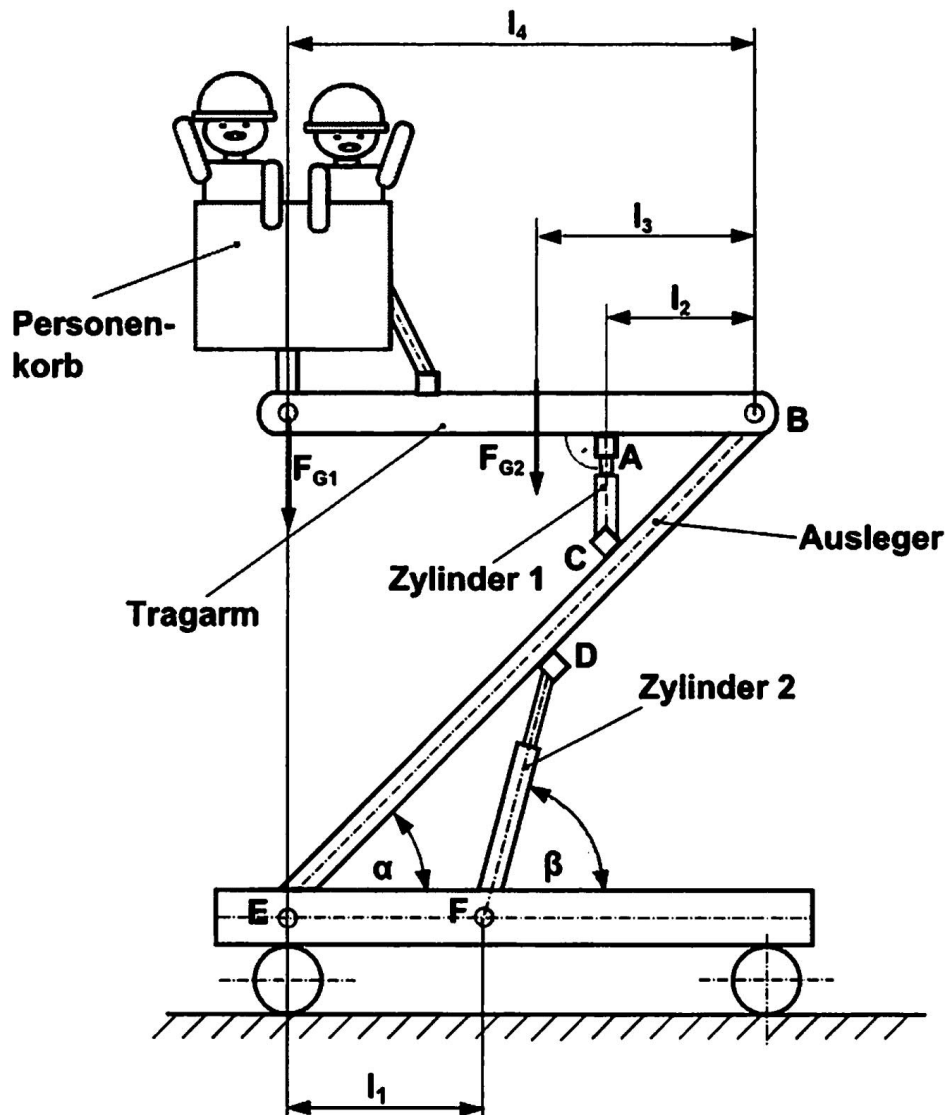




## tgt HP 2013/14-1: Industrielift

Ein Industrielift mit höhenverstellbarer Plattform ist so weit ausgefahren, dass der Tragarm horizontal liegt. Der Tragarm besteht aus einem rechteckigen Hohlprofil DIN EN 10210-2 - 100 x 50 x 5 - S355J0.

In der gezeichneten Stellung wird er mit den vertikalen Kräften  $F_{G1}$  (2 Personen und Werkzeuge) und  $F_{G2}$  (Eigengewicht des Tragarms mit Korb) im jeweiligen Schwerpunkt belastet. Tragarm und Ausleger werden mit Hydraulikzylindern bewegt.



