



tgt HP 1990/91-1: Hebetisch

- $l = 5 \text{ m}$
- $l_1 = 0,5 \text{ m}$
- $l_2 = 2 \text{ m}$
- $l_3 = 1 \text{ m}$
- $l_4 = 1,25 \text{ m}$
- $F_1 = 30 \text{ kN}$
- $F_2 = 10 \text{ kN}$
- $\alpha = 30^\circ$

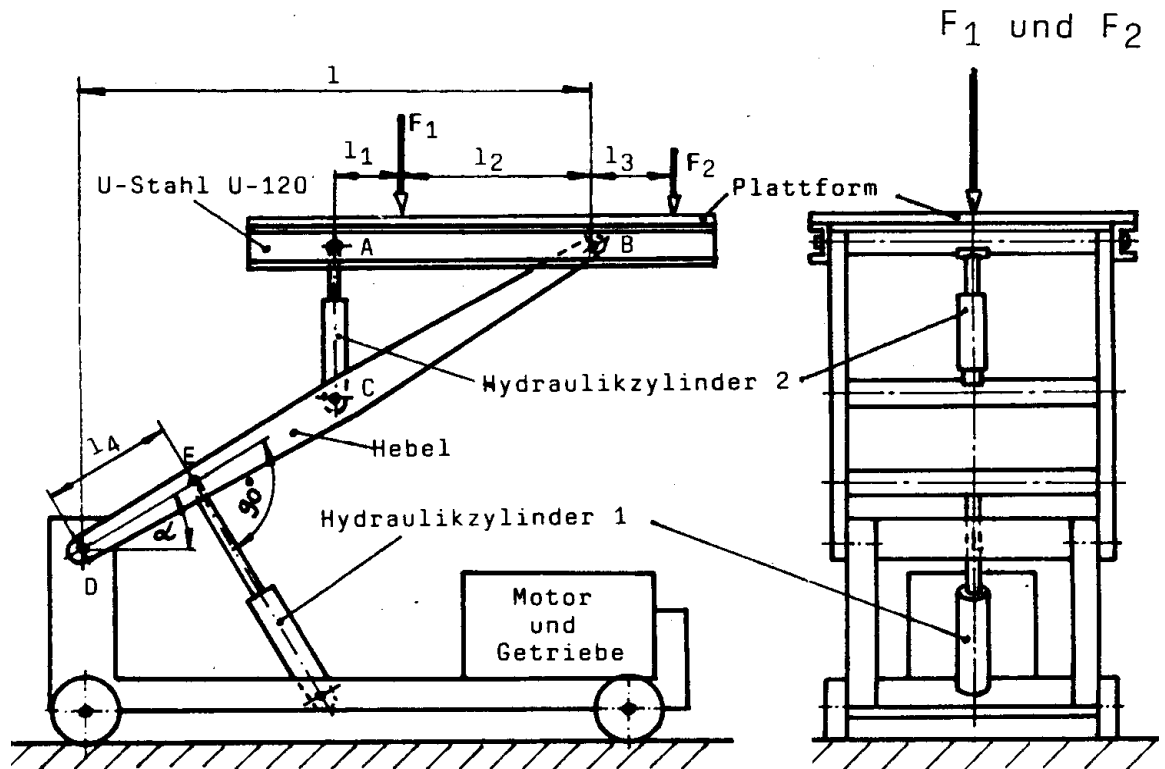


Abbildung 1

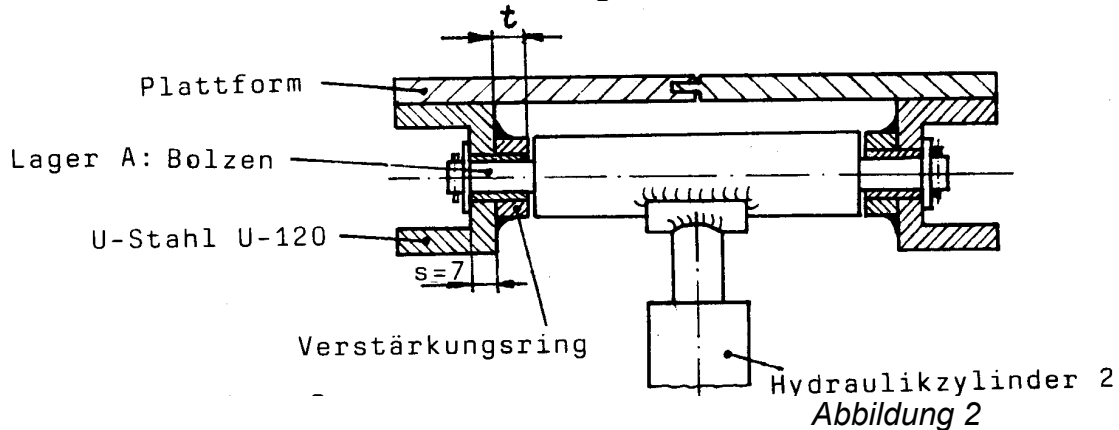
Der selbstfahrende Hebetisch mit höhenverstellbarer Plattform wird mit den Kräften $F_1 = 30 \text{ kN}$ und $F_2 = 10 \text{ kN}$ belastet. Die Kolben der beiden Hydraulikzylinder 1 und 2 sind sowohl jeder für sich zu bewegen als auch so synchron steuerbar, dass die Plattform in jeder möglichen Höhe waagrecht liegt. Beim Abladen soll das Transportgut von der Plattform abrutschen. Dazu wird nur Zylinder 2 ausgefahren.

Zwei parallele U-Stähle DIN 1026 - S235JR - U 120 nehmen die Kräfte F_1 und F_2 je zur Hälfte auf. Hydraulikzylinder 1 und Hydraulikzylinder 2 greifen jeweils in der Mitte zwischen den beiden Hebeln an.

Teilaufgaben:		Punkte
1	Bestimmen Sie rechnerisch die Lagerkräfte F_A und F_B an einem der U-Stähle wenn die Plattform mit den Kräften $F_1 = 30 \text{ kN}$ und $F_2 = 10 \text{ kN}$ belastet wird.	2,5
