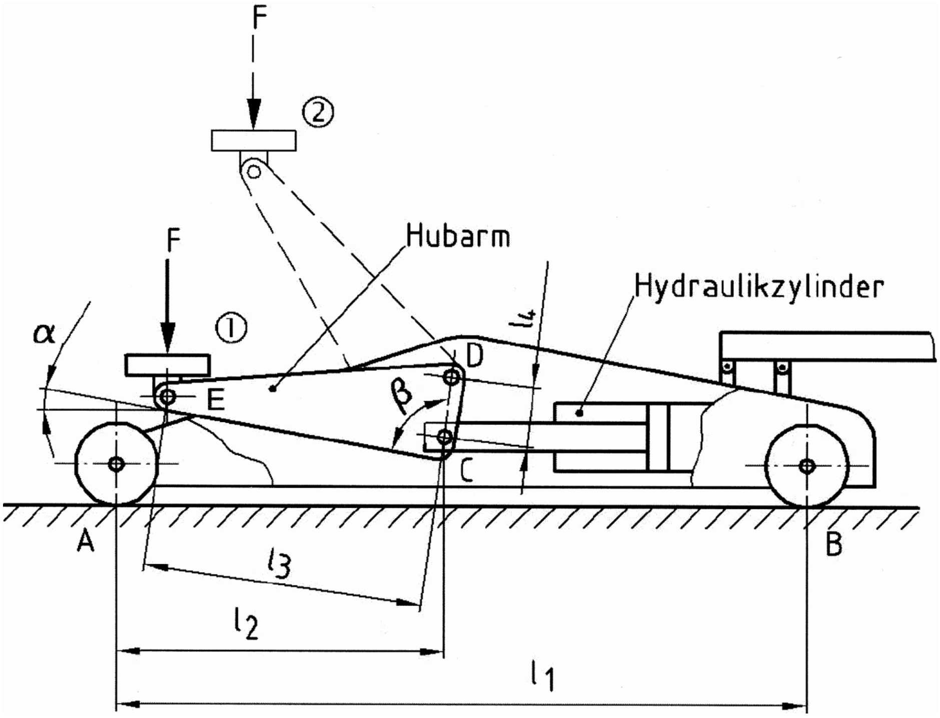
tgt HP 2008/09-5: Wagenheber



Das Eigengewicht des Wagenhebers ist im Vergleich zur Last F vernachlässigbar klein.

Daten: Punkte

l_1 = 500 mm	l_2 = 220 mm	l_3 = 200 mm	l_4 = 50 mm
F = 15 kN	α_1 = 10 °	α_2 = 55 °	β = 90 °

1 Bestimmen Sie für die Position (1) zeichnerisch die Lagerkräfte in C und D. 4,0

2 Beim Anheben der Last von Position (1) nach Position (2) verändern sich die Achslasten in A und B. In Stellung 2 beträgt der Winkel α_2 = 55 °. Berechnen Sie die jeweils auftretenden Maximalwerte. 6,0

3 Der Bolzen im Drehpunkt D wird mit der Kraft F_D belastet. Ermitteln Sie den erforderlichen Bolzendurchmesser d_B. 5,0

Daten:

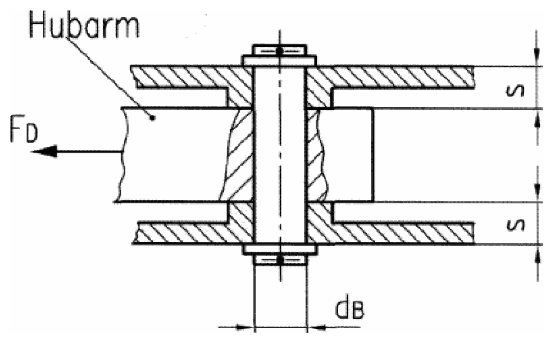
zulässige Flächenpressung: p_{zul} = 60 N/mm²