### Daten:

Gewichtskraft Personen und Werkzeuge:

$$F_{G1} = 2 \text{ kN}$$

Gewichtskraft Tragarm und Korb:

$$F_{G2} = 1 \text{ kN}$$

$$l_1 = 1500 \text{ mm}$$

$$\alpha = 45^\circ$$

$$l_2 = 1500 \text{ mm}$$

$$\beta = 75^\circ$$

$$l_3 = 2200 \text{ mm}$$

$$l_4 = 4000 \text{ mm}$$



Teilaufgaben:

Punkte

- 1
- 1.1 Bestimmen Sie die Kräfte  $F_A$  und  $F_B$  im Tragarm. 3,0
- 1.2 Ermitteln Sie für die dargestellte Position die Stelle und den Betrag des maximalen Biegemoments  $M_{bmax}$  im Tragarm. 3,0
- 1.3 Bestimmen Sie die Sicherheit gegenüber bleibender Verformung bei der Biegebeanspruchung. 4,0  
Es gilt:  $\sigma_{bF} \approx 1,2 \cdot R_e$

- 2 Ermitteln Sie zeichnerisch die Kräfte in den Lagern D und E. Eigengewicht von Ausleger und Zylinder sind zu vernachlässigen. 5,0

- 3 Dimensionieren Sie den Durchmesser des Bolzens in Lager A für den Bolzenwerkstoff C22E. 4,0

Daten:

Zulässige Flächenpressung:

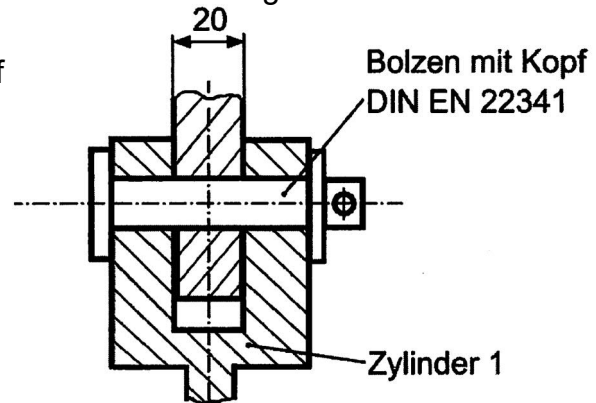
$$p_{zul} = 25 \text{ N/mm}^2$$

Sicherheit gegen Abscheren:

$$v = 4$$

Kraft in Lager A:

$$F_A = 6,8 \text{ kN}$$



- 4 Am Personenkorb soll nachträglich eine Seilzugeneinheit (Motor mit Schneckenradgetriebe und Seiltrommel) montiert werden.

Daten:

Maximale Last:

$$m_{max} = 200 \text{ kg}$$

Maximale Hebegeschwindigkeit:

$$v_{max} = 0,4 \text{ m/s}$$

Getriebewirkungsgrad:

$$\eta_G = 90\%$$

Seiltrommelwirkungsgrad:

$$\eta_{st} = 80\%$$

Gangzahl der Schnecke:

$$z_s = 3$$

Zähnezahl des Schneckenrades:

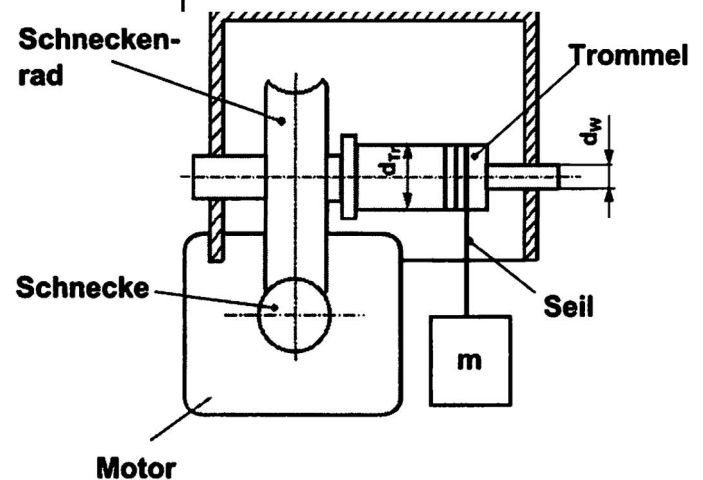
$$Z_{SR} = 75$$

Trommeldurchmesser:

$$d_{Tr} = 66 \text{ mm}$$

Zulässige Torsionsspannung der Welle:

$$T_{tzul} = 140 \text{ N/mm}^2$$



- 4.1 Berechnen Sie die Drehzahl der Seiltrommel zum Anheben der Last bei maximaler Geschwindigkeit. 2,0
- 4.2 Bestimmen Sie das Übersetzungsverhältnis des Schneckenradgetriebes. 1,0
- 4.3 Berechnen Sie die erforderliche Motorleistung. 2,0
- 4.4 Dimensionieren Sie den erforderlichen Wellendurchmesser  $d_w$ . 3,0
- 4.5 Das Drahtseil besteht aus 54SiCr6 und setzt sich aus 6 Litzen mit je 7 Einzeldrähten zusammen. Der Durchmesser eines Einzeldrahtes beträgt 0,4 mm. Berechnen Sie die vorhandene Sicherheit gegen Bruch. 3,0

$\Sigma=30,0$



## Lösungsvorschläge

1

### 1.1 LS Tragarm (siehe rechts)

$$\Sigma M_B = 0 = F_{G1} \cdot l_4 + F_{G2} \cdot l_3 - F_A \cdot l_2 \Rightarrow$$

$$F_A = \frac{F_{G1} \cdot l_4 + F_{G2} \cdot l_3}{l_2} = \frac{2 \text{ kN} \cdot 4000 \text{ mm} + 1 \text{ kN} \cdot 2200 \text{ mm}}{1500 \text{ mm}} = 6,8 \text{ kN}$$

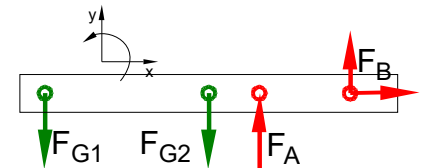
$$\Sigma F_y = 0 = -F_{G1} - F_{G2} + F_A + F_{By} \Rightarrow$$

$$F_{By} = +F_{G1} + F_{G2} - F_A = 2 \text{ kN} + 1 \text{ kN} + 6,8 \text{ kN} = -3,8 \text{ kN}$$

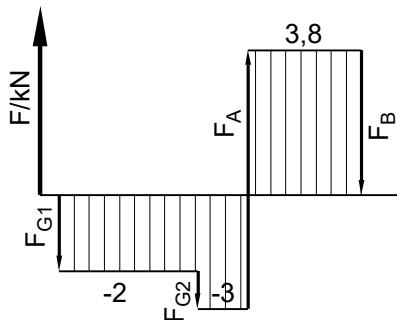
$$\Sigma F_x = 0 = F_{Bx} \Rightarrow F_{Bx} = 0 \text{ kN}$$

$$F_B = F_{By} = -3,8 \text{ kN} \text{ (wirkt nach unten)}$$

Stützkkräfte



### 1.2 Maximales Biegemoment $M_{bmax} = 5,7 \text{ kNm}$ (das Größere) Grafische Lösung



#### Rechnerische Lösung (Lageskizze siehe Aufgabe 1.1)

$$M_2(\text{links}) = |F_{G1} \cdot (l_4 - l_3)|$$

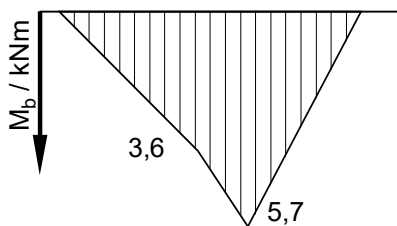
$$= 2 \text{ kN} \cdot (4000 - 2200) \text{ mm}$$

$$= 3,6 \text{ kNm}$$

$$M_A(\text{rechts}) = |F_B \cdot l_2|$$

$$= |-3,8 \text{ kN} \cdot 1500 \text{ mm}|$$

$$= 5,7 \text{ kNm}$$



#### Rechnung zur Grafik

$$M_{G1} = 0 \text{ kNm}$$

$$M_{G2} = M_{G1} + |-2 \text{ kN} \cdot 1800 \text{ mm}| = 3,6 \text{ kNm}$$

$$M_A = M_{G2} + |-3 \text{ kN} \cdot 700 \text{ mm}| = 5,7 \text{ kNm}$$

$$M_P = M_A + |+3,8 \text{ kN} \cdot 1500 \text{ mm}| = 0 \text{ kNm}$$

Maximales Biegemoment

### 1.3 $R_e = 355 \text{ N/mm}^2$ (S355 für Erzeugnisdicke $< 16 \text{ mm}$ → Tabellenbuch Metall, Europa, 46. Auflage, S.131)

