

mit Lochtie 24,3 sichern

mit Lochtie 24,3 sichern

mit Lochtie 24,3 sichern

Pos.	Anz.	Bezeichnung	Zeich. Abw.	Norm	Material	Teilenummer
14	1	Paßscheibe				
13	4	Sechskantschraube		DIN EN 24017 - H10 x 31 8 8		
12	3	Sechskantschraube		DIN EN 24017 - H8 x 25 8 8		
11	3	Sechskantschraube		DIN EN 24017 - H8 x 25 8 8		
10	1	Steuerungsring		DIN 572 - 40 x 17,5		
9	1	Steuerungsring		DIN 572 - 40 x 17,5		
8	1	Rollenlager		DIN 625 - 6208 RS2		
7	1	Rollenlager		DIN 625 - 6208 RS2		
6	1	Welle				
5	1	Rollenlager		DIN 625 - 6208 2RS		
4	1	Deckel				
3	1	Einbaue				
2	1	Einbaue				
1	1	Deckel				

Pos.	Anz.	Bezeichnung	Zeich. Abw.	Norm	Material	Teilenummer
14	1	Paßscheibe				
13	4	Sechskantschraube		DIN EN 24017 - H10 x 31 8 8		
12	3	Sechskantschraube		DIN EN 24017 - H8 x 25 8 8		
11	3	Sechskantschraube		DIN EN 24017 - H8 x 25 8 8		
10	1	Steuerungsring		DIN 572 - 40 x 17,5		
9	1	Steuerungsring		DIN 572 - 40 x 17,5		
8	1	Rollenlager		DIN 625 - 6208 RS2		
7	1	Rollenlager		DIN 625 - 6208 RS2		
6	1	Welle				
5	1	Rollenlager		DIN 625 - 6208 2RS		
4	1	Deckel				
3	1	Einbaue				
2	1	Einbaue				
1	1	Deckel				

Pos.	Anz.	Bezeichnung	Zeich. Abw.	Norm	Material	Teilenummer
1	1	Deckel				

Pos.	Anz.	Bezeichnung	Zeich. Abw.	Norm	Material	Teilenummer
1	1	Deckel				

Pos.	Anz.	Bezeichnung	Zeich. Abw.	Norm	Material	Teilenummer
1	1	Deckel				

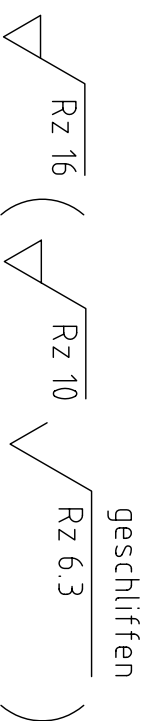
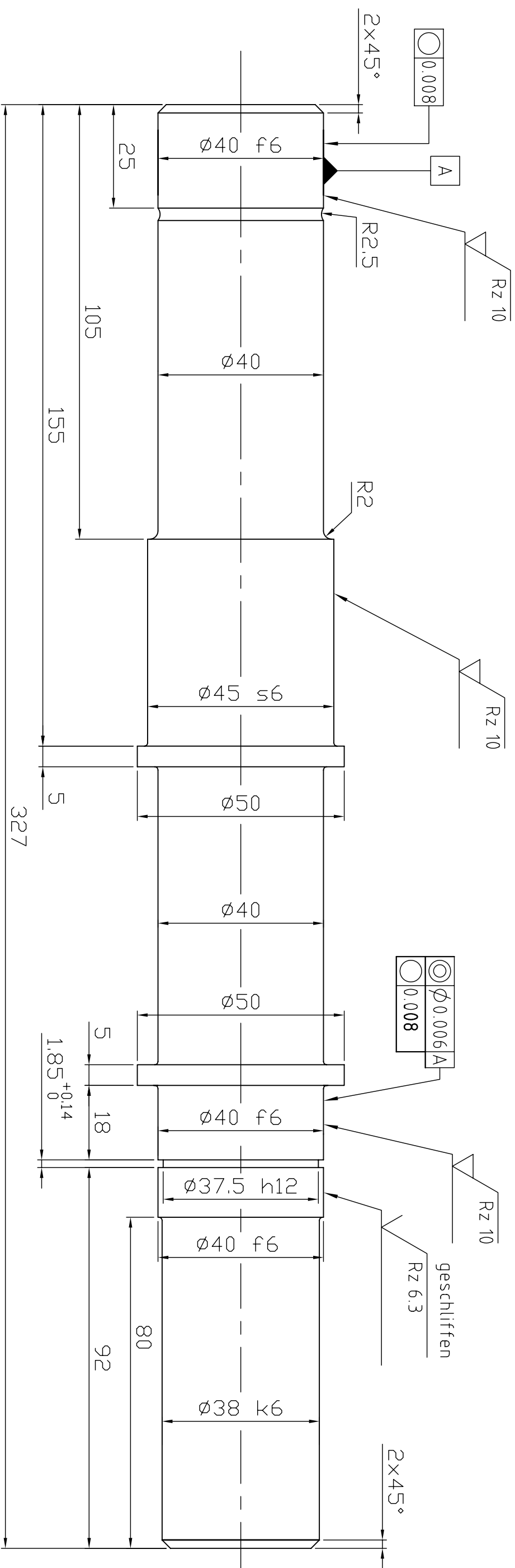
Pos.	Anz.	Bezeichnung	Zeich. Abw.	Norm	Material	Teilenummer
1	1	Deckel				

