

**Angabe zum 2. Programm, Maschinenelemente Konstruktionsübungen I**  
**für Maschinenbauer (LVA 306.636)**

Name: **Böck Christian**

Mat.Nr.: 0325184

Angabe aus dem SS 05

Es ist ein

## Zweistufiges Koaxialgetriebe

für folgende Leistungsdaten zu entwerfen und konstruieren.

**Antriebsleistung:** 25 kW  
**Stoßfaktor:** 1,9  
**Antriebsdrehzahl:** 3650 1/min  
**Abtriebsdrehzahl:** 356 1/min  
**Lebensdauer:** 20000 h

**Hinweise:**

Die **Rechnung** ist laut Vorbesprechung vollständig auszuführen.

Die **Konstruktion** ist so durchzuarbeiten, daß das Getriebe vollständig festliegt und angefertigt werden könnte. Darzustellen sind auch mindestens in einem Riß die Anschlußkupplungen. Die Konstruktion hat eindeutig (Schnitte) und montierbar zu sein und ist auszuführen in Form von:

Zusammenstellungszeichnung in drei Rissen (Normformat, Maßstab 1:1) und  
Werkstattzeichnung (Normformat, lichtpausfähig) nach Angabe des Betreuers

Nicht zu vergessen ist die **Stückliste** (vollständig ausgeführt).

Dieses Blatt ist als Deckblatt der Rechnung zu verwenden!

1)

## Voraussetzung

$$\text{Korrekturen} = 1,9$$

$$u_{ge} = \frac{n_1}{n_2} = \frac{3650}{356} = 10,2528$$

$$M_1 = \frac{P \cdot r_1 \cdot 30}{n_1 \cdot \pi} = \frac{25000 \cdot 19 \cdot 30}{3650 \cdot \pi} = 124,3 \text{ Nm}$$

$$M_2 = \frac{P \cdot r_2 \cdot 30}{n_2 \cdot \pi} = \frac{25000 \cdot 17 \cdot 30}{356 \cdot \pi} = 1279,1 \text{ Nm}$$

$$\omega_1 = \frac{n_1 \cdot \pi}{30} = \frac{3650 \cdot \pi}{30} = 382,23$$

$$\omega_2 = \frac{n_2 \cdot \pi}{30} = \frac{356 \cdot \pi}{30} = 37,28$$

$$u_1 \approx 3,2 \div 3,6 \quad \text{aus 4-6.4 Seite 538}$$

$$z_{11} = 22$$

$$z_{21} = 23$$

$$z_{12} = 84$$

$$z_{22} = 62$$

$$u_1 = \frac{84}{22} = 3,82$$

$$u_2 = \frac{62}{23} = 2,7$$

$$c_2 = \frac{n_1}{u_1 \cdot u_2} = \frac{3650}{3,82 \cdot 2,7} = 354,6 \quad \text{Abweichung von } 356 < 1\% \quad \checkmark$$

$$Z_C = 189,8$$

$$Z_H = 2,5$$

$$\frac{b}{m} \approx 25 \dots 30$$

$$m = \sqrt[3]{\frac{2 \cdot M \cdot (u+1) \cdot Z_C^2 \cdot Z_H^2}{G_{Hed} \cdot u \cdot z^2 \cdot \frac{b}{m}}}$$

$$\text{Stufe 1: Material} = 34 \text{ C. 17, 4}$$

$$G_{Hed} = \frac{1070}{1,4} = 764$$

$$\frac{b}{m} = 27$$

$$m = \sqrt[3]{\frac{2 \cdot 124300 \cdot (3,82+1) \cdot 189,8^2 \cdot 2,5^2}{764^2 \cdot 3,82 \cdot 2,7^2 \cdot 27}} = 2,09 = 2$$

$$\text{Stufe 2: Material} = 15 \text{ C. N. 6}$$

$$G_{Hed} = \frac{1490}{1,4} = 1064,3$$

$$\frac{b}{m} = 30$$

$$M_{12} = M_1 \cdot u_1 = 124300 \cdot 3,82 = 474600$$

$$m = \sqrt[3]{\frac{2 \cdot 474600 \cdot (2,7+1) \cdot 189,8^2 \cdot 2,5^2}{10643^2 \cdot 2,7 \cdot 2,7^2 \cdot 30}} = 2,54 = 2,5$$

2)

Schrägverzahnung:

$$r_s = \frac{m_n \cdot z_n}{2} = \frac{2 \cdot 22}{2} = 22 \text{ mm}$$

$$v_s = r_s \cdot \omega_n = 22 \cdot 382,23 = 8,4 \text{ m/s} < 10 \Rightarrow \text{keine Schrägverzahnung}$$

Profilverschiebung:

$$a_s = \frac{m_n \cdot (z_{n1} + z_{n2})}{2} = \frac{2 \cdot (22 + 84)}{2} = 106 \text{ mm}$$

$$a_2 = \frac{m_2 \cdot (z_{21} + z_{22})}{2} = \frac{2,5 \cdot (23 + 62)}{2} = 106,25 \text{ mm}$$

$$a_2 - a_s = 0,25 \text{ mm}$$

$\Rightarrow$  Stufe um 0,25 mm + Profilverschiebe.