$$\sigma_{bF} = 1,2 \cdot R_e = 1,2 \cdot 355 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} = 426 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \text{ (für S355 / Stahl → [EuroTabM46], S.41)}$$

$$W_x = 33,3 \text{ cm}^3 \text{ (DIN 10210 – 100 x 50 x 5 → [EuroTabM46], 46. Auflage, S.154)}$$

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

$$\sigma_b = \frac{M_{bmax}}{W} = \frac{5,7 \text{ kNm}}{33,3 \text{ cm}^3} = 171,2 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$v = \frac{\sigma_{bF}}{\sigma_b} = \frac{426 \text{ N/mm}^2}{171,2 \text{ N/mm}^2} = 2,49$$

Sicherheit bei Biegung



## 2 Zeichnerische Lösung fehlt

Rechnerische Lösung (nicht gefordert):

LS Ausleger, Zylinder 2, Tragarm und Personenkorb (siehe rechts)

$$\Sigma M_E = 0 = F_{G1} \cdot 0 + F_{Fy} \cdot l_1 - F_{G2} \cdot (l_4 - l_3) = F_F \cdot \sin \beta \cdot l_1 - F_{G2} \cdot (l_4 - l_3) \Rightarrow$$

$$F_F = F_{G2} \cdot \frac{l_4 - l_3}{\sin \beta \cdot l_1} = 1 \text{ kN} \cdot \frac{4000 \text{ mm} - 2200 \text{ mm}}{\sin 75^\circ \cdot 1500 \text{ mm}} = 1,24 \text{ kN} = F_D$$

$$\Sigma F_x = 0 = F_{Ex} + F_{Fx} \Rightarrow F_{Ex} = -F_F \cdot \cos \beta = -1,24 \text{ kN} \cdot \cos 75^\circ = -0,322 \text{ kN}$$

$$\Sigma F_y = 0 = -F_{G1} - F_{G2} + F_{Ey} + F_{Fy} \Rightarrow$$

$$F_{Ey} = F_{G1} + F_{G2} - F_F \cdot \sin \beta = 2 \text{ kN} + 1 \text{ kN} - 1,24 \text{ kN} \cdot \sin 75^\circ = 1,8 \text{ kN}$$

$$F_E = \sqrt{F_{Ex}^2 + F_{Ey}^2} = \sqrt{(-0,322 \text{ kN})^2 + (1,8 \text{ kN})^2} = 1,83 \text{ kN}$$

$$\alpha_E = \arctan \frac{F_{Ey}}{F_{Ex}} = \arctan \frac{1,8 \text{ kN}}{-0,322 \text{ kN}} = -79,9^\circ$$

$\alpha_E = 79,9^\circ$  nach links oben gegen die negative x-Achse bzw.

$\alpha_E = 101,1^\circ$  gegen die positive x-Achse

Stützkräfte, zeichnerische Lösung im allgemeinen Kräftesystem

## 3 Bolzen

Gegen Scherung:

$R_m = 470 \text{ N/mm}^2$  (C22E vergütet  $\rightarrow$  [EuroTabM46], 46. Auflage, S.134)

Hinweis 1: Vergüten ist ein Wärmebehandlungsverfahren, das Festigkeit und Zähigkeit eines Stahles erhöht. C22E ist ein Vergütungsstahl und deshalb zum Vergüten geeignet. Es ist also sinnvoll anzunehmen, dass er auch vergütet wurde.

