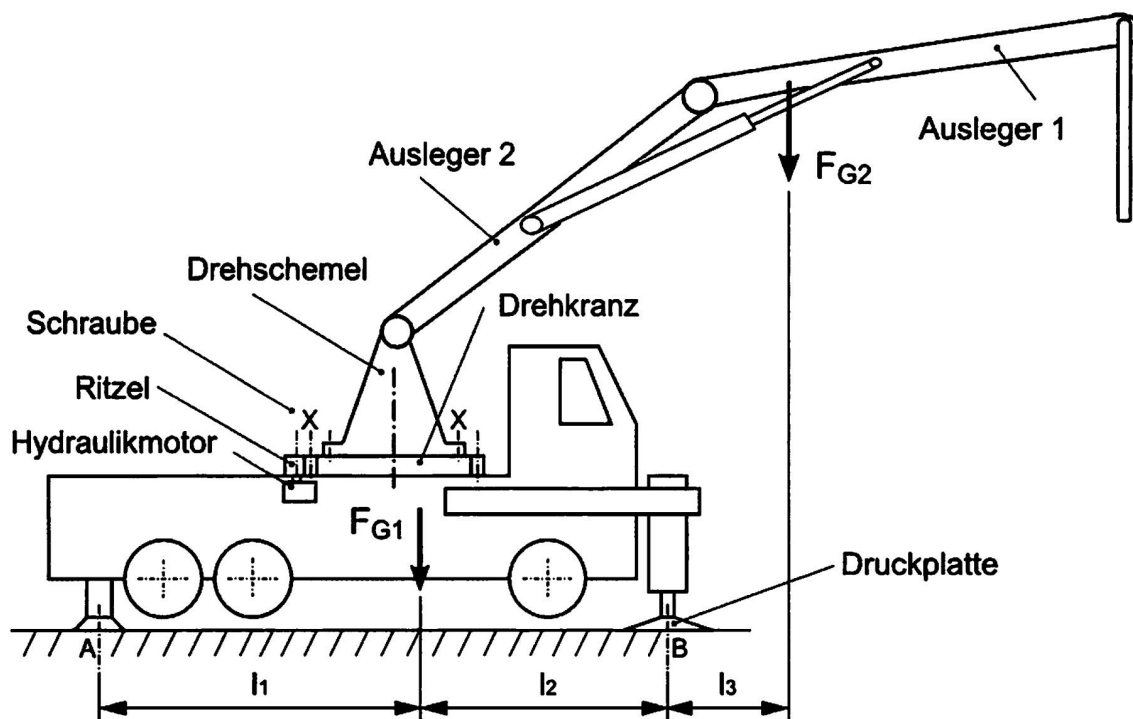




tgt HP 2013/14-2: Autobetonpumpe



Daten:

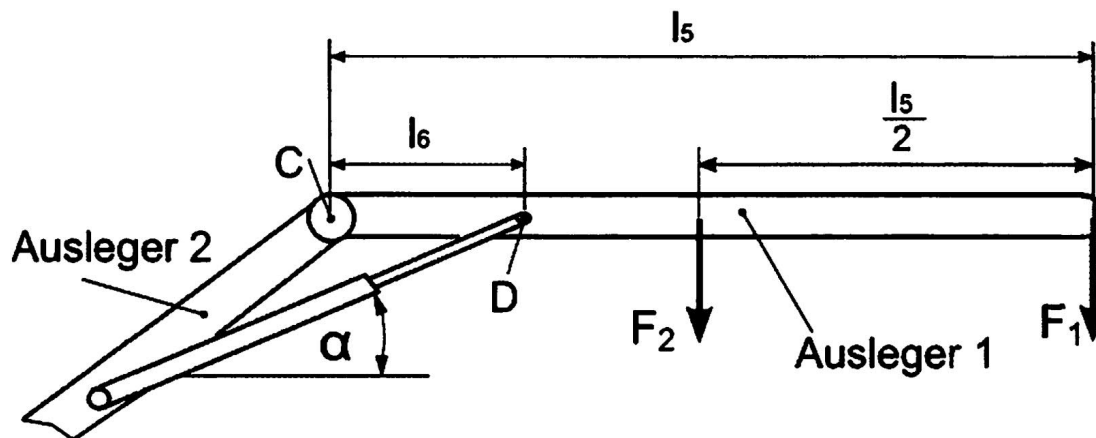
$l_1 = 4,0 \text{ m}$   
 $l_2 = 3,3 \text{ m}$   
 $l_3 = 2,8 \text{ m}$

