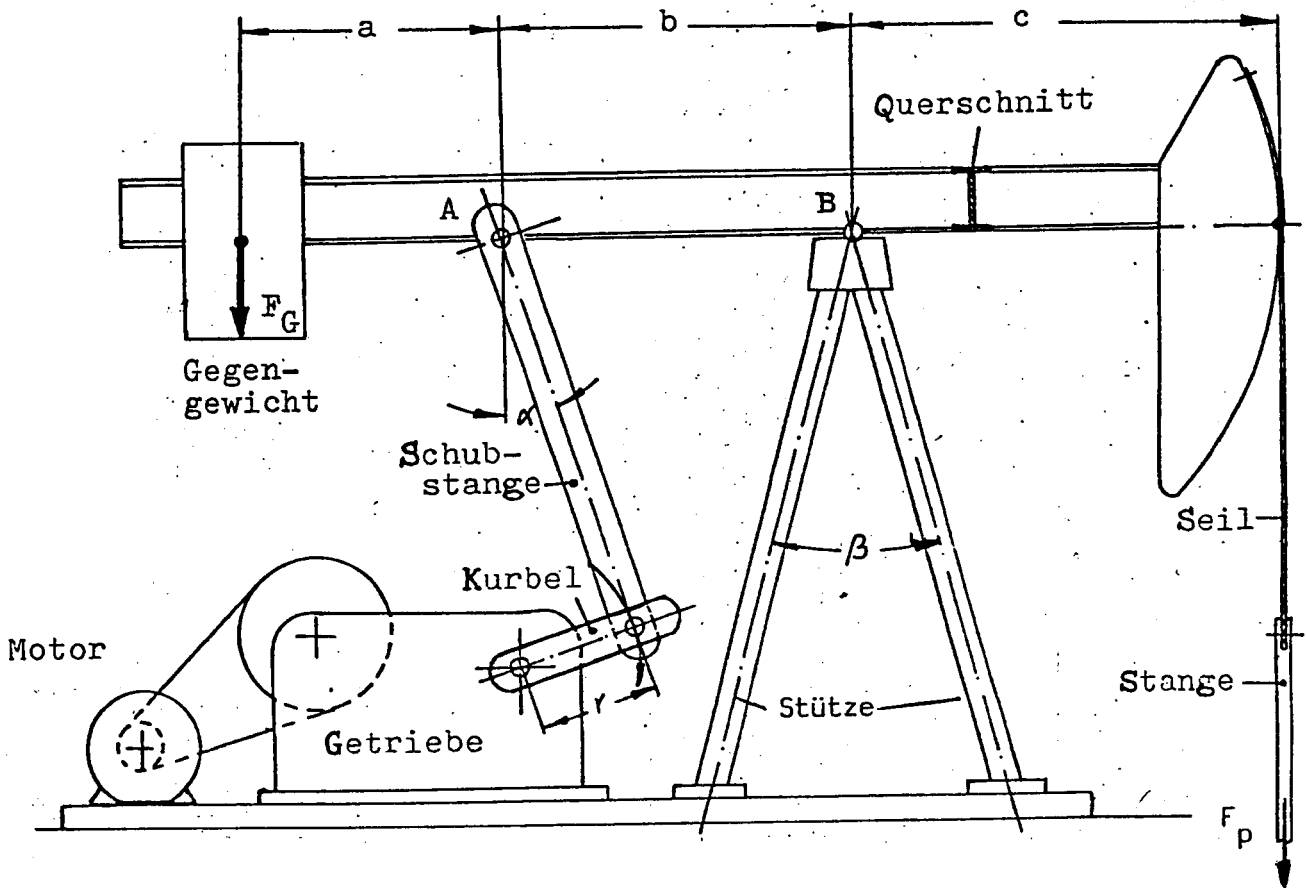


HP 1983/84-2: Erdölpumpe

HP 1983/84-2: Erdölpumpe



Die Schubstange der abgebildeten Erdölpumpe bewegt sich abwärts.

