

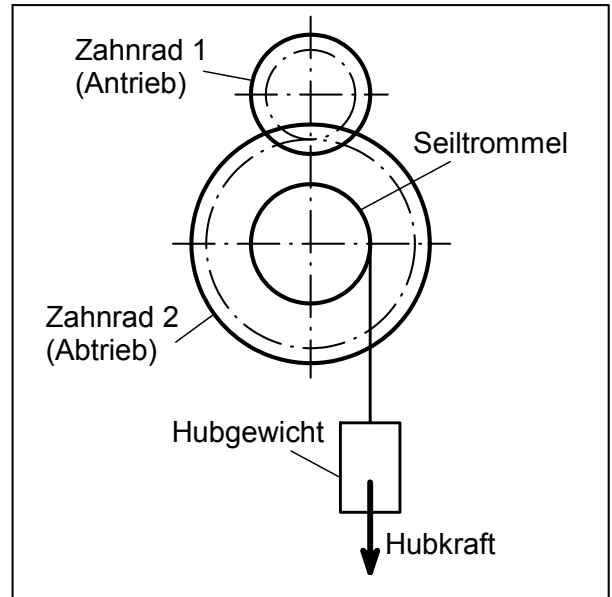
Getriebeauslegung

Die Zahnradpaarung eines einstufigen Getriebes, das eine Seiltrommel antreibt, soll ausgelegt werden. Das Zahnrad 1 ist mit einer positiven Profilverschiebung zu versehen. Die Kopfkürzung kann an beiden Zahnrädern vernachlässigt werden.

Der eingeschränkte Bauraum erlaubt nur einen maximalen Kopfkreisdurchmesser des zweiten Zahnrades von $d_{a2} = 166 \text{ mm}$. Der Wirkungsgrad ist für die Auslegung nicht zu berücksichtigen.

Gegeben:

Hubkraft:	$F = 3.000 \text{ N}$
Achsabstand:	$a = 110 \text{ mm}$
Zähnezahl Rad 1:	$z_1 = 19$
Profilverschiebung Rad 2:	$x_2 = 0$
Schrägungswinkel:	$\beta = 15^\circ$
Profilüberdeckung:	$\varepsilon_\beta = 1,45$
Gemeinsame Zahnbreite:	$b = 28 \text{ mm}$
Durchmesser Seiltrommel:	$D_{Tr} = 80 \text{ mm}$
Antriebsdrehzahl:	$n_{an} = 970 \text{ 1/min}$
Zahnradwerkstoff:	16 MnCr 5 mit $\sigma_{FE} = 820 \text{ N/mm}^2$
Summe der K-Faktoren:	$K_{ges} = 1,5$



Fragen:

- Bestimmen Sie den Modul m_n und die Zähnezahl z_2 .
- Für das Hebezeug sind folgende Daten zu ermitteln:
 - Übersetzung
 - Abtriebsdrehzahl
 - Geschwindigkeit des Hubgewichts
 - Motorleistung
 - An- und Abtriebsmoment
- Wie groß muss für eine spielfreie Verzahnung die Profilverschiebung am Zahnrad 1 sein?
- Für das Antriebszahnrad wird eine 10-fache Sicherheit gegen Zahnbruch gefordert. Überprüfen Sie diese Anforderung.

e) Musterlösung

a) Modul / Zähnezahl

Annahme $(x_1 + x_2) = 0$: $a_d = \frac{z_1 + z_2}{2 \cdot \cos \beta} \cdot m_n \approx a = 110 \text{ mm}$ (1)

Gegeben: $d_{a2} = d_2 + 2 \cdot m_n = \frac{z_2 \cdot m_n}{\cos \beta} + 2 \cdot m_n \leq 166 \text{ mm}$ (2)

Aus Gleichung (2) folgt:

$$z_2 \leq \frac{(166 - 2 \cdot m_n) \cdot \cos \beta}{m_n}$$

Mit z_2 in Gleichung (1) eingesetzt kann nach Umstellung der Modul berechnet werden:

$$m_n = \frac{(220 - 166) \cdot \cos \beta}{z_1 - 2 \cdot \cos \beta} = \frac{(220 - 166) \cdot \cos 15^\circ}{19 - 2 \cdot \cos 15^\circ} = 3,056 \text{ mm} \quad \text{gewählt: } \underline{\underline{m_n = 3 \text{ mm}}}$$

