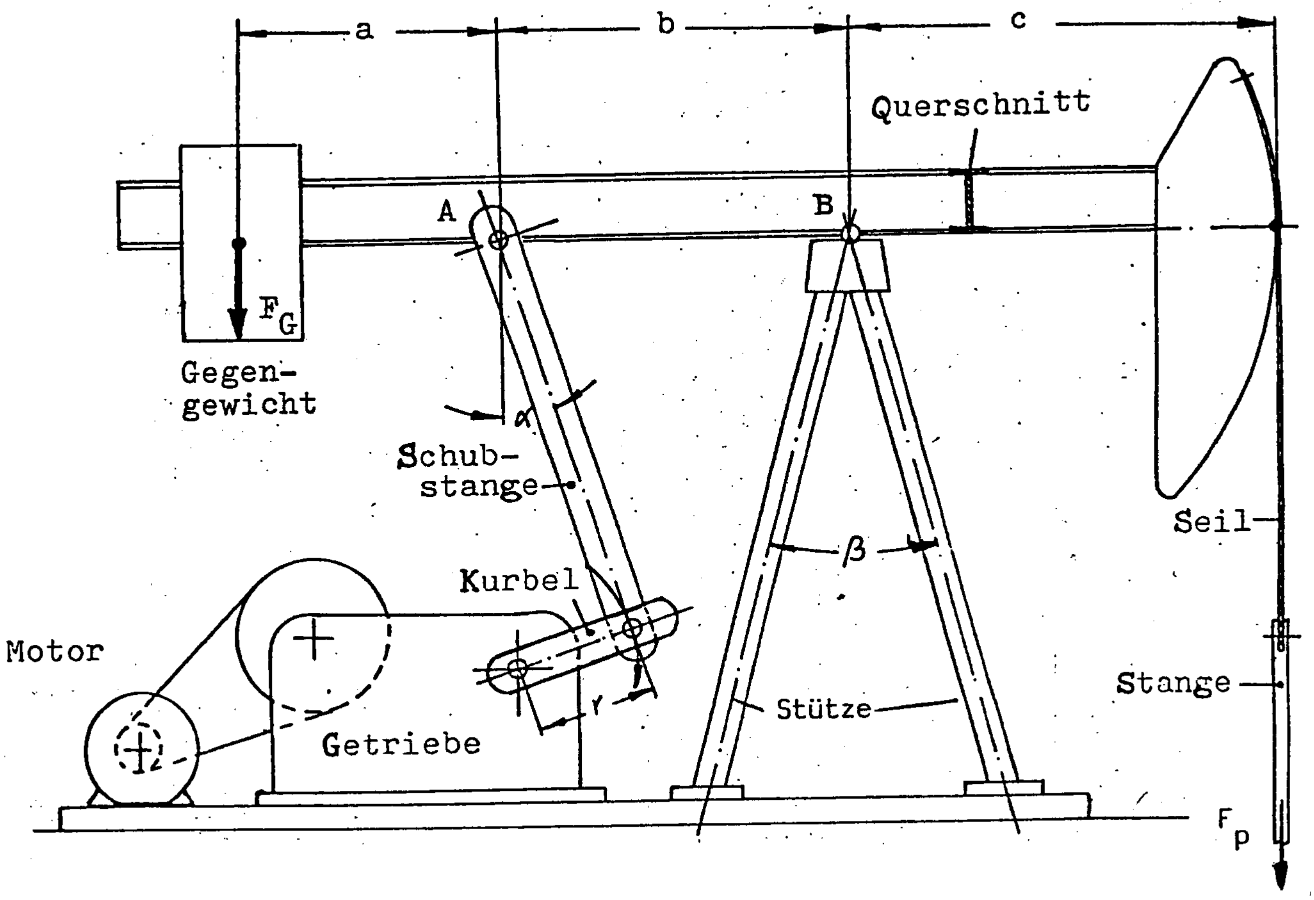
tgt HP 1983/84-2: Erdölpumpe

Die Schubstange der abgebildeten Erdölpumpe bewegt sich abwärts.