2	Ermitteln Sie die Stelle des maximalen Biegemoments und die Sicherheit v gegen bleibende Verformung für einen der beiden Träger aus dem U-Profil DIN 1026 - S235-U120. Dabei sind $F_A = F_B = 10 \text{ kN}$, $F_1 = 30 \text{ kN}$ und $F_2 = 10 \text{ kN}$.	4,5
3	Ermitteln Sie mit $F_A = F_B = 10 \text{ kN}$ und $\alpha = 30^\circ$ zeichnerisch die Kräfte F_D und F_E eines Hebels.	4,0



- 4 Berechnen Sie den Mindestdurchmesser des auf Abscheren beanspruchten Bolzens aus C10 mit $R_m = 450 \text{ N/mm}^2$ (ersatzweise mit C22E rechnen) im Lager A, wenn $F_A = 10 \text{ kN}$ beträgt und ein Sicherheitsfaktor von $v = 8$ angenommen wird. (Siehe Abb. 1 und Abb. 2). 3,0
- 5 Der U-Stahl hat eine Wandstärke von $s = 7 \text{ mm}$. Der Bolzen im Lager A hat 18 mm Durchmesser. Welche Dicke t muss ein aufgeschweißter Verstärkungsring haben, wenn die zulässige Flächenpressung im Gleitlager $p_{zul} = 30 \text{ N/mm}^2$ nicht überschritten werden darf und F_A mit 10 kN angenommen wird? 2,5