Seilkraft am kreisförmigen Segmentstück

$$F_P = 20 \text{ kN}$$

Gegen-gewicht

$$F_G = 10 \text{ kN}$$

$$\alpha = 18^\circ$$

$$\beta = 30^\circ$$

$$\text{Kurbel } r = 800 \text{ mm}$$

$$a = 1700 \text{ mm}$$

$$b = 2300 \text{ mm}$$

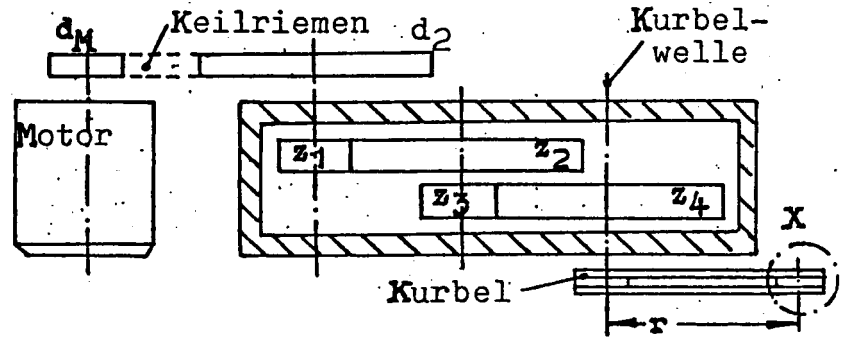
$$c = 2800 \text{ mm}$$

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/mm^2 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 $F_B = 40 \text{ kN}$. Sie ist um 95° gegen die positive X-Achse geneigt. Bestimmen Sie die Kräfte in beiden Stützen.	2,0

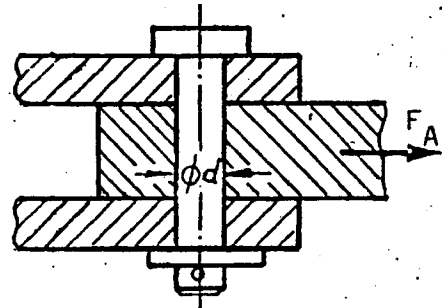
HP 1983/84-2: Erdölpumpe

4 Antrieb

- $d_M = 100 \text{ mm}$
- $d_2 = 475 \text{ mm}$
- $z_1 = 15 \text{ Zähne}$
- $z_2 = 59 \text{ Zähne}$
- $z_3 = 15 \text{ Zähne}$
- $z_4 = 61 \text{ Zähne}$
- $r = 800 \text{ mm}$



- 4.1 Welche Antriebsleistung des Motors mit $n_M = 1450 \text{ 1/min}$ ist notwendig, wenn bei einem Gesamtwirkungsgrad des Triebwerks von $\eta = 0,8$ eine Kraft von $8,5 \text{ kN}$ 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 $M_t = 7000 \text{ Nm}$ und $\tau_{tF} = 290 \text{ N/mm}^2$, 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. $d = 12 \text{ mm}$, $F_A = 8,5 \text{ kN}$ 2,0



Alle Teilaufgaben sind unabhängig voneinander lösbar.

$\Sigma = 22,5$

HP 1983/84-2: Erdölpumpe

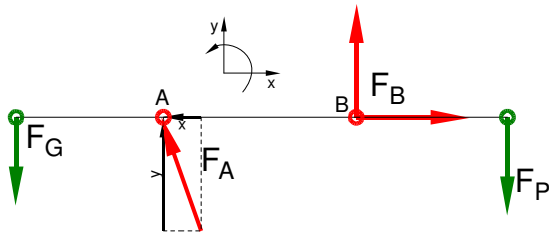
Lösungsvorschläge

Teilaufgaben:

Punkte

1 LS IPE-Träger

6,5



Rechnerische Lösung:

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

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

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

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

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

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

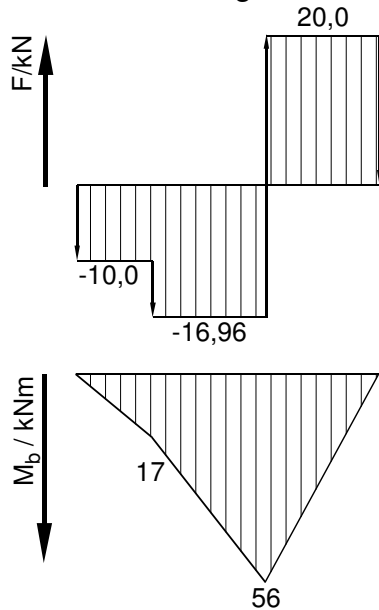
$$F_{By} = +F_G - F_A \cdot \cos \alpha + F_P = 10 \text{ kN} - (-7,315 \text{ kN}) \cdot \cos 18^\circ + 20 \text{ kN} = 36,96 \text{ kN}$$