$R_m = 470 \text{ N/mm}^2$  (C22E  $\rightarrow$  Tabellenbuch Metall, Europa, 46. Auflage, S.134)

$$\tau_{aB} = 0,8 \cdot R_m = 0,8 \cdot 470 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} = 376 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad (\text{für Stahl} \rightarrow [\text{EuroTabM46}], 46. \text{ Auflage, S.41})$$

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

$$\tau_{azul} = \frac{\tau_{aB}}{v} = \frac{376 \text{ N/mm}^2}{4} = 94 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$S_{erf} = \frac{F_A}{2 \cdot \tau_{azul}} = \frac{6,8 \text{ kN}}{2 \cdot 94 \text{ N/mm}^2} = 36,2 \text{ mm}^2$$

$$S = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \Rightarrow d_{erf} = \sqrt{\frac{4 \cdot S}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 36,2 \text{ mm}^2}{\pi}} = 6,8 \text{ mm}$$

Gegen Flächenpressung:

$$p_{zul} > p = \frac{F}{A} \Rightarrow A_{erf} = \frac{F_a}{p_{zul}} = \frac{6,8 \text{ kN}}{25 \text{ N/mm}^2} = 272 \text{ mm}^2$$

$$A = d \cdot s \Rightarrow d_{erf} = \frac{A}{s} = \frac{272 \text{ mm}^2}{20 \text{ mm}} = 13,6 \text{ mm}$$

Gewählt:  $d = 14 \text{ mm}$  (nächstgrößerer Durchmesser  $\rightarrow$  TabB „DIN 22341“)

Bolzen dimensionieren



## 4 Seilzugeinheit

$$4.1 \quad v = \pi \cdot n \cdot d \Rightarrow n = \frac{v_{max}}{\pi \cdot d_{Tr}} = \frac{0,4 \text{ m/s}}{\pi \cdot 66 \text{ mm}} = 1,93 \frac{1}{s} = 115,7 \frac{1}{min}$$

$$4.2 \quad i = \frac{z_2}{z_1} = \frac{z_{SR}}{z_S} = \frac{75}{3} = 25$$

$$4.3 \quad P_{ab} = F \cdot v = 2000 \text{ N} \cdot 0,4 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 800 \text{ W}$$

$$\eta_{ges} = \eta_G \cdot \eta_{St} = 0,9 \cdot 0,8 = 0,72$$

$$\eta = \frac{P_{ab}}{P_{zu}} \Rightarrow P_{Mot} = \frac{P_{ab}}{\eta} = \frac{800 \text{ W}}{0,72} = 1111 \text{ W}$$

Getriebeaufgaben

## 4.4 Wellendurchmesser

$$M_t = F \cdot \frac{d_{Tr}}{2} = \frac{2000 \text{ N} \cdot 66 \text{ mm}}{2} = 66 \text{ Nm}$$

$$\frac{\tau_{tF}}{v} = \tau_{tzul} > \tau_t = \frac{M_t}{W_p} \Rightarrow$$

$$W_{perf} = \frac{M_t}{\tau_{tzul}} = \frac{66 \text{ Nm}}{140 \text{ N/mm}^2} = 0,471 \text{ cm}^3$$

$$W_p = \frac{\pi \cdot d^3}{16} \Rightarrow d_{Wperf} = \sqrt[3]{\frac{W_{perf} \cdot 16}{\pi}} = \sqrt[3]{\frac{0,471 \text{ cm}^3 \cdot 16}{\pi}} = 13,4 \text{ mm}$$

Gewählt:  $d = 14 \text{ mm}$  (nächstgrößerer Durchmesser  $\rightarrow$  TabB „Rundstahl“)

Torsionsfestigkeit

## 4.5 Drahtseil

$R_m = 1450..1750 \text{ N/mm}^2$  (54SiCr6  $\rightarrow$  [EuroTabM46], S.139 „Federstahl“)

$$S_{Draht} = \frac{\pi \cdot d_0^2}{4} = \frac{\pi \cdot (0,4 \text{ mm})^2}{4} = 0,126 \text{ mm}^2$$

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

$$\sigma_z = \frac{F}{n \cdot S} = \frac{2000 \text{ N}}{6 \cdot 7 \cdot 0,126 \text{ mm}^2} = 378,9 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$v = \frac{R_m}{\sigma_z} = \frac{1450 \text{ N/mm}^2}{378,9 \text{ N/mm}^2} = 3,8$$

Drahtseil auf Zug