Pos.	Anz.	Bezeichnung	Zeich. Abw.	Norm	Material	Teilenummer
1	1	Deckel				

Schwingungserreger

SSE 001



Alle unbemaßten Radien R 0.8

45 s6	0.059 0.043
40 f6	-0.025 -0.041
38 k6	0.018 0.002
37.5 h12	0 -0.025
Paßmaß	Abmaß

(Verwendungsbereich)		(Zul. Abw.)	(Oberfl.)	Maßstab 1:1	(Gewicht) 2.6 kg	
ISO 2768-m		Datum	Name	(Werkstoff, Halbzeug) (Rohteil-Nr.)	EZ95	
		Bearb. 30.05.03		(Modell- oder Gesenk-Nr.)		
		Gepr.		Welle		
		Norm				
Zust.	Änderung	Datum	Name	Ursprung	Ersatz für:	
					SSE 002	
					Ersatz durch:	Blätter

## Funktionsbeschreibung

Die vorliegende Baugruppe dient zur Erregung eines Schwingsiebes. Wird die vorgesehene Drehzahl und das Drehmoment auf die Antriebswelle übertragen, erzeugt die exzentrisch angeordnete Masse im Schwingungserreger die vorgegebene Schwingungserregerkraft. Der Kraftschluß von der Welle auf die exzentrische Masse erfolgt mittels Übermaßpassung. Gelagert wird die Welle durch zwei Radial-Rillenkugellager gleicher Bauart. Das geschlossene Gehäuse und der Radialwellendichtring gewährleisten die Dichtheit gegen Staub und Verschmutzung.

## Beleg Stationärer Schwingungserreger

gegeben:

$$F_{\omega} := 4400\text{N}$$

$$t_A := 5.2\text{s}$$

$$f := 8\text{Hz} \quad n := f \cdot \frac{60\text{s}}{\text{min}} \quad n = 480 \text{min}^{-1}$$

Bestimmung der Masse aufgrund der Fliehkraft  
Abstand von der Welle r

$$r := 100\text{mm}$$

$$m_u := \frac{F_{\omega}}{4 \cdot \pi^2 \cdot f^2 \cdot r}$$

$$m_u = 17.415 \text{kg}$$

Abmaße der Unwucht

$$\rho_{\text{Stahl}} := 7.85 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$$

$$B_u := 100\text{mm}$$

$$L_u := 200\text{mm}$$

$$H_u := \frac{m_u}{B_u \cdot L_u \cdot \rho_{\text{Stahl}}}$$

$$H_u = 110.921 \text{mm}$$

## Massen und Trägheiten der Elemente Welle:

geg.:  $d_w := 40\text{mm}$  Lagerbreite  $B_1 := 18\text{mm}$  Lager 6208

DIN Wellenende  $l_{\text{DIN}} := 80\text{mm}$  Durchmesser 38mm

Länge Welle  $l_w := 210\text{mm}$

Länge Unwuchtmitnehmer  $L_{\text{um}} := 50\text{mm}$

$$l_{\text{wges}} := l_{\text{DIN}} + l_w + 2 \cdot B_1 - L_{\text{um}}$$

$$l_{\text{wges}} = 276 \text{ mm}$$

$$A_w := \frac{\pi \cdot d_w^2}{4}$$

$$A_w = 1.257 \times 10^3 \text{ mm}^2$$

$$V_w := l_{\text{wges}} \cdot A_w$$

$$V_w = 3.468 \times 10^5 \text{ mm}^3$$

$$m_w := \rho_{\text{Stahl}} \cdot V_w$$

$$m_w = 2.723 \text{ kg}$$

$$J_w := \frac{m_w \cdot d_w^2}{8}$$

$$J_w = 5.445 \times 10^{-4} \text{ kg m}^2$$

## Unwuchtmitnehmer:

$$H_{\text{um}} := 90\text{mm} \quad B_{\text{um}} := 100\text{mm}$$

$$V_{\text{um}} := H_{\text{um}} \cdot B_{\text{um}} \cdot L_{\text{um}}$$

$$V_{\text{um}} = 4.5 \times 10^5 \text{ mm}^3$$

$$m_{\text{um}} := \rho_{\text{Stahl}} \cdot V_{\text{um}}$$

$$m_{\text{um}} = 3.532 \times 10^3 \text{ g}$$

$$J_{\text{um}} := m_{\text{um}} \cdot \frac{H_{\text{um}}^2 + B_{\text{um}}^2}{12}$$

