

Inhaltsverzeichnis

1	Zeichnungsdokumentation	2
1.1	Zusammenbauzeichnungen	2
1.2	Fertigungszeichnung Zwischenwelle	2
1.3	Stückliste	2
2	Montageanleitung	2
3	Berechnung	2
3.1	Entwurfsrechnung per Hand	2
3.1.1	Überschlägiger Wellendurchmesser	2
3.1.2	Modulabschätzung	3
3.1.3	Mindestteilkreisdurchmesser	4
3.1.4	Mindestzähnezahlen	5
3.1.5	Aufteilung Übersetzungsverhältnis und Auswahl Zähnezahlen	5
3.1.6	Achsabstände	7
3.2	Profilverschiebung	7
3.3	Nachrechnung Antriebswelle per Hand	9
3.4	Nachrechnung aller Wellen, Welle-Nabe-Verbindung, Zahnradstufen und Lager mittels KissSoft	9
3.5	Vergleich Handrechnung und KissSoft	9
3.6	Wirkungsgradabschätzung	9

1 Zeichnungsdokumentation

1.1 Zusammenbauzeichnungen

1.2 Fertigungszeichnung Zwischenwelle

1.3 Stückliste

2 Montageanleitung

3 Berechnung

3.1 Entwurfsrechnung per Hand

Berechnung Antriebsmoment:

$$P = M \cdot \omega$$

$$P = M \cdot 2\pi \cdot n$$

$$M_t = \frac{P}{2\pi \cdot n}$$
$$M_t = \frac{40kW}{2\pi \cdot \frac{950 \text{ min}^{-1}}{60}}$$

$$M_t = \underline{\underline{402,07565Nm}}$$

3.1.1 Überschlägiger Wellendurchmesser

Stufe 1

Eingangswelle:

$$d_{ub} = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot K_A \cdot M_{tA}}{\pi \cdot \tau_t \text{ zul}}}$$
$$d_{ub} = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot 1,1 \cdot 402,07565Nm}{\pi \cdot 30MPa}}$$

$$d_{ub} = 42,188mm \rightarrow \text{gewählt } d_{Welle1} = \underline{\underline{43mm}}$$

Stufe 2

Zwischenwelle:

Für Berechnung der Zähnezahlen der ersten Stufe siehe 3.1.5

$$\begin{aligned}M_{tA2} &= i_1 \cdot M_{tA} \\M_{tA2} &= \frac{z_2}{z_1} \cdot M_{tA} \\M_{tA2} &= \frac{82}{27} \cdot 402,07565 \text{Nm} \\M_{tA2} &= \underline{1221,11864 \text{Nm}}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}d_{\ddot{u}b} &= \sqrt[3]{\frac{16 \cdot K_A \cdot M_{tA2}}{\pi \cdot \tau_t \text{ zul}}} \\d_{\ddot{u}b} &= \sqrt[3]{\frac{16 \cdot 1,1 \cdot 1221,11864 \text{Nm}}{\pi \cdot 30 \text{MPa}}}\end{aligned}$$

$$d_{\ddot{u}b} = 61,094 \text{mm} \rightarrow \text{gewählt } d_{Welle2} = \underline{62 \text{mm}}$$

3.1.2 Modulabschätzung

Stufe 1

Annahmen für die Modulabschätzung:

- $\beta = 10^\circ$
- $z_1 = 27$
- $S_F = 1,5$
- $\sigma_{Flim} = 430 \text{MPa}$

$$\begin{aligned}m_n &= \sqrt[3]{\frac{5 \cdot K_A \cdot M_t \cdot \cos^2 \beta}{z_1^2 \cdot \frac{b}{d_1}} \cdot \frac{S_F}{\sigma_{Flim}}} \\m_n &= \sqrt[3]{\frac{5 \cdot 1,1 \cdot 402,07565 \text{Nm} \cdot \cos^2(10^\circ)}{27^2 \cdot 0,6} \cdot \frac{1,5}{430 \text{MPa}}}\end{aligned}$$

$$m_n = 2,57655 \text{mm} \rightarrow \text{gewählt } m_n = \underline{2,5 \text{mm}}$$

Stufe 2

Annahmen für die Modulabschätzung:

- $\beta = 10^\circ$
- $z_3 = 31$
- $S_F = 1,5$
- $\sigma_{Flim} = 430 MPa$

$$m_n = \sqrt[3]{\frac{5 \cdot K_A \cdot M_t \cdot \cos^2 \beta}{z_3^2 \cdot \frac{b}{d_1}} \cdot \frac{S_F}{\sigma_{Flim}}}$$

$$m_n = \sqrt[3]{\frac{5 \cdot 1,1 \cdot 1221,11864 Nm \cdot \cos^2(10^\circ)}{31^2 \cdot 0,6} \cdot \frac{1,5}{430 MPa}}$$

$$m_n = 3,40296 mm \rightarrow \text{gewählt } m_n = \underline{3mm}$$

3.1.3 Mindestteilkreisdurchmesser

Stufe 1

$t_2 = 3,3mm$ aus II 6/3

$$d_{1min} \geq d_{Welle1} + 2(t_2 + 2,5 \cdot m_n + 1,25 \cdot m_n)$$

$$d_{1min} \geq 43mm + 2(3,3mm + 2,5 \cdot 2,5mm + 1,25 \cdot 2,5mm)$$

$$d_{1min} = \underline{68,35mm}$$

Stufe 2

$t_2 = 4,6mm$ aus II 6/3

$$d_{2min} \geq d_{Welle2} + 2(t_2 + 2,5 \cdot m_n + 1,25 \cdot m_n)$$

$$d_{2min} \geq 62mm + 2(4,6mm + 2,5 \cdot 3mm + 1,25 \cdot 3mm)$$

$$d_{2min} = \underline{93,7mm}$$

3.1.4 Mindestzähnezahlen

Stufe 1

$$m_{t1} = \frac{m_n}{\cos \beta}$$

$$m_{t1} = \frac{2,5 \text{ mm}}{\cos 10^\circ}$$

$$m_{t1} = 2,53857 \text{ mm}$$

$$z_{1min} = \frac{d_{1min}}{m_t}$$

$$z_{1min} = \frac{68,35 \text{ mm}}{2,53857 \text{ mm}}$$

$$z_{1min} = 26,9 \rightarrow \text{gewählt } z_1 = \underline{27}$$

Stufe 2

$$m_{t2} = \frac{m_n}{\cos \beta}$$

$$m_{t2} = \frac{3 \text{ mm}}{\cos 10^\circ}$$

$$m_{t2} = 3,04628 \text{ mm}$$

$$z_{3min} = \frac{d_{2min}}{m_t}$$

$$z_{3min} = \frac{93,7 \text{ mm}}{3,04628 \text{ mm}}$$

$$z_{3min} = 30,7 \rightarrow \text{gewählt } z_3 = \underline{31}$$

3.1.5 Aufteilung Übersetzungsverhältnis und Auswahl Zähnezahlen

Aus $i_{ges;soll} = i_1 \cdot i_2$ und $i_2 \approx 0,85 \cdot i_1$ folgt:

$$i_1 \approx \frac{\sqrt{i_{ges}}}{0,85} = 3,328$$

$$\rightarrow \text{gewählt } i_1 = 3$$

$$i_2 = \frac{i_{ges}}{i_1}$$

$$i_2 = \frac{8}{3}$$

$$z_2 = i_1 \cdot z_1$$

$$z_2 = 3 \cdot 27$$

$$z_2 = 81 \rightarrow \text{gewählt } z_2 = \underline{8}2$$

$$z_4 = i_2 \cdot z_3$$

$$z_4 = \frac{8}{3} \cdot 31$$

$$z_4 = 82, \bar{6} \rightarrow \text{gewählt } z_4 = \underline{8}3$$

Es wurde $z_2 = 82$ gewählt, da 27 und 82 zueinander teilerfremd sind. Analog wurde die Auswahl für z_4 vorgenommen

