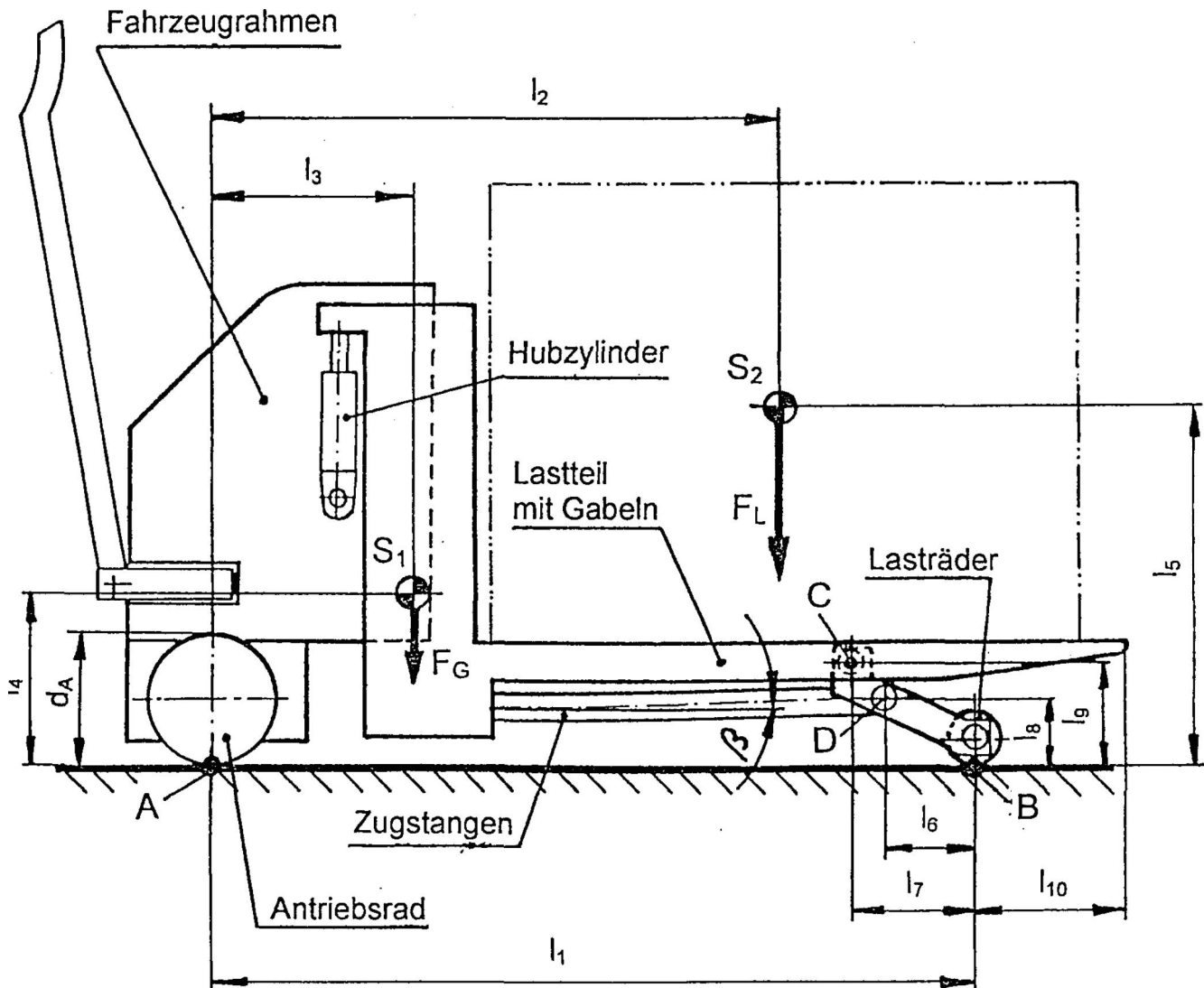




tgt HP 2001/02-2: Deichsel-Gabelhubwagen

Bei dem dreirädrigen Niederhubfahrzeug ist das Lastteil höhenverschiebbar im Fahrzeugrahmen angebracht. Eine Hydraulik hebt das Lastteil gegenüber dem Fahrzeugrahmen an. Der skizzierte Wagen trägt eine Last mit der Gewichtskraft F_L (Schwerpunkt S_2). Die Gewichtskraft F_G des Wagens greift im Schwerpunkt S_1 an.