$$J_{\text{um}} = 5.328 \times 10^{-3} \text{ kg m}^2$$

## Unwucht:

$$H_{\text{u}} := 111\text{mm} \quad \text{andere Abma\ss e siehe Oben}$$

$$V_{\text{u}} := H_{\text{u}} \cdot B_{\text{u}} \cdot L_{\text{u}} \quad V_{\text{u}} = 2.22 \times 10^6 \text{ mm}^3$$

$$J_{\text{us}} := m_{\text{u}} \cdot \frac{H_{\text{u}}^2 + B_{\text{u}}^2}{12}$$

$$J_{\text{us}} = 0.032 \text{ kg m}^2$$

$$J_{\text{u}} := J_{\text{us}} + m_{\text{u}} \cdot r^2$$

$$J_{\text{u}} = 0.207 \text{ kg m}^2$$

Resultierendes Trägheitsmoment

$$J_{\text{res}} := J_{\text{u}} + J_{\text{um}} + J_{\text{w}}$$

$$J_{\text{res}} = 0.212 \text{ kg m}^2$$

## Resultierende Maße

$$m_{\text{res}} := m_{\text{u}} + m_{\text{um}} + m_{\text{w}}$$

$$m_{\text{res}} = 23.67 \text{ kg}$$

$$F_{\text{g}} := m_{\text{res}} \cdot g$$

$$F_{\text{g}} = 232.2 \text{ N}$$

## Resultierendes Volumen

$$V_{\text{res}} := V_{\text{u}} + V_{\text{um}} + V_{\text{w}}$$

$$V_{\text{res}} = 3.017 \text{ dm}^3$$

## benötigte Antriebsleistung

$$E_{\omega} := J_{\text{res}} \cdot 2 \cdot \pi^2 \cdot f^2$$

$$E_{\omega} = 268.341 \text{ J}$$

$$P_{\text{mech}} := \frac{E_{\omega}}{t_{\text{A}}}$$

$$P_{\text{mech}} = 0.052 \text{ kW}$$

## entstehendes Drehmoment

$$\alpha_{\text{a}} := \frac{2\pi \cdot f}{t_{\text{A}}} \quad \alpha_{\text{a}} = 9.666 \frac{1}{\text{s}^2}$$

$$M := J_{\text{res}} \cdot \alpha_{\text{a}}$$

$$M = 2.053 \text{ Nm}$$

## Wellenberechnung

$$E := 210000 \text{ MPa}$$

Flächenträgheitsmoment

$$I_{xxwelle} := \frac{\pi \cdot d_w^4}{64}$$

$$I_{xxwelle} = 1.257 \times 10^5 \text{ mm}^4$$

## Durchbiegung der Welle an der Unwucht

$$v_F := \frac{(F_\omega + F_g) \cdot \frac{l_w^4}{16}}{3E \cdot I_{xxwelle} \cdot l_w}$$

$$v_F = 0.034 \text{ mm}$$

$$\alpha := \text{atan}\left(\frac{2 \cdot v_F}{l_w}\right) \quad \alpha = 0.018 \text{ Grad}$$

$$\alpha = 1.109'$$

$$\alpha_{zul} := 10'$$

## Lebensdauer der Kugellager

Kennwerte der Rillenkugellager von FAG 6208

$$C := 29 \text{ KN}$$

$$P := \frac{F_\omega + F_g}{2}$$

$$P = 2.316 \times 10^3 \text{ N}$$

$$L_{hn} := \frac{10^6}{60 \cdot \frac{\text{min}}{h} \cdot n} \cdot \left(\frac{C}{P}\right)^3$$

$$L_{hn} = 6.816 \times 10^4 \text{ h}$$

# Wellensicherheit an der Uwucht

## Sicherheit gegen bleibende Verformung

Material Kennwerte E295

$$\sigma_B := 490\text{MPa} \quad \sigma_{bw} := 245\text{MPa} \quad \tau_{tw} := 145\text{MPa} \quad \sigma_s := 295\text{MPa}$$

$d_u := 45\text{mm}$  Durchmesser an der Schrumpfstelle

$$M_U := (F_\omega + F_g) \cdot \left( \frac{B_1}{2} + \frac{l_w}{2} - \frac{L_{um}}{2} + 1\text{mm} \right)$$

$$M_U = 416.898 \text{ Nm}$$

$$\sigma_U := \frac{M_U \cdot d_w}{2 \cdot I_{xxwelle}}$$

$$\sigma_U = 66.351 \text{ MPa}$$

$$\beta_{\sigma BK} := 2.7 \cdot \left( \frac{\sigma_B}{1000\text{MPa}} \right)^{0.43}$$

$$K_{3BK} := 1 - 0.2 \cdot \log(\beta_{\sigma BK}) \cdot \frac{\log\left(\frac{40\text{mm}}{7.5\text{mm}}\right)}{\log(20)}$$

