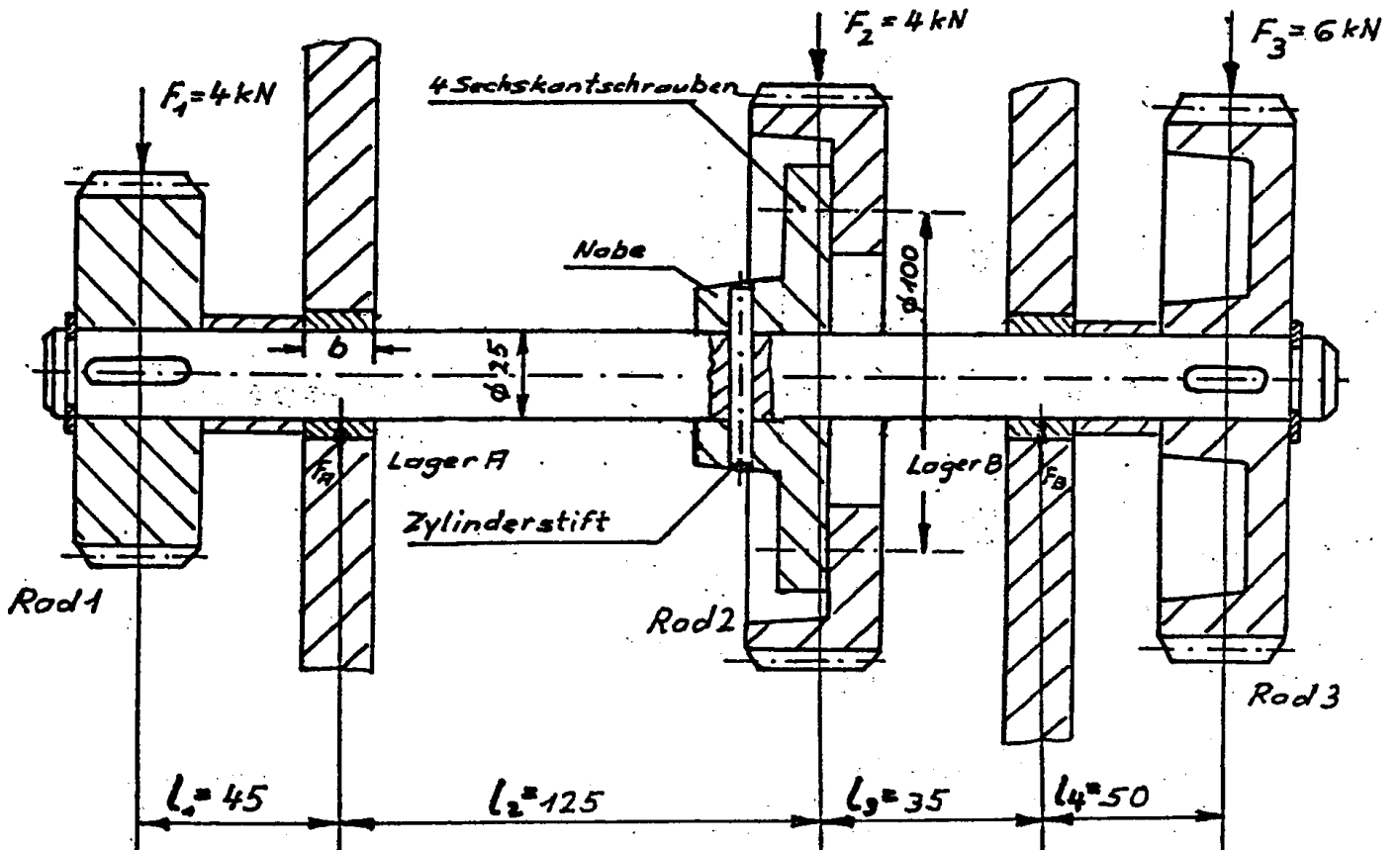




tgt HP 1982/83-2: Getriebewelle



Die Getriebewelle wird über das Zahnrad 3 mit einem Drehmoment $M_d = 70 \text{ Nm}$ angetrieben; über das Zahnrad 2 werden 70% dieses Drehmoments abgeleitet. Die Welle ist in den Lagern A und B in Lagerschalen aus Rotguss¹ gelagert. Die Räder 1 und 3 sind mit der Welle mittels Passfedern, das Rad 2 mittels eines Zylinderstifts formschlüssig verbunden. Rad 2 besteht aus einem Zahnkranz, der mit 4 Sechskantschrauben mit der Nabe kraftschlüssig verbunden ist.

