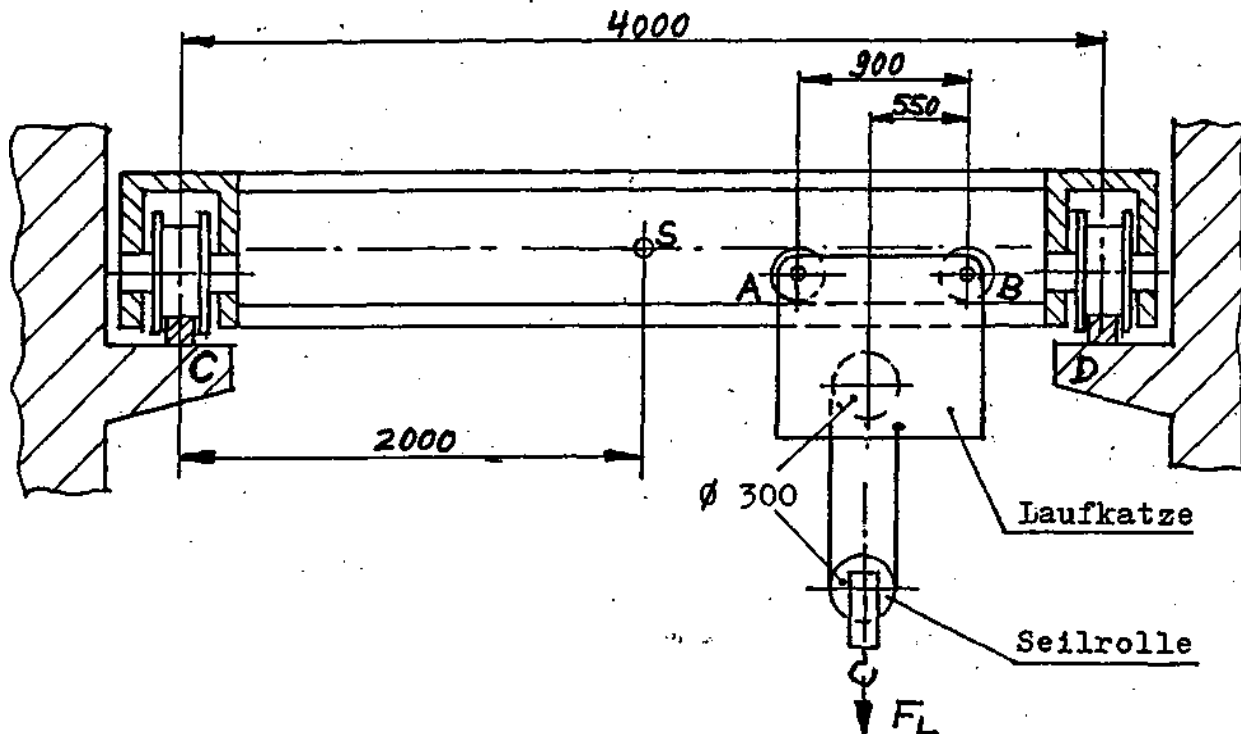




tgt HP 1987/88-2: Kranbrücke

Zum Verladen schwerer Werkstücke plant ein Betrieb den Bau der skizzierten Krananlage.



$F_L = 20 \text{ kN}$ (Lastgewicht)

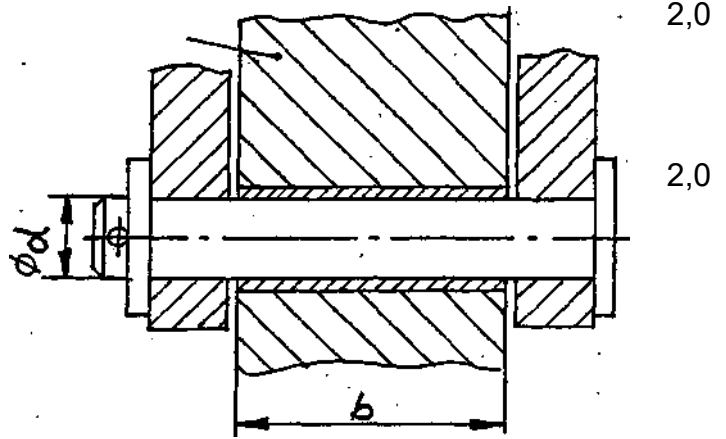
$F_G = 2 \text{ kN}$ (angenommenes Eigengewicht des Tragbalkens, im Punkt S angreifend)

Das Eigengewicht der Laufkatze wird vernachlässigt.

