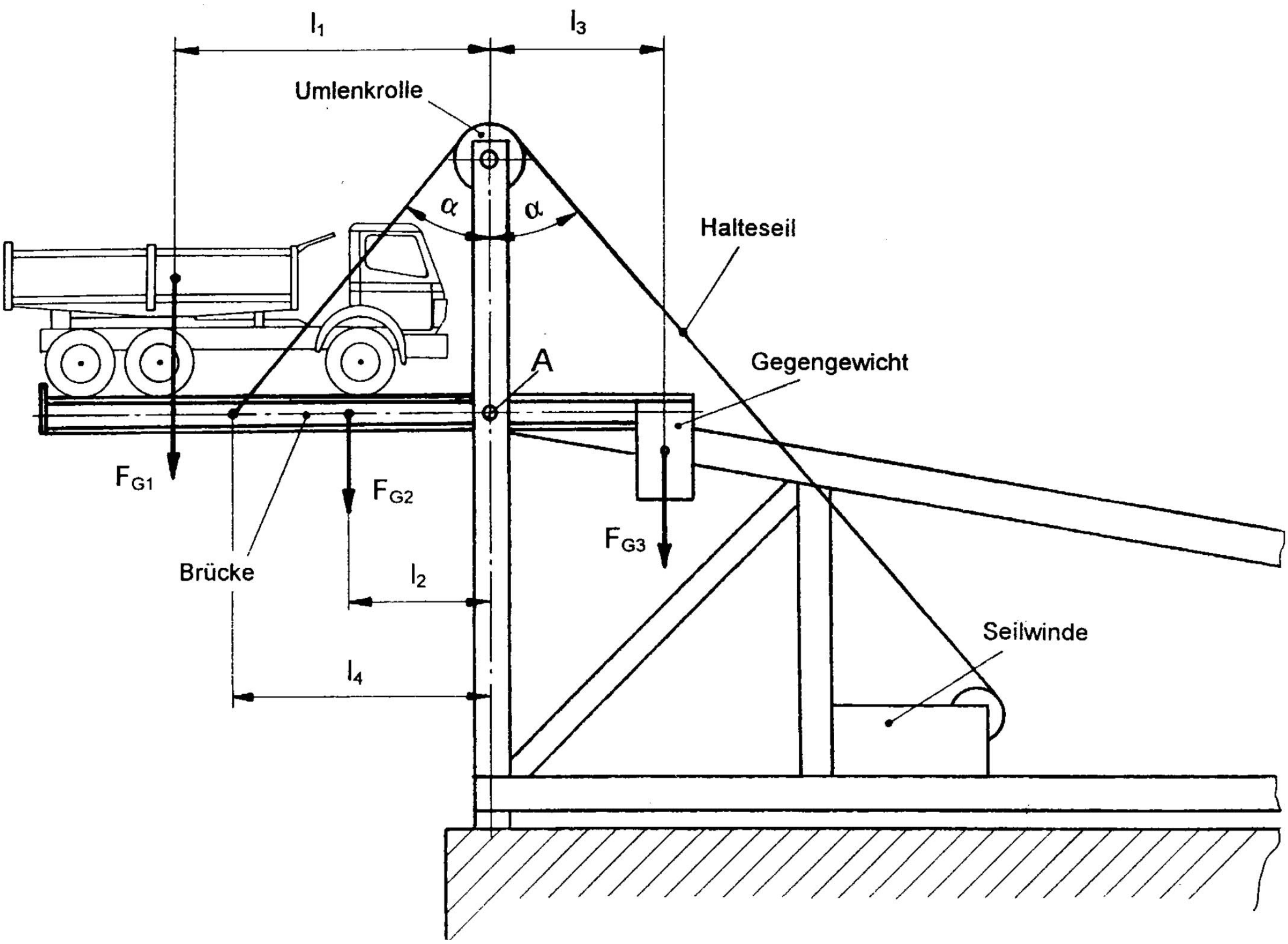
tgt HP 1997/98-1: Verladeanlage

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.

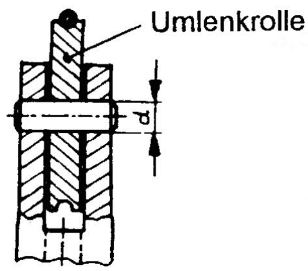


Alle Kräfte sind auf eine Seite bezogen.

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
			α =	40°

tgt 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.	6,0
	Für alle weiteren Teilaufgaben gilt: Kraft im Halteseil F_S = 100 kN	
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 N/mm² 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.	



