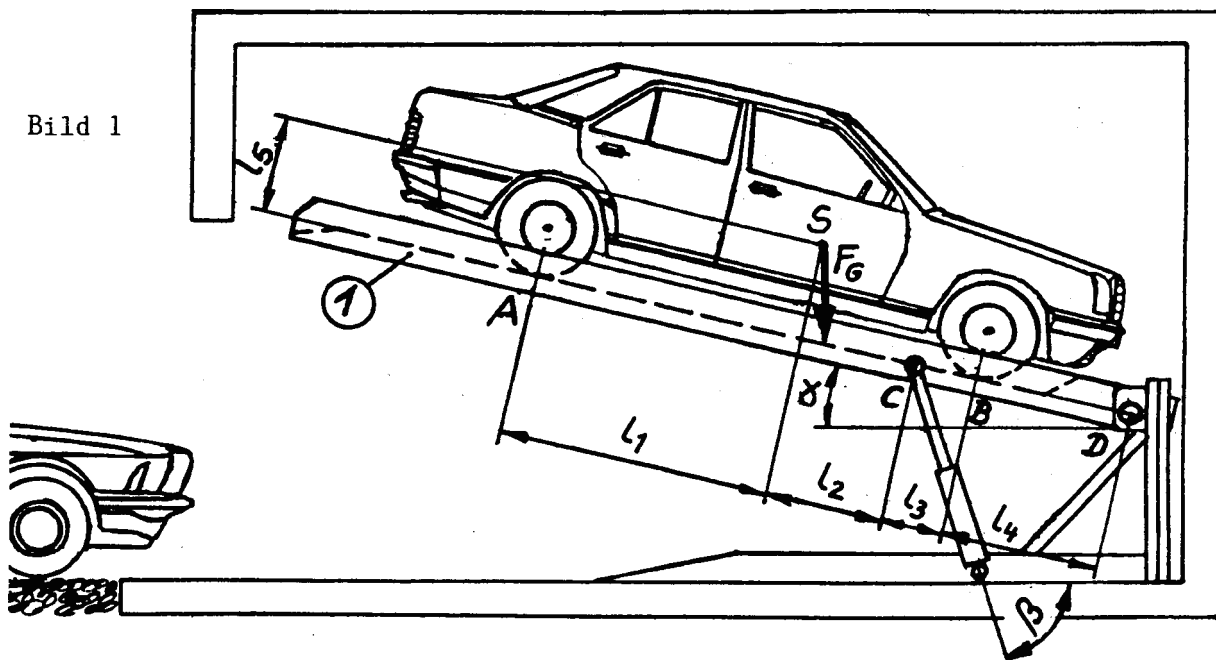




tgt HP 1991/92-1: Parklift

Der skizzierte Parklift kann mit Hilfe von zwei Hydraulikzylindern, die links und rechts an der Plattform befestigt sind, den darauf abgestellten PKW so weit anheben, dass darunter noch ein weiteres Fahrzeug geparkt werden kann.



Die Skizze ist unmaßstäblich.

$$l_1 = 1600 \text{ mm}, \quad l_2 = 850 \text{ mm}, \quad l_3 = 400 \text{ mm}, \quad l_4 = 1200 \text{ mm}$$

$$l_5 = 600 \text{ mm}, \quad \alpha = 17^\circ, \quad \beta = 74^\circ$$

Bei allen Berechnungen soll das Eigengewicht der Bauteile vernachlässigt werden. Als Angriffspunkt für die Gewichtskraft F_G des Fahrzeugs wird der Schwerpunkt S angenommen. Die Masse des Fahrzeugs beträgt 1300 kg.

Teilaufgaben:	Punkte
1 Berechnen Sie die Radkräfte in A und B, wenn die Hinterräder durch die Feststellbremse blockiert sind.	5,0
2 Ermitteln Sie zeichnerisch die Kräfte in den Gelenkpunkten C und D.	4,0