Teilaufgaben:		Punkte
1	Ermitteln Sie zeichnerisch die Kräfte in den Radlagern A und B der Laufkatze.	1,5
2	Annahme: Die Last F_L befinde sich im Abstand 2 m vom Lager C. Die Kräfte betragen $F_A = 14 \text{ kN}$ und $F_B = 9 \text{ kN}$. Der mittelbreite I-Träger bestehe aus S235 bei dreifacher Sicherheit gegen bleibende Verformung. Bestimmen Sie die Auflagerkräfte F_C und F_D unter Berücksichtigung der Eigengewichtskraft des Trägers. Ermitteln Sie die Stelle des maximalen Biegemomentes und wählen Sie einen Träger nach DIN 1025.	6,0
3	Das Drahtseil (Zugseil) besteht aus 39 Drähten von je 1,2 mm Durchmesser. Welche Sicherheit gegen Bruch ist im Drahtseil vorhanden, wenn für die Drähte der Werkstoff E360 verwendet wurde ?	2,0



- 4 Der Durchmesser des Bolzens für die Lagerung der Seilrolle ist zu berechnen. Geforderte Sicherheit gegen Bruch: $v = 3$, Werkstoff E335
- 5 Welche Breite b muss die Seilrolle für einen Bolzendurchmesser $d = 10$ mm erhalten, wenn im Lager eine Flächenpressung von 60 N/mm nicht überschritten werden darf?



- 6 Das Ende des Zugseiles hängt an einer Lasche, die mit zwei Sechskantschrauben M12 an der Laufkatze befestigt ist. Die Übertragung der Seilkraft auf das Gehäuse der Laufkatze soll ausschließlich durch Reibung erfolgen. Wählen Sie für die Schrauben eine geeignete Festigkeitsklasse bei einer Sicherheit von mindestens $v = 2,5$ gegen bleibende Verformung. Die Biegebeanspruchung der Lasche ist zu vernachlässigen. $\mu = 0,2$

- 7 Bestimmen Sie das erforderliche Anzugsmoment der Schraubenverbindung in Aufgabe 6 für eine Schraubenlängskraft von $F = 30000$ N, $\mu' = 0,15$, $\mu_A = 0,1$
Anzugsmoment

$$M_A = F \cdot [r_2 \cdot \tan(\alpha + \rho') + \mu_A \cdot r_a]$$

$$r_a \approx 0,7 \cdot d$$

- 8 Der Antrieb der Seiltrommel in der Laufkatze erfolgt durch ein zweistufiges Getriebe. Die Hubgeschwindigkeit der Last soll $0,2$ m/s betragen.

Zähnezahlen:

$$z_1 = 14$$

$$z_2 = 70$$

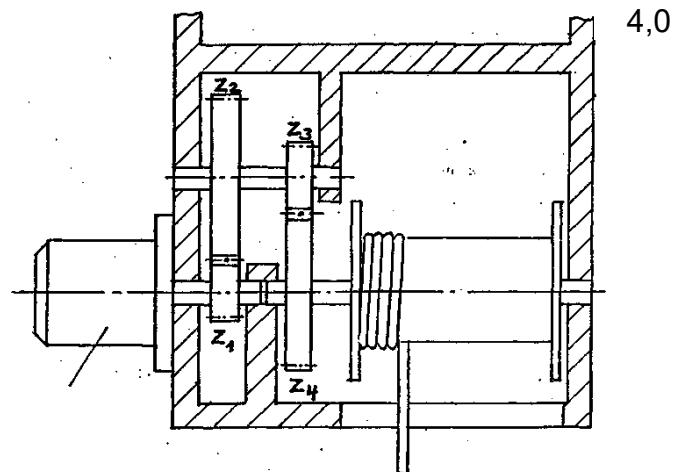
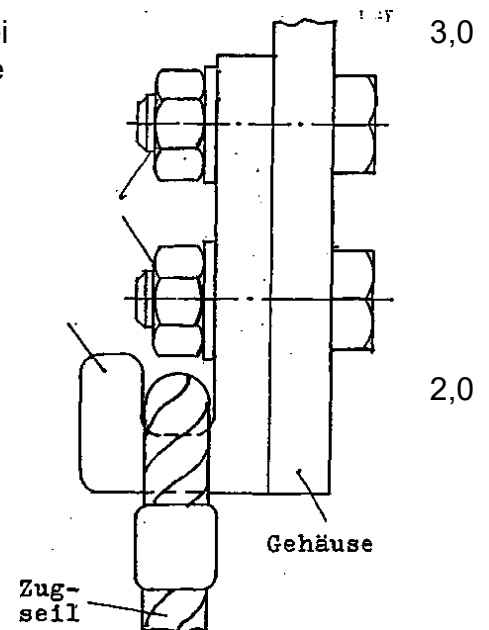
$$z_3 = 18$$

$$z_4 = 72$$

$$\eta_{ges} = 0,85$$

- 8.1 Bestimmen Sie die Leistung des Elektromotors bei einer Motordrehzahl $n_M = 710$ 1/min.

