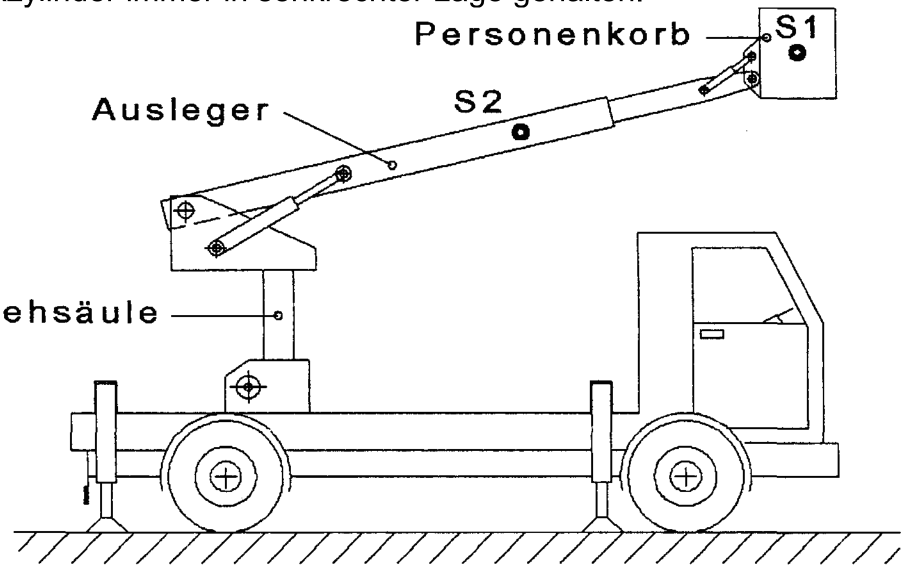
tgt HP 2001/02-1: Hebebühne

Die Hebebühne besteht aus einer drehbaren Säule, einem Ausleger und einem Personenkorb. Der Ausleger lässt sich mit einem Teleskopausschub verlängern, in seiner Neigung hydraulisch verstellen und durch einen Drehzylinder horizontal schwenken. Der Personenkorb wird ebenfalls mit einem Hydraulikzylinder immer in senkrechter Lage gehalten.



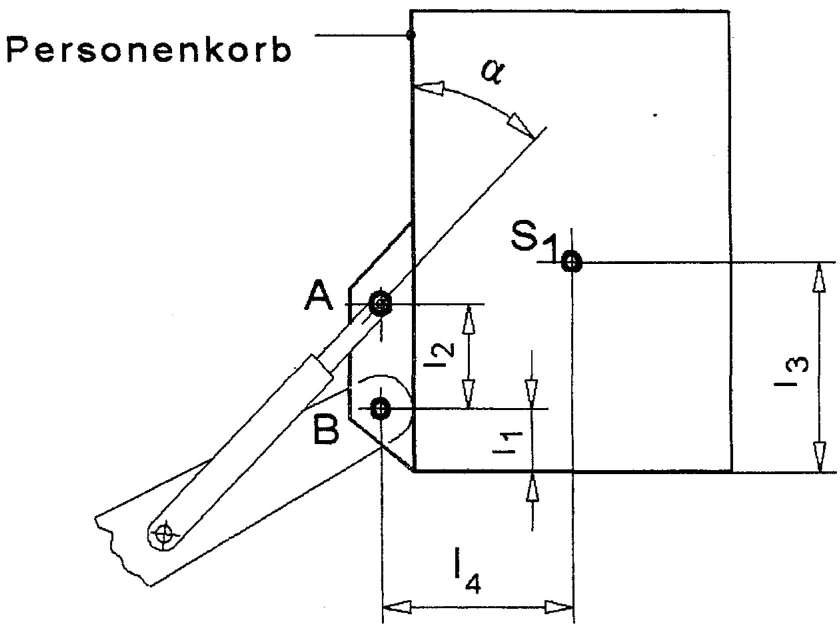
Teilaufgaben: Punkte

1 Personenkorb: 5,0

Ermitteln Sie zeichnerisch die Lagerkräfte in A und B.