Fahrzeug:  $F_{G1} = 100 \text{ kN}$   
 Ausleger gesamt:  $F_{G2} = 60 \text{ kN}$

Teilaufgaben:

Punkte

- |   |                       |
|---|-----------------------|
| <ol style="list-style-type: none"> <li>1 Ermitteln Sie die Aufstandskräfte der Autobetonpumpe bei A und B.</li> <li>2 Die Autobetonpumpe steht auf einer Straße. Diese Straße hat eine zulässige Flächenpressung von <math>p_{zul} = 1000 \text{ N/cm}^2</math>. Die Aufstandskraft in B verteilt sich gleichmäßig auf zwei Stützen. Berechnen Sie den Mindestdurchmesser <math>d_P</math> dieser Druckplatten.</li> <li>3 Der Ausleger 1 ist in waagrechter Position.</li> </ol> | <p>4,0</p> <p>3,0</p> |
|---|-----------------------|



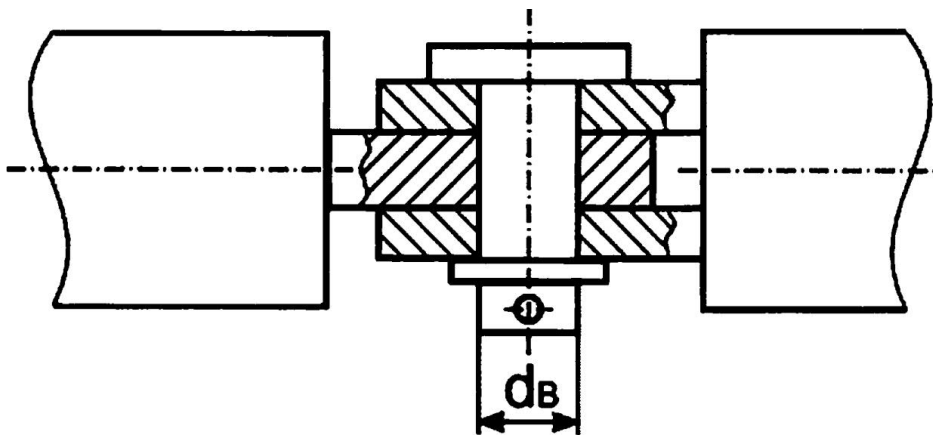


Daten:

$$l_5 = 6,0 \text{ m} \quad \alpha = 30^\circ \quad F_1 = 5 \text{ kN}$$

$$l_6 = 1,5 \text{ m} \quad F_2 = 20 \text{ kN}$$

- 3.1 Ermitteln Sie die Kräfte im Punkt C und D in der gezeichneten Stellung des Auslegers. 6,0
- 3.2 Ermitteln Sie die Stelle und den Betrag des maximalen Biegemoments im Ausleger 1. 3,0
- 3.3 Dimensionieren Sie für den Ausleger 1 ein rundes Hohlprofil aus S960Q mit einer Wandstärke von 8 mm bei 3-facher Sicherheit. 5,0  
Dabei soll als zulässige Biegespannung  $\sigma_{bF} \approx 1,2 \cdot R_e$  verwendet werden.
- 4 Am Punkt C befindet sich eine Bolzenverbindung. 3,0



Dimensionieren Sie den Durchmesser  $d_B$  des Bolzen aus C45E bei einer 5-fachen Sicherheit gegen Abscherung und einer angenommenen Belastung von  $F_C = 110 \text{ kN}$ .

- 5 Der Drehschemel wird mit Hilfe eines Hydraulikmotors angetrieben.