	Stufe 1	Stufe 2
Ritzel	$z_1 = 27$	$z_3 = 31$
Rad	$z_2 = 82$	$z_4 = 83$

$$i_{ges;ist} = \frac{z_2}{z_1} \cdot \frac{z_4}{z_3}$$

$$i_{ges;ist} = \frac{82}{27} \cdot \frac{83}{31}$$

$$i_{ges;ist} = 8,13142$$

$$\Delta i = \frac{i_{ges;ist} - i_{ges;soll}}{i_{ges;soll}}$$

$$\Delta i = 0,01643 = \underline{1,643\%}$$

$$-3\% < \Delta i < 3\% \rightarrow i.O.$$

3.1.6 Achsabstände

Stufe 1

$$a_{d1} = m_{t1} \cdot \frac{z_1 + z_2}{2}$$
$$a_{d1} = 2,53857mm \cdot \frac{27 + 82}{2}$$
$$a_{d1} = 138,35188mm \rightarrow \text{gewählt } a_1 = \underline{140mm}$$

Stufe 2

$$a_{d2} = m_{t2} \cdot \frac{z_3 + z_4}{2}$$
$$a_{d2} = 3,04628mm \cdot \frac{31 + 83}{2}$$
$$a_{d2} = 173,63795mm \rightarrow \text{gewählt } a_2 = \underline{175mm}$$

3.2 Profilverschiebung

$$\alpha_t = \arctan \left(\frac{\tan(\alpha_n)}{\cos(\beta)} \right)$$
$$\alpha_t = \arctan \left(\frac{\tan(20^\circ)}{\cos(10^\circ)} \right)$$
$$\alpha_t = \underline{20,28356^\circ}$$

Stufe 1

$$\alpha_{wt1} = \arccos \left(\frac{a_{d1}}{a_1} \cdot \cos(\alpha_t) \right)$$

$$\alpha_{wt1} = \arccos \left(\frac{138,35188mm}{140mm} \cdot \cos(20,28356^\circ) \right)$$

$$\alpha_{wt1} = 22,03632^\circ$$

$$(x_1 + x_2)_1 = (z_1 + z_2) \cdot \frac{\text{inv}(\alpha_{wt1}) - \text{inv}(\alpha_t)}{2 \cdot \tan(\alpha_n)}$$

$$(x_1 + x_2)_1 = (27 + 82) \cdot \frac{\text{inv}(22,03632^\circ) - \text{inv}(20,28356^\circ)}{2 \cdot \tan(20^\circ)}$$

$$(x_1 + x_2)_1 = 0,6868893405$$

x_1 wurde durch Berechnung mit KissSoft so gewählt, dass es zu einem optimalen spezifischem Gleiten kommt

$$(x_1)_1 = 0,3842$$

$$(x_2)_1 = (x_1 + x_2)_1 - (x_1)_1$$

$$(x_2)_1 = \underline{0,3026893405}$$

Stufe 2

$$\alpha_{wt2} = \arccos \left(\frac{a_{d2}}{a_2} \cdot \cos(\alpha_t) \right)$$

$$\alpha_{wt2} = \arccos \left(\frac{173,63795mm}{175mm} \cdot \cos(20,28356^\circ) \right)$$

$$\alpha_{wt2} = 21,45769^\circ$$

$$(x_1 + x_2)_2 = (z_3 + z_4) \cdot \frac{\text{inv}(\alpha_{wt2}) - \text{inv}(\alpha_t)}{2 \cdot \tan(\alpha_n)}$$

$$(x_1 + x_2)_2 = (31 + 83) \cdot \frac{\text{inv}(21,45769^\circ) - \text{inv}(20,28356^\circ)}{2 \cdot \tan(20^\circ)}$$

$$(x_1 + x_2)_2 = 0,4667160627$$

x_1 wurde durch Berechnung mit KissSoft so gewählt, dass es zu einem optimalen spezifischem Gleiten kommt

$$(x_1)_2 = \underline{0,6026}$$

$$\begin{aligned}(x_2)_2 &= (x_1 + x_2)_2 - (x_1)_2 \\(x_2)_2 &= \underline{-0,1538839373}\end{aligned}$$

- 3.3 Nachrechnung Antriebswelle per Hand
- 3.4 Nachrechnung aller Wellen, Welle-Nabe-Verbindung, Zahnradstufen und Lager mittels KissSoft
- 3.5 Vergleich Handrechnung und KissSoft
- 3.6 Wirkungsgradabschätzung