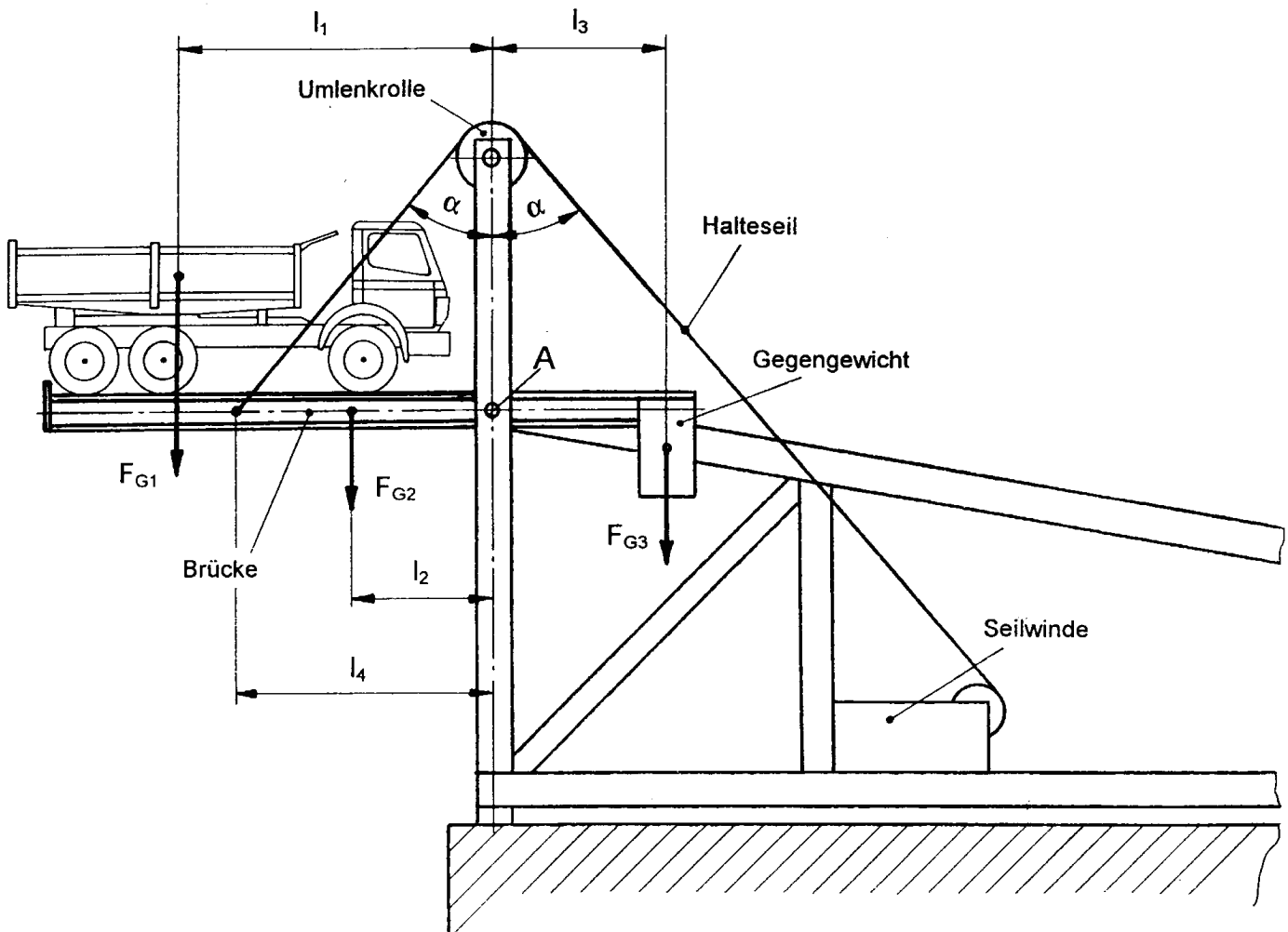


HP 1997/98-1: Verladeanlage

HP 1997/98-1: Verladeanlage

Mit Hilfe der skizzierten Verladeanlage wird Schüttgut vom Lkw auf Schiffe verladen. Beim An- und Ablegen der Schiffe muss wegen der Aufbauten und Masten die Brücke der Verladeanlage durch eine Seilwinde aus der Waagrechten um den Punkt A geschwenkt werden. Die Brücke besteht aus zwei Trägern.

