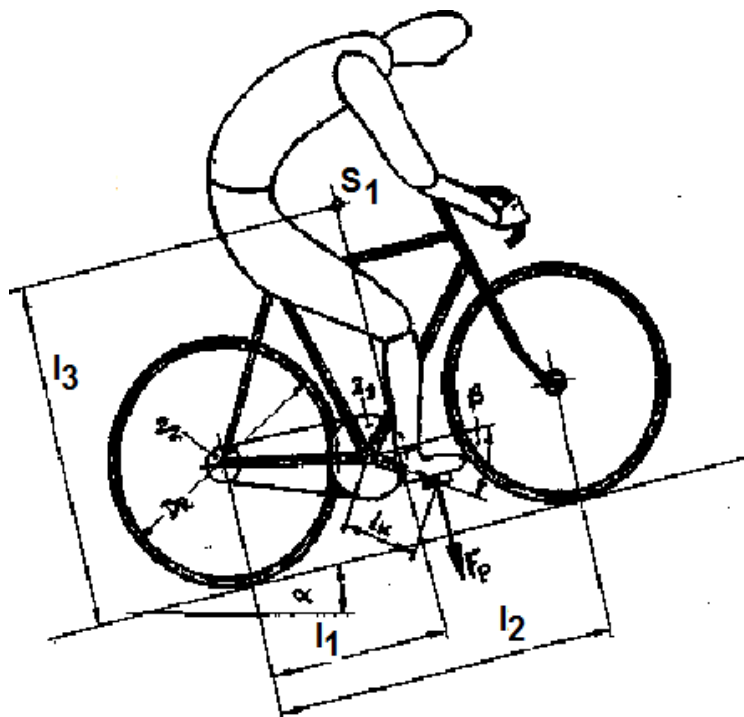




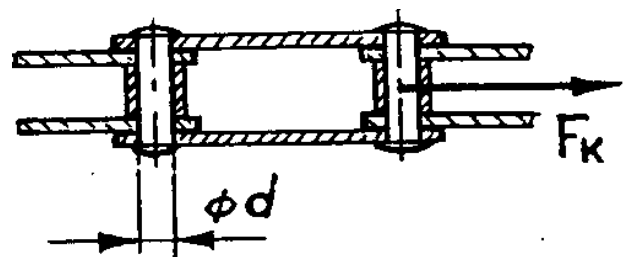
tgt HP 1986/87-1: Rennrad



- $l_1 = 500 \text{ mm}$
- $l_2 = 900 \text{ mm}$
- $l_3 = 1000 \text{ mm}$
- $\alpha = 15^\circ$
- $F_G = 850 \text{ N}$
- $D_R = 650 \text{ mm}$
- $l_K = 175 \text{ mm}$
- $\beta = 30^\circ$
- Zähnezahlen:
- $z_1 = 39$
- $z_2 = 25$

Ein Radrennfahrer befährt kurzzeitig eine  $15^\circ$  steile Bergstrecke. Die Gewichtskraft  $F_G = 850 \text{ N}$  (Rad + Fahrer) soll im Schwerpunkt  $S_1$  angreifen.

Teilaufgaben:		Punkte
1	Bestimmen Sie zeichnerisch die Aufstandskräfte der Räder $F_V$ und $F_H$ sowie die Vortriebskraft $F_{vor}$ .	3,0
2	Welche Pedalkraft $F_P$ ist in der gezeichneten Stellung notwendig, wenn zur Überwindung der Steigung eine Vortriebskraft von $220 \text{ N}$ bei einem Wirkungsgrad $\eta = 0,95$ erforderlich ist?	3,0
3	Welchen Durchmesser muss die Tretlagerwelle besitzen, wenn bei einer zulässigen Torsionsspannung von $105 \text{ N/mm}^2$ ein Kurbeldrehmoment von $120 \text{ Nm}$ übertragen werden soll?	2,0
4	Mit der Fahrradkette wird eine Kraft $F_K = 1100 \text{ N}$ übertragen. Wie groß ist die Spannung im Verbindungsbolzen mit $d = 3 \text{ mm}$ Durchmesser?  Wählen Sie einen geeigneten Werkstoff, wenn 6-fache Sicherheit gegen Bruch gewährleistet sein soll. Begründen Sie Ihre Wahl.	3,0
5	Welche Leistung muss der Radrennrather aufbringen, wenn bei einer Geschwindigkeit von $10 \text{ km/h}$ eine Vortriebskraft von $F = 220 \text{ N}$ benötigt wird?	1,5



