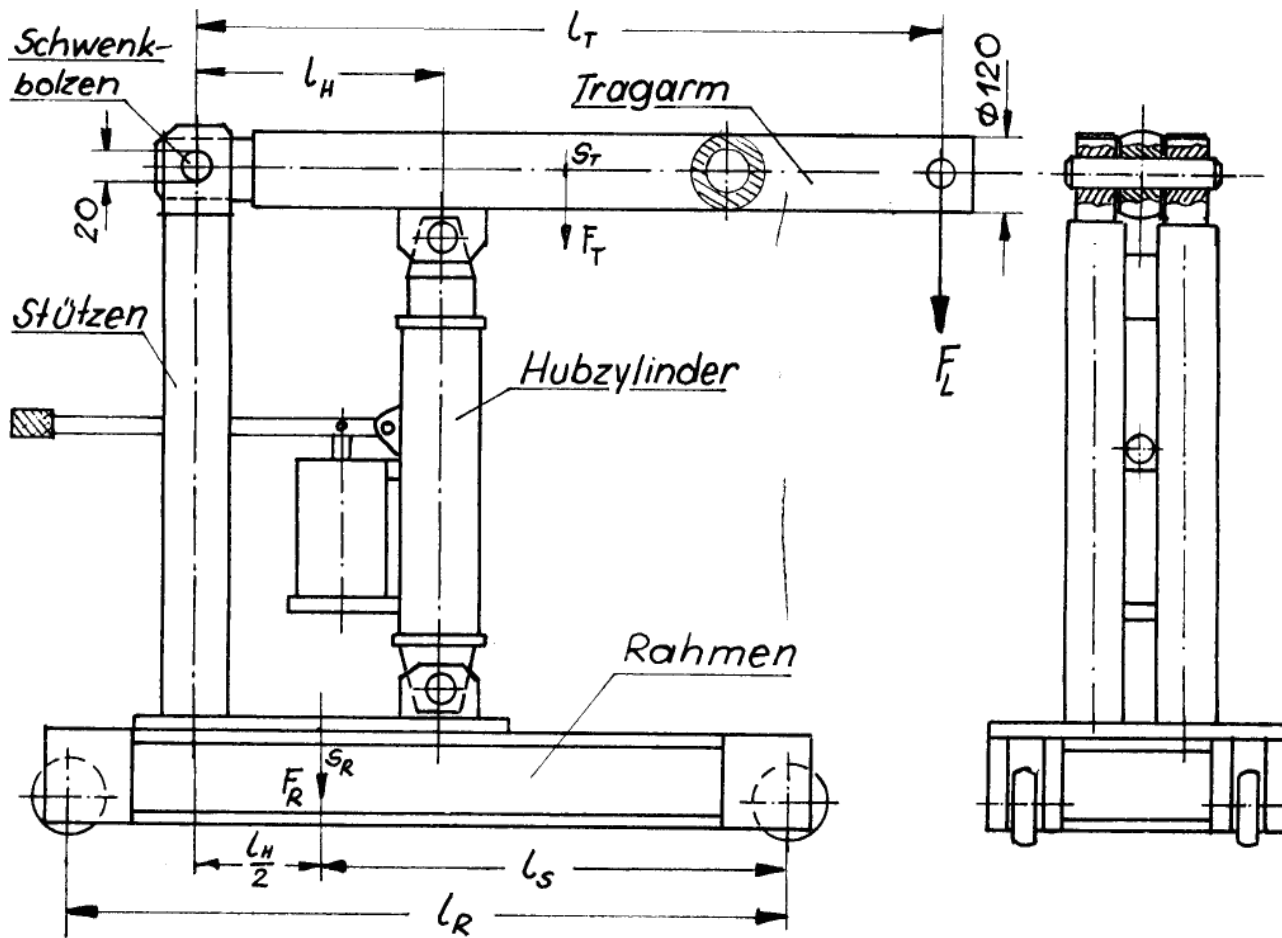


HP 1980/81-1: Fahrbarer Kleinkran „Hydrobull“

HP 1980/81-1: Fahrbarer Kleinkran „Hydrobull“

Mit dem Kleinkran wird die Last m_L mit dem Hubzylinder gehoben. Der erforderliche hydraulische Druck wird durch die Handpumpe erzeugt.



Hublast:	m_L	=	2000	kg
Tragarm:	l_T	=	1800	mm
	l_H	=	400	mm
	m_T	=	100	kg
Rahmen:	l_R	=	1400	mm
	l_S	=	900	mm
	m_R	=	1800	kg (Rahmen + Stützen + Hubzylinder)