F_D = 65 kN

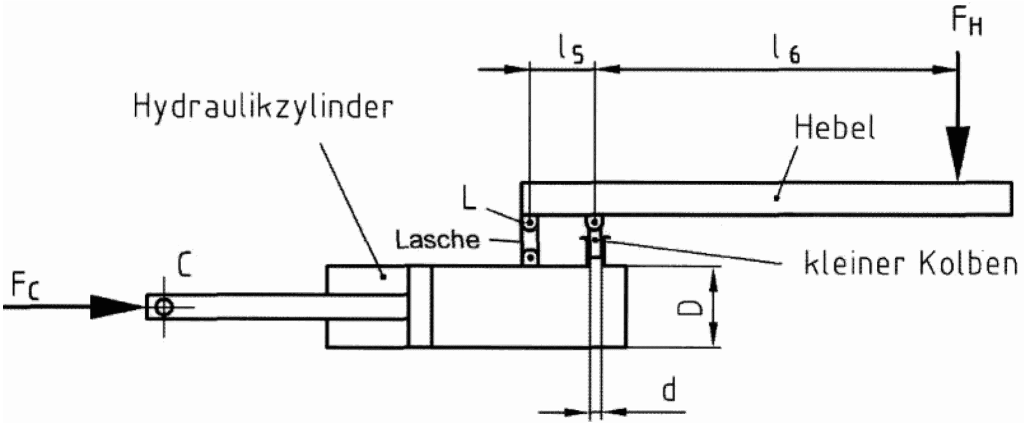
s = 20 mm

Bolzenwerkstoff: S275

Sicherheit gegen Abscherung: ν = 3



4 Die Wirkungsweise des Wagenhebers ist durch ein vereinfachtes Hydrauliksystem und einen einseitigen Hebel dargestellt.



Daten:

F_c = 63kN F_H = 175N l_5 = 40 mm l_6 = 600 mm D = 60 mm d = 10mm

4.1 Berechnen Sie den Druck p_z im Hydraulikzylinder. 2,5

4.2 Wie groß ist die Kraft F_K am kleinen Kolben? 2,5

5 Der Wagenheber wird mit der Handkraft F_H betätigt.

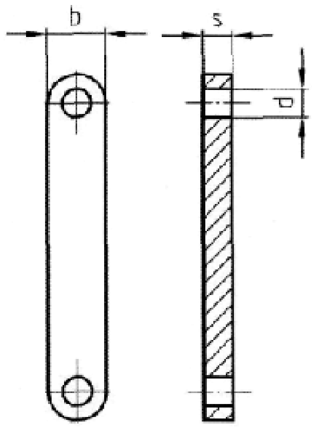
5.1 Welche Kraft F_L tritt dabei im Lager L auf? 2,0

5.2 Berechnen Sie das maximale Biegemoment im Hebel. 2,0

5.3 Als Hebel wird ein Rohr aus E360 mit Außendurchmesser 20 mm verwendet. Bestimmen Sie den erforderlichen Innendurchmesser des Rohrs bei 2,5-facher Sicherheit. 3,0

6 Beim Lager L wird eine Lasche verwendet, die den Zylinder mit dem Hebel verbindet. 3,0

Berechnen Sie die Blechstärke s der Lasche.



Daten:

Lagerkraft F_L = 3 kN

b = 10 mm

d = 5 mm

Laschenwerkstoff: E360

Sicherheit gegen Verformung: v = 2,5

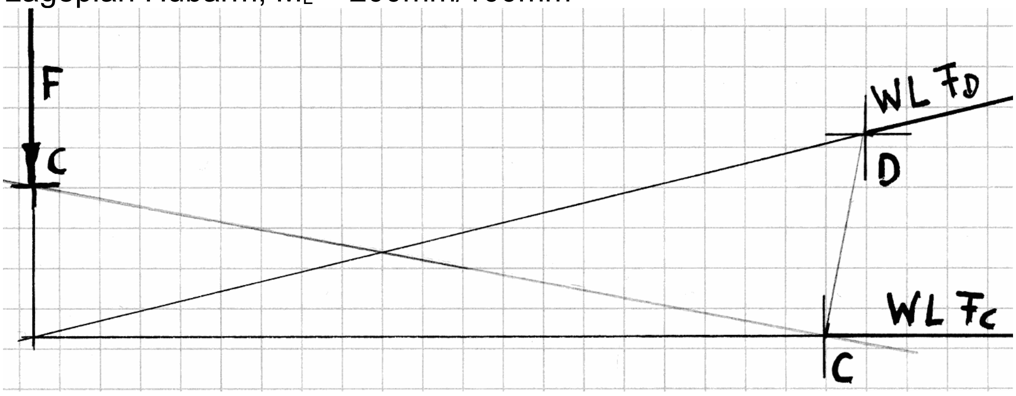
Σ = 30,0

tgt HP 2008/09-5: Wagenheber

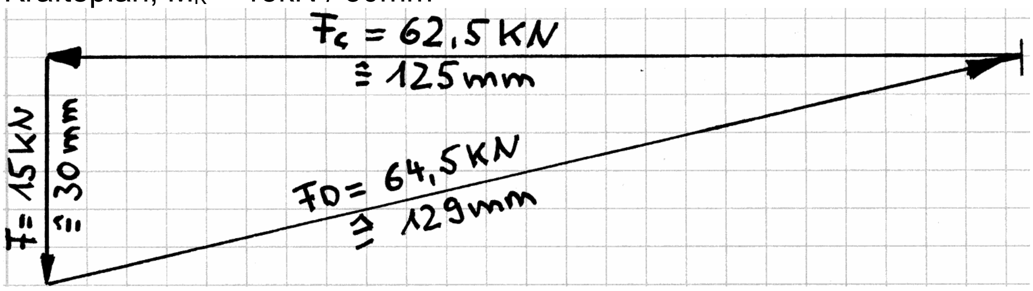
Lösungsvorschläge

Teilaufgaben: Punkte

1 Lageplan Hubarm, M_L = 200mm/100mm 4,0



Kräfteplan, M_K = 15kN / 30mm



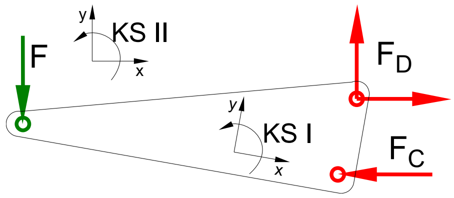
Rechnerische Lösung (nicht gefordert)

Koordinatensystem I: x-Achse parallel zu l_3

$$\Sigma M_D = 0 = F_y \cdot l_3 + F_x \cdot l_4 - F_{Cx} \cdot l_4 \quad \Rightarrow$$

$$F_C = \frac{F \cdot \cos\alpha_1 \cdot l_3 + F \cdot \sin\alpha_1}{l_4 \cdot \cos\alpha_1}$$

$$= \frac{15\,kN \cdot \cos 10° \cdot 200\,mm + 15\mathrm{kN} \cdot \sin 10° \cdot 50\,mm}{50\,mm \cdot \cos 10°} = 62{,}6\,kN$$



Lageskizze Hubarm

Wechsel zu Koordinatensystem II: x-Achse waagerecht

$$\Sigma F_x = 0 = -F_C + F_{Dx} \quad \Rightarrow \quad F_{Dx} = -F_C = -62{,}6\,kN$$

$$\Sigma F_y = 0 = -F + F_{Dy} \quad \Rightarrow \quad F_{Dy} = -F = -15\,kN$$

$$F = \sqrt{F_{Dx}^2 + F_{Dy}^2} = \sqrt{(-62{,}6\,kN)^2 + (-15\mathrm{kN})^2} = 64{,}4\,kN$$

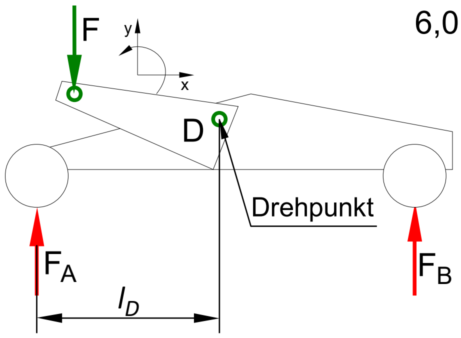
$$\alpha_F = \arctan\frac{F_{Dy}}{F_{Dx}} = \arctan\frac{-15\mathrm{kN}}{-62{,}6\,kN} = 13{,}5°$$

$\alpha_A = 13{,}5°$ nach links unten gegen die negative x-Achse bzw.