$$K_3 := 1 - 0.2 \cdot \log(\beta_{\sigma BK}) \cdot \frac{\log\left(\frac{d_u}{7.5\text{mm}}\right)}{\log(20)}$$

$$\beta_\sigma := \beta_{\sigma BK} \cdot \frac{K_{3BK}}{K_3}$$

$$\beta_\sigma = 1.992 \quad \text{daraus folgt} \quad \gamma_F := 1.05$$

Durchmesser des Wellen Halbzeugs  $d_H := 50\text{mm}$

$$K_{1\sigma s} := 1 - 0.26 \cdot \log\left(\frac{d_H}{32\text{mm}}\right) \quad K_{1\sigma s} = 0.95$$

$$K_2 := 1 - 0.2 \cdot \frac{\log\left(\frac{d_u}{7.5\text{mm}}\right)}{\log(20)} \quad K_2 = 0.88$$

$$\sigma_{\text{bFK}} := K_{1\sigma_s} \cdot K_2 \cdot \gamma_F \cdot \sigma_B \quad \sigma_{\text{bFK}} = 430.129 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\text{tFK}} := K_{1\sigma_s} \cdot K_2 \cdot \gamma_F \cdot \frac{\sigma_B}{\sqrt{3}} \quad \tau_{\text{tFK}} = 248.335 \text{ MPa}$$

$$\tau := \frac{16M}{\pi \cdot d_w^3} \quad \tau = 0.163 \text{ MPa}$$

Sicherheit gegen bleibende Verformung

$$S_F := \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{\sigma_U}{\sigma_{\text{bFK}}}\right)^2 + \left(\frac{\tau}{\tau_{\text{tFK}}}\right)^2}} \quad S_F = 6.483$$

Sicherheit gegen Dauerbruch

$$R_z := 10 \mu\text{m} \quad K_v := 1$$

$$K_{F\sigma} := 1 - 0.22 \cdot \log\left(\frac{R_z}{\mu\text{m}}\right) \cdot \left(\log\left(\frac{\sigma_U \cdot \text{mm}^2}{20\text{N}}\right) - 1\right) \quad K_{F\sigma} = 1.105$$

$$K_\sigma := \left(\frac{\beta_\sigma}{K_2} + \frac{1}{K_{F\sigma}} - 1\right) \cdot \frac{1}{K_v} \quad K_\sigma = 2.167$$

$$\sigma_{\text{bWK}} := \frac{\sigma_{\text{bw}} \cdot K_{1\sigma_s}}{K_\sigma} \quad \sigma_{\text{bWK}} = 107.37 \text{ MPa}$$

$$\psi_\sigma := \frac{\sigma_{\text{bWK}}}{2 \cdot \sigma_B \cdot K_{1\sigma_s} - \sigma_{\text{bWK}}} \quad \psi_\sigma = 0.13$$

$$\sigma_{\text{mv}} := \frac{\sigma_U}{2} \quad \sigma_{\text{mv}} = 33.176 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\text{bADK}} := \sigma_{\text{bWK}} - \psi_\sigma \cdot \sigma_{\text{mv}} \quad \sigma_{\text{bADK}} = 103.043 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\text{ba}} := \frac{\sigma_U}{2} \quad \sigma_{\text{ba}} = 33.176 \text{ MPa}$$

$$\tau_{mv} := \frac{\sigma_{mv}}{\sqrt{3}} \quad \beta_{\tau} := \beta_{\sigma} \quad \tau_{mv} = 19.154 \text{ MPa}$$

$$K_{Ft} := 0.575 K_{F\sigma} + 0.425 \quad K_{Ft} = 1.061$$

$$K_t := \frac{\beta_{\tau}}{K_2} + \frac{1}{K_{Ft}} - 1 \quad K_t = 2.205$$

$$\tau_{tWK} := \frac{\tau_{tw} \cdot K_{1\sigma}}{K_t} \quad \tau_{tWK} = 62.444 \text{ MPa}$$