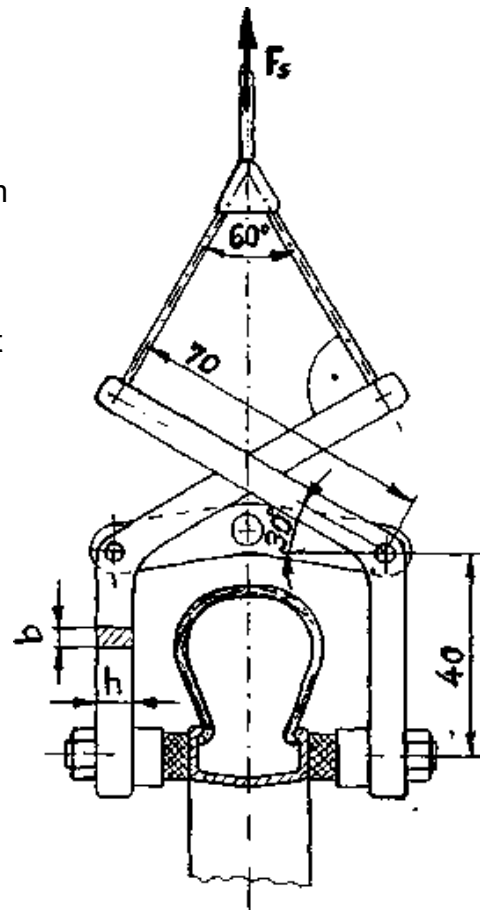


- 6 Mit der doppelseitigen Felgenbremse soll eine Bremskraft (Gesamtreibkraft) von 240 N erzeugt werden. Der Reibwert zwischen Bremsgummi und Radfelge sei  $\mu = 0,3$ . Ermitteln Sie die notwendige Bremsseilkraft  $F_S$ .
- 7 Das Bremsseil besteht aus Einzeldrähten mit einem Durchmesser von  $d = 0,3$  mm, welche mit einer Zugspannung von  $\sigma_{zul} = 300$  N/mm<sup>2</sup> belastet werden dürfen. Wie viele Einzeldrähte sind bei einer Bremsseilkraft von  $F_S = 400$  N notwendig ?
- 8 Die Bremsseilkraft  $F_S$  erzeugt über die Bremshebel an jeder Bremsbacke eine Kraft  $F_N = 400$  N. Die Querschnittsfläche des Bremshebels wird näherungsweise als Rechteck mit dem Seitenverhältnis  $h : b = 2 : 1$  angenommen. Bestimmen Sie die Abmessungen des Bremshebels bei einer zulässigen Biegespannung von  $\sigma_{bzul} = 80$  N/mm<sup>2</sup>, wenn die Bohrungen vernachlässigt werden.

4,0

3,0

3,0



Alle Teilaufgaben sind unabhängig voneinander lösbar.