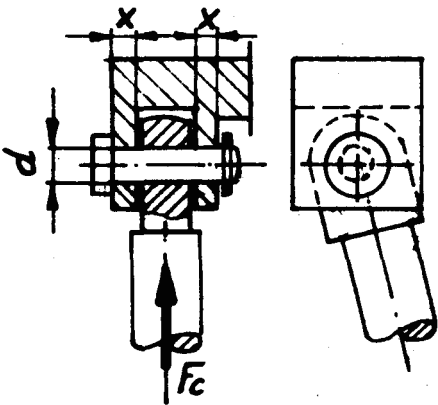
- 3 Der Liftboden (1) besteht links und rechts aus je einem gleichschenkeligen Winkelstahl DIN EN 10056 – E295, auf das die Fahrbahnbleche aufgelegt sind. Ermitteln Sie mit Hilfe der Querkraftfläche das maximale Biegemoment, und bestimmen Sie einen Träger, wenn dieser mit 1,5-facher Sicherheit gegen Verformung ausgelegt sein soll. Der Einfluss der Verbindung der L-Träger untereinander sowie der Fahrbahnbleche wird vernachlässigt.
Belastung eines L-Profiles:
 $F_A = 3000 \text{ N}$; unter 51° zum Träger nach rechts unten wirkend
 $F_C = 10500 \text{ N}$; unter 57° zum Träger nach oben links wirkend
 $F_B = 3900 \text{ N}$; senkrecht auf den Träger wirkend
 $F_D = 4500 \text{ N}$; unter 33° zum Träger nach rechts unten wirkend. 5,0
- 4 Berechnen Sie den Bolzendurchmesser d für den Hubzylinder im Lagerpunkt C, wenn dieser, wie in Bild 2 skizziert, ausgeführt ist.
 $F_C = 10500 \text{ N}$
 Bolzenwerkstoff C35 vergütet (ersatzweise mit C45E rechnen)
 Sicherheit gegen Bruch $v = 7$ 3,0
- 

Bild 2
- 5 Welche Laschenbreite x ist erforderlich (Bild 2), damit die Flächenpressung $p = 25 \text{ N/mm}^2$ nicht überschritten wird, wenn der Bolzendurchmesser $d = 10 \text{ mm}$ beträgt bei $F_C = 10500 \text{ N}$? 3,0
- 6 Berechnen Sie die Höchstgeschwindigkeit des PKW im 5. Gang in km/h, sowie die dabei zur Verfügung stehende Antriebskraft. 2,5
- Antriebsleistung 90 kW bei $n_{\max} = 5800 \text{ min}^{-1}$
 Schaltgetriebeübersetzung $i = 0,8$ (5.Gang)
 Hinterachsübersetzung $i = 3,8$
 Gesamtwirkungsgrad Motorausgang bis Antriebsrad $\eta = 0,7$
 Rolldurchmesser der Antriebsräder $d = 640 \text{ mm}$.

Alle Teilaufgaben sind unabhängig voneinander lösbar.

$\Sigma = 22,5$

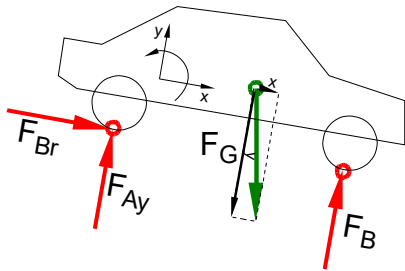


Lösungsvorschlag

Teilaufgaben:

Punkte
5,0

1 LS Pkw



Rechnerische Lösung (alle Zwischenrechnungen sind auf die Achsen bezogen)

$$F_{Gx} = F_G \cdot \sin \alpha = 13 \text{ kN} \cdot \sin 17^\circ = 3,80 \text{ kN}$$

$$F_{Gy} = F_G \cdot \cos \alpha = 13 \text{ kN} \cdot \cos 17^\circ = 12,43 \text{ kN}$$

$$\Sigma M_A = 0 = -F_{Gy} \cdot l_1 - F_{Gx} \cdot l_5 + F_B \cdot (l_1 + l_2 + l_3) \Rightarrow$$

$$F_B = \frac{F_{Gy} \cdot l_1 + F_{Gx} \cdot l_5}{l_1 + l_2 + l_3} = \frac{12,43 \text{ kN} \cdot 1600 \text{ mm} + 3,80 \text{ kN} \cdot 600 \text{ mm}}{1600 \text{ mm} + 850 \text{ mm} + 400 \text{ mm}} = 7,78 \text{ kN}$$

$$F_{BRad} = 3,89 \text{ kN}$$

$$\Sigma F_x = 0 = F_{Br} + F_{Gx} \Rightarrow F_{Br} = -F_{Gx} = -3,80 \text{ kN}$$

$$\Sigma F_y = 0 = F_{Ay} - F_{Gy} + F_B \Rightarrow$$

$$F_{Ay} = F_{Gy} - F_B = 12,43 \text{ kN} - 7,78 \text{ kN} = 4,65 \text{ kN}$$

$$F_A = \sqrt{F_{Br}^2 + F_{Ay}^2} = \sqrt{(-3,80 \text{ kN})^2 + (4,65 \text{ kN})^2} = 6,0 \text{ kN}$$

$$F_{ARad} = 3,0 \text{ kN}$$

$$\alpha_A = \arctan \frac{F_{Br}}{F_{Ax}} = \arctan \frac{4,65 \text{ kN}}{-3,80 \text{ kN}} = -50,7^\circ$$

$\alpha_A = 50,7^\circ$ nach links oben gegen die negative x-Achse bzw.