Zahradgrößen:

Welle 1:

$$\frac{b_1}{m_n} = 22 \quad m_n = 2 \Rightarrow b_1 = 2 \cdot 22 = 44 \text{ mm}$$

$$d_{f1} = m_n \cdot z_{n1} = 2 \cdot 22 = 44 \text{ mm}$$

$$d_{a2} = m_n \cdot z_{n2} = 2 \cdot 84 = 168 \text{ mm}$$

Welle 2:

$$\frac{b_2}{m_2} = 30 \quad m_2 = 2,5 \Rightarrow b_2 = 2,5 \cdot 30 = 75 \text{ mm}$$

$$d_{a1} = z_{21} \cdot m_2 = 23 \cdot 2,5 = 57,5 \text{ mm}$$

$$d_{a2} = z_{22} \cdot m_2 = 62 \cdot 2,5 = 155 \text{ mm}$$

$$\frac{b_{n1}}{d_{n1}} = \frac{54}{44} = 1,23 < 1,4 \checkmark$$

$$\frac{b_{n2}}{d_{n2}} = \frac{75}{57,5} = 1,30 < 1,4 \checkmark$$

3)

Polarverschiebung

$$\alpha = \frac{d_{w1} + d_{w2}}{2} = \frac{d_1 + d_2}{2} \cdot \frac{\cos \alpha}{\cos \alpha_w} = \alpha_d \cdot \frac{\cos \alpha}{\cos \alpha_w}$$

$$\cos \alpha_{wt} = \frac{\alpha_d}{\alpha} \cdot \cos \alpha = \frac{106}{106,25} \cdot \cos 20^\circ = 0,937482$$

$$\alpha_{wt} = 20,9672^\circ$$

$$d_{w1} = \frac{d_1 \cdot \cos \alpha}{\cos \alpha_w} = \frac{44 \cdot \cos 20^\circ}{\cos 20,9672^\circ} = 44,1028$$

$$d_{w2} = \frac{d_2 \cdot \cos \alpha}{\cos \alpha_w} = \frac{168 \cdot \cos 20^\circ}{\cos 20,9672^\circ} = 168,396$$

$$\text{inv } \alpha = \tan \alpha - \frac{\pi \cdot \alpha}{180^\circ}$$

$$\text{inv } \alpha_c = \tan 20^\circ - \frac{\pi \cdot 20^\circ}{180} = 0,014904$$

$$\text{inv } \alpha_{wt} = \tan 20,9672^\circ - \frac{\pi \cdot 20,9672^\circ}{180} = 0,01577$$

$$x_1 + x_2 = \frac{(z_1 + z_2)(\text{inv } \alpha_{wt} - \text{inv } \alpha_c)}{2 \tan \alpha_n} = \frac{(22 + 84)(\text{inv } 20,9672^\circ - \text{inv } 20^\circ)}{2 \cdot \tan 20^\circ} = 0,083276$$

$$x_1 = 0,087$$

$$x_2 = 0$$

4)

Teilt. ex  $\varnothing$ :  $d_1 = z \cdot m_n$

$$d_{11} = 22 \cdot 2 = 44 \text{ mm}$$

$$d_{21} = 23 \cdot 2,5 = 57,5 \text{ mm}$$

$$d_{12} = 84 \cdot 2 = 168 \text{ mm}$$

$$d_{22} = 62 \cdot 2,5 = 155 \text{ mm}$$

Grundkreis  $\varnothing$ :  $d_g = d \cdot \cos \alpha_t$

$$d_{g11} = 44 \cdot \cos 20^\circ = 41,35 \text{ mm}$$

$$d_{g21} = 57,5 \cdot \cos 20^\circ = 54,03 \text{ mm}$$

$$d_{g12} = 168 \cdot \cos 20^\circ = 157,87 \text{ mm}$$

$$d_{g22} = 155 \cdot \cos 20^\circ = 145,65 \text{ mm}$$

Kopfkreis  $\varnothing$ :  $d_a = 2(a + m - x \cdot m) - d_z$

$$d_{a11} = 2(106,25 + 2 - 0,083 \cdot 2) - 168 = 118,17 \text{ mm}$$

$$d_{a21} = 2(106,25 + 2,5 - 0,25) - 155 = 62,5 \text{ mm}$$

$$d_{a12} = 2(176,25 + 2 - 2 \cdot 0) - 44 = 172,5 \text{ mm}$$

$$d_{a22} = 2(106,25 + 2,5 - 0,25) - 57,5 = 160 \text{ mm}$$

Prüfweite-litthe Kopfkürzung: für Stufe 1

$$k_{m1} = m_n \cdot \frac{z_1 + z_2}{2} + (x_1 + x_2) m_n - a = 2 \cdot \frac{22 + 84}{2} + 0,083 \cdot 2 - 106,25 = -9,083 \text{ mm}$$