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

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

HP 1983/84-2: Erdölpumpe

2 Maximales Biegemoment $M_{bmax} = 56 \text{ kNm}$ (das Größere) 4,0
 Grafische Lösung Rechnung zur Grafik



$$M_G = 0 \text{ kNm}$$

$$M_A = M_G + 10 \text{ kNm} \cdot 1700 \text{ mm} = 17 \text{ kNm}$$

$$M_B = M_A + 19,96 \text{ kN} \cdot 2300 \text{ mm} = 56 \text{ kNm}$$

$$M_P = M_B - 20 \text{ kN} \cdot 2800 \text{ mm} = 0 \text{ kNm}$$

Rechnerische Lösung
 (Lageskizze siehe Aufgabe 1)

$$M_A(\text{links}) = |F_1 \cdot l_1|$$

$$= 4 \text{ kN} \cdot 45 \text{ mm}$$

$$= 180 \text{ Nm}$$

$$M_2(\text{links}) = |F_1 \cdot (l_1 + l_2) - F_A \cdot l_2|$$

$$= 4 \text{ kN} \cdot (45 + 125) \text{ mm} - 4,125 \text{ kN} \cdot 125 \text{ mm}$$

$$= 164,375 \text{ kNm}$$

$$M_B(\text{rechts}) = |-F_3 \cdot l_4|$$

$$= 6 \text{ kN} \cdot 50 \text{ mm}$$

$$= 300 \text{ Nm}$$

Biegemoment ermitteln

Erforderliches Widerstandsmoment

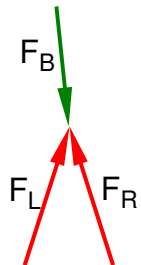
$$\frac{\sigma_{bF}}{v} = \sigma_{bzul} > \sigma_b = \frac{M_{bmax}}{W} \Rightarrow$$

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

gewählt: IPE 360 mit $W_x = 904 \text{ cm}^3$ (\rightarrow TabB „DIN 1025“)

Biegung (Auswahl des Profils)

3 LS Knoten B 2,0



zentrales Kräftesystem (rechnerisch oder zeichnerisch)

a Rechnerische Lösung

$$\Sigma F_x = 0 = F_{Bx} + F_{Lx} - F_{Rx} = F_B \cdot \sin 5^\circ + F_L \cdot \sin 15^\circ - F_R \cdot \sin 15^\circ \Rightarrow$$

$$F_R = F_B \cdot \frac{\sin 5^\circ}{\sin 15^\circ} + F_L \tag{1}$$

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

$$F_R = F_B \cdot \frac{\cos 5^\circ}{\cos 15^\circ} - F_L \tag{2}$$

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

(1) = (2)

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

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

HP 1983/84-2: Erdölpumpe

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

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

4

4.1 $M_{ab} = F \cdot \frac{d}{2} = 8,5 \text{ kN} \cdot 800 \text{ mm} = 6,8 \text{ kNm}$ 5,0

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

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

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

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

4.2 $\frac{\tau_{tF}}{v} = \tau_{tzul} > \tau_t = \frac{M}{W_p} \Rightarrow$ 3,0

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

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

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

Gewählt: $d = 80 \text{ mm}$ aus Normzahlreihe R10

Erforderlicher Durchmesser bei Torsion

4.3 Sicherheit gegen Abscheren: 2,0

$\tau_{aB} = 600 \text{ N/mm}^2$ (C15 → Tabellenbuch Metall, Europa Verlag, 44. Auflage, S.44)

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

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

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

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

Sicherheit gegen Abscheren (BolzenØ)

Alle Teilaufgaben sind unabhängig voneinander lösbar.

$\Sigma = 22,5$