Ritzel:  $z_1 = 16$

Drehkranz:  $z_2 = 112$

- 5.1 Das Ende von Ausleger 1 mit maximalem Radius von 12 m zur Drehachse darf sich aus Sicherheitsgründen maximal mit  $v = 0,7 \text{ m/s}$  drehen. 3,0  
Ermitteln Sie die maximale Drehzahl des Hydraulikmotors.
- 5.2 Der Drehschemel ist mit mehreren Schrauben auf den Drehkranz montiert. 3,0  
Jede Schraube soll eine Kraft von 50 kN bei einer Sicherheit von 2,5 übertragen können.  
Ermitteln Sie für die Festigkeitsklasse 10.9 eine geeignete Schraube nach DIN EN ISO 4014 mit einer Länge von 80 mm und geben Sie diese normgerecht an.

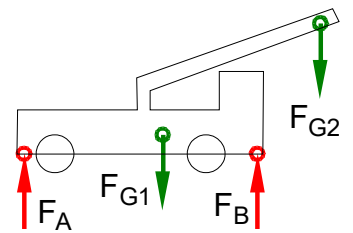
$\Sigma=30,0$



## Lösungsvorschläge

1 LS: ganzes Fahrzeug (siehe rechts)

$$\begin{aligned} \Sigma M_B = 0 &= -F_A \cdot (l_1 + l_2) + F_{G1} \cdot l_2 - F_{G2} \cdot l_3 \Rightarrow \\ F_A &= \frac{+F_{G1} \cdot l_2 - F_{G2} \cdot l_3}{l_1 + l_2} = \frac{+100 \text{ kN} \cdot 3,3 \text{ m} - 60 \text{ kN} \cdot 2,8 \text{ m}}{4,0 \text{ m} + 3,3 \text{ m}} = 22,2 \text{ kN} \\ \Sigma F_y = 0 &= F_A - F_{G1} + F_B - F_{G2} \Rightarrow \\ F_B &= -F_A + F_{G1} + F_{G2} = -22,2 \text{ kN} + 100 \text{ kN} + 60 \text{ kN} = 137,8 \text{ kN} \end{aligned}$$



2 Aufstandsfläche

$$\begin{aligned} p_{zul} > p &= \frac{F}{2 \cdot A} \Rightarrow A_{erf} = \frac{F_B}{2 \cdot p_{zul}} = \frac{137,8 \text{ kN}}{2 \cdot 1000 \text{ N/cm}^2} = 68,9 \text{ cm}^2 = 6890 \text{ mm}^2 \\ A &= \frac{\pi}{4} \cdot d^2 \Rightarrow d_p = \sqrt{\frac{4 \cdot S}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 6890 \text{ mm}^2}{\pi}} = 94 \text{ mm} \end{aligned}$$

3 Ausleger

3.1 LS: Ausleger (siehe rechts)

$$\Sigma M_C = 0 = F_{Dy} \cdot l_6 - F_2 \cdot \left( l_5 - \frac{l_5}{2} \right) - F_1 \cdot l_5$$

$$F_{Dy} = \frac{F_2 \cdot \frac{l_5}{2} + F_1 \cdot l_5}{l_6} = \frac{20 \text{ kN} \cdot \frac{6,0 \text{ m}}{2} + 5 \text{ kN} \cdot 6,0 \text{ m}}{1,5 \text{ m}} = 60 \text{ kN}$$

$$F_D = \frac{F_{Dy}}{\sin \alpha} = \frac{60 \text{ kN}}{\sin 30^\circ} = 120 \text{ kN}$$

$$\Sigma F_x = 0 = F_{Cx} + F_{Dx} \Rightarrow F_{Cx} = -F_{Dx} = -F_D \cdot \cos 30^\circ = -120 \text{ kN} \cdot \cos 30^\circ = -103,9 \text{ kN}$$