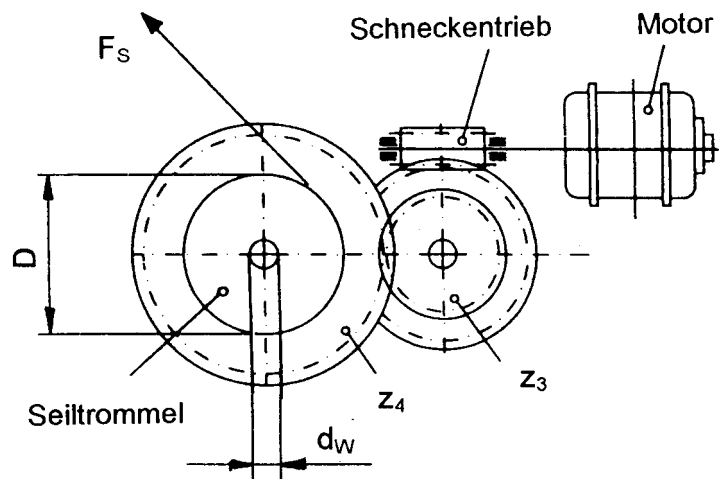
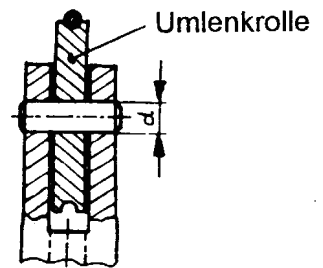


Alle Kräfte sind auf eine Seite bezogen.

Gewichtskraft des Lkw:	$F_{G1} =$	75 kN	$l_1 =$	5,5 m
Gewichtskraft der Brücke:	$F_{G2} =$	20 kN	$l_2 =$	2,5 m
Gegengewichtskraft:	$F_{G3} =$	40 kN	$l_3 =$	3,0 m
			$l_4 =$	4,5 m
			$\alpha =$	40°

HP 1997/98-1: Verladeanlage

Teilaufgaben		Punkte
1	Ermitteln Sie zeichnerisch die Kraft F_S im Halteseil und die Lagerkraft F_A im Punkt A. Für alle weiteren Teilaufgaben gilt: Kraft im Halteseil $F_S = 100 \text{ kN}$	6,0
2		
2.1	Berechnen Sie das maximale Biegemoment in einem Brückenträger. Vereinfacht können Sie annehmen, dass die Radkräfte des Lkw durch F_{G1} ersetzt werden.	3,0
2.2	Bestimmen Sie einen geeigneten mittelbreiten I-Träger (IPE) aus S335 bei 3facher Sicherheit gegen Verformung.	3,0
3	Das Halteseil ist aus 1,2 mm dicken Stahldrähten mit $R_m = 1600 \text{ N/mm}^2$ hergestellt. Berechnen Sie die Anzahl der Einzeldrähte, wenn 4fache Sicherheit gegen Bruch gefordert ist.	2,0
4	Berechnen Sie den Durchmesser d des Bolzens aus C45 (vergütet) in der Umlenkrolle bei 4facher Sicherheit gegen Abscheren.	3,5
5	Zwischen Elektromotor und Seil sitzt ein Schnecken- und ein einstufiger Stirnradtrieb.	
	<p>Motor</p> $n_w = 1400 \frac{1}{\text{min}}$ <p>Schneckentrieb</p> $i_1 = 30:1$ $\eta_1 = 0,8$ <p>Stirnradtrieb</p> $z_3 = 18$ $z_4 = 85$ $\eta_2 = 0,95$ <p>Seiltrommel</p> $D = 300 \text{ mm}$	
5.1	Berechnen Sie die erforderliche Leistung des Elektromotors.	3,0
5.2	Bestimmen Sie den Durchmesser d_w der Seiltrommelwelle für $\tau_{\text{zul}} = 90 \text{ N/mm}^2$.	2,0
		$\Sigma=22,5$