Fußkreis  $\varnothing$ :  $d_f = d - 2(h_{fn} - x \cdot m)$

$$h_{fn} = 12 \cdot m$$

$$d_{f11} = 44 - 2 \cdot 12(2 - 0,083) = 39,53 \text{ mm}$$

$$d_{f21} = 57,5 - 2 \cdot 12 \cdot 2,5 = 51,5 \text{ mm}$$

$$d_{f12} = 168 - 2 \cdot 12 \cdot 2 = 163,2 \text{ mm}$$

$$d_{f22} = 155 - 2 \cdot 12 \cdot 2,5 = 149 \text{ mm}$$

Nutzeingriffswinkel: Stufe 1

$$\cos \alpha_{t1} = \frac{a_d}{a} \cdot \cos \alpha_t = \frac{106,25}{106} \cos 20^\circ = 0,932492$$

$$\alpha_{t1} = 20,3672^\circ$$

Nutzeingriffswinkel  $\varnothing$ :  $d_m = \frac{d \cos \alpha_t}{\cos \alpha_{t1}}$  Stufe 1

$$d_{m11} = \frac{d_{11} \cos \alpha_t}{\cos \alpha_{t1}} = \frac{44 \cdot \cos 20^\circ}{\cos 20,37} = 44,1038 \text{ mm}$$

$$d_{m12} = \frac{d_{12} \cos \alpha_t}{\cos \alpha_{t1}} = \frac{168 \cdot \cos 20^\circ}{\cos 20,37} = 168,396 \text{ mm}$$

Profilüberdeckung:

$$\epsilon_a = \frac{\frac{1}{2} \sqrt{d_{a11}^2 - d_{g11}^2} + \frac{1}{2} \sqrt{d_{a12}^2 - d_{g12}^2} - a \sin \alpha_{t1}}{\pi m \cos \alpha_t}$$

$$\epsilon_{m1} = \frac{\frac{1}{2} \sqrt{48,77^2 - 41,35^2} + \frac{1}{2} \sqrt{172,5^2 - 157,87^2} - 106,25 \cdot \sin 20,37}{\pi \cdot 2 \cdot \cos 20} = 1,7168$$

$$\epsilon_{a2} = \frac{\frac{1}{2} \sqrt{62,5^2 - 54,03^2} + \frac{1}{2} \sqrt{160^2 - 145,65^2} - 106,25 \cdot \sin 20}{\pi \cdot 2,5 \cdot \cos 20} = 1,6913$$

5)

Zahnfußspannung

Nennspannkraft  $F_k = \frac{2T}{d}$

$$F_{k1} = \frac{2 \cdot 65406}{44} = 1487 \text{ N}$$

$$F_{k2} = \frac{2 \cdot 65406 \cdot 3.82}{58.5} = 8686 \text{ N}$$

Verzögerkraft je mm Zahnbreite:

$$F'_k = \frac{F_k}{b}$$

$$F'_{k1} = \frac{1487}{54} = 27.5 \frac{\text{N}}{\text{mm}}$$

$$F'_{k2} = \frac{8686}{75} = 115.6 \frac{\text{N}}{\text{mm}}$$

Hilfsfaktor  $q_L = 2.4 \left( 1 + \frac{f_{pe} - 2}{F'_k} \right)$

$$f_{pe} = 20 \mu\text{m}$$

$$q_{L1} = 2.4 \left( 1 + \frac{20 - 2}{27.5} \right) = 0.6675$$

$$q_{L2} = 2.4 \left( 1 + \frac{20 - 2}{115.6} \right) = 0.4622 < 0.5 \Rightarrow q_{L2} = 0.5$$

Stirnverlegetungsfaktor:  $K_{Fa} = \frac{1}{E_a}$ 

$$K_{Fa1} = \frac{1}{1.7768} = 0.5825$$

$$K_{Fa2} = \frac{1}{1.6993} = 0.5913$$

$$K_{Fa1} < q_{L1} \Rightarrow K_{Fa1} = 0.6675$$

Breitenverlegetungsfaktor  $K_{F\beta} = 1.1$ Betriebsfaktor  $K_A = 1.1$ Dynamikfaktor  $K_V = 1.1$ maßgebende Verzögerkraft  $W_{Fe} = \frac{F_k}{b} K_A K_V K_{Fa} K_{F\beta}$ 

$$W_{Fe1} = 27.5 \cdot 1.1 \cdot 1.1 \cdot 0.6675 \cdot 1.1 = 41.8 \frac{\text{N}}{\text{mm}}$$

$$W_{Fe2} = 115.6 \cdot 1.1 \cdot 1.1 \cdot 0.5913 \cdot 1.1 = 157.1 \frac{\text{N}}{\text{mm}}$$