$\alpha_A = 193{,}5°$ gegen die positive x-Achse

Statik (Dreikräfteverfahren)

2 Lageskizze Wagenheber: 6,0



$$l_D = l_2 + l_4 \cdot \sin\alpha_1 = 220\,mm + 50\,mm \cdot 10\,° = 228{,}58\,mm$$

F_{Bmax} tritt in Position (2) auf:

$$\Sigma M_A = 0 = -F_B \cdot l_1 + F \cdot (l_D - l_4 \cdot \sin\alpha_2 - l_3 \cdot \cos\alpha_2) \quad \Rightarrow$$

$$F_B = F \cdot \frac{l_D - l_4 \cdot \sin\alpha_2 - l_3 \cdot \cos\alpha_2}{l_1}$$

$$F_B = 15\,kN \cdot \frac{228{,}68\,mm - 50\,mm \cdot \sin 55\,° - 200\,mm \cdot \cos 55\,°}{500\,mm} = 2{,}19\,kN$$

F_{Amax} tritt in Position (1) auf:

$$\Sigma M_B = 0 = -F_A \cdot l_1 + F \cdot (l_1 - l_D + l_4 \cdot \sin\alpha_1 + l_3 \cdot \cos\alpha_1) \quad \Rightarrow$$

$$F_A = F \cdot \frac{l_1 - l_D + l_4 \cdot \sin\alpha_1 + l_3 \cdot \cos\alpha_1}{l_1}$$

$$= 15\,kN \cdot \frac{500\,mm - 228{,}68\,mm + 50\,mm \cdot \sin 10\,° + 200\,mm \cdot cos10\,°}{500\,mm} = 14{,}31\,kN$$

Auflagerkräfte

3 Erforderlicher Durchmesser gegen Flächenpressung: 5,0

$$W_p = 6434\,mm^3 \quad p_{zul} = \frac{F}{A} \quad \Rightarrow \quad A_{erf} = \frac{F_D}{2 \cdot p_{zul}} = \frac{65\,kN}{2 \cdot 60\,N/mm^2} = 541{,}7\,mm^2$$

$$A = d \cdot s \quad \Rightarrow \quad d_{erf} = \frac{A}{s} = \frac{541{,}7\,mm^2}{20\,mm} = 27{,}1\,mm$$

Erforderlicher Durchmesser gegen Abscheren

τ_{aB} = 340 N/mm² (S275→Tabellenbuch Metall, Europa Verlag, 44.Auflage, S.44)

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

$$\tau_{azul} = \frac{\tau_{aB}}{\nu} = \frac{340\,N/mm^2}{3} = 113{,}3\,\frac{N}{mm^2}$$

$$S_{erf} = \frac{F_D}{2 \cdot \tau_{azul}} = \frac{65\,kN}{2 \cdot 113{,}3\,N/mm^2} = 286{,}8\,mm^2$$

$$S = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \quad \Rightarrow \quad d_{erf} = \sqrt{\frac{4 \cdot S}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 286{,}8\,mm^2}{\pi}} = 19{,}1\,mm$$

Maßgeblich ist der größere Durchmesser 27,1 mm, gewählt wird der nächstgrößere angebotene BolzenØ 28 mm (→ TabB „Bolzen“)

Flächenpressung und Scherfestigkeit (BolzenØ)

4 In der Aufgabe kann der Druck im Hydraulikzylinder von F_H (Fall I durch Pumpen) oder F_C (Fall II durch Halten) erzeugt werden, und beide Fälle ergeben unterschiedliche Drücke. Im Folgenden werden beide Möglichkeiten vorgerechnet, unter Prüfungsbedingungen genügt eine der Lösungen.

4.1 Variante I: von F_H ausgehend 2,5

$$\Sigma M_L = 0 = F_K \cdot l_5 - F_H \cdot (l_5 + l_6) \quad \Rightarrow$$

$$F_K = F_H \cdot \frac{l_5 + l_6}{l_5} = 175\,N \cdot \frac{40\text{mm} + 600\,mm}{40\text{mm}} = 2800\,N$$

$$A_K = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{\pi \cdot (10\text{mm})^2}{4} = 78{,}5\,mm^2$$

$$p_{(I)} = \frac{F_K}{A_K} = \frac{2800\text{N}}{78{,}5\,mm^2} = 35{,}7\frac{N}{mm^2} = 35{,}7\,MPa = 357\text{ bar}$$