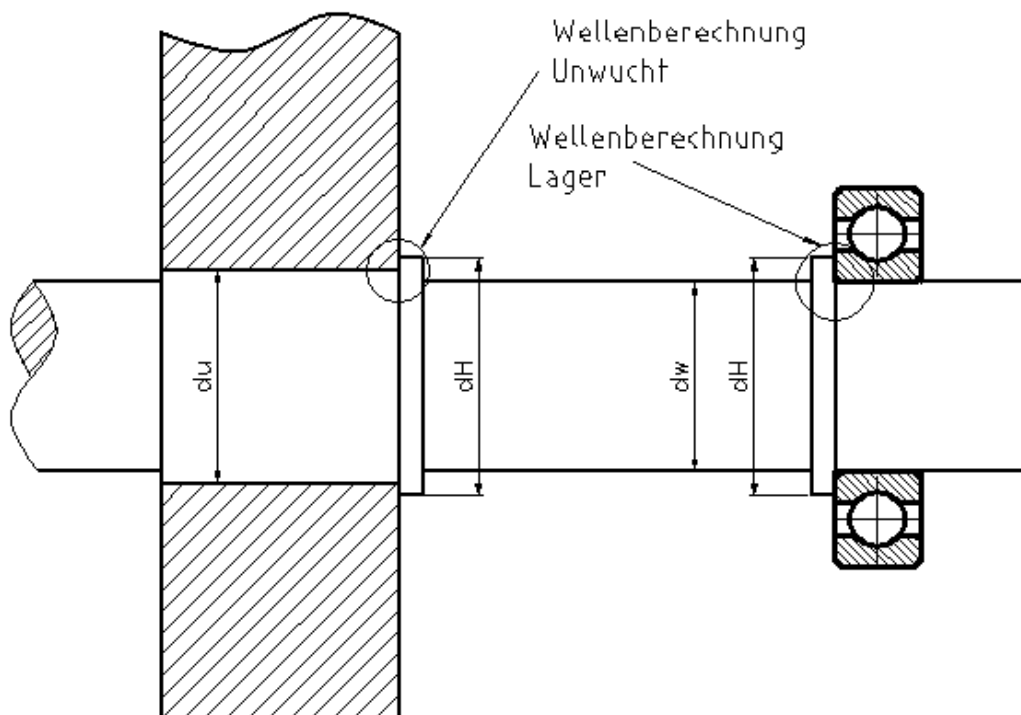
$$\psi_{tK} := \frac{\tau_{tWK}}{2 \cdot \sigma_B \cdot K_{1\sigma} - \tau_{tWK}} \quad \psi_{tK} = 0.072$$

$$\tau_{tADK} := \tau_{tWK} - \psi_{tK} \cdot \tau_{mv} \quad \tau_{tADK} = 61.066 \text{ MPa}$$

$$\tau_{ta} := \tau \quad \tau_{ta} = 0.163 \text{ MPa}$$

Sicherheit gegen Dauerbruch

$$S_{Dvorh} := \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{\sigma_{ba}}{\sigma_{bADK}}\right)^2 + \left(\frac{\tau_{ta}}{\tau_{tADK}}\right)^2}} \quad S_{Dvorh} = 3.106$$



# Wellensicherheit am Lager

Sicherheit gegen bleibende Verformung

$$M_L := (F_\omega + F_g) \cdot \left( \frac{B_1}{2} \right)$$

$$M_L = 41.69 \text{ Nm}$$

$$\sigma_L := \frac{M_L \cdot d_w}{2 \cdot I_{xx\text{welle}}}$$

$$\sigma_L = 6.635 \text{ MPa}$$

Berechnung von  $\beta_\sigma$

$$r := 0.8 \text{ mm} \quad t := \frac{d_H - d_w}{2} \quad t = 5 \text{ mm}$$

$$\alpha_\sigma := 1 + \frac{1}{\sqrt{\frac{0.62r}{t} + \frac{11.6r}{d_w} \cdot \left(1 + \frac{2r}{d_w}\right)^2 + 0.2 \left(\frac{r}{t}\right)^3 \cdot \frac{d_w}{d_H}}} \quad \alpha_\sigma = 2.688$$

$$\phi := \frac{1}{4 \sqrt{\frac{t}{r} + 2}} \quad \phi = 0.083$$

$$G' := \frac{2.3 \cdot (1 + \phi)}{r} \quad G' = 3.115 \times 10^3 \frac{1}{\text{m}}$$

$$n := 1 + \sqrt{G' \cdot \text{mm} \cdot 10^{-\left(0.33 + \frac{\sigma_s \cdot K_{1\sigma s}}{712 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}\right)}} \quad n = 1.33362097$$

$$\beta_\sigma := \frac{\alpha_\sigma}{n} \quad \beta_\sigma = 2.016 \quad \text{daraus folgt} \quad \gamma_F := 1.1$$

Durchmesser des Wellen Halbzeugs  $d_H := 50 \text{ mm}$

$$K_{1\sigma s} := 1 - 0.26 \cdot \log\left(\frac{d_H}{32 \text{ mm}}\right) \quad K_{1\sigma s} = 0.95$$

$$K_2 := 1 - 0.2 \cdot \frac{\log\left(\frac{d_w}{7.5 \text{ mm}}\right)}{\log(20)} \quad K_2 = 0.888$$

$$\sigma_{bFK} := K_{1\sigma s} \cdot K_2 \cdot \gamma_F \cdot \sigma_B \quad \sigma_{bFK} = 454.636 \text{ MPa}$$

$$\tau_{tFK} := K_{1\sigma s} \cdot K_2 \cdot \gamma_F \cdot \frac{\sigma_B}{\sqrt{3}} \quad \tau_{tFK} = 262.484 \text{ MPa}$$

$$\tau := \frac{16M}{\pi \cdot d_w^3} \quad \tau = 0.163 \text{ MPa}$$

Sicherheit gegen bleibende Verformung

$$S_F := \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{\sigma_L}{\sigma_{bFK}}\right)^2 + \left(\frac{\tau}{\tau_{tFK}}\right)^2}} \quad S_F = 68.457$$