- 6 Der Hydraulikzylinder 2 wird so weit ausgefahren, dass die Plattform um 30° gegen die Waagrechte geneigt ist. Prüfen Sie, ob eine Holzkiste mit einer Gewichtskraft von $F_G = 10 \text{ kN}$ bei $\mu_0 = 0,7$ und $\mu = 0,5$ von der Plattform abrutscht, oder ob die Kiste angeschoben werden muss und dann alleine weiterrutscht. 3,0
- 7 Der Fahrtrieb erfolgt über ein zweistufiges Getriebe und einen Elektromotor mit 5 kW Leistung bei einer Drehfrequenz von 1400 min^{-1} . Dabei sind $z_1 = z_3 = 15$, $z_2 = z_4 = 75$ und $\eta_1 = \eta_2 = 0,95$. Berechnen Sie den Durchmesser der auf Torsion beanspruchten Getriebe- welle III, wenn $\tau_{tzul} = 160 \text{ N/mm}^2$ beträgt. 3,0

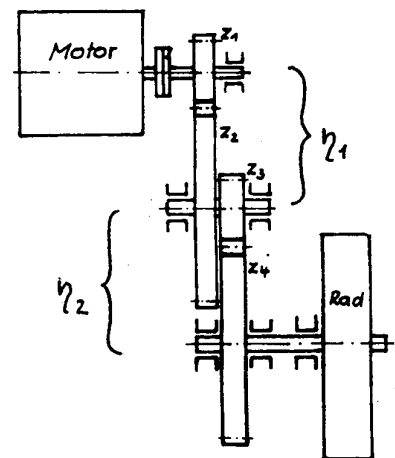


Abbildung 3

Alle Teilaufgaben sind unabhängig voneinander lösbar.

$\Sigma = 22,5$

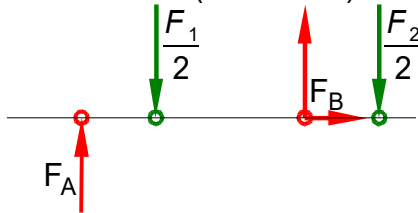


Lösungsvorschlag

Teilaufgaben:

Punkte
2,5

1 LS Plattform (eine Seite)



Rechnerische Lösung:

$$\Sigma M_B = 0 = -F_A \cdot (l_1 + l_2) + \frac{F_1}{2} \cdot l_2 - \frac{F_2}{2} \cdot l_3 \Rightarrow$$

$$F_A = \frac{F_1 \cdot l_2 - F_2 \cdot l_3}{2 \cdot (l_1 + l_2)} = \frac{30 \text{ kN} \cdot 2 \text{ m} - 10 \text{ kN} \cdot 1 \text{ m}}{2 \cdot (0,5 + 2) \text{ m}} = 10 \text{ kN}$$

$$\Sigma F_x = 0 = F_{Bx} \Rightarrow F_B = F_{By}$$

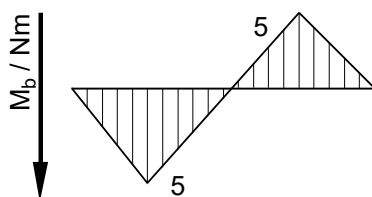
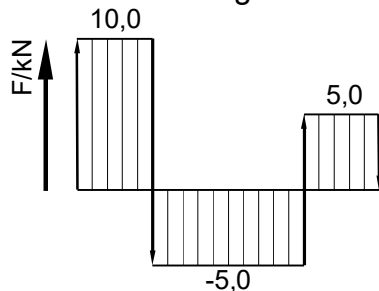
$$\Sigma F_y = 0 = F_A - \frac{F_1}{2} + F_B - \frac{F_2}{2} \Rightarrow$$

$$F_B = -F_A + \frac{F_1}{2} + \frac{F_2}{2} = -20 \text{ kN} + \frac{30 \text{ kN}}{2} + \frac{10 \text{ kN}}{2} = 10 \text{ kN}$$

2 $M_{bmax} = 5000 \text{ Nm}$ wirkt an den Kräfteeinleitungspunkten von F_1 und F_B