HP 1997/98-1: Verladeanlage

Lösungen

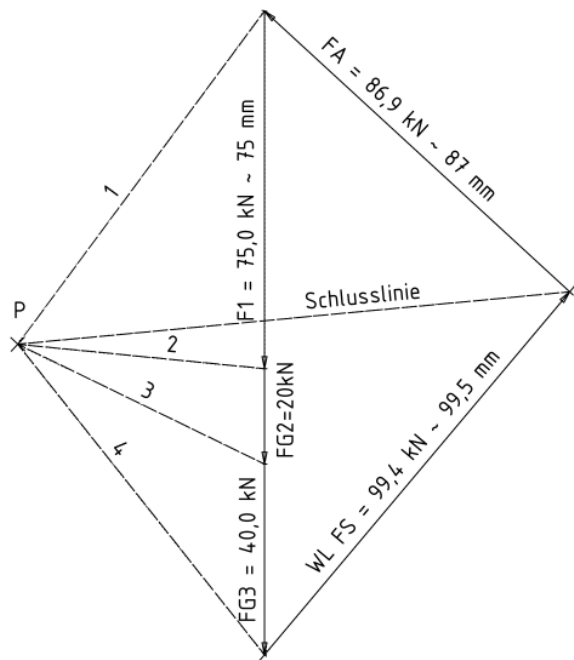
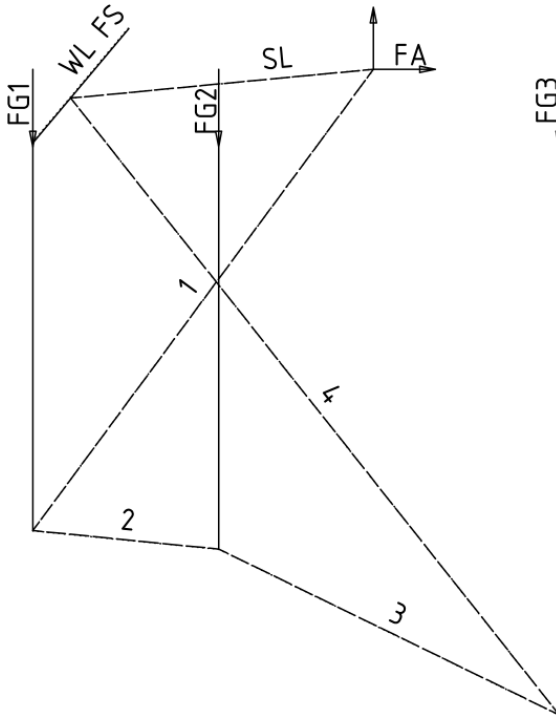
Punkte

Punkte

1 Lageplan Brücke $M_L = 1 \text{ m} / 10 \text{ mm}$

Kräfteplan $M_K = 10 \text{ kN}/10 \text{ mm}$

6,0



rechnerische Lösung (nicht gefordert):

$$\Sigma M_A = 0 = F_{G1} \cdot l_1 - F_S \cdot l_4 \cdot \cos \alpha + F_{G2} \cdot l_2 - F_{G3} \cdot l_3 \Rightarrow$$

$$F_S = \frac{F_{G1} \cdot l_1 + F_{G2} \cdot l_2 - F_{G3} \cdot l_3}{l_4 \cdot \cos \alpha}$$

$$= \frac{75 \text{ kN} \cdot 5,5 \text{ m} + 20 \text{ kN} \cdot 2,5 \text{ m} - 40 \text{ kN} \cdot 3,0 \text{ m}}{4,5 \text{ m} \cdot \cos 40^\circ} = 99,35 \text{ kN}$$

$$\Sigma F_x = 0 = F_S \cdot \sin \alpha + F_{Ax} \Rightarrow F_{Ax} = -F_S \cdot \sin \alpha = -99,35 \text{ kN} \cdot \sin 40^\circ = -63,9 \text{ kN}$$

$$\Sigma F_y = 0 = -F_{G1} + F_S \cdot \cos \alpha - F_{G2} + F_{Ay} - F_{G3} \Rightarrow$$

$$F_{Ay} = F_{G1} - F_S \cdot \cos \alpha + F_{G2} + F_{G3} = 75 \text{ kN} - 99,35 \text{ kN} \cdot \cos 40^\circ + 20 \text{ kN} + 40 \text{ kN} = 58,9 \text{ kN}$$

$$F_A = \sqrt{F_{Ax}^2 + F_{Ay}^2} = \sqrt{(-63,9 \text{ kN})^2 + (58,9 \text{ kN})^2} = 86,9 \text{ kN}$$

$$\alpha_A = \arctan \frac{F_{Ay}}{F_{Ax}} = \arctan \frac{58,9 \text{ kN}}{-63,9 \text{ kN}} = -42,7^\circ$$

$\alpha_A = 42,7^\circ$ nach links oben gegen die negative x-Achse bzw.

$\alpha_A = 137,3^\circ$ gegen die positive x-Achse bzw.

