



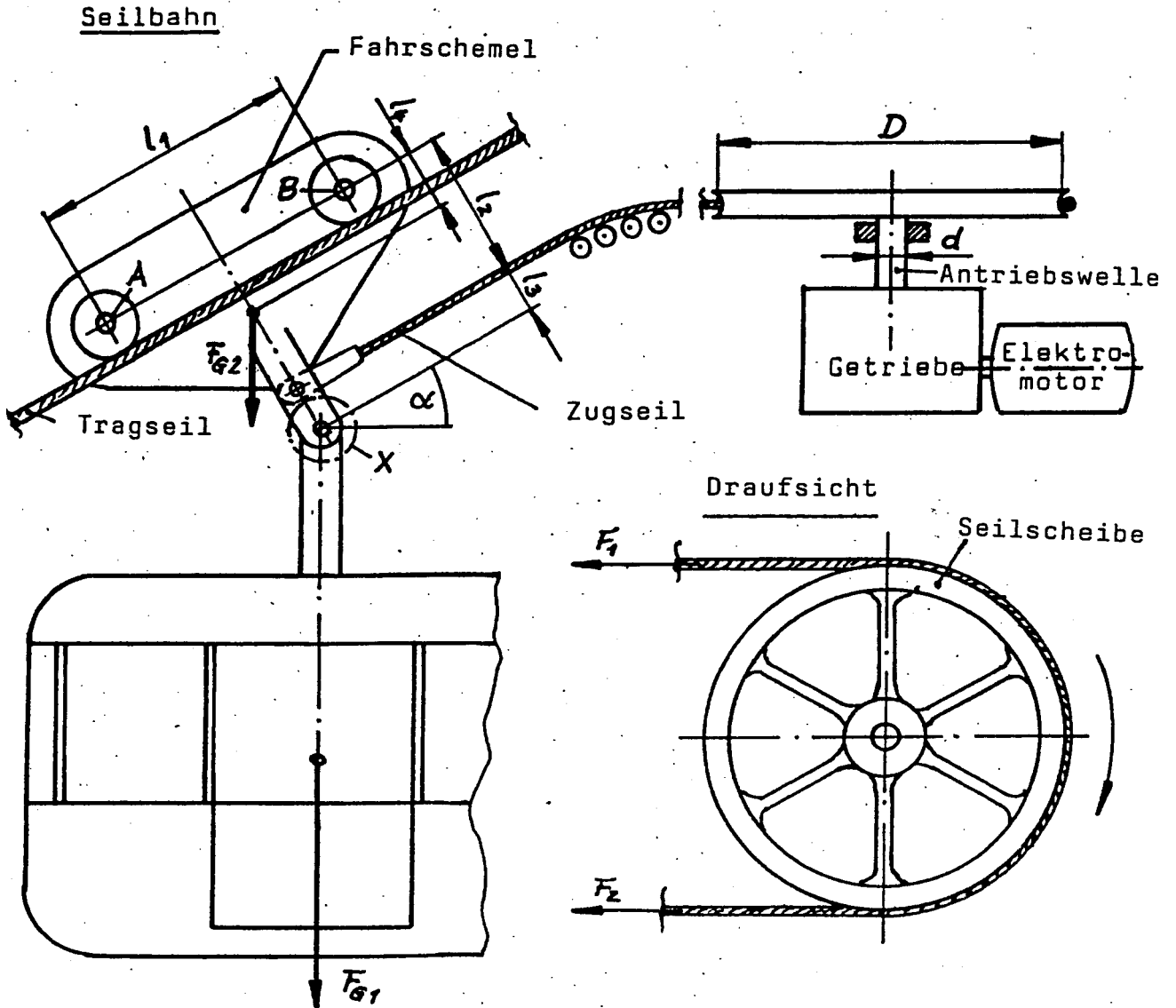
tgt HP 1988/89-2: Seilbahn

Bei einer Seilbahn sind zwei Kabinen über ein Zugseil miteinander verbunden. Während die bergauf fahrende Kabine vollbesetzt ist, ist die bergabwärts fahrende Kabine leer. Der Fahrschemel jeder Kabine hat eine Gewichtskraft von $F_{G2} = 10 \text{ kN}$.