Zahnformfaktor  $Y_F$  aus Diagramm

$$Y_{F1} = 2.73$$

$$Y_{F2} = 2.79$$

Überdeckungsfaktor  $Y_E = 0.25 + \frac{0.75}{E_a}$ 

$$Y_{E1} = 0.25 + \frac{0.75}{1.7768} = 0.6869$$

$$Y_{E2} = 0.25 + \frac{0.75}{1.6993} = 0.6934$$

Schwüngenwinkel faktor  $Y_{\beta} = 1$ Zahnfußspannung  $G_F = \frac{W_{Fe}}{m} Y_F Y_E Y_{\beta}$ 

$$G_{F1} = \frac{41.8}{2} \cdot 2.73 \cdot 0.6869 \cdot 1 = 39.2 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$G_{F2} = \frac{157.1}{2.5} \cdot 2.79 \cdot 0.6934 \cdot 1 = 121.6 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

mindest zulässige Zahnfußspannung  $G_{Fz, \text{min}} = G_F \cdot S_F$ 

$$S_F = 1.5 \dots 3.5 = 2.5$$

$$G_{Fz, \text{min}1} = 39.2 \cdot 2.5 = 98 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$G_{Fz, \text{min}2} = 121.6 \cdot 2.5 = 304 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

6)

Flankenbeanspruchung:

Überdeckungs faktor  $Z_E = \sqrt{\frac{4-E_\epsilon}{3}}$ 

$$Z_{E1} = \sqrt{\frac{4-1,716}{3}} = 0,8724$$

$$Z_{E2} = \sqrt{\frac{4-1,6973}{3}} = 0,8772$$

Stirnlastverteilungsfaktor  $K_{H\alpha} = 1 + 2(q_\epsilon - 0,5) \left( \frac{1}{Z_E} - 1 \right)$ 

$$K_{H\alpha 1} = 1 + 2(0,6575 - 0,5) \left( \frac{1}{0,8724} - 1 \right) = 0,8786$$

$$K_{H\alpha 2} = 1 + 2(0,5973 - 0,5) \left( \frac{1}{0,8772} - 1 \right) = 0,9453$$

Breitenlastverteilungsfaktor  $K_{H\beta} = 1,1$ angewandte Tangentialkraft je mm Zahnbreite  $W_{HE} = \frac{F_t}{b} \cdot K_A \cdot K_V \cdot K_{H\alpha} \cdot K_{H\beta}$ 

$$W_{HE1} = 27,5 \cdot 1,9 \cdot 1,1 \cdot 0,8786 \cdot 1,1 = 56,8 \frac{N}{mm}$$

$$W_{HE2} = 17,6 \cdot 1,9 \cdot 1,1 \cdot 0,9453 \cdot 1,1 = 25,2 \frac{N}{mm}$$

Zonenfaktor  $Z_H = \frac{1}{\cos \alpha_t} \sqrt{\frac{2 \cos \beta}{\tan 2\alpha_t}}$ 

$$Z_{H1} = \frac{1}{\cos 20^\circ} \sqrt{\frac{2 \cdot 1}{\tan 20^\circ}} = 2,47$$

$$Z_{H2} = \frac{1}{\cos 20^\circ} \sqrt{\frac{2 \cdot 1}{\tan 20^\circ}} = 2,4946$$

Einheitslastfaktor  $Z_\epsilon = 189,8 \sqrt{N/mm^2}$ Herzliche Prüfung am Wälzpunkt:  $G_H = \sqrt{\frac{W_{HE}}{d} \cdot \frac{u+1}{u}} \cdot Z_H \cdot Z_E \cdot Z_\epsilon$ 

$$G_{H1} = \sqrt{\frac{56,8}{44} \cdot \frac{3,52+1}{3,52}} \cdot 2,47 \cdot 189,8 \cdot 0,8724 = 522 \frac{N}{mm^2}$$

$$G_{H2} = \sqrt{\frac{25,2}{57,5} \cdot \frac{2,7+1}{2,7}} \cdot 2,4946 \cdot 189,8 \cdot 0,8772 = 1076 \frac{N}{mm^2}$$

mindest zulässige Herzliche Prüfung:  $G_{Hzul,min} = G_H \cdot S_H$ 

$$S_H = 1,1 \dots 1,4 = 1,1$$

$$G_{Hzul,min1} = 522 \cdot 1,1 = 574 \frac{N}{mm^2}$$

$$G_{Hzul,min2} = 1076 \cdot 1,1 = 1184 \frac{N}{mm^2}$$

Werkstoffe:

Stufe 1: Ritzel : 42 C-Mn 4 DIN 17100 vergütet

Großrad : 34 C-Mn 4 DIN 17100 vergütet

Stufe 2: Ritzel : 42 C-Mn 4 DIN 17200 vergütet

Großrad : 34 C-Mn 4 DIN 17200 vergütet

7)