Errechnen Sie den erforderlichen Trommel-Durchmesser (Der Seil-Durchmesser ist zu vernachlässigen).



Alle Teilaufgaben sind unabhängig voneinander lösbar.

$\Sigma = 22,5$

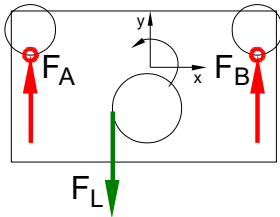


Lösungsvorschläge

Teilaufgaben:

Punkte
1,5

1 LS Laufkatze



Rechnerische Lösung (nicht gefordert)

$$\Sigma M_B = 0 = + F_L \cdot 550 \text{ mm} + F_A \cdot 900 \text{ mm} \Rightarrow$$

$$F_A = F_L \cdot \frac{550 \text{ mm}}{900 \text{ mm}} = 20 \text{ kN} \cdot \frac{550 \text{ mm}}{900 \text{ mm}} = 12,2 \text{ kN}$$

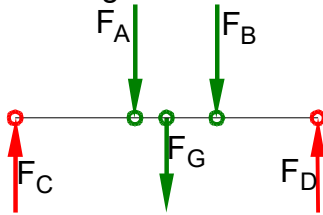
$$\Sigma F_y = 0 = F_A - F_L + F_B \Rightarrow F_B = -F_A + F_L = -12,2 \text{ kN} + 20 \text{ kN} = 7,8 \text{ kN}$$

Statik (Schlusslinienverfahren)



2 LS Tragbalken ohne Laufkatze

6,0



Auflagerkräfte (Rechnerische Lösung)

$$\Sigma M_C = 0 = -F_A \cdot (2000 + 550 - 900) \text{ mm} - F_G \cdot 2000 \text{ mm} - F_B \cdot (2000 + 550) \text{ mm} + F_D \cdot 4000 \text{ mm}$$

$$F_D = \frac{F_A \cdot 1650 \text{ mm} + F_G \cdot 2000 \text{ mm} + F_B \cdot 2550 \text{ mm}}{4000 \text{ mm}}$$

$$= \frac{14 \text{ kN} \cdot 1650 \text{ mm} + 2 \text{ kN} \cdot 2000 \text{ mm} + 9 \text{ kN} \cdot 2550 \text{ mm}}{4000 \text{ mm}} = 12,51 \text{ kN}$$

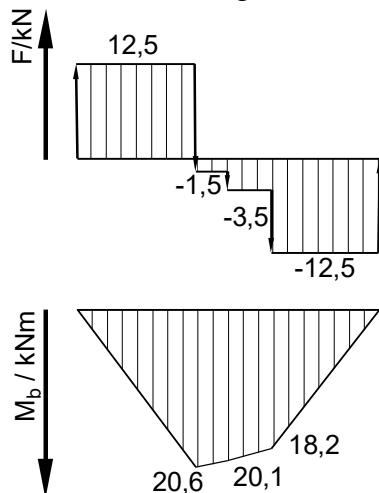
$$\Sigma F_y = 0 = F_C - F_A - F_G - F_B + F_D \Rightarrow$$

$$F_C = + F_A + F_G + F_B - F_D = 14 \text{ kN} + 2 \text{ kN} + 9 \text{ kN} - 12,51 \text{ kN} = 12,49 \text{ kN}$$

Biegemoment ermitteln

Das maximale Biegemoment $M_{bmax} = 20,6 \text{ kNm}$ liegt beim Punkt A.

Grafische Lösung



Rechnung zur Grafik

$$M_C = 0 \text{ kNm}$$

$$M_A = M_C + 12,5 \text{ kNm} \cdot 1650 \text{ mm} = 20,625 \text{ kNm}$$

$$M_S = M_A - 1,5 \text{ kN} \cdot 350 \text{ mm} = 20,1 \text{ kNm}$$

$$M_B = M_S - 3,5 \text{ kN} \cdot 550 \text{ mm} = 18,175 \text{ kNm}$$

$$M_D = M_B - 12,5 \text{ kN} \cdot 1,45 \text{ mm} = 0,05 \text{ kNm}$$

M_D weicht von 0 ab, da F_C und F_D ungenau sind. Das macht deutlich, dass das Verfahren mit dem Biegemomentenverlauf eine Kontrolle beinhaltet.