Teilaufgaben:		Punkte
1	Bestimmen Sie zeichnerisch bei der gleichmäßig bergauf fahrenden Kabine ($F_{G1} = 50 \text{ kN}$) die Lagerkräfte F_A und F_B und die Zugkraft F_1 am Zugseil, wobei die Reibung vernachlässigt werden soll.	5,0
2	Die Kabinen sind am Punkt X mit einem Befestigungsbolzen aus C45 und einem Durchmesser $d_B = 24 \text{ mm}$ an den Fahrschemel angehängt. Wie groß ist die Sicherheit gegen Abscheren ?	3,0
Bei den folgenden Teilaufgaben ist für die Seilkräfte $F_1 = 31 \text{ kN}$, $F_2 = 13 \text{ kN}$ anzunehmen bei einer maximalen Fahrgeschwindigkeit von $v_{\max} = 8 \text{ m/s}$.		
3	Das Zugseil besteht aus Einzeldrähten mit dem Durchmesser $d_0 = 1,5 \text{ mm}$ und einem Werkstoff mit der Zugfestigkeit $R_m = 1500 \text{ N/mm}^2$. Ermitteln Sie die notwendige Anzahl der Einzeldrähte bei 10-facher Sicherheit.	2,0
4	Die Antriebswelle ist eine Vollwelle aus 34 Cr 4. Ermitteln Sie den notwendigen Durchmesser für eine Torsionsfestigkeit von $\tau_{TB} = 350 \text{ N/mm}^2$ bei 5-facher Sicherheit. Um wie viel % wäre eine Hohlwelle mit einem Außendurchmesser von $d_a = 180 \text{ mm}$ leichter als die Vollwelle?	8,0
5	Der Motor hat eine Drehzahl von $n = 1450 \text{ 1/min}$. Wie groß muss die Getriebeübersetzung sein ?	2,0
6	Wie groß ist die vom Motor abgegebene Leistung P_{Mot} , wenn der Gesamtwirkungsgrad Zugseil/Seilscheibe und Getriebe $\eta = 0,75$ beträgt?	2,5
Alle Teilaufgaben sind unabhängig voneinander lösbar.		$\Sigma = 22,5$

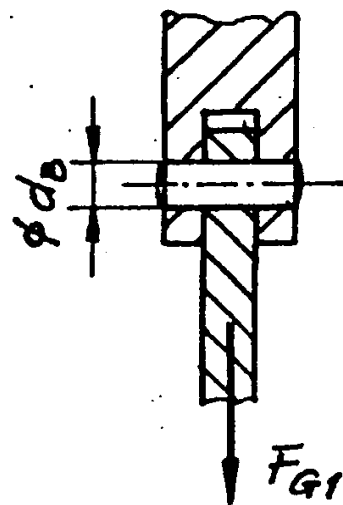


Seilbahn



- $\alpha = 30^\circ$
- $l_1 = 2000 \text{ mm}$
- $l_2 = 1000 \text{ mm}$
- $l_3 = 200 \text{ mm}$
- $l_4 = 200 \text{ mm}$
- $D = 5000 \text{ mm}$
- $F_{G1} = 50 \text{ kN}$
- $F_{G2} = 10 \text{ kN}$

Einzelheit X



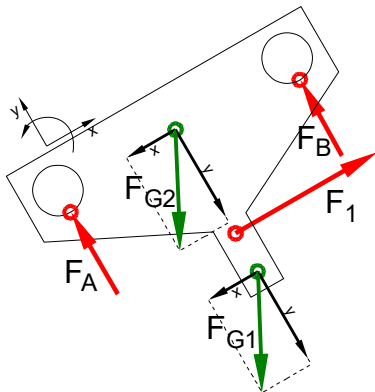


Lösungsvorschläge

Teilaufgaben:

Punkte
5,0

1 LS Fahrschemel



Rechnerische Lösung (nicht gefordert)

$$F_{G1x} = F_{G1} \cdot \sin \alpha = 50 \text{ kN} \cdot \sin 30^\circ = 25 \text{ kN}$$

$$F_{G1y} = F_{G1} \cdot \cos \alpha = 50 \text{ kN} \cdot \cos 30^\circ = 43,3 \text{ kN}$$

$$F_{G2x} = F_{G2} \cdot \sin \alpha = 10 \text{ kN} \cdot \sin 30^\circ = 5 \text{ kN}$$

$$F_{G2y} = F_{G2} \cdot \cos \alpha = 10 \text{ kN} \cdot \cos 30^\circ = 8,66 \text{ kN}$$

$$\Sigma M_{B1} = 0 = -F_A \cdot l_1 + F_{G2x} \cdot (l_2 - l_4) + F_{G2y} \cdot \frac{l_1}{2} - F_{G1x} \cdot l_3 + F_{G1y} \cdot \frac{l_1}{2}$$

$$F_A = \frac{F_{G2x} \cdot (l_2 - l_4) + F_{G2y} \cdot \frac{l_1}{2} - F_{G1x} \cdot l_3 + F_{G1y} \cdot \frac{l_1}{2}}{l_1}$$

$$= \frac{5 \text{ kN} \cdot (1000 - 200) \text{ mm} + 8,66 \text{ kN} \cdot \frac{2000 \text{ mm}}{2} - 25 \text{ kN} \cdot 200 \text{ mm} + 43,3 \text{ kN} \cdot \frac{2000 \text{ mm}}{2}}{2000 \text{ mm}}$$

$$= 25,48 \text{ kN}$$

$$\Sigma F_x = 0 = -F_{G2x} - F_{G1x} + F_1 \Rightarrow F_1 = F_{G2x} + F_{G1x} = 5 \text{ kN} + 25 \text{ kN} = 30 \text{ kN}$$

$$\Sigma F_y = 0 = F_A - F_{G2y} - F_{G1y} + F_B \Rightarrow$$

$$F_B = -F_A + F_{G2y} + F_{G1y} = -25,48 \text{ kN} + 8,66 \text{ kN} + 43,3 \text{ kN} = 26,48 \text{ kN}$$

Statik (Schlusslinienverfahren mit 3 unbekanntenen Kräften bzw. Seileckverfahren)

2 Sicherheit gegen Abscheren:

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

$$S = \frac{\pi \cdot d_B^2}{4} = \frac{\pi \cdot 24^2 \text{ mm}^2}{4} = 452,4 \text{ mm}^2$$

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

$$\tau_a = \frac{F_{G1}}{2 \cdot S} = \frac{50 \text{ kN}}{2 \cdot 452,4 \text{ mm}^2} = 55,3 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\nu = \frac{\tau_{aB}}{\tau_a} = \frac{560 \text{ N/mm}^2}{55,3 \text{ N/mm}^2} = 10,1$$

Sicherheit gegen Abscheren (BolzenØ)

3,0



$$3 \quad S_{\text{Draht}} = \frac{\pi \cdot d_0^2}{4} = \frac{\pi \cdot (1,5 \text{ mm})^2}{4} = 1,77 \text{ mm}^2$$

$$\frac{\sigma_{z\text{lim}}}{\sqrt{v}} = \sigma_{z\text{zul}} > \sigma_z = \frac{F}{S} \Rightarrow$$

$$\sigma_{z\text{zul}} = \frac{R_m}{\sqrt{v}} = \frac{1500 \text{ N/mm}^2}{10} = 150 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$S_{\text{erf}} = \frac{F}{\sigma_{z\text{zul}}} = \frac{31 \text{ kN}}{150 \text{ N/mm}^2} = 206,7 \text{ mm}^2$$

$$n_{\text{erf}} = \frac{S_{\text{erf}}}{S_{\text{Draht}}} = \frac{206,7 \text{ mm}^2}{1,77 \text{ mm}^2} = 117$$