Sicherheit gegen Dauerbruch

$$R_z := 10 \mu\text{m} \quad K_v := 1$$

$$K_{F\sigma} := 1 - 0.22 \cdot \log\left(\frac{R_z}{\mu\text{m}}\right) \cdot \left(\log\left(\frac{\sigma_L \cdot \text{mm}^2}{20\text{N}}\right) - 1\right) \quad K_{F\sigma} = 1.325$$

$$K_\sigma := \left(\frac{\beta_\sigma}{K_2} + \frac{1}{K_{F\sigma}} - 1\right) \cdot \frac{1}{K_v} \quad K_\sigma = 2.024$$

$$\sigma_{bWK} := \frac{\sigma_{bw} \cdot K_{1\sigma s}}{K_\sigma} \quad \sigma_{bWK} = 114.948 \text{ MPa}$$

$$\psi_\sigma := \frac{\sigma_{bWK}}{2 \cdot \sigma_B \cdot K_{1\sigma s} - \sigma_{bWK}} \quad \psi_\sigma = 0.141$$

$$\sigma_{mv} := \frac{\sigma_L}{2} \quad \sigma_{mv} = 3.318 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{bADK} := \sigma_{bWK} - \psi_\sigma \cdot \sigma_{mv} \quad \sigma_{bADK} = 114.481 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{ba} := \frac{\sigma_L}{2} \quad \sigma_{ba} = 3.318 \text{ MPa}$$

Berechnung von  $\beta_\tau$ 

$$\alpha_\tau := 1 + \frac{1}{\sqrt{3.4 \cdot \frac{r}{t} + 38 \cdot \frac{r}{d_w} \cdot \left(1 + 2 \cdot \frac{r}{d_w}\right)^2 + \left(\frac{r}{t}\right)^2 \cdot \frac{d_w}{d_H}}} \quad \alpha_\tau = 1.849$$

$$n := 1 + \sqrt{\frac{1.15}{r} \cdot \text{mm} \cdot 10^{-\left(0.33 + \frac{\sigma_s \cdot K_{1\sigma s}}{712 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}\right)}} \quad n = 1.227$$

$$\beta_\tau := \frac{\alpha_\tau}{n} \quad \beta_\tau = 1.508$$

$$\tau_{mv} := \frac{\sigma_{mv}}{\sqrt{3}} \quad \tau_{mv} = 1.915 \text{ MPa}$$

$$K_{Ft} := 0.575 K_{F\sigma} + 0.425 \quad K_{Ft} = 1.187$$

$$K_t := \frac{\beta_\tau}{K_2} + \frac{1}{K_{Ft}} - 1 \quad K_t = 1.54$$

$$\tau_{tWK} := \frac{\tau_{tw} \cdot K_{1\sigma s}}{K_t} \quad \tau_{tWK} = 89.433 \text{ MPa}$$

$$\psi_{tK} := \frac{\tau_{tWK}}{2 \cdot \sigma_B \cdot K_{1\sigma s} - \tau_{tWK}} \quad \psi_{tK} = 0.106$$

$$\tau_{tADK} := \tau_{tWK} - \psi_{tK} \cdot \tau_{mv} \quad \tau_{tADK} = 89.229 \text{ MPa}$$

$$\tau_{ta} := \tau \quad \tau_{ta} = 0.163 \text{ MPa}$$

Sicherheit gegen Dauerbruch

$$S_{Dvorh} := \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{\sigma_{ba}}{\sigma_{bADK}}\right)^2 + \left(\frac{\tau_{ta}}{\tau_{tADK}}\right)^2}} \quad S_{Dvorh} = 34.439$$

## Welle Nabe Verbindung

$$\text{Übermaß} \quad \mu := 0.1 \quad R_{zI} := 10\mu\text{m} \quad R_{zA} := 10\mu\text{m}$$

$$M_A := M + m_u \cdot g \cdot r \quad M_A = 2.19 \text{ Nm}$$

$$p_{\min} := \frac{2.6 \cdot M_A}{\pi \cdot d_u^2 \cdot L_{\text{um}} \cdot \mu} \quad p_{\min} = 0.179 \text{ MPa}$$

$$Q_A := \frac{d_u}{B_{\text{um}}} \quad Q_A = 0.45$$

$$Z_{\min} := \frac{p_{\min} \cdot d_u^2}{E \cdot (1 - Q_A^2)} \quad Z_{\min} = 0.096 \mu\text{m}$$

$$\Delta U := 0.8(R_{zI} + R_{zA}) \quad \Delta U = 16 \mu\text{m}$$

$$U_{\min} := Z_{\min} + \Delta U \quad U_{\min} = 16.096 \mu\text{m}$$

### Maximale Pressung

$$\text{Werkstoff} \quad \text{Welle E295} \quad \sigma_{SI} := 295 \text{ MPa}$$