5 Zwischen Elektromotor und Seil sitzt ein Schnecken- und ein einstufiger Stirnradtrieb.

Motor

$n_W = 1400\ \frac{1}{min}$

Schneckentrieb

I_1 = 30:1

η_1 = 0,8

Stirnradtrieb

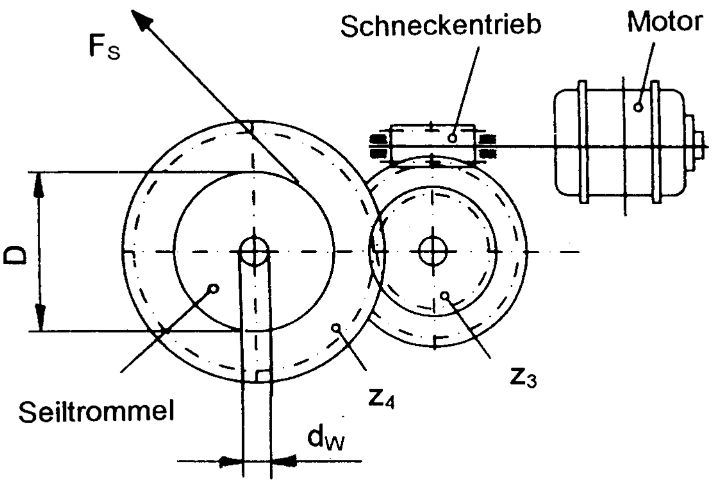
z_3 = 18

z_4 = 85

η_2 = 0,95

Seiltrommel

D = 300 mm



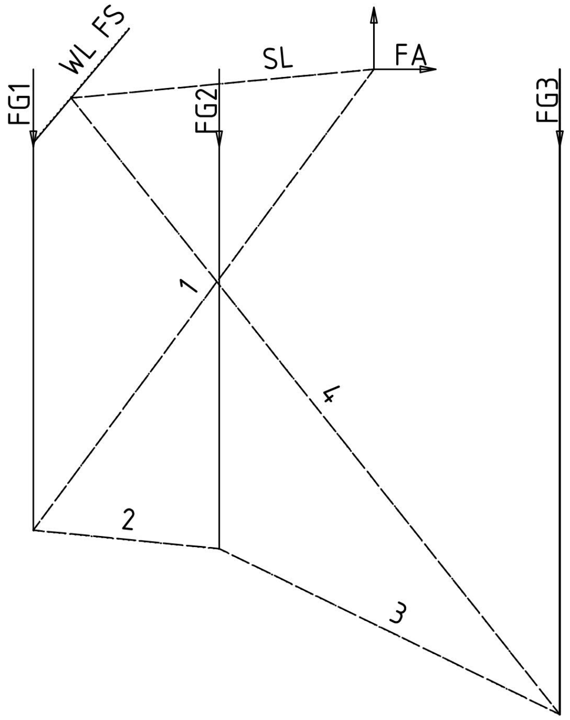
5.1	Berechnen Sie die erforderliche Leistung des Elektromotors.	3,0
5.2	Bestimmen Sie den Durchmesser d_w der Seiltrommelwelle für τ_{tzul} = 90 N/mm².	2,0
		Σ=22,5

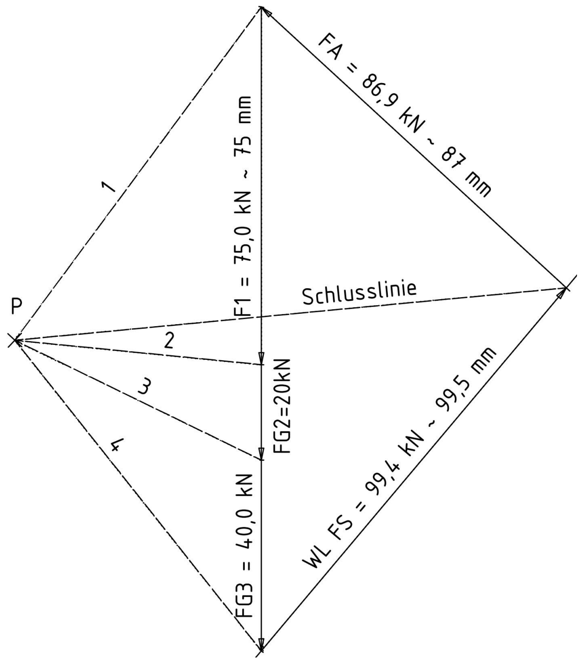
tgt HP 1997/98-1: Verladeanlage

Lösungen

Punkte | Punkte

1 Lageplan Brücke M_L = 1m / 10mm | Kräfteplan M_K = 10 kN/10mm | 6,0





rechnerische Lösung (nicht gefordert):

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

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

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

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

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

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

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

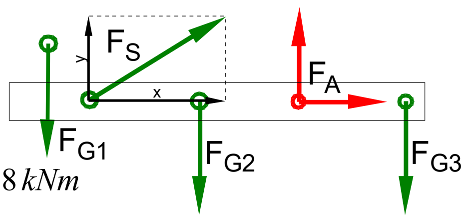
$$\alpha_A = \arctan\frac{F_{Ay}}{F_{Ax}} = \arctan\frac{58{,}9\,kN}{-63{,}9\,kN} = -42{,}7°$$

$\alpha_A = 42{,}7°$ nach links oben gegen die negative x-Achse bzw.

$\alpha_A = 137{,}3°$ gegen die positive x-Achse bzw.