2

2.1 Berechnung der Biegemomente an den inneren Kräfteinleitungspunkten mit den vorgegebenen Werten (ausreichende Lösung)

3,0

LS Brückenträger

$$M_{\text{links}} = F_{G1} \cdot (l_1 - l_4) = 75 \text{ kN} \cdot (5,5 \text{ m} - 4,5 \text{ m}) = 75 \text{ kNm}$$

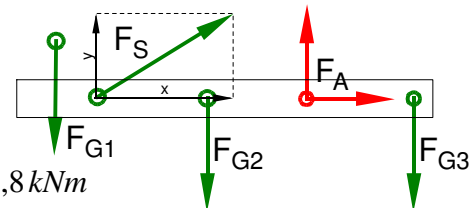
$$M_{\text{2links}} = F_{G1} \cdot (l_1 - l_2) - F_S \cdot (l_4 - l_2) \cdot \cos \alpha$$

$$= 75 \text{ kN} \cdot (5,5 - 2,5) \text{ m} - 100 \text{ kN} \cdot (4,5 - 2,5) \text{ m} \cdot \cos 40^\circ = 71,8 \text{ kNm}$$

$$M_{\text{rechts}} = F_{G3} \cdot l_3 = 40 \text{ kN} \cdot 3 \text{ m} = 120 \text{ kNm} = M_{\text{bmax}}$$

$M_{\text{bmax}} = 120 \text{ kNm}$ liegt im Lager A.

Biegemoment ermitteln (statisch nicht im Gleichgewicht)



HP 1997/98-1: Verladeanlage

Randbemerkungen:

Wenn man diese Aufgabe ausführlicher als notwendig rechnet, stellt man fest, dass sich leicht unterschiedliche Werte für die Biegemomente ergeben, je nachdem, ob man von links oder von rechts rechnet.

$$\Sigma F_y = 0 = -F_{G1} + F_{Sy} - F_{G2} + F_{Ay} - F_{G3}$$

$$F_{Ay} = F_{G1} - F_S \cdot \cos \alpha + F_{G2} + F_{G3}$$

$$F_{Ay} = 75 \text{ kN} - 100 \text{ kN} \cdot \cos 40^\circ + 20 \text{ kN} + 40 \text{ kN} = 58,4 \text{ kN}$$

$$M_{\text{links}} = F_{G1} \cdot (l_1 - l_4) = 75 \text{ kN} \cdot (5,5 \text{ m} - 4,5 \text{ m}) = 75 \text{ kNm}$$

$$M_{\text{rechts}} = -F_{G2} \cdot (l_4 - l_2) + F_{Ay} \cdot l_4 - F_{G3} \cdot (l_4 + l_3)$$

$$M_{\text{rechts}} = -20 \text{ kN} \cdot (4,5 - 2,5) \text{ m} + 58,4 \text{ kN} \cdot 4,5 \text{ m} - 40 \text{ kN} \cdot (4,5 + 3) \text{ m} = -77,2 \text{ kNm}$$

$$M_{2\text{links}} = F_{G1} \cdot (l_1 - l_2) - F_S \cdot (l_4 - l_2) \cdot \cos \alpha$$

$$M_{2\text{links}} = 75 \text{ kN} \cdot (5,5 - 2,5) \text{ m} - 100 \text{ kN} \cdot (4,5 - 2,5) \text{ m} \cdot \cos 40^\circ = 71,8 \text{ kNm}$$

$$M_{2\text{rechts}} = F_{Ay} \cdot l_2 - F_{G3} \cdot (l_2 + l_3) = 58,4 \text{ kNm} \cdot 2,5 \text{ m} - 40 \text{ kN} \cdot (2,5 + 3) \text{ m} = -74 \text{ kNm}$$

$$M_{\text{Alinks}} = F_{G1} \cdot l_1 - F_S \cdot l_4 \cdot \cos \alpha + F_{G2} \cdot l_2$$

$$M_{\text{Alinks}} = 75 \text{ kN} \cdot 5,5 \text{ m} - 100 \text{ kN} \cdot 4,5 \text{ m} \cdot \cos 40^\circ + 20 \text{ kN} \cdot 2,5 \text{ m} = 117,8 \text{ kNm}$$

$$M_{\text{Arechts}} = F_{G3} \cdot l_3 = 40 \text{ kN} \cdot 3 \text{ m} = 120 \text{ kNm} = M_{\text{bmax}}$$

Der Grund für die Abweichungen ist die mit $F_S = 100 \text{ kN}$ ungenau vorgegebene Seilkraft, mit der der Brückenträger statisch nicht im Gleichgewicht ist. Mit dem korrekten Wert für $F_S = 99,36 \text{ kN}$ stimmen die Werte überein.