$F_G =$	6 kN	$l_1 =$	1340 mm	$l_5 =$	685 mm	$l_9 =$	180 mm
$F_L =$	20 kN	$l_2 =$	1050 mm	$l_6 =$	150 mm	$l_{10} =$	260 mm
		$l_3 =$	400 mm	$l_7 =$	200 mm		
		$l_4 =$	320 mm	$l_8 =$	100 mm	$d_A =$	230 mm



Teilaufgaben:		Punkte
1	Bestimmen Sie zeichnerisch die Achskräfte F_A und F_B , wenn das Fahrzeug so auf einer schiefen Ebene mit Neigungswinkel $\alpha = 8^\circ$ steht, dass sich das Rad A unten am Hang befindet. Das Antriebsrad (A) ist durch die Bremse blockiert.	5,5
2	Berechnen Sie die Kraft F_D in einer Zugstange für die skizzierte Anordnung, wenn die Stützkraft für ein Lastrad $F_B = 8,7 \text{ kN}$ beträgt und die Zugstange gegenüber der Waagrechten um $\beta = 1,5^\circ$ geneigt ist.	4,5
3	Die Zugstange ist gemäß nebenstehender Abbildung in D befestigt. Berechnen Sie den Bolzendurchmesser d.	3,0
	$F_{zmax} = 45 \text{ kN}$ Bolzenwerkstoff E335 Sicherheit gegen Abscheren: $\nu = 6$	
4	Die beiden Gabeln des Lastteils sind aus S235. Berechnen Sie die Sicherheit gegen bleibende Verformung, wenn an jedem Gabelende eine Gewichtskraft von 10 kN angreift. Das Widerstandsmoment beträgt an der Stelle C: $W = 53,3 \text{ cm}^3$.	3,0
5	Das Antriebsrad wird über ein zweistufiges Stirn-Kegelradgetriebe angetrieben.	
5.1	Berechnen Sie die Motordrehzahl, wenn sich der Wagen mit der Geschwindigkeit $v = 6 \text{ km/h}$ fortbewegt. Antriebsrad: $d_A = 230 \text{ mm}$	3,0
5.2	Dimensionieren Sie die Antriebswelle des Rades A als Vollwelle mit:	3,5
	$\tau_{zul} =$ 95 N/mm ² $P_{Mot} =$ 1,3 kW $n_{Mot} =$ 1000 min ⁻¹ $\eta_{ges} =$ 0,7 $z_1 = 17, z_2 = 51, z_3 = 18, z_4 = 48$	

Alle Teilaufgaben sind unabhängig voneinander lösbar.

$\Sigma = 22,5$



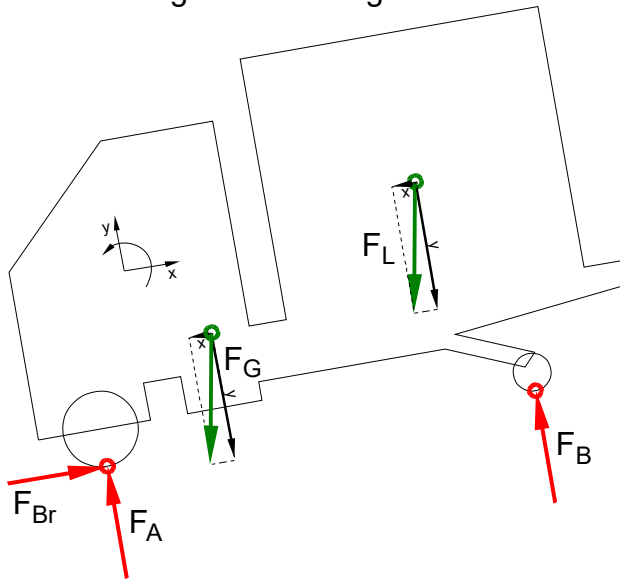
Lösungsvorschlag

Teilaufgaben:

Punkte

1 LS Fahrzeug mit Beladung

5,5



Rechnerische Lösung (nicht gefordert)

$$F_{Gx} = F_G \cdot \sin \alpha = 6 \text{ kN} \cdot \sin 8^\circ = 0,835 \text{ kN}$$

$$F_{Gy} = F_G \cdot \cos \alpha = 6 \text{ kN} \cdot \cos 8^\circ = 5,942 \text{ kN}$$

$$F_{Lx} = F_L \cdot \sin \alpha = 20 \text{ kN} \cdot \sin 8^\circ = 2,78 \text{ kN}$$

$$F_{Ly} = F_L \cdot \cos \alpha = 20 \text{ kN} \cdot \cos 8^\circ = 19,81 \text{ kN}$$

$$\Sigma M_A = 0 = + F_{Gx} \cdot l_4 - F_{Gy} \cdot l_3 + F_{Lx} \cdot l_5 - F_{Ly} \cdot l_2 + F_B \cdot l_1 \Rightarrow$$

$$F_B = \frac{-F_{Gx} \cdot l_4 + F_{Gy} \cdot l_3 - F_{Lx} \cdot l_5 + F_{Ly} \cdot l_2}{l_1}$$

$$= \frac{-0,835 \text{ kN} \cdot 320 \text{ mm} + 5,942 \text{ kN} \cdot 400 \text{ mm} - 2,78 \text{ kN} \cdot 685 \text{ mm} + 19,81 \text{ kN} \cdot 1050 \text{ mm}}{1340 \text{ mm}}$$

$$= 15,68 \text{ kN}$$

$$\Sigma F_x = 0 = F_{Br} - F_{Gx} - F_{Lx} \Rightarrow F_{Br} = F_{Gx} + F_{Lx} = 0,835 \text{ kN} + 2,78 \text{ kN} = 3,62 \text{ kN}$$

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

$$F_{Ay} = + F_{Gy} + F_{Ly} - F_B = 5,94 \text{ kN} + 19,81 \text{ kN} - 15,68 = 10,07 \text{ kN}$$

$$F_A = \sqrt{F_{Br}^2 + F_{Ay}^2} = \sqrt{(3,62 \text{ kN})^2 + (10,07 \text{ kN})^2} = 10,7 \text{ kN}$$

$$\alpha_A = \arctan \frac{F_{Ay}}{F_{Br}} = \arctan \frac{10,07 \text{ kN}}{3,62 \text{ kN}} = 70,2^\circ$$

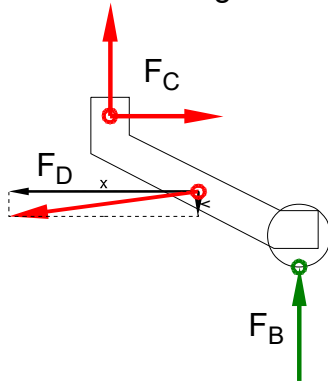
$\alpha_A = 70,2^\circ$ nach links oben gegen die positive x-Achse bzw.

$\alpha_A = 78,2^\circ$ nach links oben gegen die Waagerechte



2 LS Stützradträger

4,5



Rechnerische Lösung:

$$\begin{aligned} \Sigma M_C = 0 &= + F_B \cdot l_7 - F_{Dx} \cdot (l_9 - l_8) - F_{Dy} \cdot (l_7 - l_6) \\ &= + F_B \cdot l_7 - F_D \cdot \cos \beta \cdot (l_9 - l_8) - F_D \cdot \sin \beta \cdot (l_7 - l_6) \Rightarrow \\ F_D &= F_B \cdot \frac{l_7}{\cos \beta \cdot (l_9 - l_8) + \sin \beta \cdot (l_7 - l_6)} \\ &= 8,7 \text{ kN} \cdot \frac{200 \text{ mm}}{\cos 1,5^\circ \cdot (180 - 100) \text{ mm} + \sin 1,5^\circ \cdot (200 - 150) \text{ mm}} = 21,4 \text{ kN} \end{aligned}$$