1 Hinweis: Rotguss ist eine nicht mehr normgerechte Bezeichnung für CuSnZn-Legierungen, die oft auch noch Pb enthalten.



Teilaufgaben:		Punkte
1	Bestimmen Sie zeichnerisch die Auflagerkräfte F_A und F_B .	4,0
2	Berechnen Sie die Biegemomente in der Welle an den Lagerstellen A und B sowie am Rad 2.	3,5
3	Berechnen Sie die vorhandene Biegespannung am Lager B. Wählen Sie einen geeigneten Wellenwerkstoff aufgrund dieser Biegespannung, wenn 1,6-fache Sicherheit gegen bleibende Verformung verlangt wird.	3,0
4	Der Zylinderstift aus E335 wird auf Abscherung beansprucht. Bestimmen Sie den erforderlichen Durchmesser eines genormten Stiftes, wenn 4-fache Sicherheit gefordert wird.	4,0
5	Berechnen Sie das erforderliche metrische ISO-Gewinde der 4 Sechskantschrauben am Zahnkranz. Das Drehmoment soll rein kraftschlüssig durch das Reibmoment zwischen Zahnkranz und Nabe übertragen werden. Als Schraubenwerkstoff ist 5.6 zu wählen. Der Reibungskoeffizient $\mu_0 = 0,15$. Es wird 4-fache Sicherheit gegen bleibende Verformung verlangt.	5,0
6	Die Lagerschalen aus Rotguss am Lager A dürfen maximal mit einer Flächenpressung $p_{zul} = 4 \text{ N/mm}^2$ belastet werden. Überprüfen Sie, ob das geforderte Bauverhältnis von Lagerbreite zu Lagerdurchmesser $b : d = 1,5 : 1$ eingehalten werden kann, wenn die Lagerkraft $F_A = 4 \text{ kN}$ beträgt.	3,0
Alle Teilaufgaben sind unabhängig voneinander lösbar.		$\Sigma = 22,5$

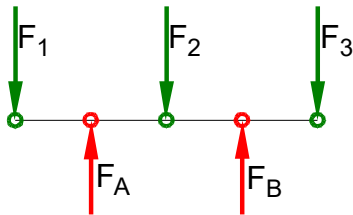


Lösungsvorschläge

Teilaufgaben:

Punkte
4,0

1 Lageskizze Getriebewelle



Rechnerische Lösung (nicht gefordert)

$$\Sigma M_A = 0 = +F_1 \cdot l_1 - F_2 \cdot l_2 + F_B \cdot (l_2 + l_3) - F_3 \cdot (l_2 + l_3 + l_4) \Rightarrow$$

$$F_B = \frac{-F_1 \cdot l_1 + F_2 \cdot l_2 + F_3 \cdot (l_2 + l_3 + l_4)}{l_2 + l_3}$$

$$= \frac{-4 \text{ kN} \cdot 45 \text{ mm} + 4 \text{ kN} \cdot 125 \text{ mm} + 6 \text{ kN} \cdot (125 + 35 + 50) \text{ mm}}{125 \text{ mm} + 35 \text{ mm}} = 9,875 \text{ kN}$$

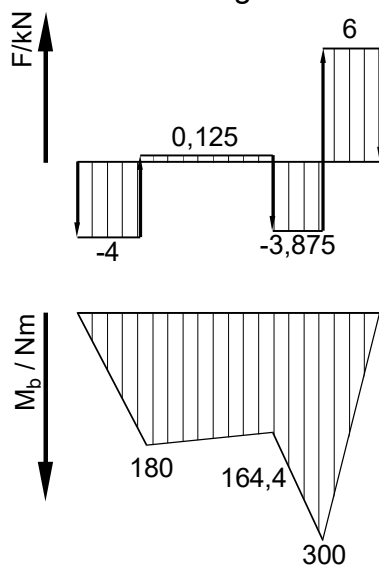
$$\Sigma F_y = 0 = -F_1 + F_A - F_2 + F_B - F_3 \Rightarrow$$

$$F_A = F_1 + F_2 - F_B + F_3 = 4 \text{ kN} + 4 \text{ kN} - 9,875 \text{ kN} + 6 \text{ kN} = 4,125 \text{ kN}$$

Auflagerkräfte Schlusslinienverfahren

2

Grafische Lösung



Rechnerische Lösung

(Lageskizze siehe Aufgabe 1)