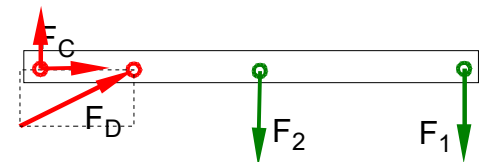
$$\Sigma F_y = 0 = F_{Cy} + F_{Dy} - F_2 - F_1 \Rightarrow F_{Cy} = -F_{Dy} + F_2 + F_1 = -60 \text{ kN} + 20 \text{ kN} + 5 \text{ kN} = -35 \text{ kN}$$

$$F_C = \sqrt{F_{Cx}^2 + F_{Cy}^2} = \sqrt{(-103,9 \text{ kN})^2 + (-35 \text{ kN})^2} = 109,7 \text{ kN}$$

$$\alpha_C = \arctan \frac{F_{Cy}}{F_{Cx}} = \arctan \frac{-35 \text{ kN}}{-109,3 \text{ kN}} = 18,6^\circ$$

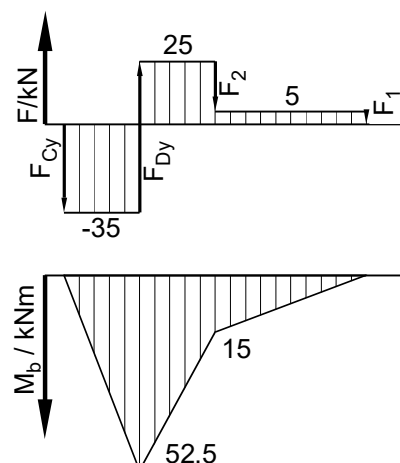
$\alpha_A = 18,6^\circ$  nach links unten gegen die negative x-Achse bzw.

$\alpha_A = 198,6^\circ$  gegen die positive x-Achse



3.2 Maximales Biegemoment  $M_{bmax} = 52,5 \text{ kNm}$  (der größte Betrag)

Grafische Lösung



Rechnung zur Grafik

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

$$M_D = M_C + 35 \text{ kN} \cdot 1,5 \text{ m} = 52,5 \text{ kNm}$$

$$M_2 = M_D - 25 \text{ kN} \cdot 1,5 \text{ m} = 15 \text{ kNm}$$

$$M_1 = M_2 - 5 \text{ kN} \cdot 3 \text{ m} = 0 \text{ kNm}$$

Rechnerische Lösung

(Lageskizze siehe Aufgabe 1)

$$\begin{aligned} M_D(\text{rechts}) &= \left| -F_1 \cdot (l_5 - l_6) - F_2 \cdot \left( l_5 - \frac{l_5}{2} - l_6 \right) \right| \\ &= 5 \text{ kN} \cdot 4,5 \text{ m} + 20 \text{ kN} \cdot 1,5 \text{ m} \\ &= 52,5 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_2(\text{rechts}) &= \left| -F_1 \cdot l_5 / 2 \right| \\ &= 5 \text{ kN} \cdot 6 / 2 \text{ m} \\ &= 15 \text{ kNm} \end{aligned}$$



## 3.3 Ausleger dimensionieren

für S960Q / Stahl

$R_e = 960 \text{ N/mm}^2$  (S960Q → Tabellenbuch Metall, Europa, 46.Auflage, S.132)

$$\sigma_{bF} = 1,2 \cdot R_e = 1,2 \cdot 960 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} = 1152 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad (\text{Stahl} \rightarrow [\text{EuroTabM46}], \text{ S.41})$$

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

$$\sigma_{bzul} = \frac{\sigma_{bF}}{V} = \frac{1152 \text{ N/mm}^2}{3} = 384 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$W_{erf} = \frac{M_{bmax}}{\sigma_{bzul}} = \frac{52,5 \text{ kNm}}{384 \text{ N/mm}^2} = 136,7 \text{ cm}^3$$

$$W = \frac{\pi \cdot (D^4 - d^4)}{32 \cdot D} = \frac{\pi \cdot [D^4 - (D - 2 \cdot s)^4]}{32 \cdot D} = \frac{\pi \cdot [D^4 - (D - 16 \text{ mm})^4]}{32 \cdot D} = 136700 \text{ mm}^3$$

$$\Rightarrow \text{solve oder ausprobieren} \Rightarrow D = 159,1 \text{ mm}$$

Leider sind in [EuroTabM46] S.145 „DIN EN 10297-1“ Rohre nicht bis zu dieser Größe aufgeführt, deshalb muss man den Außendurchmesser berechnen.