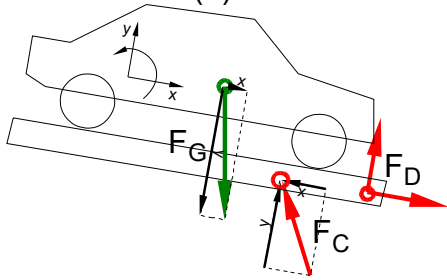
$\alpha_A = 129,3^\circ$ gegen die positive x-Achse

$\alpha_A = 112,3^\circ$ gegen die Waagerechte



2 LS Plattform (1) mit Pkw

4,0



Rechnerische Lösung (nicht gefordert)

$$F_{Gx} = F_G \cdot \sin \alpha = 13 \text{ kN} \cdot \sin 17^\circ = 3,80 \text{ kN}$$

$$F_{Gy} = F_G \cdot \cos \alpha = 13 \text{ kN} \cdot \cos 17^\circ = 12,43 \text{ kN}$$

$$\Sigma M_D = 0 = + F_{Gy} \cdot (l_2 + l_3 + l_4) - F_{Gx} \cdot l_5 - F_{Cy} \cdot (l_3 + l_4) \Rightarrow$$

$$F_{Cy} = \frac{F_{Gy} \cdot (l_2 + l_3 + l_4) - F_{Gx} \cdot l_5}{l_3 + l_4}$$

$$= \frac{12,43 \text{ kN} \cdot (850 + 400 + 1200) \text{ mm} - 3,80 \text{ kN} \cdot 600 \text{ mm}}{400 \text{ mm} + 1200 \text{ mm}} = 17,61 \text{ kN}$$

$$F_{Cy} = F_C \cdot \sin(\beta - \alpha) \Rightarrow F_C = \frac{F_{Dy}}{\sin(\beta - \alpha)} = \frac{17,61 \text{ kN}}{\sin(74^\circ - 17^\circ)} = 21,0 \text{ kN}$$

$$\Sigma F_x = 0 = F_{Gx} - F_{Cx} + F_{Dx} \Rightarrow$$

$$F_{Dx} = -F_{Gx} + F_C \cdot \cos(\beta - \alpha) = -3,80 \text{ kN} + 21,0 \text{ kN} \cdot \cos(74^\circ - 17^\circ) = 7,64 \text{ kN}$$

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

$$F_{Dy} = F_{Gy} - F_{Cy} = 12,43 \text{ kN} - 17,61 \text{ kN} = -5,18 \text{ kN}$$

$$F_D = \sqrt{F_{Dx}^2 + F_{Dy}^2} = \sqrt{(7,64 \text{ kN})^2 + (-5,18 \text{ kN})^2} = 9,2 \text{ kN}$$

$$\alpha_D = \arctan \frac{F_{Dy}}{F_{Dx}} = \arctan \frac{-5,18 \text{ kN}}{7,64 \text{ kN}} = -34,1^\circ$$

$\alpha_A = 34,1^\circ$ nach links unten gegen die positive x-Achse bzw.

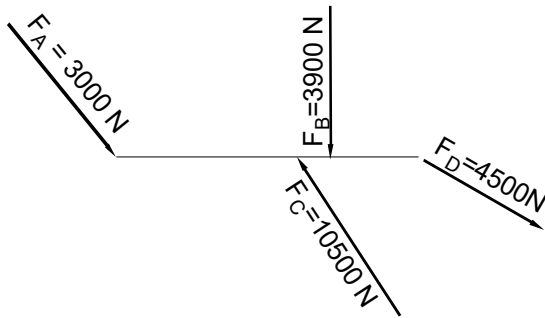
$\alpha_A = 51,1^\circ$ nach links unten gegen die Waagerechte

4-Kräfteverfahren



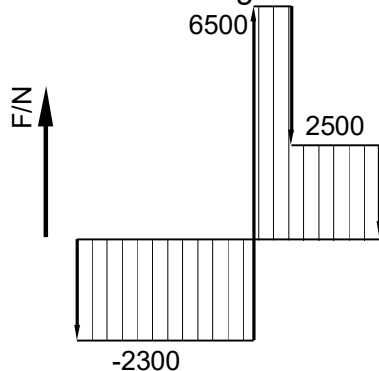
3 LS: Ein L-Profil des Parkbodens

5,0



Maximales Biegemoment $M_{bmax} = 5,71 \text{ kNm}$ (das Größere)