3 Erforderlicher Durchmesser gegen Abscheren:

3,0

$\tau_{aB} = 470 \text{ N/mm}^2$ (E335 → Tabellenbuch Metall, Europa Verlag, 44. Auflage, S.44)

$$\begin{aligned} \frac{\tau_{aB}}{v} = \tau_{azul} > \tau_a &= \frac{F}{2 \cdot S} \Rightarrow \\ \tau_{azul} = \frac{\tau_{aB}}{v} &= \frac{470 \text{ N/mm}^2}{6} = 78,3 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \\ S_{erf} = \frac{F_{zmax}}{2 \cdot \tau_{azul}} &= \frac{45 \text{ kN}}{2 \cdot 78,3 \text{ N/mm}^2} = 287,2 \text{ mm}^2 \\ S = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \Rightarrow d_{erf} &= \sqrt{\frac{4 \cdot S}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 287,2 \text{ mm}^2}{\pi}} = 19,1 \text{ mm} \end{aligned}$$

Gewählt wird der nächstgrößere angebotene Bolzen $\varnothing 20 \text{ mm}$ (→ TabB „Bolzen“)

Scherfestigkeit (Bolzen \varnothing)

4 $\sigma_{bF} = 330 \text{ N/mm}^2$ (S235 → Tabellenbuch Metall, Europa, 44. Auflage, S.44)

3,0

$$M_{bC} = |-10 \text{ kN} \cdot (l_7 + l_{10})| = 10 \text{ kN} \cdot (200 + 260) \text{ mm} = 4,6 \text{ kNm}$$

$$\begin{aligned} \frac{\sigma_{bF}}{v} = \sigma_{bzul} > \sigma_b &= \frac{M_{bmax}}{W} \Rightarrow \\ \sigma_b = \frac{M_{bC}}{W} &= \frac{4,6 \text{ kNm}}{53,3 \text{ cm}^3} = 86,3 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \\ v = \frac{\sigma_{bF}}{\sigma_b} &= \frac{330 \text{ N/mm}^2}{86,3 \text{ N/mm}^2} = 3,8 \end{aligned}$$



5

$$5.1 \quad n_A = \frac{v}{\pi \cdot d_A} = \frac{6 \text{ km/h}}{\pi \cdot 230 \text{ mm}} = \frac{6 \cdot 1000 \text{ m}}{\pi \cdot 0,23 \text{ m} \cdot 60 \text{ min}} = 138,4 \text{ min}^{-1} \quad 3,0$$

$$i_{ges} = \frac{z_2}{z_1} \cdot \frac{z_4}{z_3} = \frac{51}{17} \cdot \frac{48}{18} = 8$$

$$i = \frac{n_1}{n_2} \Rightarrow n_{mot} = n_A \cdot i_{ges} = 138,4 \text{ min}^{-1} \cdot 8 = 1107 \text{ min}^{-1}$$

$$5.2 \quad P = 2\pi \cdot M \cdot n \Rightarrow M_{Mot} = \frac{P_{Mot}}{2\pi \cdot n_{Mot}} = \frac{1,3 \text{ kW}}{2\pi \cdot 1000 \text{ min}^{-1}} = 12,4 \text{ Nm} \quad 3,5$$

$$i \cdot \eta = \frac{M_2}{M_1} \Rightarrow M_A = M_{Mot} \cdot i_{ges} \cdot \eta_{ges} = 12,4 \text{ Nm} \cdot 8 \cdot 0,7 = 69,5 \text{ Nm}$$

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

$$W_{perf} = \frac{M_A}{\tau_{tzul}} = \frac{69,5 \text{ Nm}}{95 \text{ N/mm}^2} = 0,732 \text{ cm}^3$$

$$W_p = \frac{\pi \cdot d^3}{16} \Rightarrow d = \sqrt[3]{\frac{W_p \cdot 16}{\pi}} = \sqrt[3]{\frac{0,732 \text{ cm}^3 \cdot 16}{\pi}} = 15,5 \text{ mm}$$

Alle Teilaufgaben sind unabhängig voneinander lösbar.

$\Sigma = 22,5$