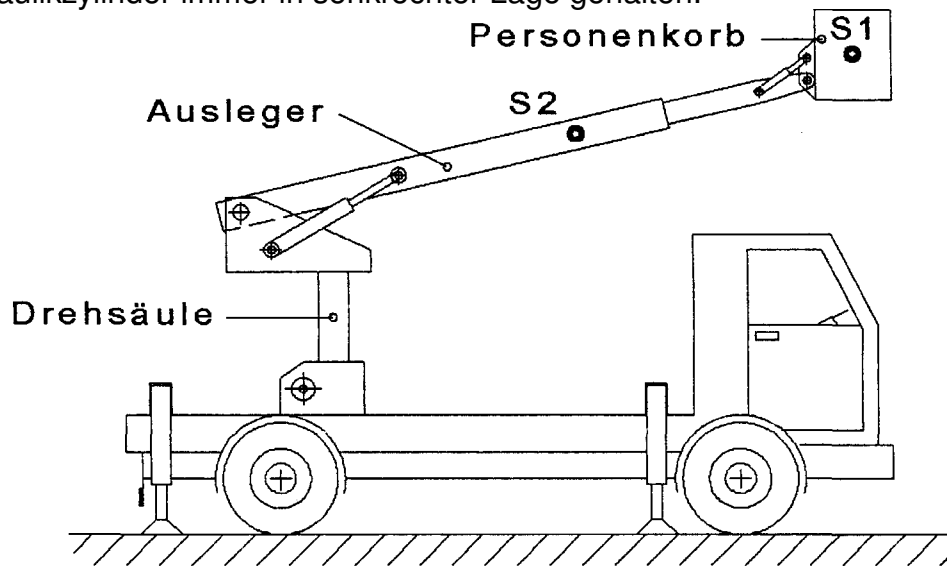


HP 2001/02-1: Hebebühne

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:

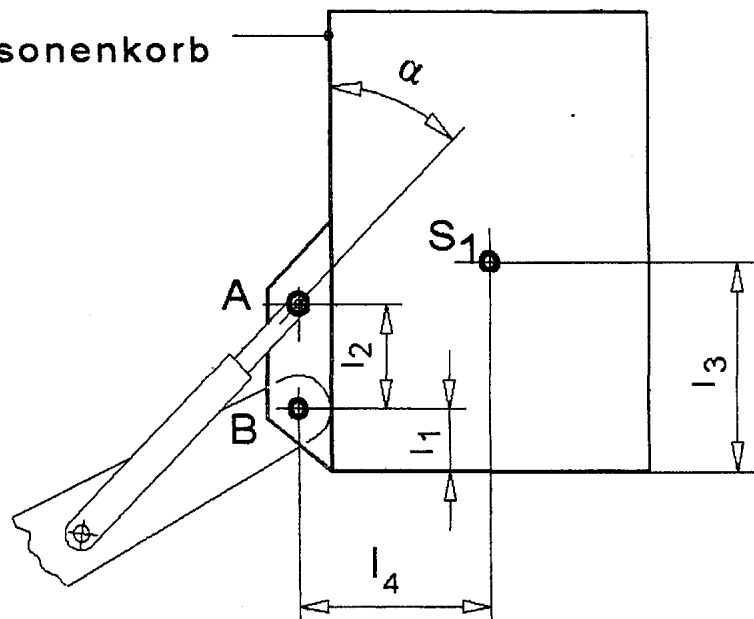
5,0

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 °

Personenkorb



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 .

Daten:

$$l_5 = 8400 \text{ mm}$$

$$l_6 = 4400 \text{ mm}$$

$$l_7 = 3300 \text{ mm}$$

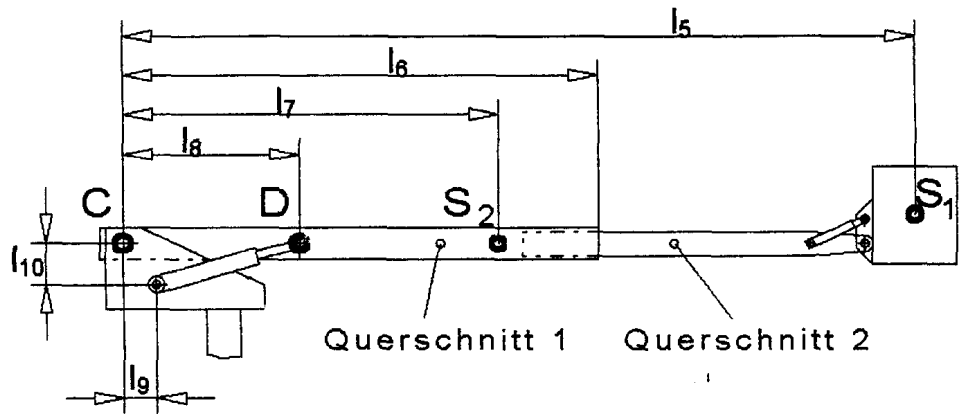
$$l_8 = 1700 \text{ mm}$$

$$l_9 = 400 \text{ mm}$$

$$l_{10} = 450 \text{ mm}$$

$$F_{G1} = 5 \text{ kN}$$

$$F_{G2} = 17 \text{ kN}$$



Punkte

2 Berechnen Sie die Lagerkräfte in C und D.

5,0

3 Ausleger

3,0

Querschnitt 1

Querschnitt 2

$$H_1 = 260 \text{ mm}$$

$$H_2 = 195 \text{ mm}$$

$$B_1 = 180 \text{ mm}$$

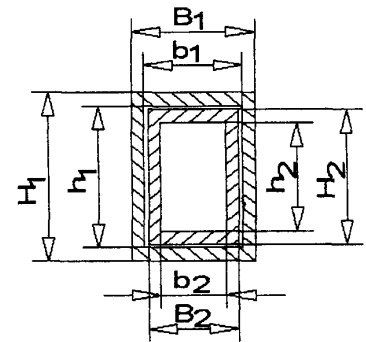
$$B_2 = 135 \text{ mm}$$

$$h_1 = 200 \text{ mm}$$

$$h_2 = 170 \text{ mm}$$

$$b_1 = 140 \text{ mm}$$

$$b_2 = 120 \text{ mm}$$



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 $F_A = 20 \text{ kN}$ 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 $d_B = 20 \text{ mm}$ beträgt und eine Flächenpressung von $p_{zul} = 35 \text{ N/mm}^2$ nicht überschritten werden darf ?

2,0

Alle Teilaufgaben sind unabhängig voneinander lösbar.

$\Sigma = 22,5$

HP 2001/02-1: Hebebühne

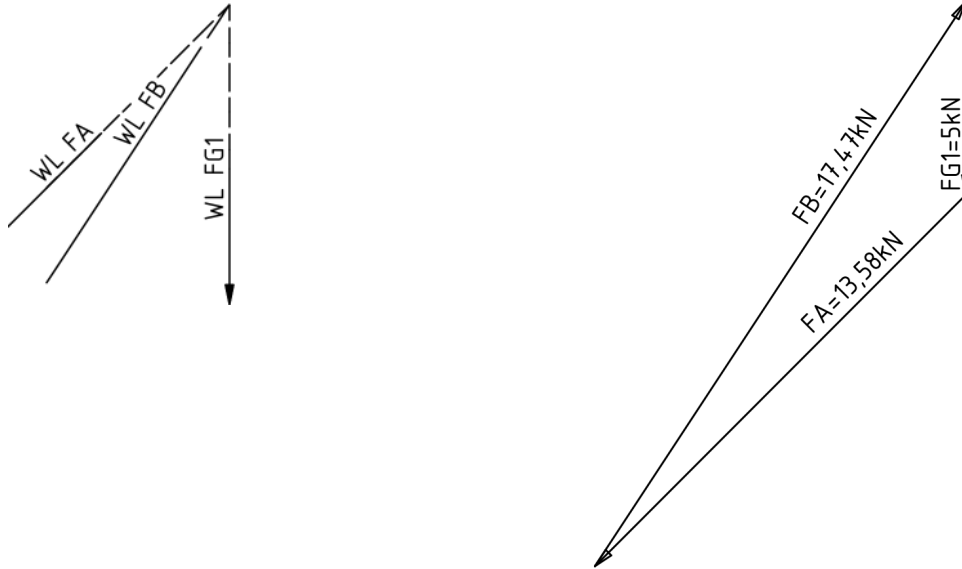
Lösungsvorschlag

Teilaufgaben:

Punkte

1 LP Personenkorb $M_L = 480\text{mm}/12\text{mm}$ KP $M_K = 5\text{kN} / 25\text{mm}$

5,0



Rechnerische Lösung (nicht gefordert):

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

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

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

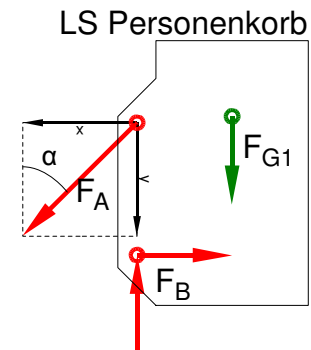
$$F_{By} = F_A \cdot \cos \alpha + F_{G1} = 13,6 \text{ kN} \cdot \cos 45^\circ + 5 \text{ kN} = 14,6 \text{ kN}$$

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

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

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

$\beta = 56,7^\circ$ nach rechts oben gegen die positive x-Achse



2 Rechnerische Lösung

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

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

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

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

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

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

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

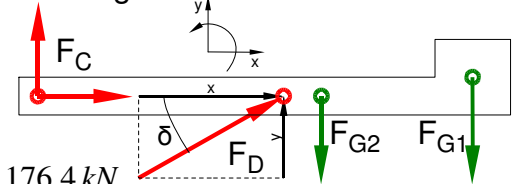
$$\alpha_C = \arctan \frac{F_{Cy}}{F_{Cx}} = \arctan \frac{-35,7 \text{ kN}}{-166,7 \text{ kN}} = 12,1^\circ$$

$\alpha_A = 12,1^\circ$ nach links unten gegen die negative x-Achse bzw.

$\alpha_A = 192,1^\circ$ gegen die positive x-Achse

LS Ausleger mit Personenkorb

4,5



3 LS wie in Aufgabe 2 3,0

3.1 Das maximale Biegemoment kann nur an einem inneren Kräfteinleitungspunkt liegen, also bei D oder bei S₂:

$$M_{bD}(\text{von rechts}) = |-F_{G2} \cdot (l_7 - l_8) - F_{G1} \cdot (l_5 - l_8)|$$

$$= 17 \text{ kN} \cdot (3300 - 1700) \text{ mm} + 5 \text{ kN} \cdot (8400 - 1700) \text{ mm} = 60,7 \text{ kNm}$$

$$M_{bS2}(\text{von rechts}) = |-F_{G1} \cdot (l_5 - l_7)| = 5 \text{ kN} \cdot (8400 - 3300) \text{ mm} = 25,5 \text{ kNm}$$

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:

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

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

Querschnitt 2:

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

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

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

Die maximale Biegespannung tritt im Querschnitt 2 an der Stelle auf, wo er aus Querschnitt 1 austritt (beim Maß l₆).

Biegespannung Sonderlösung

4

4.1 τ_{aB} = 390 N/mm² (E295 → Tabellenbuch Metall, Europa Verlag, 44. Auflage, S.44) 3,0

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

$$\tau_{azul} = \frac{\tau_{aB}}{v} = \frac{390 \text{ N/mm}^2}{8} = 48,75 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$S_{erf} = \frac{F_A}{2 \cdot \tau_{azul}} = \frac{20 \text{ kN}}{2 \cdot 48,75 \text{ N/mm}^2} = 205,1 \text{ mm}^2$$

$$S = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \Rightarrow d_{erf} = \sqrt{\frac{4 \cdot S}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 205,1 \text{ mm}^2}{\pi}} = 16,1 \text{ mm}$$

4.2 p_{zul} = $\frac{F}{A}$ ⇒ A_{erf} = $\frac{F_A}{2 \cdot p_{zul}}$ = $\frac{20 \text{ kN}}{2 \cdot 35 \text{ N/mm}^2}$ = 285,7 mm² 3,5

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

Maßgeblich ist der größere Durchmesser 16,1 mm, gewählt wird der nächstgrößere angebotene Bolzen Ø 18 mm (→ TabB „Bolzen“)

Flächenpressung und Scherfestigkeit an einem Bolzen

Alle Teilaufgaben sind unabhängig voneinander lösbar.

Σ = 22,5