Erforderlicher Anzahl Einzeldrähte im Drahtseil

4

8,0

$$4.1 \quad M_t = \Delta F \cdot \frac{D}{2} = (F_1 - F_2) \cdot \frac{D}{2} = (31 - 13) \text{ kN} \cdot \frac{5000 \text{ mm}}{2} = 45 \text{ kNm}$$

$$\frac{\tau_{tF}}{\sqrt{v}} = \tau_{t\text{zul}} > \tau_t = \frac{M_t}{W_p} \Rightarrow$$

$$\tau_{t\text{zul}} = \frac{\tau_{tF}}{\sqrt{v}} = \frac{350 \text{ N/mm}^2}{5} = 70 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$W_{\text{perf}} = \frac{M_t}{\tau_{t\text{zul}}} = \frac{45 \text{ kNm}}{70 \text{ N/mm}^2} = 642,9 \text{ cm}^3$$

$$W_p = \frac{\pi \cdot d^3}{16} \Rightarrow d_{\text{erf}} = \sqrt[3]{\frac{W_{\text{perf}} \cdot 16}{\pi}} = \sqrt[3]{\frac{642857 \text{ mm}^3 \cdot 16}{\pi}} = 148,5 \text{ mm}$$

Gewählt: $d = 160 \text{ mm}$ aus Normzahlreihe R5

Erforderlicher Durchmesser bei Torsion

$$4.2 \quad W_p = \frac{\pi \cdot (d_a^4 - d_i^4)}{16 \cdot d_a} \Rightarrow$$

$$d_{\text{ierf}} \leq \sqrt[4]{d_a^4 - \frac{16 \cdot d_a \cdot W_{\text{perf}}}{\pi}} = \sqrt[4]{(180 \text{ mm})^4 - \frac{16 \cdot (180 \text{ mm}) \cdot 642857 \text{ mm}^3}{\pi}} = 146,5 \text{ mm}$$

Die Ersparnis wird hier mit idealen Werten gerechnet:

$$S_{\text{Hohl}} = \frac{\pi \cdot (d_a^2 - d_i^2)}{4} = \frac{\pi \cdot (180^2 - 146,5^2) \text{ mm}}{4} = 8590 \text{ mm}^2$$

$$S_{\text{Rund}} = \frac{\pi \cdot d_{\text{erf}}^2}{4} = \frac{\pi \cdot (146,5 \text{ mm})^2}{4} = 17320 \text{ mm}^2$$

$$\text{Ersparnis} = 1 - \frac{S_{\text{Hohl}}}{S_{\text{Rund}}} = 1 - \frac{8590 \text{ mm}^2}{17320 \text{ mm}^2} = 50,4 \%$$

Vergleich Vollwelle – Hohlwelle bei Torsion



$$5 \quad v = \pi \cdot n \cdot d \Rightarrow n_{ab} = \frac{v}{\pi \cdot D} = \frac{8 \text{ m/s}}{\pi \cdot 5000 \text{ mm}} = 0,509 \text{ s}^{-1} = 30,6 \text{ min}^{-1} \quad 2,0$$

$$i = \frac{n_{zu}}{n_{ab}} = \frac{1450 \text{ min}^{-1}}{30,6 \text{ min}^{-1}} = 47,5$$

Um das erforderliche Drehmoment aufzubringen, muss der Durchmesser $D_M = 215 \text{ mm}$ oder kleiner (!) sein, für die Hubgeschwindigkeit $D_v = 215 \text{ mm}$ oder größer. Viel Spielraum bleibt da nicht ;-)

Erforderliche Übersetzung Längesbewegung → Drehzahl.

$$6 \quad P_{ab} = 2\pi \cdot M_{ab} \cdot n_{ab} = 2\pi \cdot 45 \text{ kNm} \cdot 0,509 \text{ s}^{-1} = 144 \text{ kW} \quad 2,5$$

$$\eta = \frac{P_{ab}}{P_{zu}} \Rightarrow P_{Mot} = \frac{P_{ab}}{\eta} = \frac{144 \text{ kW}}{0,75} = 192 \text{ kW}$$

erf. Leistung bei Drehbewegung

Alle Teilaufgaben sind unabhängig voneinander lösbar.

$\Sigma = 22,5$