Wellen vorverlegung:

$$d < 60 \dots d_w \approx 16 \cdot \sqrt[3]{\frac{P}{n}}$$

$$d > 60 \dots d_w \approx 13 \cdot \sqrt[4]{\frac{P}{n}}$$

Ritzel 1:

$$d_{w1} = 16 \cdot \sqrt[3]{\frac{25000}{3650}} = 30,4 \text{ mm}$$

Großrad 1:

$$d_{w2} = 13 \cdot \sqrt[4]{\frac{25000 \cdot 3,82}{3650}} = 29,4 \text{ mm}$$

Ritzel 2:

$$d_{w3} = 16 \cdot \sqrt[3]{\frac{25000 \cdot 3,82}{3650}} = 47,5 \text{ mm}$$

Großrad 2:

$$d_{w4} = 13 \cdot \sqrt[4]{\frac{25000}{356}} = 37,6 \text{ mm}$$

Ritzel aufsetzen?

$$d_f - d_w > 5 \text{ mm}$$

Ritzel 1:

$$39,53 - 30,4 > 5 \cdot 2$$

$$9,13 > 10$$

X nicht aufsetzen

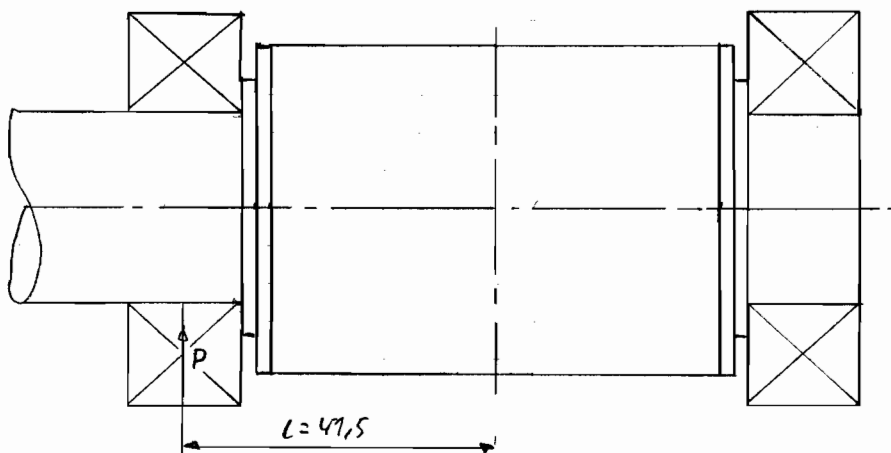
Ritzel 2:

$$52,5 - 47,5 > 5 \cdot 2,5$$

$$4 > 12,5$$

X nicht aufsetzen





$$3650 \text{ VPM} \text{ über } 20000 \text{ h: } 3650 \cdot 60 \cdot 20000 = 4,38 \cdot 10^9 \Rightarrow L_{10} = 4380$$

$$C = P \cdot L_{10}^{\frac{1}{\epsilon}}$$

$$P = \frac{F_{\text{max}}}{2 \cos \alpha} = \frac{2825}{2 \cos 20^\circ} = 1507 \text{ N}$$