4,5

Grafische Lösung



Rechnung zur Grafik

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

$$M_1 = M_A - 10 \text{ kN} \cdot 0,5 \text{ m} = -5 \text{ kNm}$$

$$M_B = M_1 + 5 \text{ kN} \cdot 2 \text{ m} = +5 \text{ kNm}$$

$$M_2 = M_B - 5 \text{ kN} \cdot 1 \text{ m} = 0 \text{ kNm}$$

Rechnerische Lösung

(Lageskizze siehe Aufgabe 1)

$$M_1(\text{links}) = |-F_A \cdot l_1| = 10 \text{ kN} \cdot 0,5 \text{ m} = 5 \text{ kNm}$$

$$M_B(\text{rechts}) = \left| \frac{-F_2}{2} \cdot l_3 \right| = \frac{10 \text{ kN}}{2} \cdot 1 \text{ m} = 5 \text{ kNm}$$

$\sigma_{bF} = 330 \text{ N/mm}^2$ (S235 → Tabellenbuch Metall, Europa, 44. Auflage, S.44)

W_x (U120) = $60,7 \text{ cm}^3$ (→ TabB „DIN 1026“)

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

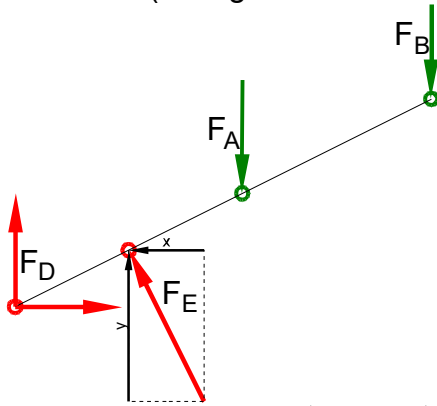
$$\sigma_b = \frac{M_{bmax}}{W} = \frac{5 \text{ kNm}}{60,7 \text{ cm}^3} = 82,4 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$v = \frac{\sigma_{bF}}{\sigma_b} = \frac{330 \text{ N/mm}^2}{82,4 \text{ N/mm}^2} = 4,0$$



3 LS Hebel (bezogen auf eine Seite)

4,0



$$\Sigma M_D = 0 = F_E \cdot l_4 - F_A \cdot (l - l_2 - l_1) - F_B \cdot l \Rightarrow$$

$$F_E = \frac{F_A \cdot (l - l_2 - l_1) + F_B \cdot l}{l_4} = \frac{10 \text{ kN} \cdot (5 - 2 - 0,5) \text{ m} + 10 \text{ kN} \cdot 5 \text{ m}}{1,25 \text{ m}} = 60 \text{ kN}$$

$$\Sigma F_x = 0 = F_{Dx} - F_{Ex} \Rightarrow$$

$$F_{Dx} = F_{Ex} = F_E \cdot \sin \alpha = 60 \text{ kN} \cdot \sin 30^\circ = 30 \text{ kN}$$

$$\Sigma F_y = 0 = F_{Dy} + F_{Ey} - F_A - F_B \Rightarrow$$

$$F_{Dy} = -F_E \cdot \cos \alpha + F_A + F_B = -60 \text{ kN} \cdot \cos 30^\circ + 10 \text{ kN} + 10 \text{ kN} = -32,0 \text{ kN}$$

$$F_D = \sqrt{F_{Dx}^2 + F_{Dy}^2} = \sqrt{(30 \text{ kN})^2 + (-32 \text{ kN})^2} = 43,8 \text{ kN}$$

$$\alpha_D = \arctan \frac{F_{Dy}}{F_{Dx}} = \arctan \frac{-32,0 \text{ kN}}{30,0 \text{ kN}} = -46,8^\circ$$

$\alpha_D = 46,8^\circ$ nach rechts unten gegen die positive x-Achse

4 Erforderlicher Durchmesser gegen Abscheren:

3,0

$\tau_{aB} = 400 \text{ N/mm}^2$ (C22E \rightarrow Tabellenbuch Metall, Europa Verlag, 44. Auflage, S.44)