Rechnerische Lösung

(Lageskizze siehe Aufgabe 1)

$$M_A(\text{links}) = |F_C \cdot 1650 \text{ mm}|$$

$$= 12,5 \text{ kN} \cdot 1650 \text{ mm} = 20,6 \text{ kNm}$$

$$M_2(\text{links}) = |F_C \cdot 2000 \text{ mm} - F_A \cdot 350 \text{ mm}|$$

$$= 12,5 \text{ kN} \cdot 2000 \text{ mm} - 14 \text{ kN} \cdot 350 \text{ mm}$$

$$= 20,1 \text{ kNm}$$

$$M_B(\text{rechts}) = |-F_D \cdot 1450 \text{ mm}|$$

$$= 12,5 \text{ kN} \cdot 1450 \text{ mm} = 18,1 \text{ Nm}$$

$\sigma_{bF} = 330 \text{ N/mm}^2$ (S235 → Tabellenbuch Metall, Europa, 44. Auflage, S.44)

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

$$\sigma_{bzul} = \frac{\sigma_{bF}}{\nu} = \frac{330 \text{ N/mm}^2}{3} = 110 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$W_{erf} = \frac{M_{bmax}}{\sigma_{bzul}} = \frac{20625 \text{ Nm}}{110 \text{ N/mm}^2} = 187,5 \text{ cm}^3$$

gewählt: IPE 200 mit $W_x = 194 \text{ cm}^3$ (→ TabB „DIN 1025“)

Biegung (Auswahl des Profils)



3 2,0

$$F_z = \frac{F_L}{2} = \frac{20 \text{ kN}}{2} = 10 \text{ N}$$

$$S_{\text{Draht}} = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{\pi \cdot 1,2^2 \text{ mm}^2}{4} = 1,131 \text{ mm}^2$$

$$S_{\text{Seil}} = n \cdot S_{\text{Draht}} = 39 \cdot 1,131 \text{ mm}^2 = 44,1 \text{ mm}^2$$

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

$$\sigma_z = \frac{F_z}{S_{\text{Seil}}} = \frac{10 \text{ kN}}{44,1 \text{ mm}^2} = 226,7 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$v = \frac{R_m}{\sigma_z} = \frac{670 \text{ N/mm}^2}{226,7 \text{ N/mm}^2} = 2,9$$

4 2,0

Erforderlicher Durchmesser gegen Abscheren:
 $\tau_{aB} = 470 \text{ N/mm}^2$ (E335 → Tabellenbuch Metall, Europa Verlag, 44. Auflage, S.44)

$$\frac{\tau_{aB}}{\sqrt{v}} = \tau_{a\text{zul}} > \tau_a = \frac{F}{2 \cdot S} \rightarrow$$

$$\tau_{a\text{zul}} = \frac{\tau_{aB}}{\sqrt{v}} = \frac{470 \text{ N/mm}^2}{3} = 156,7 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$S_{\text{erf}} = \frac{F_L}{2 \cdot \tau_{a\text{zul}}} = \frac{20 \text{ kN}}{2 \cdot 156,7 \text{ N/mm}^2} = 63,8 \text{ mm}^2$$

$$S = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \rightarrow d_{\text{erf}} = \sqrt{\frac{4 \cdot S}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 63,8 \text{ mm}^2}{\pi}} = 9,0 \text{ mm}$$

Gewählt wird der nächstgrößere angebotene Bolzen $\varnothing 10 \text{ mm}$ (→ TabB „Bolzen“)
Scherfestigkeit (Bolzen)

5 2,0

Erforderlicher Durchmesser gegen Flächenpressung:

$$p_{\text{zul}} = \frac{F}{A} \rightarrow A_{\text{erf}} = \frac{F_D}{p_{\text{zul}}} = \frac{20 \text{ kN}}{60 \text{ N/mm}^2} = 333,3 \text{ mm}^2$$

$$A = d \cdot b \rightarrow b = \frac{A}{d} = \frac{333,3 \text{ mm}^2}{10 \text{ mm}} = 33,3 \text{ mm}$$

Flächenpressung (Laschenbreite)

6 3,0

F_{Reib} wirkt bei beiden Schrauben (2 Reibflächen):
 Spannungsquerschnitt $S = 84,3 \text{ mm}^2$ (M12 → [EuroTabM] „Gewinde“)

$$F_{\text{Reib}} = \frac{F_L}{2} = \frac{20 \text{ kN}}{2} = 10 \text{ kN}$$

$$F_{\text{Reib}} = 2 \cdot F_N \cdot \mu \Rightarrow$$

$$F_{\text{Schr}} = \frac{F_z}{2 \cdot \mu} = \frac{10 \text{ kN}}{2 \cdot 0,2} = 25 \text{ kN}$$