$$C = 1507 \cdot 4380^{\frac{1}{10}} = 18640$$

$$\Rightarrow \text{N } 205 \text{ EC} \quad 25 \times 52 \times 15$$

$$M_3 = P \cdot L = 1507 \cdot 0,0475 = 62,5 \text{ Nm}$$

$$M_t = 124,7 \text{ Nm}$$

$$\text{Welle aus } 42 \text{ Cr Mo } 4 \Rightarrow G_{bIII} = 175 \dots 240$$

$$\tau_{tII} = 165 \dots 245$$

$$\sigma = \frac{G_{bIII}}{\tau_{tII}} \approx 1$$

$$G_v = 200 \text{ gewählt}$$

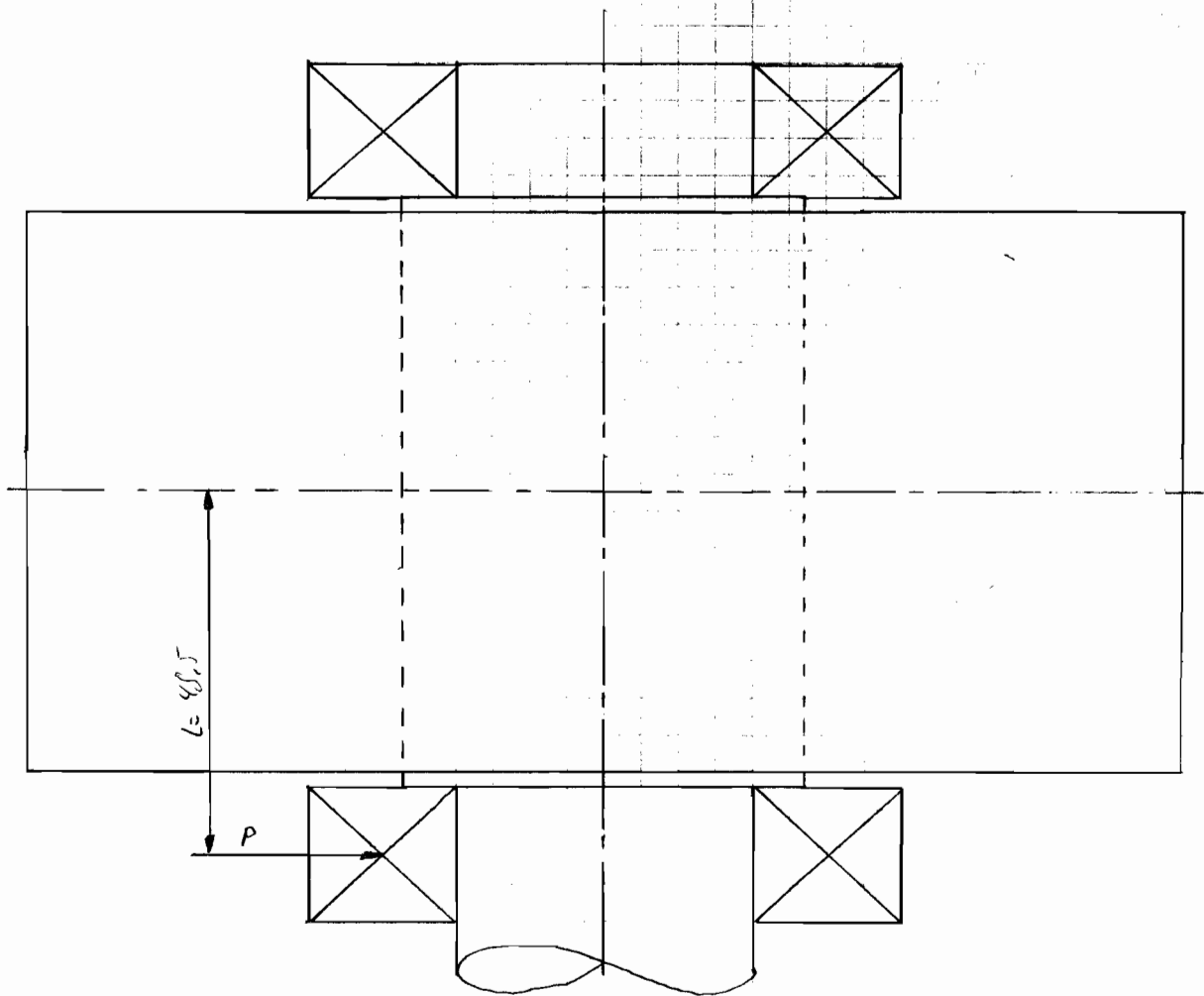
$$D^3 = \frac{1}{0,1 G_v} \cdot \sqrt{M_3^2 + \left(\frac{1}{2} \cdot \sigma \cdot M_t\right)^2}$$

$$D^3 = \frac{1}{0,1 \cdot 200} \cdot \sqrt{62500^2 + \left(\frac{1}{2} \cdot 1 \cdot 124300\right)^2} = 4407$$

$$D = \sqrt[3]{4407} = 16,4 \text{ mm} \Rightarrow 20 \text{ gewählt}$$

7)

Welle 2:



356 UPM über 20000 h:  $356 \cdot 60 \cdot 20000 = 4,27 \cdot 10^8 \Rightarrow L_{10} = 427$

$$P = \frac{F_{\text{max}}}{2 \cos 20^\circ} = \frac{8686}{2 \cos 20^\circ} = 8782 \text{ N}$$

$$C = P \cdot L_{10}^{\frac{1}{3}} = 8782 \cdot 427^{\frac{1}{3}} = 54038 \text{ N}$$

$\Rightarrow$  NU 208 CC  $240 \times 80 \times 78$

$$M_b = P \cdot L = 8782 \cdot 0,0485 = 426 \text{ Nm}$$

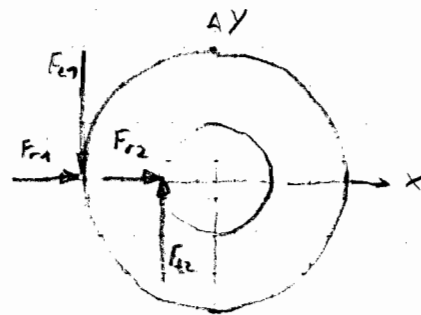
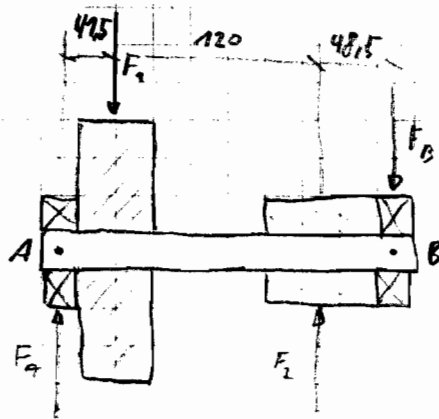
$$M_t = 1274,7 \text{ Nm}$$