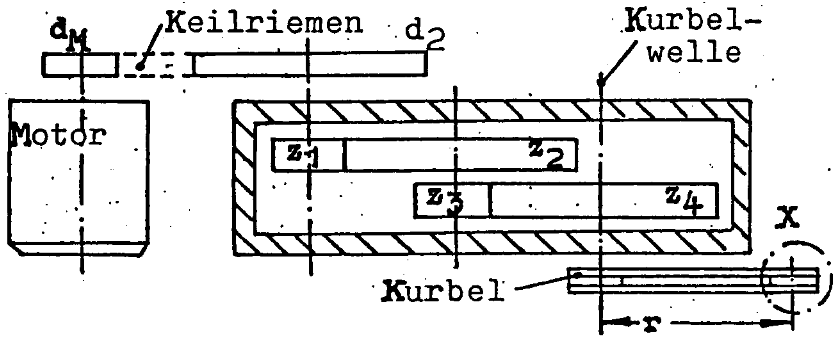


Seilkraft am kreisförmigen Segmentstück		F_P = 20 kN
Gegengewicht		F_G = 10 kN
α = 18°	β = 30°	Kurbel r = 800 mm
a = 1700 mm	b = 2300 mm	c = 2800 mm

	Teilaufgaben:	Punkte
1	Ermitteln Sie rechnerisch oder zeichnerisch die Kräfte in der Schubstange und im Lager B. Das Eigengewicht des Trägers wird vernachlässigt.	6,5
2	Bestimmen Sie den erforderlichen IPE-Träger nach DIN 1025 bei einer zulässigen Spannung von 80 N/mm² aus S235 an der Stelle des maximalen Biegemoments.	4,0
3	Unter der Annahme, dass in der gezeichneten Lage die Stützen am höchsten beansprucht werden, sei die Stützkraft F_B = 40 kN. Sie ist um 95° gegen die positive X-Achse geneigt. Bestimmen Sie die Kräfte in beiden Stützen.	2,0

4 Antrieb

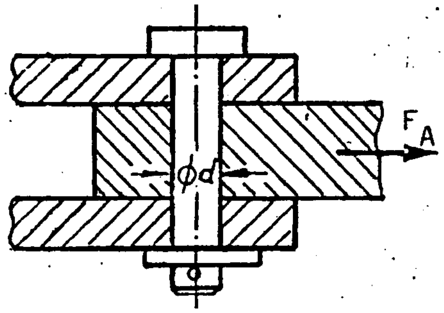
d_M = 100 mm
d_2 = 475 mm
z_1 = 15 Zähne
z_2 = 59 Zähne
z_3 = 15 Zähne
z_4 = 61 Zähne
r = 800 mm



4.1 Welche Antriebsleistung des Motors mit n_M = 1450 1/min ist notwendig, wenn bei einem Gesamtwirkungsgrad des Triebwerks von η = 0,8 eine Kraft von 8,5 kN in der Schubstange aufgebracht werden muss ? Der Winkel zwischen Schubstange und Kurbel beträgt 90°. 5,0

4.2 Berechnen Sie den Durchmesser der Kurbelwelle für ein Torsionsmoment von M_t = 7000 Nm und τ_{tF} = 290 N/mm², wenn 4-fache Sicherheit gewährleistet werden soll. 3,0

4.3 Berechnen Sie nach nebenstehender Skizze die vorhandene Abscherspannung im Bolzen. Überprüfen Sie die vorhandene Sicherheit gegen Bruch, wenn der Bolzen aus C15 gefertigt wird. 2,0
d = 12 mm, F_A = 8,5 kN

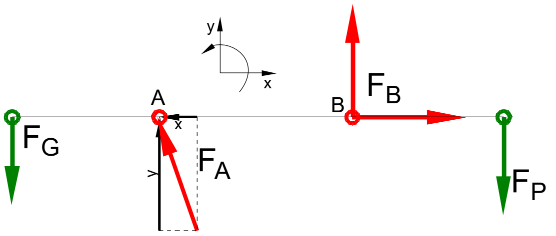


Alle Teilaufgaben sind unabhängig voneinander lösbar. Σ = 22,5

Lösungsvorschläge

Teilaufgaben: Punkte

1 LS IPE-Träger 6,5



Rechnerische Lösung:

$$\Sigma M_B = 0 = +F_G \cdot (a+b) - F_{Ay} \cdot b - F_P \cdot c = +F_G \cdot (a+b) - F_A \cdot \cos\alpha \cdot b - F_P \cdot c \quad \Rightarrow$$

$$F_{Ax} = \frac{F_G \cdot (a+b) - F_P \cdot c}{b} = \frac{10\,kN \cdot (1700+2300)\,mm - 20\,kN \cdot 2800\,mm}{2300\,mm} = -6{,}957\,kN$$

$$F_A = \frac{F_{Ax}}{\cos\alpha} = \frac{-6{,}957\,kN}{\cos 18°} = -7{,}315\,kN$$

$$\Sigma F_x = 0 = -F_{Ax} + F_{Bx} = -F_A \cdot \sin\alpha + F_{Bx} \quad \Rightarrow$$

$$F_{Bx} = +F_A \cdot \sin\alpha = -7{,}315\,kN \cdot \sin 18° = -2{,}260\,kN$$

$$\Sigma F_y = 0 = -F_G + F_{Ay} + F_{By} - F_P = -F_G + F_A \cdot \cos\alpha + F_{By} - F_P \quad \Rightarrow$$