$$\text{Unwuchtmitnehmer E295} \quad \sigma_{SA} := 295 \text{ MPa}$$

$$p_{I\max} := \frac{\sigma_{SI}}{1.3} \quad p_{I\max} = 226.923 \text{ MPa}$$

$$p_{A\max} := \frac{1 - Q_A^2}{\sqrt{3 + Q_A^4}} \cdot \frac{\sigma_{SA}}{1.3} \quad p_{A\max} = 103.777 \text{ MPa}$$

$$Z_{\max} := \frac{p_{A\max} \cdot d_u^2}{E \cdot (1 - Q_A^2)} \quad Z_{\max} = 55.769 \mu\text{m}$$

$$U_{\max} := Z_{\max} + \Delta U \quad U_{\max} = 71.769 \mu\text{m}$$

### Passungswahl

$$\text{Bohrung 45H7} \quad B_{\text{ob}} := 25\mu\text{m} \quad B_{\text{ub}} := 0\mu\text{m}$$

$$\text{Bohrung} \quad A_{\text{ob}} := U_{\max} + B_{\text{ub}} \quad A_{\text{ob}} = 71.769 \mu\text{m}$$

$$A_{\text{ub}} := U_{\min} + B_{\text{ob}} \quad A_{\text{ub}} = 41.096 \mu\text{m}$$

$$\text{Welle 45s6} \quad A_{\text{ob}} := 59\mu\text{m} \quad A_{\text{ub}} := 43\mu\text{m}$$

## Resultierende Spannung

$$U_{\max} := A_{\text{ob}} - B_{\text{ub}}$$

$$U_{\max} = 59 \mu\text{m}$$

$$U_{\min} := A_{\text{ub}} - B_{\text{ob}}$$

$$U_{\min} = 18 \mu\text{m}$$

$$Z_{\max} := U_{\max} - \Delta U$$

$$Z_{\max} = 43 \mu\text{m}$$

$$Z_{\min} := U_{\min} - \Delta U$$

$$Z_{\min} = 2 \mu\text{m}$$

$$P_{\max} := \frac{Z_{\max} \cdot E \cdot (1 - Q_A^2)}{2d_u}$$

$$P_{\max} = 80.016 \text{ MPa}$$

$$P_{\min} := \frac{Z_{\min} \cdot E \cdot (1 - Q_A^2)}{2d_u}$$

$$P_{\min} = 3.722 \text{ MPa}$$

## Übertragbare Momente

$$M_{\min} := P_{\min} \cdot \frac{\pi}{2} \cdot d_u^2 \cdot L_{\text{um}} \cdot \mu$$

$$M_{\min} = 59.191 \text{ Nm}$$

$$M_{\max} := P_{\max} \cdot \frac{\pi}{2} \cdot d_u^2 \cdot L_{\text{um}} \cdot \mu$$

$$M_{\max} = 1.273 \times 10^3 \text{ Nm}$$

$$t_R := 293.15 \text{ K} \quad \Delta_F := \frac{d_u}{1000}$$

$$\text{Wärmeausdehnungskoeffizient } \alpha := 11 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{1}{\text{K}}$$

$$t := t_R + \frac{U_{\max} + \Delta_F}{\alpha \cdot d_u}$$

$$t = 503.251 \text{ K}$$

$$t_C := t - 273.15 \text{ K}$$

$$t_C = 230.101 \text{ } ^\circ\text{C}$$

## Sicherheit

## Welle

$$S_F := \frac{\sigma_{SI}}{P_{\max}}$$

$$S_F = 3.687$$

## Unwuchtmitnehmer

$$S_F := \frac{1 - Q_A^2}{\sqrt{3 + Q_A^4}} \cdot \frac{\sigma_{SA}}{P_{\max}}$$

$$S_F = 1.686$$

# Schraubenverbindung

## Gestellschrauben

4 Schrauben M10 10.9

$$\begin{aligned} A_s &:= 58 \text{ mm}^2 & d_s &:= 10 \text{ mm} & l_s &:= 20 \text{ mm} \\ d_w &:= 15.63 \text{ mm} & d_h &:= 10 \text{ mm} & D_A &:= 30 \text{ mm} \\ P &:= 1.5 \text{ mm} & \mu_G &:= 0.1 & d_2 &:= 9.026 \text{ mm} \\ d_3 &:= 8.16 \text{ mm} & \sigma_{0.2} &:= 900 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Masse Gehäuse  $m_g := 75 \text{ kg}$