Welle aus 420 H9.4  $\Rightarrow G_{bIII} = 775 \dots 240$ ;  $\tau_{tII} = 165 \dots 245$ ;  $G_v = 200 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$   $\sigma_{\text{zul}} = 66 \text{ N/mm}^2$

$$D^3 = \frac{1}{0,7 G_v} \sqrt{M_b^2 + \left(\frac{2}{3} \cdot M_t\right)^2} \quad \alpha = \frac{G_{bII}}{G_{bIII}} = 1$$

$$D^3 = \frac{1}{0,7 \cdot 200} \sqrt{426^2 + \left(\frac{2}{3} \cdot 1274,7\right)^2} = 38316$$

$$D = \sqrt[3]{38316} = 33,7 = 35 \text{ mm}$$



$$F_1 = F_2 \cdot \tan \alpha$$

$$F_{11} = 2825 \text{ N}$$

$$F_{21} = 8686 \text{ N}$$

$$F_{12} = 2825 \cdot \tan 20^\circ = 1048 \text{ N}$$

$$F_{22} = 8686 \cdot \tan 10^\circ = 3161 \text{ N}$$

$M_y$  um A:

$$F_{12} \cdot 41.5 + F_{22} \cdot 161.5 = F_{10} \cdot 210$$

$$F_{10} = \frac{1048 \cdot 41.5 + 3161 \cdot 161.5}{210} = 2638$$

$$F_{1A} = F_{11} + F_{12} - F_{10} = 1048 + 3161 - 2638 = 1571 \text{ N}$$

$M_x$  um A:

$$F_{21} \cdot 41.5 - F_{22} \cdot 161.5 = F_{20} \cdot 210$$

$$F_{20} = \frac{2825 \cdot 41.5 - 8686 \cdot 161.5}{210} = 6122 \text{ N}$$

$$F_{2A} = F_{21} + F_{20} - F_{22} = 2825 + 6122 - 8686 = 261 \text{ N}$$

$$F_A = \sqrt{F_{1A}^2 + F_{2A}^2} = \sqrt{1571^2 + 261^2} = 1593 \text{ N}$$

$$F_B = \sqrt{F_{10}^2 + F_{20}^2} = \sqrt{2638^2 + 6122^2} = 6666 \text{ N}$$

Lagen:

$$L = \frac{3650}{372} \cdot 60 \cdot 20000 = 1.15 \cdot 10^9 \Rightarrow C_{10} = 1147$$

$$C_A = F_A \cdot C_{10}^{\frac{2}{3}} = 1593 \cdot 1147^{\frac{2}{3}} = 13186 \text{ N}$$

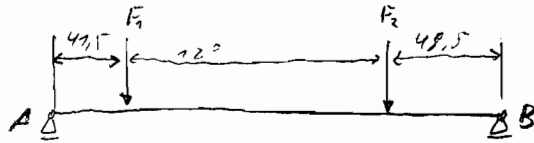
$$C_B = F_B \cdot C_{10}^{\frac{2}{3}} = 6666 \cdot 1147^{\frac{2}{3}} = 55180 \text{ N}$$

Lager A: NJ 205 EC wie Welle 1

Lager B: NJ 208 EC wie Welle 2

Welle 12:

Durchbiegung:



$$f = \frac{F \cdot a^2 b^2}{3 E I L}$$

$$\phi 50 \Rightarrow I = \frac{d^4 \pi}{64} = \frac{50^4 \pi}{64} = 306796 \text{ mm}^4$$

$$f_{11} = \frac{3094 \cdot 495^2 \cdot 16875^2}{3 \cdot 210000 \cdot 306796 \cdot 2100} = 0,003631 \quad \checkmark$$

$$f_{22} = \frac{175564 \cdot 495^2 \cdot 7675^2}{3 \cdot 210000} = 0,026 \quad \checkmark$$

Spannung:

$$\alpha = \sqrt{\frac{G_{zul}}{T_{zul}}} = \sqrt{\frac{500}{500}} = 1$$

$$R_m = 1000 \text{ N/mm}^2$$

$$R_{K9} = 2,3$$

$$R_{KT} = 1,8$$

$$R_{05} \text{ TB 3-10}$$

$$b_1 = 0,98$$

$$b_2 = 0,91$$

$$W_g = \frac{d^3 \pi}{32} = \frac{25^3 \pi}{32} = 1534 \text{ mm}^3$$

$$W_T = \frac{d^3 \pi}{16} = \frac{25^3 \pi}{16} = 3068 \text{ mm}^3$$

$$M_b = F_A \cdot L_1 =$$

$$M_c = 475 \text{ Nm}$$

$$G_0 = \frac{M_b}{W_g} = \frac{62500}{1534} = 41 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_c = \frac{M_c}{W_c} = \frac{475000}{3068} = 155 \text{ N/mm}^2$$

$$G_v = \sqrt{(R_{K9} \cdot G_0)^2 + \alpha^2 \cdot (R_{KT} \cdot \tau_c)^2} \cdot \frac{1}{b_1 \cdot b_2} = 368 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} < 500 \quad \checkmark$$

$$\beta = \frac{G_{zul}}{G_v} = \frac{500}{368} = 1,36$$

## Passfedern

$$p_f = 150 \frac{N}{mm^2}$$

Welle 1:

$$M_t = 124,3 Nm$$

Passfeder für  $\varnothing 28$ :  $8 \times 7$   $t_1 = 4$   $t_2 = 3,3$ 

$$F = \frac{M_t}{r} = \frac{124,3}{0,0125} = 9944 N$$

$$A = \frac{F}{p_f} = \frac{9944}{150} = 66,3 mm^2$$

$$l = \frac{A}{b_2} + s = \frac{66,3}{3,3} + 8 = 28 mm$$

DIN 6885-A 8x7x28

Welle 12:

$$M_t = 475 Nm$$

Passfeder für  $\varnothing 40$ :  $12 \times 8$   $t_1 = 5$   $t_2 = 3,3$ 

$$F = \frac{M_t}{r} = \frac{475}{0,02} = 23750 N$$

$$A = \frac{F}{p_f} = \frac{23750}{150} = 158 mm^2$$

$$l = \frac{A}{b_2} + s = \frac{158}{3,3 \cdot 1,5} + 12 = 45 mm$$

2x DIN 6885-A 12x8x45

Keilwellen

Welle 2:

$$M_t = 12749 Nm$$

$$\varnothing = 40$$

$$C_B = 1,9$$

DIN 15014  $8 \times 36 \times 40$  50 lang

$$d_m = \frac{36+40}{2} = 38 mm$$

$$h' = 0,4 \cdot (D-d) = 0,4(40-36) = 1,6 mm$$

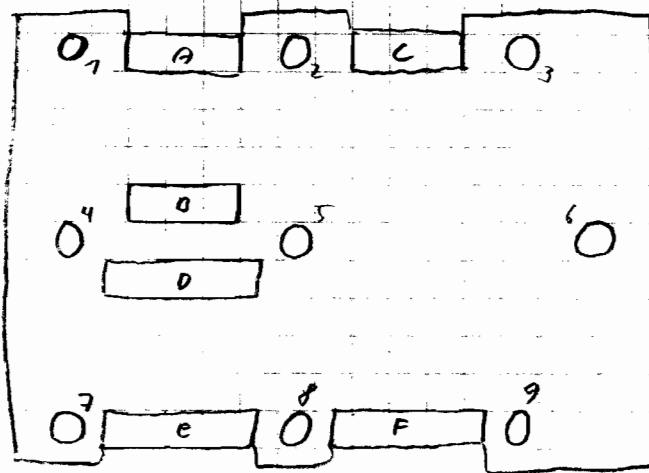
$$n = 8$$

$$l_m = \frac{2 C_B \cdot M_t}{d_m \cdot p_f \cdot h' \cdot 0,75 \cdot n} = \frac{2 \cdot 1,9 \cdot 1274900}{38 \cdot 150 \cdot 1,6 \cdot 0,75 \cdot 8} = 46,6 \Rightarrow 50 \text{ lang an Zapfen}$$

Für Zahnrad:

DIN 15014  $8 \times 47 \times 46$  75 lang

## Schnurband



Lagerkräfte  $A = B = 1507 \text{ N}$

$$C = 1593 \text{ N}$$

$$D = E = 8782 \text{ N}$$

$$F = 6660 \text{ N}$$

$$F_1 = \frac{A}{2} = 754 \text{ N}$$

$$F_2 = \frac{A}{2} + \frac{C}{2} = 754 + 797 = 1551 \text{ N}$$

$$F_3 = \frac{C}{2} = 797 \text{ N}$$

$$F_4 = F_5 = \frac{D}{2} + \frac{D}{2} = 754 + 4391 = 5145 \text{ N}$$

$$F_6 = 0$$

$$F_7 = \frac{E}{2} = 4391 \text{ N}$$

$$F_8 = \frac{E}{2} + \frac{F}{2} = 4391 + 3333 = 7724 \text{ N}$$

$$F_9 = \frac{F}{2} = 3333 \text{ N}$$

$$F_{\max} = F_8 = 7724 \text{ N}$$

⇒ 1112 4.8 laut Poloff TB 8-13

zugmoment laut TB 8-14:  $M_{\text{zug}} = 30 \text{ Nm}$

14)

## Kupplungen

Antriebsseitig:

$$M_e = 124,3 \text{ Nm}$$

$$n = 3650 \frac{1}{\text{min}}$$

⇒ H4 deflex-Kupplung

Bauform XW1

Größe 42

Abtriebsseitig:

$$M_t = 1274,1 \text{ Nm}$$

$$n = 356 \frac{1}{\text{min}}$$

⇒ DIN 196 Form A

Größe 40 mit 6 Schrauben

Verlustleistung

$$\eta = 0,97$$

$$P_v = P \cdot (1 - \eta) = 25 \cdot (1 - 0,97) = 0,75 \text{ kW}$$

Ölmenge:

$$\dot{Q} = P_v \cdot 6 = 0,75 \cdot 6 = 4,5 \frac{\text{L}}{\text{min}}$$