Achtung: Solche ungenauen Vorgaben kommen im Abi öfters vor!

2.2 $\sigma_{bF} = 470 \text{ N/mm}^2$ (S335 → Tabellenbuch Metall, Europa, 44. Auflage, S.44) 3,0

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

$$\sigma_{bzul} = \frac{\sigma_{bF}}{v} = \frac{470 \text{ N/mm}^2}{3} = 156,7 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$W_{\text{erf}} = \frac{M_{\text{bmax}}}{\sigma_{bzul}} = \frac{120 \text{ kNm}}{156,7 \text{ N/mm}^2} = 766 \text{ cm}^3$$

Gewählt: I-Profil DIN1025 – S335 – IPE360 mit $W_x = 904 \text{ cm}^3$

3 $A = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{\pi \cdot (1,2 \text{ mm})^2}{4} = 1,13 \text{ mm}^2$ 2,0

$$\frac{R_m}{v} = \sigma_{zzul} > \sigma_z = \frac{F_s}{n \cdot A} \Rightarrow$$

$$\sigma_{zzul} = \frac{R_m}{v} = \frac{1600 \text{ N/mm}^2}{4} = 400 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$n = \frac{F_s}{\sigma_{zzul} \cdot A} = \frac{100 \text{ kN}}{400 \text{ N/mm}^2 \cdot 1,13 \text{ mm}^2} = 221,05 \approx 222$$

HP 1997/98-1: Verladeanlage

4 $\tau_{aB} = 560 \text{ N/mm}^2$ (C45E → Tabellenbuch Metall, Europa Verlag, 44. Auflage, S.44) 3,5

$$F = 2 \cdot F_s \cdot \cos \alpha = 2 \cdot 100 \text{ kN} \cdot \cos 40^\circ = 153 \text{ kN}$$

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

$$\tau_{azul} = \frac{\tau_{aB}}{V} = \frac{560 \text{ N/mm}^2}{4} = 140 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$S_{erf} = \frac{F}{2 \cdot \tau_{azul}} = \frac{153 \text{ kN}}{2 \cdot 140 \text{ N/mm}^2} = 546,4 \text{ mm}^2$$

$$S = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \Rightarrow d_{erf} = \sqrt{\frac{4 \cdot S}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 546,4 \text{ mm}^2}{\pi}} = 26,4 \text{ mm}$$

Gewählt wird der nächstgrößere angebotene Bolzen $\varnothing 28 \text{ mm}$ (→ TabB „Bolzen“)
Scherfestigkeit (Bolzen \varnothing) kombiniert mit Statik

5

5.1 $M_{ab} = \frac{F_s \cdot D}{2} = \frac{100 \text{ kN} \cdot 300 \text{ mm}}{2} = 15 \text{ kNm}$ 3,0

$$i_{ges} = i_1 \cdot i_2 = i_1 \cdot \frac{z_4}{z_3} = \frac{30}{1} \cdot \frac{85}{18} = 141,67$$

$$\eta_{ges} = \eta_1 \cdot \eta_2 = 0,8 \cdot 0,95 = 0,76$$

$$i_{ges} \cdot \eta_{ges} = \frac{M_{ab}}{M_M} \Rightarrow M_M = \frac{M_{ab}}{i_{ges} \cdot \eta_{ges}} = \frac{15 \text{ kNm}}{141,67 \cdot 0,76} = 139,3 \text{ Nm}$$

$$P_M = 2 \pi \cdot M_M \cdot n_M = 2 \pi \cdot 139,3 \text{ Nm} \cdot 1400 \frac{1}{\text{min}} = 20,4 \text{ kW}$$

5.2 $M_{ab} = \frac{F_s \cdot D}{2} = \frac{100 \text{ kN} \cdot 300 \text{ mm}}{2} = 15 \text{ kNm}$ 2,0

$$\tau_{tzul} > \tau_T = \frac{M_{ab}}{W_p} \Rightarrow W_{erf} = \frac{M_{ab}}{\tau_t} = \frac{150 \text{ kNm}}{90 \text{ N/mm}^2} = 166,7 \text{ cm}^3$$

$$W_p = \frac{\pi \cdot d^3}{16} \Rightarrow d = \sqrt[3]{\frac{W_p \cdot 16}{\pi}} = \sqrt[3]{\frac{166,7 \text{ cm}^3 \cdot 16}{\pi}} = 94,7 \text{ mm}$$

$\Sigma = 22,5$