$\Sigma = 22,5$

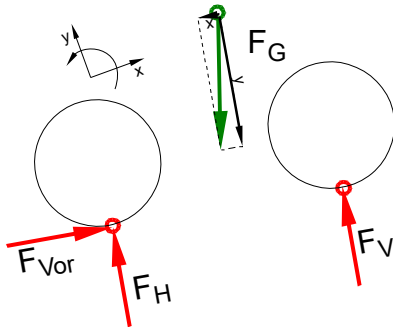


## Lösungsvorschläge

Teilaufgaben:

Punkte  
3,0

### 1 LS Rad + Fahrer



Rechnerische Lösung (nicht gefordert)

$$F_{Gx} = F_G \cdot \sin \alpha = 850 \text{ N} \cdot \sin 15^\circ = 220 \text{ N}$$

$$F_{Gy} = F_G \cdot \cos \alpha = 850 \text{ N} \cdot \cos 15^\circ = 821 \text{ N}$$

$$\Sigma M_H = 0 = +F_{Gx} \cdot l_3 - F_{Gy} \cdot l_1 + F_V \cdot l_2 \Rightarrow$$

$$F_V = \frac{-F_{Gx} \cdot l_3 + F_{Gy} \cdot l_1}{l_2} = \frac{-220 \text{ N} \cdot 1000 \text{ mm} + 821 \text{ N} \cdot 500 \text{ mm}}{900 \text{ mm}} = 212 \text{ N}$$

$$\Sigma F_x = 0 = F_{Vor} - F_{Gx} \Rightarrow F_{Vor} = F_{Gx} = 220 \text{ N}$$

$$\Sigma F_y = 0 = F_H - F_{Gy} + F_V \Rightarrow$$

$$F_H = F_{Gy} - F_V = 821 \text{ N} - 212 \text{ N} = 609 \text{ kN}$$

Zeichnerische Lösung per 3-Kräfte-Verfahren

$$2 \quad M_R = F_{Vor} \cdot \frac{D_R}{2} = 220 \text{ N} \cdot \frac{650 \text{ mm}}{2} = 71,5 \text{ Nm} \quad 3,0$$

$$i = \frac{z_2}{z_1} = \frac{25}{39} = 0,641$$

$$i \cdot \eta = \frac{M_{ab}}{M_{zu}} \Rightarrow M_P = \frac{M_R}{i \cdot \eta} = \frac{71,5 \text{ Nm}}{6,41 \cdot 0,95} = 117,4 \text{ Nm}$$

$$M = F \cdot l \Rightarrow F_P = \frac{M_P}{l_K \cdot \cos \beta} = \frac{117,4 \text{ Nm}}{175 \text{ mm} \cdot \cos 30^\circ} = 775 \text{ N}$$

Erforderliche Pedalkraft

$$3 \quad \frac{\tau_{tF}}{V} = \tau_{tzul} > \tau_t = \frac{M_t}{W_p} \Rightarrow \quad 2,0$$

$$W_{perf} = \frac{M_t}{\tau_{tzul}} = \frac{120 \text{ Nm}}{105 \text{ N/mm}^2} = 1,14 \text{ cm}^3$$

$$W_p = \frac{\pi \cdot d^3}{16} \Rightarrow d_{erf} = \sqrt[3]{\frac{W_{perf} \cdot 16}{\pi}} = \sqrt[3]{\frac{1,14 \text{ mm}^3 \cdot 16}{\pi}} = 18,0 \text{ mm}$$

Erforderlicher Durchmesser gegen Torsion



4

$$S = \frac{\pi \cdot d_B^2}{4} = \frac{\pi \cdot 3^2 \text{ mm}^2}{4} = 7,1 \text{ mm}^2$$

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

$$\tau_a = \frac{F_K}{2 \cdot S} = \frac{1100 \text{ N}}{2 \cdot 7,1 \text{ mm}^2} = 77,8 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\tau_{aB} = v \cdot \tau_a = 6 \cdot 77,8 \text{ N/mm}^2 = 466 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Möglicher Werkstoff: C45E mit  $\tau_{aB} = 560 \text{ N/mm}^2$  (Tabellenbuch Metall, Europa Verlag, 44. Auflage, S.44)  
*Scherfestigkeit (Werkstoffauswahl)*

5

$$P_{ab} = F \cdot v = 220 \text{ N} \cdot 10 \frac{\text{km}}{\text{h}} = 611 \text{ W}$$

$$\eta = \frac{P_{ab}}{P_{zu}} \Rightarrow P_R = \frac{P_{ab}}{\eta} = \frac{611 \text{ W}}{0,95} = 643 \text{ W}$$