HP 1980/81-1: Fahrbarer Kleinkran „Hydrobull“

Teilaufgaben:		Punkte
1	Ermitteln Sie zeichnerisch oder rechnerisch die erforderliche Kraft F_H des Hubkolbens und die im Schwenkbolzen zu übertragende Kraft F_B . Die Gewichtskraft des Tragarms wirkt im Abstand $l_T/2$.	4,5
2	Der beschädigte Schwenkbolzen soll ausgewechselt werden. Wählen Sie für den Bolzen einen Werkstoff, wenn er durch eine Kraft $F_B = 75 \text{ kN}$ auf Abscherung beansprucht wird und 4-fache Sicherheit gegen Bruch verlangt ist.	3,5
3	Welche Wanddicke wählen Sie für das Rohr des Tragarms, wenn der Außendurchmesser 120 mm ist und $F_B = 75 \text{ kN}$ angenommen wird. Das Rohr ist aus S275 und soll eine 1,25 fache Sicherheit gegen bleibende Verformung haben.	5,0
4	Klären Sie, ob der Kran beim Heben der Last $m = 2500 \text{ kg}$ kippt, wenn das Eigengewicht des Krans (Rahmen, Stützen, Hubzylinder) $m_R = 1800 \text{ kg}$ in S angreift, und das Eigengewicht des Tragarms in S_T wirkt.	3,5
5	Durch welche Maßnahmen kann beim Heben einer sehr großen Last das Kippen verhindert werden? Begründen Sie Ihre Vorschläge.	2,5
6	Ein Tragarm mit den angenommenen Rohrdurchmessern $D = 120 \text{ mm}$ und $d = 60 \text{ mm}$ soll durch einen anderen Profilstahl ersetzt werden, der gleiche Belastung aushält und möglichst leicht ist. Entscheiden Sie sich für ein Profil und begründen Sie Ihre Entscheidung.	3,5

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

HP 1980/81-1: Fahrbarer Kleinkran „Hydrobull“

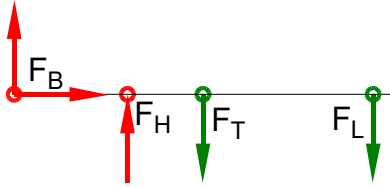
Lösungsvorschläge

Teilaufgaben:

Punkte

1 LS Tragarm

4,5



1.1 Rechnerische Lösung

$$\Sigma M_B = 0 = +F_H \cdot l_H - F_T \cdot \frac{l_T}{2} - F_L \cdot l_T \Rightarrow$$

$$F_H = \frac{F_T \cdot \frac{l_T}{2} + F_L \cdot l_T}{l_H} = \frac{1 \text{ kN} \cdot \frac{1800 \text{ mm}}{2} + 20 \text{ kN} \cdot 1800 \text{ mm}}{400 \text{ mm}} = 92,25 \text{ kN}$$

$$\Sigma F_x = 0 = F_{Bx}$$

$$\Sigma F_y = 0 = +F_B + F_H - F_T - F_L \Rightarrow$$

$$F_{By} = -F_H + F_T + F_L = -92,25 \text{ kN} + 1 \text{ kN} + 20 \text{ kN} = -71,25 \text{ kN} = F_B \text{ (wirkt nach unten)}$$

1.2 Zeichnerische Lösung (fehlt)

2 Erforderlicher Scherfestigkeit

3,5

$$S = \frac{\pi \cdot d_B^2}{4} = \frac{\pi \cdot 20^2 \text{ mm}^2}{4} = 314,2 \text{ mm}^2$$

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

$$\tau_a = \frac{F_B}{2 \cdot S} = \frac{75 \text{ kN}}{2 \cdot 314,2 \text{ mm}^2} = 119,4 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\tau_{aB} = v \cdot \tau_a = 4 \cdot 119,4 \text{ N/mm}^2 = 477 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

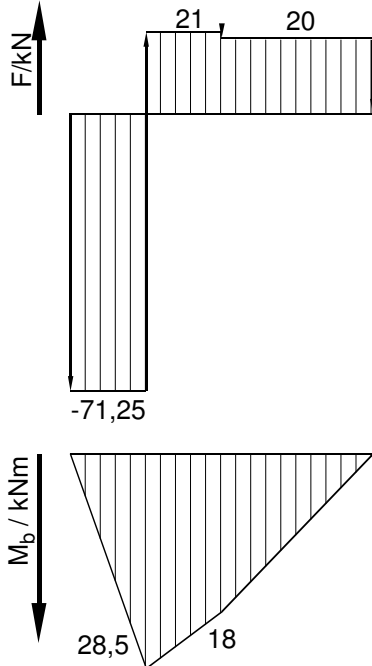
Möglicher Werkstoff: C45E mit $\tau_{aB} = 560 \text{ N/mm}^2$ (Tabellenbuch Metall, Europa Verlag, 44. Auflage, S.44)

Scherfestigkeit (Werkstoffauswahl)

3 Korrekte Lösung mit den Werten aus Aufgabe 1

5,0

Grafische Lösung



Rechnung zur Grafik

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

$$M_H = M_B + 71,25 \text{ kNm} \cdot 400 \text{ mm} = 28,5 \text{ kNm}$$

$$M_T = M_H - 21 \text{ kN} \cdot 500 \text{ mm} = 18 \text{ kNm}$$

$$M_P = M_T - 20 \text{ kN} \cdot 900 \text{ mm} = 0 \text{ kNm}$$

Rechnerische Lösung

(Lageskizze siehe Aufgabe 1)

$$M_H(\text{links}) = |F_B \cdot l_H|$$

$$= 71,25 \text{ kN} \cdot 400 \text{ mm} = 28,5 \text{ kNm}$$

$$M_T(\text{rechts}) = \left| \frac{-F_L \cdot l_T}{2} \right|$$

$$= 20 \text{ kN} \cdot \frac{1800 \text{ mm}}{2} = 18 \text{ kNm}$$

Maximales Biegemoment $M_{bmax} = 28,5$ kNm (das Größere)