Daten:

l_1	=	150 mm
l_2	=	250 mm
l_3	=	500 mm
l_4	=	480 mm
F_{G1}	=	5 kN
α	=	45 °



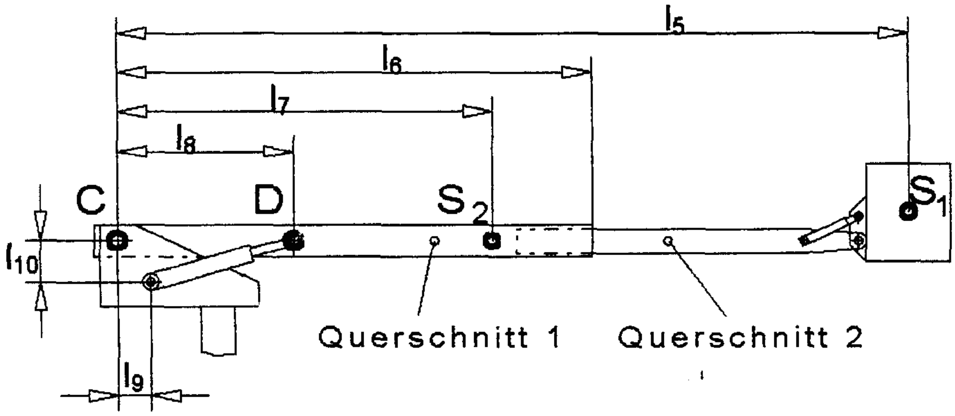
tgt HP 2001/02-1: Hebebühne

Bei den nachfolgenden Teilaufgaben befindet sich der Ausleger in waagrechter Lage. Die Gewichtskraft F_{G1} greift bei S_1 an, F_{G2} bei S_2.

Punkte

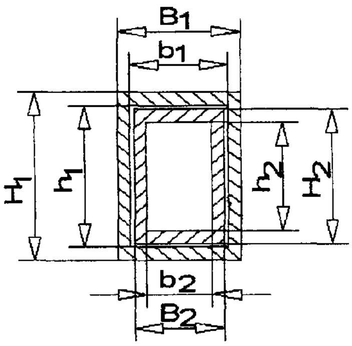
Daten:

l_5 =	8400 mm
l_6 =	4400 mm
l_7 =	3300 mm
l_8 =	1700 mm
l_9 =	400 mm
l_{10} =	450 mm
F_{G1} =	5 kN
F_{G2} =	17 kN



2 Berechnen Sie die Lagerkräfte in C und D. 5,0

3 Ausleger 3,0



Querschnitt 1		Querschnitt 2	
H_1 =	260 mm	H_2 =	195 mm
B_1 =	180 mm	B_2 =	135 mm
h_1 =	200 mm	h_2 =	170 mm
b_1 =	140 mm	b_2 =	120 mm

3.1 Ermitteln Sie die Stelle und Größe des maximalen Biegemomentes im Ausleger. 3,0

3.2 Bestimmen Sie die maximale Biegespannung im Ausleger. An welcher Stelle tritt sie auf ? 4,0

4 Der Hydraulikzylinder am Personenkorb wirkt mit einer Kraft F_A = 20 kN auf das Lager A.

4.1 Bestimmen Sie den Bolzendurchmesser d_B bei 8-facher Sicherheit gegen Bruch, wenn der Bolzenwerkstoff aus E295 besteht. 3,5

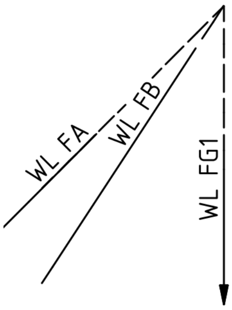
4.2 Wie groß ist die Gabeldicke s zu wählen, wenn der Bolzendurchmesser d_B = 20 mm beträgt und eine Flächenpressung von p_{zul} = 35 N/mm² nicht überschritten werden darf ? 2,0

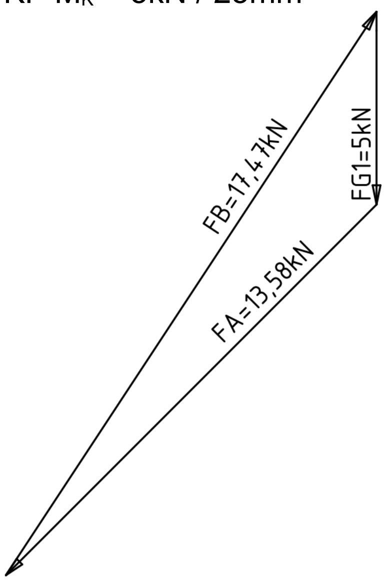
Alle Teilaufgaben sind unabhängig voneinander lösbar. Σ = 22,5