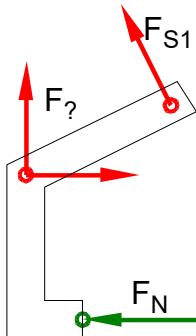
*Erforderliche Leistung*

6 Pro Bremsgummi muss die Hälfte der Gesamtreibkraft aufgebracht werden: 4,0

$$F_R = \frac{F_{Rges}}{2} = \frac{240 \text{ N}}{2} = 120 \text{ N}$$

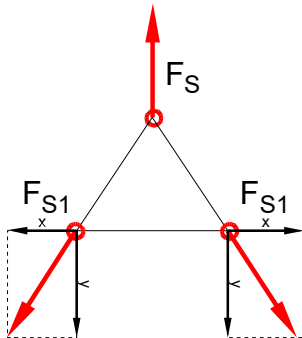
$$F_R = F_N \cdot \mu \Rightarrow F_N = \frac{F_R}{\mu} = \frac{120 \text{ N}}{0,3} = 400 \text{ N}$$

LS Bremshebel



$$\Sigma M_{\text{?}} = 0 = -F_N \cdot 40 \text{ mm} + F_{S1} \cdot 70 \text{ mm} \Rightarrow F_{S1} = F_N \cdot \frac{40 \text{ mm}}{70 \text{ mm}} = 400 \text{ N} \cdot \frac{40 \text{ mm}}{70 \text{ mm}} = 228,6 \text{ N}$$

LS Bremsseilknoten



$$\Sigma F_y = 0 = -F_{S1y} + F_S - F_{S1y} \Rightarrow F_S = 2 \cdot F_{S1} \cdot \cos \frac{60^\circ}{2} = 2 \cdot 228,6 \text{ N} \cdot \cos \frac{60^\circ}{2} = 396 \text{ N}$$



$$7 \quad S_{\text{Draht}} = \frac{\pi \cdot d_0^2}{4} = \frac{\pi \cdot (0,3 \text{ mm})^2}{4} = 0,0707 \text{ mm}^2$$

3,0

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

$$S_{\text{erf}} = \frac{F_S}{\sigma_{z\text{zul}}} = \frac{400 \text{ N}}{300 \text{ N/mm}^2} = 1,33 \text{ mm}^2$$

$$n_{\text{erf}} = \frac{S_{\text{erf}}}{s_{\text{Draht}}} = \frac{1,33 \text{ mm}^2}{0,0707 \text{ mm}^2} = 18,9 \approx 19$$

Erforderlicher Anzahl Einzeldrähte im Drahtseil

8 LS Bremshebel siehe Aufgabe 6

3,0

$$M_{b?} = |-F_N \cdot 40 \text{ mm}| = 400 \text{ N} \cdot 40 \text{ mm} = 16 \text{ Nm}$$

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

$$W_{\text{erf}} = \frac{M_b}{\sigma_{bzul}} = \frac{16 \text{ Nm}}{80 \text{ N/mm}^2} = 0,2 \text{ cm}^3$$

$$W_x = \frac{b \cdot h^2}{6} = \frac{b \cdot (2 \cdot b)^2}{6} = \frac{4 \cdot b^3}{6} \Rightarrow$$

$$b_{\text{erf}} = \sqrt[3]{\frac{6 \cdot W_{\text{erf}}}{4}} = \sqrt[3]{\frac{6 \cdot 0,2 \text{ cm}^3}{4}} = 6,7 \text{ mm}$$

$$h_{\text{erf}} = 2 \cdot b_{\text{erf}} = 2 \cdot 6,7 \text{ mm} = 13,4 \text{ mm}$$

Gewählt: Flachstahl 16x8 (nächste Größe → TabB „Flachstahl“)

Flachstahl nach Biegespannung

Alle Teilaufgaben sind unabhängig voneinander lösbar.

$\Sigma = 22,5$