Variante II: von F_C ausgehend

$$A = \frac{\pi \cdot D^2}{4} = \frac{\pi \cdot (60\text{mm})^2}{4} = 2827\,mm^2$$

$$p_{(II)} = \frac{F_C}{A} = \frac{63\text{kN}}{2827\,mm^2} = 22{,}3\frac{N}{mm^2} = 22{,}3\,MPa = 223\text{ bar}$$

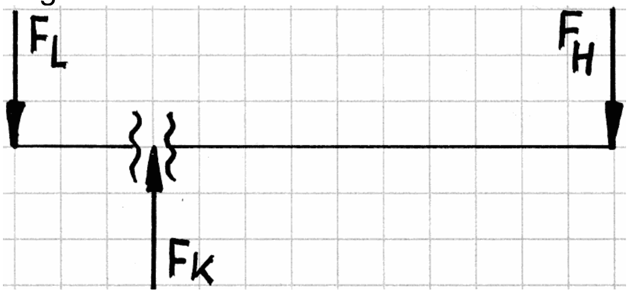
4.2 Variante I: von F_H ausgehend 2,5

siehe 4.1 (I): F_K = 2800N

Variante II: von F_C ausgehend

$$p_{(II)} = \frac{F_{KK(II)}}{A_k} \quad \Rightarrow \quad F_{K(II)} = p_{(II)} \cdot A_k = 22{,}3\frac{N}{mm^2} \cdot 78{,}5\,mm^2 = 1750\,N$$

5 Lageskizze Hebel



5.1 $\Sigma M_K = 0 = F_L \cdot l_5 - F_H \cdot l_6 \quad \Rightarrow$ 2,0

$$F_L = F_H \cdot \frac{l_6}{l_5} = 175\,N \cdot \frac{600\,mm}{40\text{mm}} = 2625\,N$$

5.2 Das maximale Biegemoment liegt am einzigen inneren Krafteinleitungspunkt bei F_K 2,0

$$M_{bK(rechts)} = F_H \cdot l_6 = 175\text{N} \cdot 600\,mm = 105\,Nm = M_{bmax}$$

$$M_{bK(links)} = F_L \cdot l_5 = 2625\text{N} \cdot 40\,mm = 105\,Nm$$

Unter Prüfungsbedingungen genügt eine der beiden Rechnungen.

Biegemoment ermitteln

5.3 $\frac{\sigma_{bF}}{\nu} = \sigma_{bzul} > \sigma_b = \frac{M_{bmax}}{W} \quad \Rightarrow \quad W_{erf} = \frac{M_{bmax} \cdot \nu}{\sigma_{bF}} = \frac{105\,Nm \cdot 2{,}5}{510\,N/mm^2} = 0{,}515\,cm^3 = 515\,mm^3$ 3,0

$$W = \frac{\pi \cdot (D^4 - d^4)}{32 \cdot D} \quad \Rightarrow \quad d_{erf} = \sqrt[4]{D^4 - \frac{32 \cdot D \cdot W}{\pi}} = \sqrt[4]{(20\text{mm})^4 - \frac{32 \cdot 20\text{mm} \cdot 515\,mm^3}{\pi}} = 15{,}3\,mm$$

6 Berechnung gegen Flächenpressung: 3,0

$$p_{zul} = \frac{F_L}{A} \quad \Rightarrow \quad A = \frac{F_L}{p_{zul}} = \frac{3\,kN}{30\,N/mm^2} = 100\,mm^2$$

$$A = d \cdot s \quad \Rightarrow \quad s = \frac{A}{d} = \frac{100\text{mm}^2}{5\text{mm}} = 20\,mm$$

Berechnung gegen Zugbelastung:

$$\frac{R_e}{\nu} = \sigma_{zzul} > \sigma_z = \frac{F_L}{S} \quad \Rightarrow \quad S_{erf} = \frac{F_L \cdot \nu}{R_e} = \frac{3\,kN \cdot 3}{365\,N/mm^2} = 20{,}5\,mm^2$$

$$S_{erf} = (b-d) \cdot s \quad \Rightarrow \quad s = \frac{S_{erf}}{b-d} = \frac{20{,}5\,mm^2}{10\text{mm} - 5\text{mm}} = 4{,}1\,mm$$

Bestimmung der Laschendicke:
s = 20 mm (der größere der beiden Werte)

Σ = 30,0