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

$$\tau_{azul} = \frac{\tau_{aB}}{V} = \frac{400 \text{ N/mm}^2}{8} = 50 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$S_{erf} = \frac{F_A}{2 \cdot \tau_{azul}} = \frac{10 \text{ kN}}{2 \cdot 50 \text{ N/mm}^2} = 100 \text{ mm}^2$$

$$S = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \Rightarrow d_{erf} = \sqrt{\frac{4 \cdot S}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 100 \text{ mm}^2}{\pi}} = 11,3 \text{ mm}$$

Scherfestigkeit (Bolzen \emptyset)



$$5 \quad p_{zul} = \frac{F}{A} \Rightarrow A_{erf} = \frac{F_A}{p_{zul}} = \frac{10 \text{ kN}}{30 \text{ N/mm}^2} = 333,3 \text{ mm}^2$$

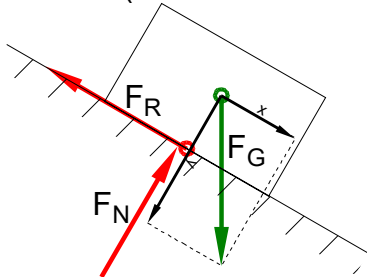
$$A = d \cdot (s + t) \rightarrow t = \frac{A}{d} - s = \frac{333,3 \text{ mm}^2}{18 \text{ mm}} - 7 \text{ mm} = 11,5 \text{ mm}$$

Flächenpressung (Laschenverstärkung)

3,0

- 6 Die Kiste muss angeschoben werden und rutscht dann weiter.
LS Kiste (Höhe der Kiste vernachlässigt)

3,0



Die Kiste rutscht, wenn gilt: $F_{Gx} > F_R$

$$F_{Gx} > F_R = \mu \cdot F_{Gy}$$

$$F_G \cdot \sin \alpha > \mu \cdot F_G \cdot \cos \alpha$$

$$\mu < \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} = \tan \alpha = \tan 30^\circ = 0,58$$

Da der Haftreibungskoeffizient $\mu_0 > 0,58$ ist, beginnt die Kiste ohne weitere Eingriffe nicht zu rutschen. Wenn Sie aber angestoßen wurde, rutscht sie weiter, weil der Gleitreibungskoeffizient $\mu < 0,58$ ist.

Reibwinkel

$$7 \quad i = \frac{z_2}{z_1} \cdot \frac{z_4}{z_3} = \frac{75}{15} \cdot \frac{75}{15} = 25$$

3,0

$$\eta_{ges} = \eta_1 \cdot \eta_2 = 0,95 \cdot 0,95 = 0,9025$$

$$P = 2\pi \cdot M \cdot n \Rightarrow M_M = \frac{P_M}{2\pi \cdot n_M} = \frac{5 \text{ kW}}{2\pi \cdot 1400 \text{ min}^{-1}} = 34,1 \text{ Nm}$$

$$i \cdot \eta = \frac{M_{ab}}{M_{zu}} \Rightarrow M_{ab} = M_M \cdot i \cdot \eta = 34,1 \text{ Nm} \cdot 25 \cdot 0,9025 = 769,5 \text{ Nm}$$

$$\frac{\tau_{tF}}{v} = \tau_{tzul} > \tau_t = \frac{M_t}{W_p} \Rightarrow$$

$$W_{perf} = \frac{M_t}{\tau_{tzul}} = \frac{769,5 \text{ Nm}}{160 \text{ N/mm}^2} = 4,81 \text{ cm}^3$$

$$W_p = \frac{\pi \cdot d^3}{16} \Rightarrow d_{erf} = \sqrt[3]{\frac{W_{perf} \cdot 16}{\pi}} = \sqrt[3]{\frac{4,81 \text{ mm}^3 \cdot 16}{\pi}} = 29 \text{ mm}$$

Gewählt: $d = 31,5 \text{ mm}$ aus Normzahlreihe R10

Leistung, Drehzahl, Übersetzung, Torsionsmoment

Alle Teilaufgaben sind unabhängig voneinander lösbar.

$\Sigma = 22,5$