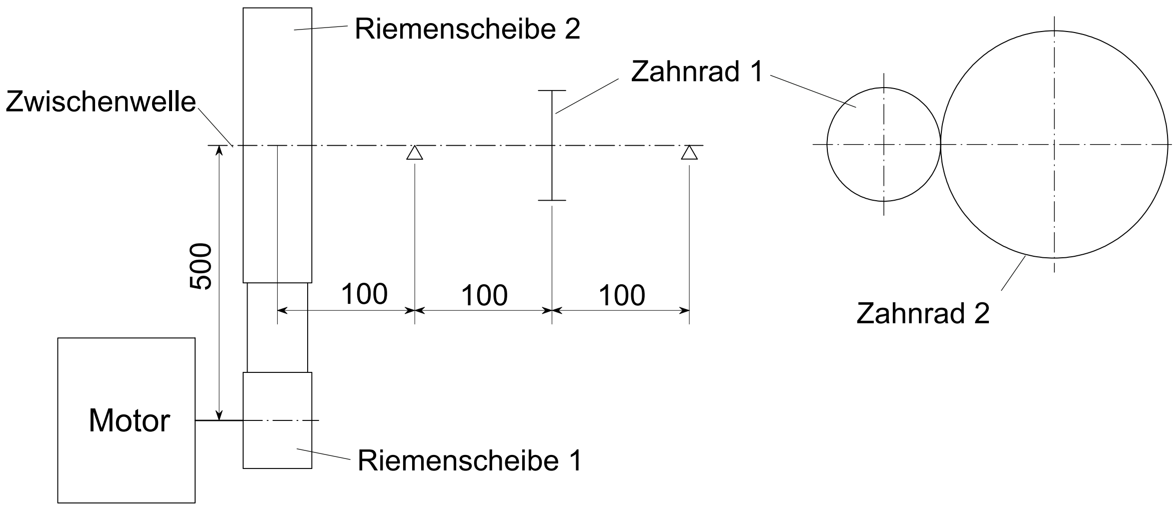
Welle mit Riemenscheibe und Zahnrad

In einer Exzenterpresse treibt ein Motor über einen Flachriemen die Riemenscheibe 2 an. Diese Riemenscheibe ist fest mit einer Welle verbunden, auf der ein geradverzahntes Ritzel (Zahnrad 1) ohne Profilverschiebung sitzt. Dieses Ritzel treibt ein Zahnrad 2 an, das eine Exzenterwelle antreibt.



Leistung des Antriebsmotors	$P_M = 5$ kW
Motordrehzahl	$n_M = 1450\ \text{min}^{-1}$
Drehrichtung Motor	**in** Uhrzeigersinn
Abmessungen Riemenscheiben	$d_1 = 71$ mm, $d_2 = 200$ mm, $B = 63$ mm
Reibungskoeffizient am Riemen	$\mu_R = 0{,}3$
Zähnezahlen	$z_1 = 20$, $z_2 = 80$
Zahnradbreiten	$b_1 = 60$ mm, $b_2 = 50$ mm
Modul	$m = 4$ mm

Fragen:

a) Wie groß muss die Wellenbelastung F_W des Riementriebs mindestens sein um die gesamte Motorleistung zu übertragen?

b) Zeichen Sie den Biege- und Torsionsmomentenverlauf über die gesamte Wellenlänge. Wie groß ist das maximale Biegemoment? Das Eigengewicht ist dabei nicht zu berücksichtigen.

c) Wie groß muss der Durchmesser der Zwischenwelle an der Stelle der maximalen Belastung mindestens sein, wenn sie aus E 295 ist und für die Grobauslegung das Torsionsmoment und das Biegemoment berücksichtigt wird?

d) Ändert sich die Belastung der Zwischenwelle wenn der Motor entgegen Uhrzeigersinn angetrieben wird? Begründen Sie Ihre Antwort.

Musterlösung

a) Wellenbelastung (Ohne Berücksichtigung der Fliehkraft)

Drehmoment: $$T_M = \frac{P_M}{2 \cdot \pi \cdot n_M} = \frac{5000 \cdot 60}{2 \cdot \pi \cdot 1450} = 32{,}928 \text{ Nm}$$

Umfangskraft: $$F_U = \frac{T_M}{d_k/2} = \frac{32928 \cdot 2}{71} = 927{,}56 \text{ N}$$

Umschlingungswinkel: $$\sin\alpha = \frac{r_2 - r_1}{e} = \frac{100 - 35{,}5}{500} = 0{,}129 \quad \Rightarrow \quad \alpha = 7{,}412°$$

$$\beta_1 = 180° - 2 \cdot \alpha = 165{,}176° \qquad \Rightarrow \quad \hat{\beta}_1 = \frac{\pi \cdot \beta_1}{180} = 2{,}883$$

Kraft im Leertrum: $$F_{T2} = \frac{F_U}{e^{\mu \hat{\beta}_1} - 1} = \frac{927{,}56}{e^{0{,}3 \cdot 2{,}883} - 1} = 674{,}7 \text{ N}$$

Kraft im Lasttrum: $$F_{T1} = F_U + F_{T2} = 1602{,}26 \text{ N}$$

Näherungsrechnung mit β = 180°:

Wellenbelastung: $$F_W = F_{T1} + F_{T2} = 1602{,}26 + 674{,}7 = \underline{\underline{2277 \text{ N}}}$$

Genaue Rechnung:

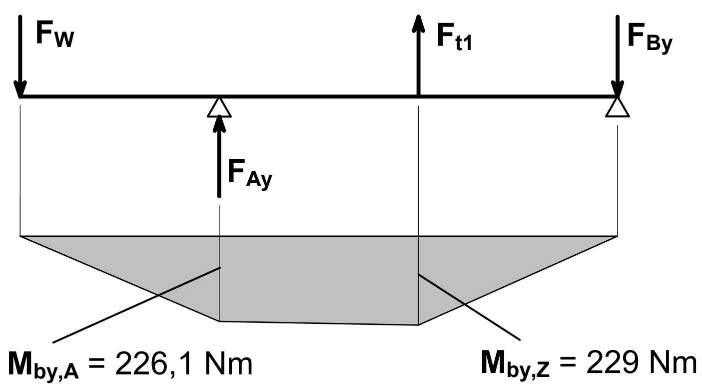
Wellenbelastung: $$F_W = \sqrt{F_{T1}^2 + F_{T2}^2 - 2 \cdot F_{T1} \cdot F_{T2} \cdot \cos\beta_1} = \underline{\underline{2261 \text{ N}}}$$

b) Biege- und Torsionsmoment

Zahnkräfte Ritzel: $$F_{t_1} = \frac{2 \cdot i_R \cdot T_M}{m \cdot z_1} = \frac{2 \cdot {}^{200}\!/_{71} \cdot 32928}{4 \cdot 20} = 2319 \text{ N}$$

$$F_{r_1} = F_{t_1} \cdot \tan\alpha = 2318{,}25 \cdot \tan 20° = 844 \text{ N}$$

Biegemoment in y-z-Ebene:



$$F_W \cdot 100 + F_{t_1} \cdot 100 - F_{By} \cdot 200 = 0$$

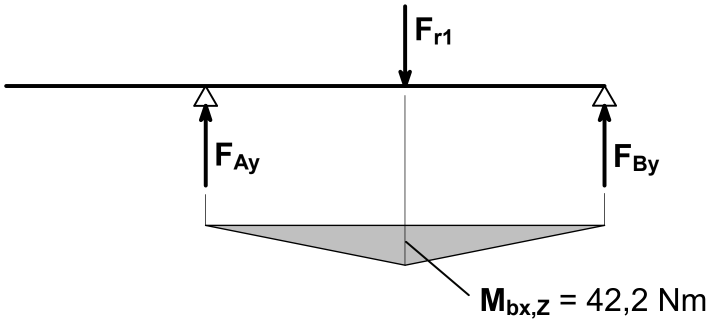
$$F_{By} = \frac{F_W \cdot 100 + F_{t_1} \cdot 100}{200} = \frac{2261 \cdot 100 + 2319 \cdot 100}{200} = 2290\ N$$

$$F_{Ay} = F_W - F_{t_1} + F_{By} = 2261 - 2319 + 2290 = 2232\ N$$

am Lager A: $M_{by,A} = F_W \cdot 100 = F_{By} \cdot 200 - F_{r_1} \cdot 100 = 2261 \cdot 100 = \underline{226{,}1\ Nm}$

am Zahnrad: $M_{by,Z} = F_{By} \cdot 100 = F_W \cdot 200 - F_{Ay} \cdot 100 = 2290 \cdot 100 = \underline{229\ Nm}$

Biegemoment in x-z-Ebene:



$$F_{r_1} \cdot 100 - F_{Bx} \cdot 200 = 0$$

$$F_{Bx} = \frac{F_{r_1} \cdot 100}{200} = \frac{844 \cdot 100}{200} = 422\ N$$

$$F_{Ax} = F_{r_1} - F_{Bx} = 844 - 422 = 422\ N$$

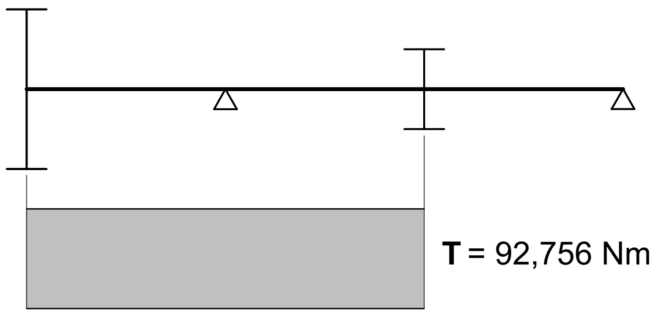
$$M_{bx,Z} = F_{Ax} \cdot 100 = F_{Bx} \cdot 100 = 422 \cdot 100 = \underline{42{,}2\ Nm}$$

Maximales Biegemoment am Ritzel:

$$M_{b,max} = \sqrt{M_{bx,A}^2 + M_{bx,Z}^2} = \sqrt{229^2 + 42{,}2^2} = \underline{\underline{232{,}8\ Nm}}$$

Torsionsmoment:

$$T_{Zw} = T_M \cdot i_R = 32{,}928 \cdot 200 / 71 = 92{,}75\ \text{Nm}$$



c) Wellendurchmesser

$$M_V = \sqrt{M_{b,max}^2 + 0,5 \cdot T^2} = \sqrt{232,8^2 + 0,5 \cdot 92,756^2} = 241,8 \text{ Nm}$$

Biegewechselfestigkeit: $\sigma_{bW} = 245 \text{ MPa}$ (E 295)

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{32}{\pi} \cdot \frac{M_V}{\sigma_{bW}/4}} = \sqrt[3]{\frac{32}{\pi} \cdot \frac{241800 \cdot 4}{245}} = \underline{\underline{34,26 \text{ mm}}}$$

d) Drehrichtungsumkehr

Belastung ändert sich!
Die Umfangskraft F_{t1} des Ritzels ändert die Richtung.
Dadurch ändern sich die Lagerkräfte und der Biegemomentenverlauf in der y-z-Ebene.