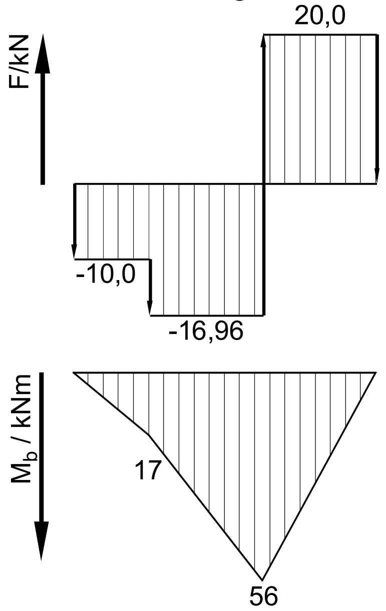
$$F_{By} = +F_G - F_A \cdot \cos\alpha + F_P = 10\,kN - (-7{,}315\,kN) \cdot \cos 18° + 20\,kN = 36{,}96\,kN$$

$$F_B = \sqrt{F_{Bx}^2 + F_{By}^2} = \sqrt{(-2{,}26\,kN)^2 + (36{,}96\,kN)^2} = 37{,}0\,kN$$

$$\delta = \arctan\frac{F_{By}}{F_{Bx}} = \arctan\frac{36{,}96\,kN}{-2{,}26\,kN} = -86{,}5° \quad \text{(nach links oben; 93,5° gegen die x-Achse)}$$

2 Maximales Biegemoment M_{bmax} = 56 kNm (das Größere) 4,0

Grafische Lösung



Biegemoment ermitteln

Rechnung zur Grafik

$$M_G = 0\,kNm$$
$$M_A = M_G + 10\,kNm \cdot 1700\,mm = 17\,kNm$$
$$M_B = M_A + 19{,}96\,kN \cdot 2300\,mm = 56\,kNm$$
$$M_P = M_B - 20\,kN \cdot 2800\,mm = 0\,kNm$$

Rechnerische Lösung

(Lageskizze siehe Aufgabe 1)

$$M_A(links) = |F_1 \cdot l_1|$$
$$= 4\,kN \cdot 45\,mm$$
$$= 180\,Nm$$
$$M_2(links) = |F_1 \cdot (l_1 + l_2) - F_A \cdot l_2|$$
$$= 4\,kN \cdot (45 + 125)\,mm - 4{,}125\,kN \cdot 125\,mm$$
$$= 164{,}375\,kN$$
$$M_B(rechts) = |-F_3 \cdot l_4|$$
$$= 6\,kN \cdot 50\,mm$$
$$= 300\,Nm$$

Erforderliches Widerstandsmoment

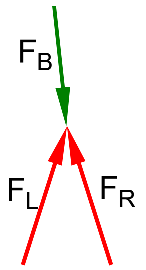
$$\frac{\sigma_{bF}}{\nu} = \sigma_{bzul} > \sigma_b = \frac{M_{bmax}}{W} \quad \Rightarrow$$

$$W_{erf} = \frac{M_{bmax}}{\sigma_{bzul}} = \frac{56\,kNm}{80\,N/mm^2} = 700\,cm^3$$

gewählt: IPE 360 mit W_x = 904 cm³ (→ TabB „DIN 1025“)

Biegung (Auswahl des Profils)

3 LS Knoten B 2,0



zentrales Kräftesystem (rechnerisch oder zeichnerisch)

a Rechnerische Lösung

$$\Sigma F_x = 0 = F_{Bx} + F_{Lx} - F_{Ry} = F_B \cdot \sin 5° + F_L \cdot \sin 15° - F_R \cdot \sin 15° \quad \Rightarrow$$

$$F_R = F_B \cdot \frac{\sin 5°}{\sin 15°} + F_L \qquad (1)$$

$$\Sigma F_y = 0 = -F_{By} + F_{Ly} + F_{Ry} = -F_B \cdot \cos 5° + F_L \cdot \cos 15° + F_R \cdot \cos 15° \quad \Rightarrow$$

$$F_R = F_B \cdot \frac{\cos 5°}{\cos 15°} - F_L \qquad (2)$$

Händische Lösung des Gleichungssystemes (grenzt zwar an Tierquälerei, aber die schönen Symmetrien in den Formeln entschädigen ein wenig):

