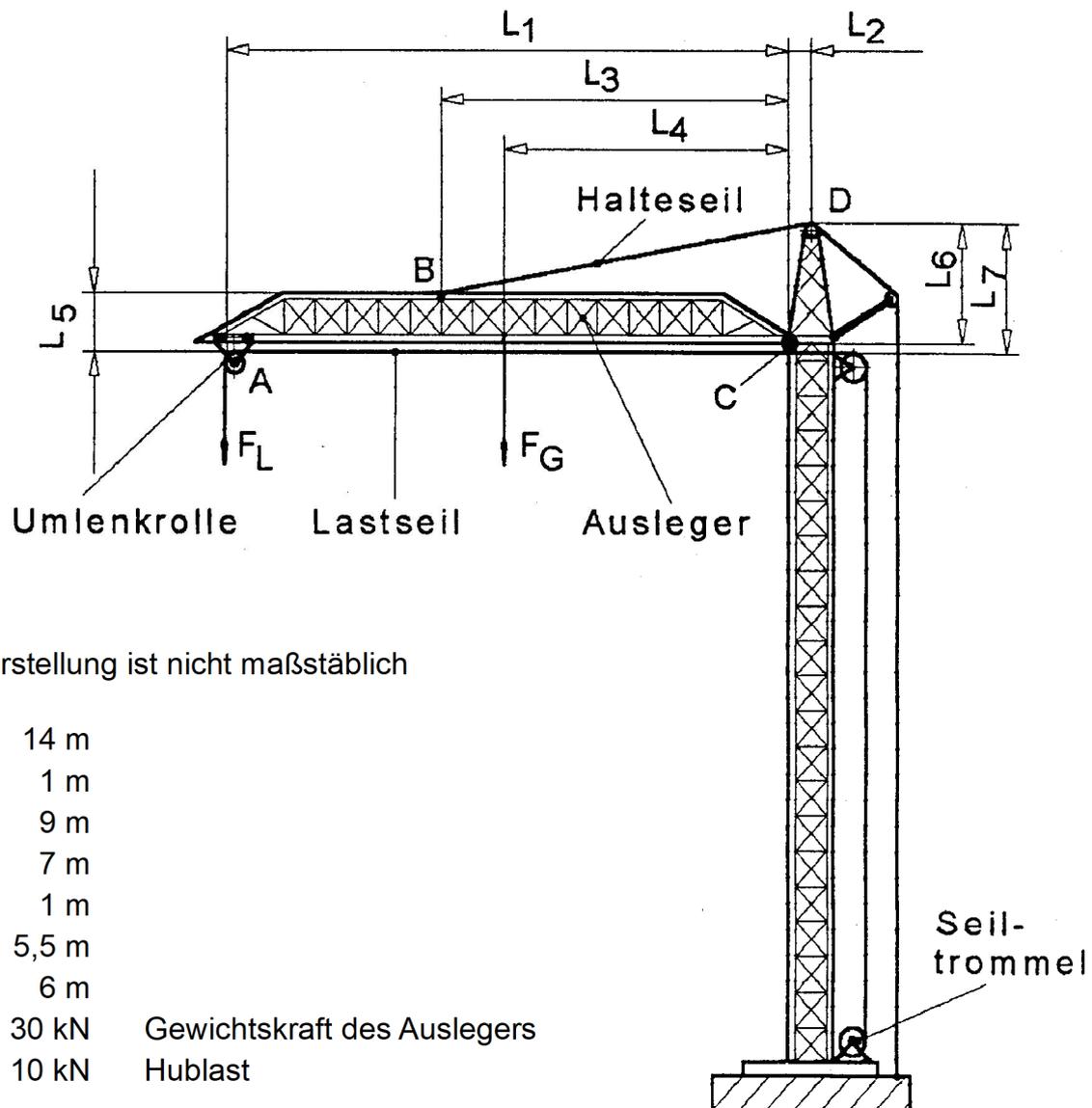




tgt HP 1999/2000-2: Turmdrehkran

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.

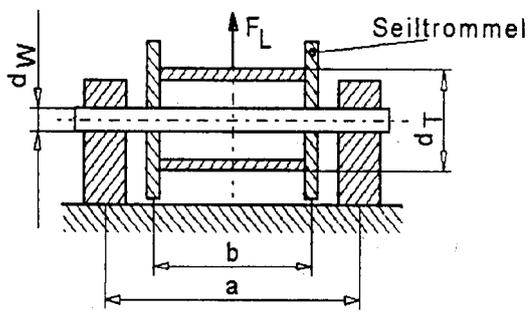


Darstellung ist nicht maßstäblich

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 .	
1.2	Ermitteln Sie zeichnerisch die Kräfte F_B und F_C .	6,0



- 2 Halteseil 3,0
- 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 Seiltrommel 3,0
- Die Seiltrommelwelle ist aus C60E gefertigt.
- $a = 800 \text{ mm}$
 $b = 600 \text{ mm}$
 $d_T = 500 \text{ mm}$
- 

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. $\Sigma = 22,5$



Lösungsvorschläge

Teilaufgaben:

Punkte

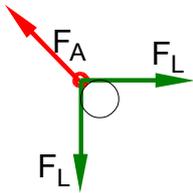
1

1.1 Rechnerische Lösung nach dem Kräfteplan (siehe unten)

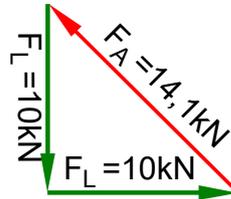
2,0

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

LS Rolle A

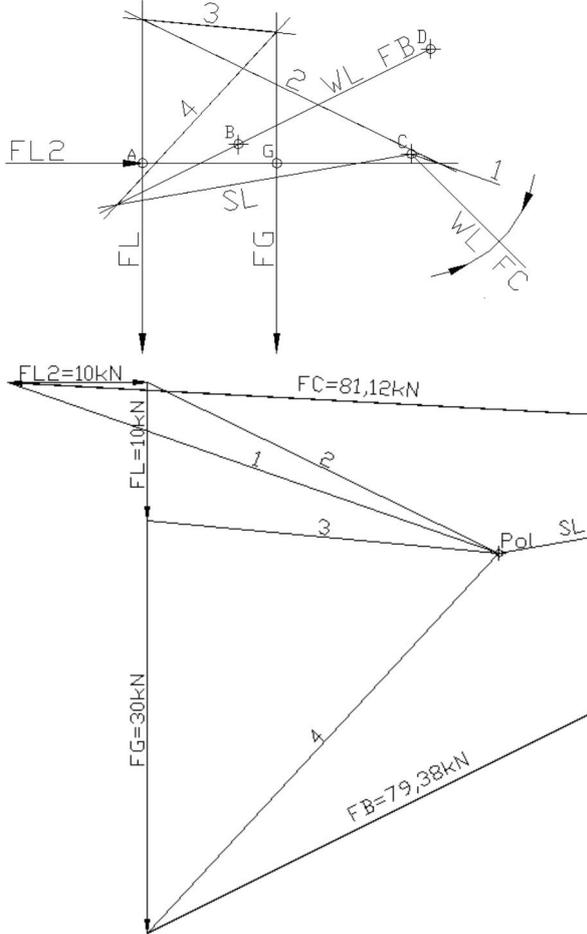


KP $M_k = \dots$

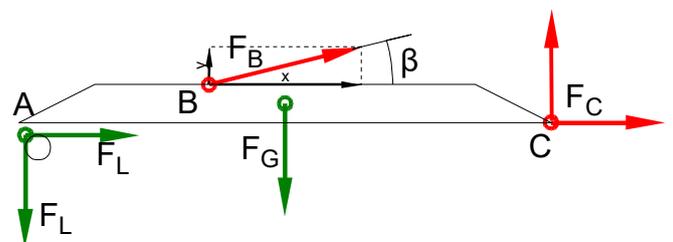


1.2 LP Ausleger $M_L = \dots$

6,0



Rechnerische Lösung (nicht gefordert)
Lageplanskizze Ausleger





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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Statik (Schlusslinienverfahren), Freimachen anspruchsvoll

2

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

3,0

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

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

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

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

Erforderlicher Anzahl Einzeldrähte im Drahtseil

3

3.1 Die Auflagerkräfte ergeben sich aus Symmetriegründen

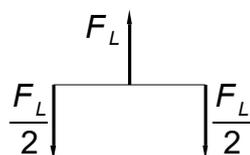
1,5

Grafische Lösung

Rechnung zur Grafik

Lageskizze der Seiltrommel

$$M_I = 0\text{ Nm}$$



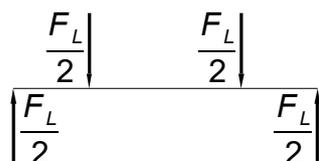
$$M_{II} = M_I + 5\text{ kN} \cdot 100\text{ mm} = 500\text{ Nm}$$

$$M_{III} = M_{II} + 0\text{ kN} \cdot 600\text{ mm} = 500\text{ Nm}$$

$$M_{III} = M_{IV} - 5\text{ kN} \cdot 100\text{ mm} = 0\text{ kNm}$$

Lageskizze der Seiltrommelwelle

Rechnerische Lösung

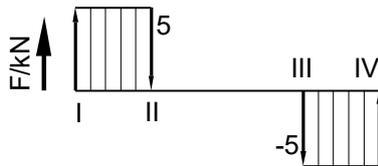


$$M_{II}(\text{links}) = M_{III}(\text{rechts}) =$$

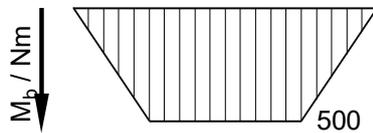
$$= \left| \frac{F_L}{2} \cdot \frac{a-b}{2} \right| = \frac{10\text{ kN}}{2} \cdot \frac{800\text{ mm} - 600\text{ mm}}{2}$$

$$= 500\text{ Nm}$$

Querkraftverlauf



Biegemomentenverlauf



Biegemoment ermitteln

3.2 $R_e = 520 \text{ N/mm}^2$ (C60E > 16 mm → [EuroTabM46], S.134 „Vergütungsstähle“) 2,0

$$\sigma_{bF} = 1,2 \cdot R_e = 1,2 \cdot 520 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} = 624 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

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

$$\sigma_{bzul} = \frac{\sigma_{bF}}{v} = \frac{624 \text{ N/mm}^2}{4} = 156 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$W_{erf} = \frac{M_{bmax}}{\sigma_{bzul}} = \frac{500 \text{ Nm}}{156 \text{ N/mm}^2} = 3,2 \text{ cm}^3$$

$$W = \frac{\pi \cdot d^3}{32} \Rightarrow d_{erf} = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot W_{erf}}{\pi}} = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot 3,2 \text{ cm}^3}{\pi}} = 32,0 \text{ mm}$$

Gewählt: $d = 32 \text{ mm}$ (nächste Größe → TabB „Rundstahl“)

Rundstahl gegen Biegung

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

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

$$\frac{\tau_{tF}}{v} = \tau_{tzul} > \tau_t = \frac{M_T}{W_P} \Rightarrow$$

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

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

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.

$\Sigma = 22,5$