Lösungsvorschlag

Teilaufgaben: | Punkte

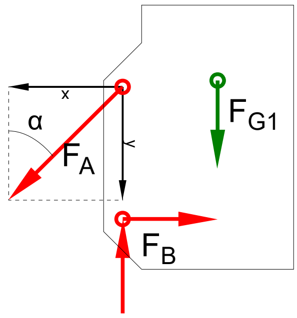
1 LP Personenkorb M_L = 480mm/12mm KP M_K = 5kN / 25mm 5,0





Rechnerische Lösung (nicht gefordert):

LS Personenkorb



$$\Sigma M_B = 0 = F_{Ay} \cdot 0 + F_{Ax} \cdot l_2 - F_{G1} \cdot l_4 \quad \Rightarrow$$

$$F_A = F_{G1} \cdot \frac{l_4}{l_2 \cdot \sin\alpha} = 5\,kN \cdot \frac{480\,mm}{250\,mm \cdot \sin 45°} = 13{,}6\,kN$$

$$\Sigma F_y = 0 = -F_{Ay} + F_{By} - F_{G1} \quad \Rightarrow$$

$$F_{By} = F_A \cdot \cos\alpha + F_{G1} = 13{,}6\,kN \cdot \cos 45° + 5\,kN = 14{,}6\,kN$$

$$\Sigma F_x = 0 = F_{Bx} - F_{Ax} \quad \Rightarrow \quad F_{Bx} = F_A \cdot \sin\alpha = 13{,}6\,kN \cdot \sin 45° = 9{,}6\,kN$$

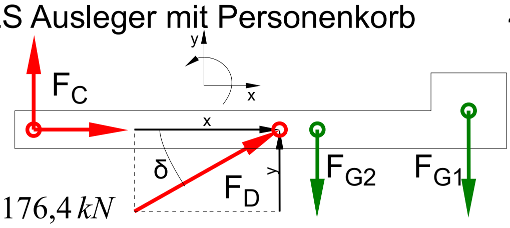
$$F_B = \sqrt{F_{Bx}^2 + F_{By}^2} = \sqrt{9{,}6^2 + 14{,}6^2}\,kN = 17{,}5\,kN$$

$$\beta = \arctan\frac{F_{By}}{F_{Bx}} = \arctan\frac{14{,}6\,kN}{9{,}6\,kN} = 56{,}7°$$

$\beta = 56{,}7°$ nach rechts oben gegen die positive x-Achse

2 Rechnerische Lösung 4,5

LS Ausleger mit Personenkorb



$$\delta = \arctan\frac{l_{10}}{l_8 - l_9} = \arctan\frac{450\,mm}{1700\,mm - 400\,mm} = 19{,}1°$$

$$\Sigma M_C = 0 = F_D \cdot \sin\delta \cdot l_8 - F_{G2} \cdot l_7 - F_{G1} \cdot l_5 \quad \Rightarrow$$

$$F_D = \frac{F_{G2} \cdot l_7 + F_{G1} \cdot l_5}{\sin\delta \cdot l_8} = \frac{17\,kN \cdot 3300\,mm + 5\,kN \cdot 8400\,mm}{\sin 19{,}1° \cdot 1700\,mm} = 176{,}4\,kN$$

$$\Sigma F_y = 0 = F_{Cy} + F_{Dy} - F_{G2} - F_{G1} \quad \Rightarrow$$

$$F_{Cy} = F_{G1} + F_{G2} - F_D \cdot \sin\delta = 5\,kN + 17\,kN - 176{,}4\,kN \cdot \sin 19{,}1° = -35{,}7\,kN$$

$$\Sigma F_x = 0 = F_{Cx} + F_{Dx} \quad \Rightarrow \quad F_{Cx} = -F_D \cdot \cos\delta = -176{,}4\,kN \cdot \cos 19{,}1° = -166{,}7\,kN$$

$$F_C = \sqrt{F_{Cx}^2 + F_{Cy}^2} = \sqrt{(-166{,}7)^2 + (-35{,}7)^2}\,kN = 170{,}5\,kN$$

$$\alpha_C = \arctan\frac{F_{Cy}}{F_{Cx}} = \arctan\frac{-35{,}7\,kN}{-166{,}7\,kN} = 12{,}1°$$

$\alpha_A = 12{,}1°$ nach links unten gegen die negative x-Achse bzw.