Grafische Lösung



Rechnung zur Grafik

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

$$M_C = M_A + 2,3 \text{ kN} \cdot 2450 \text{ mm} = 5,6 \text{ kNm}$$

$$M_B = M_C - 6,5 \text{ kN} \cdot 400 \text{ mm} = 3,0 \text{ kNm}$$

$$M_D = M_B - 2,5 \text{ kN} \cdot 1200 \text{ mm} = 0 \text{ kNm}$$

Rechnerische Lösung

(Lageskizze siehe Aufgabe 1)

$$M_C(\text{links}) = |F_A \cdot \sin 51^\circ \cdot (l_1 + l_2)|$$

$$= 3 \text{ kN} \cdot \sin 51^\circ \cdot 2450 \text{ mm}$$

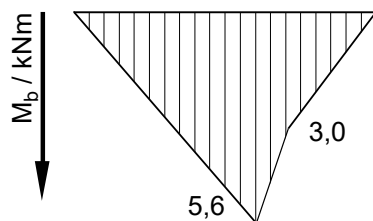
$$= 5,71 \text{ kNm}$$

$$M_B(\text{rechts}) = |-F_D \cdot \sin 33^\circ \cdot l_4|$$

$$= 4,5 \text{ kN} \cdot \sin 33^\circ \cdot 1200 \text{ mm}$$

$$= 2,94 \text{ Nm}$$

Abweichungen resultieren daher, dass die angenommenen Werte nicht genau im statischen Gleichgewicht sind.



$\sigma_{bF} = 410 \text{ N/mm}^2$ (S295 → Tabellenbuch Metall, Europa, 44. Auflage, S.44)

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

$$\sigma_{bzul} = \frac{\sigma_{bF}}{v} = \frac{410 \text{ N/mm}^2}{1,5} = 273,3 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$W_{erf} = \frac{M_{bmax}}{\sigma_{bzul}} = \frac{5,71 \text{ kNm}}{273,3 \text{ N/mm}^2} = 20,9 \text{ cm}^3$$

gewählt: L EN 10056-1 – 100x100x10 – E295 mit $W_x = 24,6 \text{ cm}^3$ (→ TabB „DIN EN 10056“ bzw. „Winkelstahl“)

Biegemoment ermitteln und Profil auswählen



- 4 Erforderlicher Durchmesser gegen Abscheren: 3,0

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

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

$$\tau_{azul} = \frac{\tau_{aB}}{\sqrt{v}} = \frac{560 \text{ N/mm}^2}{7} = 80 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$S_{erf} = \frac{F_C}{2 \cdot \tau_{azul}} = \frac{10500 \text{ N}}{2 \cdot 80 \text{ N/mm}^2} = 65,6 \text{ mm}^2$$

$$S = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \rightarrow d_{erf} = \sqrt{\frac{4 \cdot S}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 65,6 \text{ mm}^2}{\pi}} = 9,2 \text{ mm}$$

Gewählt wird der nächstgrößere Bolzen $\varnothing 10 \text{ mm}$ (→ TabB „Bolzen“)

Scherfestigkeit (Bolzen \varnothing)

- 5 Erforderlicher Laschenbreite gegen Flächenpressung: 3,0

$$p_{zul} = \frac{F}{A} \rightarrow A_{erf} = \frac{F_C}{p_{zul}} = \frac{10500 \text{ N}}{25 \text{ N/mm}^2} = 420 \text{ mm}^2$$

$$A = d \cdot 2 \cdot x \rightarrow x = \frac{A}{2 \cdot d_B} = \frac{420 \text{ mm}^2}{2 \cdot 10 \text{ mm}} = 21 \text{ mm}$$

Flächenpressung (Laschenbreite)

- 6 $i_{ges} = i_5 \cdot i_{HA} = 0,8 \cdot 3,8 = 3,04$ 2,5

$$i = \frac{n_{zu}}{n_{ab}} \Rightarrow n_{ab} = \frac{n_{zu}}{i_{ges}} = \frac{5800 \text{ min}^{-1}}{3,04} = 1908 \text{ min}^{-1} = 31,8 \text{ s}^{-1}$$

$$v_{max} = \pi \cdot n_{ab} \cdot d = \pi \cdot 31,8 \text{ s}^{-1} \cdot 640 \text{ mm} = 63,9 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 230 \frac{\text{km}}{\text{h}}$$

$$P = 2 \pi \cdot M \cdot n \Rightarrow M_M = \frac{P_M}{2 \pi \cdot n_M} = \frac{90 \text{ kW}}{2 \pi \cdot 5800 \text{ min}^{-1}} = 148,2 \text{ Nm}$$

$$i \cdot \eta = \frac{M_{ab}}{M_{zu}} \Rightarrow M_{Antr} = M_M \cdot i \cdot \eta = 148,2 \text{ Nm} \cdot 3,04 \cdot 0,7 = 315 \text{ Nm}$$

$$M = F \cdot \frac{D}{2} \Rightarrow F_{Antr} = \frac{2 \cdot M_{Antr}}{d} = \frac{2 \cdot 315 \text{ kNm}}{640 \text{ mm}} = 985 \text{ N}$$

Antriebsgeschwindigkeit und -kraft

Alle Teilaufgaben sind unabhängig voneinander lösbar.

$\Sigma = 22,5$