## Nachgiebigkeit der Schrauben

Schraubenkopf

$$l_{ko} := 0.4 \cdot d_s$$

$$l_{ko} = 4 \text{ mm}$$

$$A_N := \frac{\pi \cdot d_s^2}{4}$$

$$A_N = 78.54 \text{ mm}^2$$

$$\delta_K := \frac{l_{ko}}{E \cdot A_N}$$

$$\delta_K = 2.425 \times 10^{-7} \frac{\text{mm}}{\text{N}}$$

Zylindrisches Einzelement

$$\delta_{zyl} := \frac{l_s}{E \cdot A_N}$$

$$\delta_{zyl} = 1.213 \times 10^{-6} \frac{\text{mm}}{\text{N}}$$

Eingeschraubter Gewindeteil

$$l_G := 0.5 \cdot d_s$$

$$l_G = 5 \text{ mm}$$

$$\delta_G := \frac{l_G}{E \cdot A_s}$$

$$\delta_G = 4.105 \times 10^{-7} \frac{\text{mm}}{\text{N}}$$

Schraubennachgiebigkeit

$$\delta_S := \delta_K + \delta_{zyl} + \delta_G$$

$$\delta_S = 1.866 \times 10^{-6} \frac{\text{mm}}{\text{N}}$$

## Nachgiebigkeit der Platte

Fall 2 für A Ersatz

$$A_{\text{ers}} := \frac{\pi}{4} (d_w^2 - d_h^2) + \frac{\pi}{8} \cdot d_w \cdot (D_A - d_w) \cdot \left[ \left( \sqrt[3]{\frac{l_s \cdot d_w}{D_A^2} + 1} \right)^2 - 1 \right] \quad A_{\text{ers}} = 280.912 \text{ mm}^2$$

$$\delta_P := \frac{l_s}{E \cdot A_{\text{ers}}}$$

$$\delta_P = 3.39 \times 10^{-7} \frac{\text{mm}}{\text{N}}$$

$$\Phi_K := \frac{\delta_P}{\delta_S + \delta_P} \quad \Phi_K = 0.154$$

### Schraubenkraft

$$F_g := \frac{(m_g + m_{res}) \cdot g \cdot 0.1}{4}$$

Vorspannkraft Schraube 10.9

$$\sigma_M := 500 \text{ MPa}$$

$$F_A := F_g + F_\omega \quad F_A = 4.424 \text{ KN}$$

$$F_M := \sigma_M \cdot A_s \quad F_M = 29 \text{ KN}$$

### Dynamische Sicherheit (Ermüdungsbruch)

$$\sigma_a := \frac{\Phi_K \cdot F_A}{2 \cdot A_s} \quad \sigma_a = 5.865 \text{ MPa}$$

$$S := \frac{\sigma_{bADK}}{\sigma_a} \quad S = 19.519 \quad \sigma_{bADK} = 114.481 \text{ MPa}$$

### Statische Sicherheit

$$F_{SA} := \Phi_K \cdot F_A \quad F_{SA} = 0.68 \text{ KN}$$

$$\sigma_s := \frac{F_{SA} + F_M}{A_s} \quad \sigma_s = 511.73 \text{ MPa}$$

$$W_p := \frac{\pi \cdot d_3^3}{16}$$

$$M_G := F_M \cdot \frac{d_2}{2} \cdot \left( \frac{P}{\pi \cdot d_2} + 1.155 \cdot \mu_G \right) \quad M_G = 22.04 \text{ Nm}$$

$$\tau := \frac{M_G}{W_p} \quad \tau = 206.587 \text{ MPa}$$

$$\sigma_v := \sqrt{\sigma_s^2 + 3 \cdot \tau^2} \quad \sigma_v = 624.421 \text{ MPa}$$

$$S := \frac{\sigma_{0.2}}{\sigma_v} \quad S = 1.441$$

## Erforderliches Anzugsmoment

$\alpha_A := 1.6$  für Drehmomentenschlüssel

$$F_{PA} := (1 - \Phi_K) \cdot F_A$$

$$F_{PA} = 3.744 \text{ KN}$$

$$F_{KR} := F_M - F_{PA}$$

$$F_{KR} = 25.256 \text{ KN}$$

$$\Delta f_z := 3.29 \cdot \left( \frac{l_s}{d_s} \right)^{0.34} \cdot 10^{-3} \cdot \text{mm}$$

$$\Delta f_z = 4.164 \text{ } \mu\text{m}$$

$$\Delta F_M := \frac{\Delta f_z}{\delta_S + \delta_P}$$

$$\Delta F_M = 1.889 \times 10^3 \text{ N}$$

$$F_{\text{Merf}} := \alpha_A \cdot [F_{KR} + (1 - \Phi_K) \cdot F_A + \Delta F_M]$$

$$F_{\text{Merf}} = 49.422 \text{ KN}$$

$$M_{G1} := F_{\text{Merf}} \cdot \frac{d_2}{2} \cdot \left( \frac{P}{\pi \cdot d_2} + 1.155 \cdot \mu_G \right)$$

$$M_{G1} = 37.56 \text{ Nm}$$

$$M_{K1} := F_{\text{Merf}} \cdot \frac{d_W}{2} \cdot 0.15$$

$$M_{K1} = 57.935 \text{ Nm}$$

$$M_{\text{an}} := M_{G1} + M_{K1}$$

$$M_{\text{an}} = 95.495 \text{ Nm}$$