$\alpha_A = 192{,}1°$ gegen die positive x-Achse

3 LS wie in Aufgabe 2 3,0

3.1 Das maximale Biegemoment kann nur an einem inneren Krafteinleitungspunkt liegen, also bei D oder bei S_2:

$$M_{bD}(von\,rechts) = |-F_{G2} \cdot (l_7 - l_8) - F_{G1} \cdot (l_5 - l_8)|$$
$$= 17\,kN \cdot (3300 - 1700)\,mm + 5\,kN \cdot (8400 - 1700)\,mm = 60{,}7\,kNm$$
$$M_{bS2}(von\,rechts) = |-F_{G1} \cdot (l_5 - l_7)| = 5\,kN \cdot (8400 - 3300)\,mm = 25{,}5\,kNm$$

M_{bmax} = 60,7 kNm an der Stelle D

Biegemoment ermitteln

3.2 Die maximale Biegespannung tritt dort auf, wo bei einem Querschnitt das max. Biegemoment auftritt. Das kann im Querschnitt 1 an der Stelle D sein oder im Querschnitt 2 dort, wo er aus Querschnitt 1 austritt. 3,0

Querschnitt 1:

$$W_1 = \frac{B_1 \cdot H_1^3 - b_1 \cdot h_1^3}{6 \cdot H_1} = \frac{180\,mm \cdot (260\,mm)^3 - 140\,mm \cdot (200\,mm)^3}{6 \cdot 260\,mm} = 1310\,cm^3$$

$$\frac{\sigma_{bF}}{\nu} = \sigma_{bzul} > \sigma_b = \frac{M_{bmax}}{W} \quad \Rightarrow \quad \sigma_b = \frac{M_{bD}}{W_1} = \frac{60{,}7\,kNm}{1310\,cm^3} = 46{,}3\,\frac{N}{mm^2}$$

Querschnitt 2:

$$M_{bS2}(von\,rechts) = |-F_{G1} \cdot (l_5 - l_6)| = 5\,kN \cdot (8400 - 4400)\,mm = 20\,kNm$$

$$W_2 = \frac{B_2 \cdot H_2^3 - b_2 \cdot h_2^3}{6 \cdot H_2} = \frac{135\,mm \cdot (195\,mm)^3 - 120\,mm \cdot (170\,mm)^3}{6 \cdot 195\,mm} = 351{,}7\,cm^3$$

$$\frac{\sigma_{bF}}{\nu} = \sigma_{bzul} > \sigma_b = \frac{M_{bmax}}{W} \quad \Rightarrow \quad \sigma_b = \frac{M_{bD}}{W_1} = \frac{20\,kNm}{351{,}7\,cm^3} = 56{,}9\,\frac{N}{mm^2}$$

Die maximale Biegespannung tritt im Querschnitt 2 an der Stelle auf, wo er aus Querschnitt 1 austritt (beim Maß l_6).

Biegespannung Sonderlösung

4

4.1 R_e = 295 N/mm² (E295 < 16 mm → [EuroTabM46], S.134. Formel → S.41) 3,0

$$\tau_{aF} = 0{,}6 \cdot R_e = 0{,}6 \cdot 295\,\frac{N}{mm^2} = 177\,\frac{N}{mm^2}$$

$$\frac{\tau_{aF}}{\nu} = \tau_{azul} > \tau_a = \frac{F}{2 \cdot S} \quad \Rightarrow \quad \tau_{azul} = \frac{\tau_{aF}}{\nu} = \frac{177\,N/mm^2}{8} = 22{,}1\,\frac{N}{mm^2}$$

$$S_{erf} = \frac{F_A}{2 \cdot \tau_{azul}} = \frac{20\,kN}{2 \cdot 22{,}1\,N/mm^2} = 452{,}0\,mm^2$$

$$S = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \quad \Rightarrow \quad d_{erf} = \sqrt{\frac{4 \cdot S}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 452{,}0\,mm^2}{\pi}} = 24{,}0\,mm$$

Die errechnete Erzeugnisdicke ist größer als die zuvor angenommen. Ein Konstrukteur müsste die Rechnung jetzt wieder holen, im Abi ist dies nicht nötig.

4.2 3,5

$$p_{zul} = \frac{F}{A} \quad \Rightarrow \quad A_{erf} = \frac{F_A}{2 \cdot p_{zul}} = \frac{20\,kN}{2 \cdot 35\,N/mm^2} = 285{,}7\,mm^2$$

$$A = d \cdot s \quad \Rightarrow \quad d_{erf} = \frac{A}{s} = \frac{285{,}7\,mm^2}{20\,mm} = 14{,}3\,mm$$

Maßgeblich ist der größere Durchmesser 24 mm (→ TabB „Bolzen“)

Flächenpressung und Scherfestigkeit an einem Bolzen

Alle Teilaufgaben sind unabhängig voneinander lösbar. Σ = 22,5