(1) = (2)

$$F_R = F_B \cdot \frac{\sin 5°}{\sin 15°} + F_L = F_B \cdot \frac{\cos 5°}{\cos 15°} - F_L \quad \Rightarrow$$

$$F_L = \frac{F_B}{2} \cdot \left(\frac{\cos 5°}{\cos 15°} - \frac{\sin 5°}{\sin 15°} \right) = \frac{40\,kN}{2} \cdot \left(\frac{\cos 5°}{\cos 15°} - \frac{\sin 5°}{\sin 15°} \right) = 13{,}9\,kN$$

Im Abi würde ich F_R sicherheitshalber konventionell herleiten, aber das Ergebnis stimmt ;-)

$$F_R = \frac{F_B}{2} \cdot \left(\frac{\cos 5°}{\cos 15°} + \frac{\sin 5°}{\sin 15°} \right) = \frac{40\,kN}{2} \cdot \left(\frac{\cos 5°}{\cos 15°} + \frac{\sin 5°}{\sin 15°} \right) = 27{,}4\,kN$$

4

4.1 5,0

$$M_{ab} = F \cdot \frac{d}{2} = 8{,}5\,kN \cdot 800\,mm = 6{,}8\,kN$$

$$i = \frac{d_2}{d_M} \cdot \frac{z_2}{z_1} \cdot \frac{z_4}{z_3} = \frac{475\,mm}{100mm} \cdot \frac{59}{15} \cdot \frac{61}{15} = 80{,}0$$

$$i = \frac{n_{ab}}{n_{zu}} \quad \Rightarrow \quad n_{ab} = \frac{n_{zu}}{i} = \frac{1450\,min^{-1}}{80} = 19{,}1\,min^{-1} = 0{,}318\,s^{-1}$$

$$P_{ab} = 2\pi \cdot M_{ab} \cdot n_{ab} = 2\pi \cdot 6{,}8\,kNm \cdot 0{,}318\,s^{-1} = 13{,}6\,kW$$

$$\eta = \frac{P_{ab}}{P_{zu}} \quad \Rightarrow \quad P_M = \frac{P_{ab}}{\eta} = \frac{13{,}6\,kW}{0{,}8} = 17\,kW$$

4.2 3,0

$$\frac{\tau_{tF}}{\nu} = \tau_{tzul} > \tau_t = \frac{M}{W_p} \quad \Rightarrow$$

$$\tau_{tzul} = \frac{\tau_{tF}}{\nu} = \frac{290\,N/mm^2}{4} = 72{,}5\,\frac{N}{mm^2}$$

$$W_{perf} = \frac{M_t}{\tau_{tzul}} = \frac{7000\,Nm}{72{,}5\,N/mm^2} = 96{,}6\,cm^3$$

$$W_p = \frac{\pi \cdot d^3}{16} \quad \Rightarrow \quad d_{erf} = \sqrt[3]{\frac{W_p \cdot 16}{\pi}} = \sqrt[3]{\frac{96{,}6\,mm^3 \cdot 16}{\pi}} = 78{,}9\,mm$$

Gewählt: d = 80 mm aus Normzahlreihe R10

Erforderlicher Durchmesser bei Torsion

4.3 Sicherheit gegen Abscheren: 2,0

τ_{aB} = 600 N/mm² (C15→Tabellenbuch Metall, Europa Verlag, 44.Auflage, S.44)

$$S = \frac{\pi \cdot d_B^2}{4} = \frac{\pi \cdot 12^2\,mm^2}{4} = 113{,}1\,mm^2$$

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

$$\tau_a = \frac{F_A}{2 \cdot S} = \frac{8{,}5\,kN}{2 \cdot 113{,}1\,mm^2} = 37{,}6\,\frac{N}{mm^2}$$

$$\nu = \frac{\tau_{aB}}{\tau_a} = \frac{600\,N/mm^2}{37{,}6\,N/mm^2} = 16{,}0$$

Sicherheit gegen Abscheren (BolzenØ)

Alle Teilaufgaben sind unabhängig voneinander lösbar. Σ = 22,5