2

2.1 Berechnung der Biegemomente an den inneren Krafteinleitungspunkten mit den vorgegebenen Werten (ausreichende Lösung) 3,0



LS Brückenträger

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

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

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

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

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

Biegemoment ermitteln (statisch nicht im Gleichgewicht)

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.

$$\Sigma F_y = 0 = -F_{G1} + F_{Sy} - F_{G2} + F_{Ay} - F_{G3}$$
$$F_{Ay} = F_{G1} - F_S \cdot \cos\alpha + F_{G2} + F_{G3}$$
$$F_{Ay} = 75\,kN - 100\,kN \cdot \cos 40° + 20\,kN + 40\,kN = 58{,}4\,kN$$
$$M_{Slinks} = F_{G1} \cdot (l_1 - l_4) = 75\,kN \cdot (5{,}5\,m - 4{,}5\,m) = 75\,kNm$$
$$M_{Srechts} = -F_{G2} \cdot (l_4 - l_2) + F_{Ay} \cdot l_4 - F_{G3} \cdot (l_4 + l_3)$$
$$M_{Srechts} = -20\,kN \cdot (4{,}5 - 2{,}5)\,m + 58{,}4\,kN \cdot 4{,}5\,m - 40\,kN \cdot (4{,}5 + 3)\,m = -77{,}2\,kNm$$
$$M_{2links} = F_{G1} \cdot (l_1 - l_2) - F_S (l_4 - l_2) \cdot \cos\alpha$$
$$M_{2links} = 75\,kN \cdot (5{,}5 - 2{,}5)\,m - 100\,kN\,(4{,}5 - 2{,}5)\,m \cdot \cos 40° = 71{,}8\,kNm$$
$$M_{2rechts} = F_{Ay} \cdot l_2 - F_{G3} \cdot (l_2 + l_3) = 58{,}4\,kNm \cdot 2{,}5\,m - 40\,kN \cdot (2{,}5 + 3)\,m = -74\,kNm$$
$$M_{Alinks} = F_{G1} \cdot l_1 - F_S \cdot l_4 \cdot \cos\alpha + F_{G2} \cdot l_2$$
$$M_{Alinks} = 75\,kN \cdot 5{,}5\,m - 100\,kN \cdot 4{,}5\,m \cdot \cos 40° + 20\,kN \cdot 2{,}5\,m = 117{,}8\,kNm$$
$$M_{Arechts} = F_{G3} \cdot l_3 = 40\,kN \cdot 3\,m = 120\,kNm = Mbmax$$

Der Grund für die Abweichungen ist die mit F_S = 100 kN ungenau vorgegebene Seilkraft, mit der der Brückenträger statisch nicht im Gleichgewicht ist. Wenn man die Momente mit dem korrekten Wert für F_S = 99,36 kN rechnet, stimmen die Momente von links und von rechts überein.

Achtung: Solche ungenauen Vorgaben kommen im Abi öfters vor!

2.2 R_e = 355 N/mm² (S355 → [EuroTabM46], S.131) 3,0

$$\sigma_{bF} = 1{,}2 \cdot R_e = 1{,}2 \cdot 355 \frac{N}{mm^2} = 402 \frac{N}{mm^2}$$
$$\frac{\sigma_{bF}}{\nu} = \sigma_{bzul} > \sigma_b = \frac{M_{bmax}}{W} \quad \Rightarrow$$
$$\sigma_{bzul} = \frac{\sigma_{bF}}{\nu} = \frac{402\,N/mm^2}{3} = 134 \frac{N}{mm^2}$$
$$W_{erf} = \frac{M_{bmax}}{\sigma_{bzul}} = \frac{120\,kNm}{134\,N/mm^2} = 895\,cm^3$$

Gewählt: I-Profil DIN1025 – S355 – IPE360 mit W_x = 904 cm³

3 2,0

$$A = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{\pi \cdot (1{,}2\,mm)^2}{4} = 1{,}13\,mm^2$$
$$\frac{R_m}{\nu} = \sigma_{zzul} > \sigma_z = \frac{F_s}{n \cdot A} \quad \Rightarrow$$
$$\sigma_{zzul} = \frac{R_m}{\nu} = \frac{1600\,N/mm^2}{4} = 400 \frac{n}{mm^2}$$
$$n = \frac{F_s}{\sigma_{zzul} \cdot A} = \frac{100\,kN}{400\,N/mm^2 \cdot 1{,}13\,mm^2} = 221{,}05 \approx 222$$

4 τ_{aB} = 560 N/mm² (C45E→Tabellenbuch Metall, Europa Verlag, 44.Auflage, S.44) 3,5

$$F=2\cdot F_S\cdot\cos\alpha=2\cdot 100\,kN\cdot\cos 40°=153\,kN$$

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

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

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

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

Gewählt wird der nächstgrößere angebotene BolzenØ 28 mm (→ TabB „Bolzen“)

Scherfestigkeit (BolzenØ) kombiniert mit Statik

5

5.1 3,0

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

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

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

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

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

5.2 2,0

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

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

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

Σ=22,5