## 4 Bolzen dimensionieren

Gegen Abscheren

für C45E / Stahl

$$\tau_{aF} = 0,6 \cdot R_e = 0,6 \cdot 430 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} = 258 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad (\text{für Stahl} \rightarrow [\text{EuroTabM46}], \text{ 46.Auflage, S.41})$$

$R_e = 430 \text{ N/mm}^2$  (C45E, Erzeugnisdicke von 16 bis 40 mm → Tabellenbuch Metall, Europa, 46.Auflage, S.134)

Hinweis 1: Vergütungsstähle wie C45E sind zum Vergüten (= Erhöhen von Festigkeit und Zähigkeit eines Stahles durch Wärmebehandlung) geeignet. Es ist also sinnvoll anzunehmen, dass er auch vergütet wurde.

Hinweis 2: In Tabellenbuch Metall, Europa, 46.Auflage, S.135, ist C45E auch als Stahl für Flamm- und Induktionshärtung mit  $R_e = 490 \text{ N/mm}^2$  aufgelistet. Wer diese Seite oder andere Tabellenbücher verwendet, kann zu abweichenden Lösungen kommen.

$$\frac{\tau_{aF}}{V} = \tau_{azul} > \tau_a = \frac{F}{2 \cdot S} \Rightarrow$$

$$\tau_{azul} = \frac{\tau_{aF}}{V} = \frac{258 \text{ N/mm}^2}{5} = 51,6 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$S_{erf} = \frac{F_c}{2 \cdot \tau_{azul}} = \frac{110 \text{ kN}}{2 \cdot 51,6 \text{ N/mm}^2} = 1066 \text{ mm}^2$$

$$S = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \Rightarrow d_{erf} = \sqrt{\frac{4 \cdot S}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 1066 \text{ mm}^2}{\pi}} = 36,9 \text{ mm}$$

Gegen Flächenpressung kann hier nicht gerechnet werden, da dafür keine Maße angegeben sind.



## 5 Drehschemel

$$5.1 \quad v = \pi \cdot n \cdot d \Rightarrow n_{DS} = \frac{v_{max}}{\pi \cdot 2 \cdot R} = \frac{0,7 \text{ m/s}}{\pi \cdot 2 \cdot 12 \text{ m}} = 0,0093 \text{ s}^{-1} = 0,56 \text{ min}^{-1}$$

$$i = \frac{z_2}{z_1} = \frac{112}{16} = 7$$

$$i = \frac{n_{zu}}{n_{ab}} \Rightarrow n_{Mot} = n_{DS} \cdot i = 0,56 \text{ min}^{-1} \cdot 7 = 3,9 \text{ min}^{-1}$$

5.2 Festigkeitsklasse 10.9 bedeutet  $R_e = 900 \text{ MPa}$  ( $\rightarrow$  [EuroTabM] „Festigkeitsklasse“)

Hinweis 3: Wenn nicht angegeben ist, ob man gegen Bruch oder Verformung rechnen soll, wählt man den schlechteren Fall, also gegen Verformung.

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

$$\sigma_{zzul} = \frac{R_e}{v} = \frac{900 \text{ N/mm}^2}{2,5} = 360 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$S_{erf} = \frac{F_{Schraube}}{\sigma_{zzul}} = \frac{50 \text{ kN}}{360 \text{ N/mm}^2} = 138,9 \text{ mm}^2$$

Gewählt: M16 mit  $S = 157 \text{ mm}^2$  ( $\rightarrow$  TabB „Gewinde“)

Sechskantschraube mit Schaft DIN EN ISO 4014 – M16 x 80 – 10.9

Hinweis 4: Bei der Länge  $l$  einer Schraube zählt die Kopfhöhe  $k$  nicht mit, wenn der Kopf nach dem Einschrauben heraussteht.

*Erforderlicher Querschnitt gegen Zug*

*Schraubenauswahl nach Zugkraft mit Festigkeitsklasse*