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

$$\sigma_{z\text{erf}} = \frac{F}{S} = \frac{25 \text{ kN}}{84,3 \text{ mm}^2} = 297 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$R_{\text{erf}} = \sigma_{z\text{erf}} \cdot v = 297 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot 2,5 = 741 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Gewählt: Festigkeit 10.9 mit $R_e = 900 \text{ N/mm}^2$ (→ TabB „Festigkeitsklasse“)
Reibung (sehr anspruchsvoll)



7 Anzugsdrehmoment

2,0

$$M_A = F \cdot [r_2 \cdot \tan(\alpha + \rho') + \mu_A \cdot r_A] \text{ mit:}$$

FlankenØ $d_2 = 10,86 \text{ mm}$ und Steigung $P = 1,75 \text{ mm}$ (M12 → [EuroTabM] „Gewinde“)

$$\text{Flankenradius } r_2 = \frac{d_2}{2} = \frac{10,86 \text{ mm}}{2} = 5,43 \text{ mm}$$

$$\text{Steigungswinkel } \alpha = \arctan \frac{P}{d_2 \cdot \pi} = \arctan \frac{1,75 \text{ mm}}{10,86 \text{ mm} \cdot \pi} = 2,94^\circ$$

$$\text{Reibwinkel } \rho' = \arctan \mu' = \arctan 0,15 = 8,53^\circ$$

Mittlerer Radius der Auflage (am Schraubenkopf) $r_a = 0,7 \cdot d = 0,7 \cdot 12 \text{ mm} = 8,4 \text{ mm}$

$$M_A = F \cdot [r_2 \cdot \tan(\alpha + \rho') + \mu_A \cdot r_a] \\ = 30 \text{ kN} \cdot [5,43 \text{ mm} \cdot \tan(2,94 + 8,53)^\circ + 0,1 \cdot 8,4 \text{ mm}] = 58,3 \text{ Nm}$$

Anzugsdrehmoment für Schrauben

8

4,0

$$8.1 \quad P_{ab} = F_L \cdot v_L = 20 \text{ kN} \cdot 0,2 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 4 \text{ kW}$$

$$\eta = \frac{P_{ab}}{P_{zu}} \Rightarrow P_M = \frac{P_{ab}}{\eta} = \frac{4 \text{ kW}}{0,85} = 4,7 \text{ kW}$$

erf. Leistung bei Längsbewegung

$$8.2 \quad i = \frac{z_2 \cdot z_4}{z_1 \cdot z_3} = \frac{70 \cdot 72}{14 \cdot 18} = 20$$

$$P = 2\pi \cdot M \cdot n \Rightarrow M_M = \frac{P_M}{2\pi \cdot n_M} = \frac{4,7 \text{ kW}}{2\pi \cdot 710 \text{ min}^{-1}} = 63,2 \text{ Nm}$$

$$i \cdot \eta = \frac{M_{ab}}{M_{zu}} \Rightarrow M_{ab} = M_{zu} \cdot i \cdot \eta = 63,2 \text{ Nm} \cdot 20 \cdot 0,85 = 1075 \text{ Nm}$$

$$M_{ab} = F \cdot \frac{D}{2} \Rightarrow D_{Merf} = \frac{2 \cdot M_{ab}}{F_{Seil}} = \frac{2 \cdot 1075 \text{ Nm}}{10 \text{ kN}} = 215 \text{ mm}$$

$$i = \frac{n_{ab}}{n_{zu}} \Rightarrow n_{ab} = \frac{n_M}{i} = \frac{710 \text{ min}^{-1}}{20} = 35,5 \text{ min}^{-1} = 0,592 \text{ s}^{-1}$$

$$v = \pi \cdot n_{ab} \cdot d \Rightarrow D_{verf} = \frac{v_{Seil}}{\pi \cdot n_{ab}} = \frac{0,4 \text{ m/s}}{\pi \cdot 0,592 \text{ s}^{-1}} = 0,215 \text{ m}$$

Um das erforderliche Drehmoment aufzubringen, muss der Durchmesser $D_M = 215 \text{ mm}$ oder kleiner (!) sein, für die Hubgeschwindigkeit $D_V = 215 \text{ mm}$ oder größer. Viel Spielraum bleibt da nicht ;-)

Erforderlicher Durchmesser einer Seiltrommel.

Alle Teilaufgaben sind unabhängig voneinander lösbar.

$\Sigma = 22,5$