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

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

$$= 180 \text{ Nm}$$

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

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

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

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

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

$$= 300 \text{ Nm}$$

3,5

Biegemoment ermitteln



- 3 Biegespannung; gewählt: z.B S235 mit $\sigma_{bF} = 330 \text{ N/mm}^2$ (Tabellenbuch Metall, Europa, 44.Aufl. S.44)

3,0

$$W = \frac{\pi \cdot d^3}{32} = \frac{\pi \cdot (25 \text{ mm})^3}{32} = 1,53 \text{ cm}^3$$

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

$$\sigma_b = \frac{300 \text{ Nm}}{1,53 \text{ cm}^3} = 196 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\sigma_{bF_{erf}} = \sigma_b \cdot v = 196 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot 1,5 = 293 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Biegespannung ermitteln und Werkstoff wählen

- 4 Zunächst muss die Kraft berechnet werden, die die Scherflächen des Zylinderstiftes am Nabendurchmesser übertragen müssen.

4,0

$$M_2 = 70\% \cdot M_d = 70\% \cdot 70 \text{ Nm} = 49 \text{ Nm}$$

$$M = \frac{F \cdot d}{2} \Rightarrow F_z = \frac{2 \cdot M_2}{d} = \frac{2 \cdot 49 \text{ Nm}}{25 \text{ mm}} = 3920 \text{ N}$$

$\tau_{aB} = 470 \text{ N/mm}^2$ (E335 → Tabellenbuch Metall, Europa Verlag, 44. Auflage, S.44)

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

$$\tau_{azul} = \frac{\tau_{aB}}{v} = \frac{470 \text{ N/mm}^2}{4} = 117,5 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$S_{erf} = \frac{F_z}{2 \cdot \tau_{azul}} = \frac{3920 \text{ N}}{2 \cdot 117,5 \text{ N/mm}^2} = 16,7 \text{ mm}^2$$

$$S = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \Rightarrow d_{erf} = \sqrt{\frac{4 \cdot S}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 16,7 \text{ mm}^2}{\pi}} = 4,6 \text{ mm}$$

Gewählt wird der nächstgrößere $\varnothing 5 \text{ mm}$ (→ TabB „Zylinderstift“)
 Scherfestigkeit (Bolzen \varnothing) kombiniert mit Statik



- 5 Zunächst muss die Umfangskraft berechnet werden, die Schrauben halten müssen. 5,0

$$M_2 = 70\% \cdot M_d = 70\% \cdot 70 \text{ Nm} = 49 \text{ Nm}$$

$$M = \frac{F \cdot d}{2} \Rightarrow F_U = \frac{2 \cdot M_2}{d_u} = \frac{2 \cdot 49 \text{ Nm}}{100 \text{ mm}} = 980 \text{ N}$$

Umfangskraft je Schraube

$$F_{US} = \frac{F_U}{4} = \frac{980 \text{ N}}{4} = 245 \text{ N}$$

Schraubenkraft F_S

$$F_R = F_N \cdot \mu \Rightarrow F_S = \frac{F_{US}}{\mu_0} = \frac{245 \text{ N}}{0,15} = 1633,3 \text{ N}$$

Festigkeitsklasse 5.6 bedeutet (siehe auch [EuroTabM] „Festigkeitsklasse“):

$$R_m = 5 \cdot 100 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} = 500 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$R_e = 0,6 \cdot R_m = 0,6 \cdot 500 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} = 300 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\frac{\sigma_{zlim}}{\sqrt{v}} = \sigma_{zzul} > \sigma_z = \frac{F}{S} \Rightarrow$$

$$\sigma_{zzul} = \frac{R_e}{\sqrt{v}} = \frac{300 \text{ N/mm}^2}{4} = 75 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$S_{erf} = \frac{F}{\sigma_{zzul}} = \frac{1633,3 \text{ N}}{75 \text{ N/mm}^2} = 21,8 \text{ mm}^2$$

Gewählt: M8 mit $S = 36,6 \text{ mm}^2$ (\rightarrow [EuroTabM] „Gewinde“)

Schraubenauswahl nach Zugkraft mit Festigkeitsklasse

- 6 $p_{vor} = \frac{F_A}{A} = \frac{F_A}{b \cdot d} = \frac{F_A}{1,5 \cdot d^2} = \frac{4 \text{ kN}}{1,5 \cdot 25^2 \text{ mm}^2} = 4,3 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} < p_{zul} = 4,0 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$ 3,0

\rightarrow Bauverhältnis kann nicht gehalten werden.

Flächenpressung prüfen

Alle Teilaufgaben sind unabhängig voneinander lösbar.

$\Sigma = 22,5$