Für die Zähnezahl z_2 gilt dann:

$$z_2 \leq \frac{(166 - 2 \cdot m_n) \cdot \cos \beta}{m_n} = \frac{(166 - 2 \cdot 3) \cdot \cos 15^\circ}{3} = 51,5 \quad \text{gewählt: } \underline{\underline{51 \text{ Zähne}}}$$

b) Übersetzung:

$$i = \frac{z_2}{z_1} = \frac{51}{19} = 2,684$$

b) Abtriebsdrehzahl:

$$n_{ab} = \frac{n_{an}}{i} = \frac{970}{2,684} = 361,4 \text{ min}^{-1}$$

b) Geschwindigkeit Hubgewicht:

$$v_{Hub} = \frac{D_{Tr}}{2} \cdot 2 \cdot \pi \cdot n_{ab} = \frac{80}{2} \cdot 2 \cdot \pi \cdot \frac{361,4}{60} = 1,5 \text{ m/s}$$

b) Motorleistung:

$$P_M = F_{Hub} \cdot v_{Hub} = 3000 \cdot 1,5 = 4500 \text{ Nm/s} = 4,5 \text{ kW}$$

b) An- und Abtriebsmomente:

$$T_{ab} = F_{Hub} \cdot \frac{D_{Tr}}{2} = 3000 \cdot 40 = 12000 \text{ Nmm} = 120 \text{ Nm}$$

$$T_{an} = \frac{T_{ab}}{i} = \frac{120}{2,684} = 44,7 \text{ Nm}$$

c) Profilverschiebung

Fall I: Achsabstand und Zähnezahlen gegeben:

$$\tan \alpha_t = \frac{\tan \alpha_n}{\cos \beta} = \frac{\tan 20^\circ}{\cos 15^\circ} = 0,3768 \Rightarrow \alpha_t = 20,647^\circ$$

$$\cos \alpha_{wt} = \frac{a_d}{a} \cdot \cos \alpha_t = \frac{(z_1 + z_2) \cdot m_n}{2 \cdot a \cdot \cos \beta} \cdot \cos \alpha_t = \frac{(19 + 51) \cdot 3}{2 \cdot 110 \cdot \cos \beta} \cdot \cos 20,647^\circ = 0,9247$$

$$\Rightarrow \alpha_{wt} = 22,37^\circ$$

$$\operatorname{inv} \alpha_t = \tan \alpha_t - \frac{\alpha_t \cdot \pi}{180} = \tan 20,647^\circ - \frac{20,647^\circ \cdot \pi}{180} = 0,016454$$

$$\operatorname{inv} \alpha_{wt} = \tan \alpha_{wt} - \frac{\alpha_{wt} \cdot \pi}{180} = \tan 22,37^\circ - \frac{22,37^\circ \cdot \pi}{180} = 0,021128$$

$$x_1 + x_2 = \frac{z_1 + z_2}{2 \cdot \tan \alpha_n} \cdot (\operatorname{inv} \alpha_{wt} - \operatorname{inv} \alpha_t) = \frac{19 + 51}{2 \cdot \tan 20^\circ} \cdot (0,021128 - 0,016454) = 0,449$$

Mit $x_1 = 0$ ist dann $x_2 = \mathbf{0,449}$

d) Zahnfußspannung Antriebsrad

Umfangskraft: $F_{t1} = \frac{2 \cdot T_{an}}{d_1} = \frac{2 \cdot 44710}{59} = 1515,6 \text{ N}$

Ersatzzähnezahl: $z_{n1} = \frac{z_1}{\cos^3 \beta} = \frac{19}{\cos^3 15^\circ} = 21$

Faktoren: $Y_{Fa} = 2,25$ (Abb. 6.43)

$$Y_{Sa} = 1,75 \quad (\text{Abb. 6.44})$$

$$Y_\varepsilon = 0,25 + \frac{0,75}{\varepsilon_\alpha} \cdot \cos^2 \beta_b = 0,25 + \frac{0,75}{1,45} \cdot \cos^2 14^\circ = 0,737$$

$$Y_\beta = 1 - \varepsilon_\beta \cdot \frac{\beta}{120} = 1 - 0,77 \cdot \frac{15^\circ}{120} = 0,9$$

$$\text{mit } \varepsilon_\beta = \frac{b \cdot \sin \beta}{m_n \cdot \pi} = \frac{28 \cdot \sin 15^\circ}{3 \cdot \pi} = 0,77$$

Zahnfußspannung: $\sigma_{F1} = K_{ges} \cdot \frac{F_{t1}}{b_1 \cdot m_n} \cdot Y_{Fa} \cdot Y_{Sa} \cdot Y_\varepsilon \cdot Y_\beta$

$$\sigma_{F1} = 1,5 \cdot \frac{1515,6}{28 \cdot 3} \cdot 2,25 \cdot 1,75 \cdot 0,737 \cdot 0,9 = 70,7 \text{ N/mm}^2$$

Gestaltfestigkeit: $\sigma_{FG} = \sigma_{FE} \cdot Y_{NT} = 820 \cdot 1 = 820 \text{ N/mm}^2$

Sicherheit: $S_{F1} = \frac{\sigma_{FG}}{\sigma_{F1}} = \frac{820}{70,7} = 11,6 > 10 \quad \mathbf{OK!}$