Mit der Vorgabe $F_B = 75 \text{ kN}$ aus Aufgabe 3 ergeben sich andere Biegemomente. Da das System so nicht im Gleichgewicht ist, unterscheiden sich diese auch noch wenn sie von rechts oder von links gerechnet werden. Hier wird nur die offensichtlich gewünschte Lösung gezeigt, andere Ergebnisse sind möglich:

$$M_H(\text{links}) = |F_B \cdot l_H| = 75 \text{ kN} \cdot 400 \text{ mm} = 30 \text{ kNm}$$

Maximales Biegemoment (System statisch nicht im Gleichgewicht)

$\sigma_{bF} = 380 \text{ N/mm}^2$ (S275 → Tabellenbuch Metall, Europa, 44. Auflage, S.44)

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

$$\sigma_{bzul} = \frac{\sigma_{bF}}{\nu} = \frac{380 \text{ N/mm}^2}{1,25} = 304 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$W_{erf} = \frac{M_{bmax}}{\sigma_{bzul}} = \frac{30 \text{ kNm}}{30 \text{ N/mm}^2} = 98,7 \text{ cm}^3$$

$$W = \frac{\pi \cdot (D^4 - d^4)}{32 D} \Rightarrow$$

$$d = \sqrt[4]{D^4 - \frac{32 D \cdot W}{\pi}} = \sqrt[4]{(120 \text{ mm})^4 - \frac{32 \cdot 120 \text{ mm} \cdot 98684 \text{ mm}^3}{\pi}} = 96,5 \text{ mm}$$

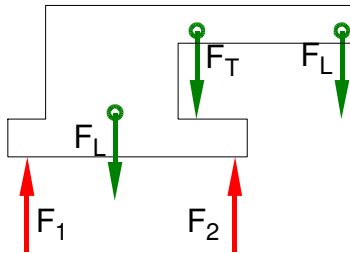
$$s = \frac{D - d}{2} = \frac{120 \text{ mm} - 96,5 \text{ mm}}{2} = 11,7 \text{ mm}$$

gewählt: $s = 12,5 \text{ mm}$ aus Normzahlreihe R10 (falls verfügbar bei Rohren)

Biegung (Wandstärke eines Rohrprofils)

4 LS Kran

3,5



Das negative Drehmoment von F_L folgt aus der Berechnung des Hebelarmes.

$$\begin{aligned} \Sigma M_2 = 0 &= -F_1 \cdot l_R + F_R \cdot l_S + F_T \cdot \left(l_S + \frac{l_H}{2} - \frac{l_T}{2} \right) + F_L \cdot \left(l_S + \frac{l_H}{2} - l_T \right) \Rightarrow \\ F_1 &= \frac{18 \text{ kN} \cdot 900 \text{ mm} + 1 \text{ kN} \cdot \left(900 + \frac{400}{2} - \frac{1800}{2} \right) \text{ mm} + 25 \text{ kN} \cdot \left(900 + \frac{400}{2} - 1800 \right) \text{ mm}}{1400 \text{ mm}} \\ &= \frac{18 \text{ kN} \cdot 900 \text{ mm} + 1 \text{ kN} \cdot 200 \text{ mm} - 25 \text{ kN} \cdot 700 \text{ mm}}{1400 \text{ mm}} = -0,79 \text{ kN} \end{aligned}$$

Da die Kraft F_1 an der linken Achse negativ ist, kippt der Kran.

Kippt das Fz?

5 Mögliche Maßnahmen

2,5

- Verlängerung des Rahmens nach rechts (z.B. um die Last herum) oder Verkürzung des Tragarmes verringern den Hebel der Last ggü dem rechten Rad.
- Ein Gegengewicht auf der linken Seite wirkt der Last entgegen
- Begrenzung des Öldruckes verhindert, dass Lasten angehoben werden, die zum Kippen führen.

Verständnisfragen zum Kippen

$$6 \quad W = \frac{\pi \cdot (D^4 - d^4)}{32 D} = \frac{\pi \cdot [(120 \text{ mm})^4 - (60 \text{ mm})^4]}{32 \cdot 120 \text{ mm}} = 159 \text{ cm}^3$$

3,5

Gewählt: IPE 200 mit $W_x = 194 \text{ cm}^3$ und einer Masse von 22,4 kg/m ist leichter als andere Profile mit einem vergleichbaren Widerstandsmoment.

Profil nach Widerstandsmoment und Gewicht wählen.

Alle Teilaufgaben sind unabhängig voneinander lösbar.

$\Sigma = 22,5$