

flkm

May 16, 2024

### 0.1 Die Kritische Stelle:

Die Kritische Stelle befindet sich , auf dem pinkt wo der Loslager sitzt

Dies hat folgende Korrdinaten:

L=1.3 m , D(Durchmesser)=460 mm

An diesem Punkt treten folgende kräfte / Momente auf:

$$M_{b.y_{max}} = 0 \text{ } Nmm$$

$$M_{b.y_{min}} = 0 \text{ } Nmm$$

$$Q_{b.y_{max}} = 616000 \text{ } N$$

$$Q_{b.y_{min}} = 616000 \text{ } N$$

$$N_{x_{max}} = 0 \text{ } N$$

$$N_{x_{min}} = 0 \text{ } N$$

$$M_t = 1840000000.0 \text{ } Nmm$$



# 1 Statistischer Festigkeitsnachweis der Welle:

## 1.1 Nennspannungen:

### 1.1.1 Für die Minimal- und Maximalspannungen ergibt sich:

$$S_{\min b_x} = \frac{32 \cdot (M_{bx\_B.\min})}{\pi \cdot d^3} = \frac{32 \cdot (0 \text{ Nmm})}{\pi \cdot (460 \text{ mm})^3} = 0.000 \text{ Mpa}$$

$$S_{\max b_x} = \frac{32 \cdot (M_{bx\_B.\max})}{\pi \cdot d^3} = \frac{32 \cdot (0 \text{ Nmm})}{\pi \cdot (460 \text{ mm})^3} = 0.000 \text{ Mpa}$$

$$S_{\min b_y} = \frac{32 \cdot (M_{by\_B.\min})}{\pi \cdot d^3} = \frac{32 \cdot (0 \text{ Nmm})}{\pi \cdot (460 \text{ mm})^3} = 0.000 \text{ Mpa}$$

$$S_{\max b_y} = \frac{32 \cdot (M_{by\_B.\max})}{\pi \cdot d^3} = \frac{32 \cdot (0 \text{ Nmm})}{\pi \cdot (460 \text{ mm})^3} = 0.000 \text{ Mpa}$$

$$S_{\min b_z} = \frac{32 \cdot (M_{bz\_B.\min})}{\pi \cdot d^3} = \frac{32 \cdot (0 \text{ Nmm})}{\pi \cdot (460 \text{ mm})^3} = 0.000 \text{ Mpa}$$

$$S_{\max b_z} = \frac{32 \cdot (M_{bz\_B.\max})}{\pi \cdot d^3} = \frac{32 \cdot (0 \text{ Nmm})}{\pi \cdot (460 \text{ mm})^3} = 0.000 \text{ Mpa}$$

$$S_{\max_x zd} = \frac{4 \cdot (N_{\max\_x})}{\pi \cdot d^2} = \frac{4 \cdot (0 \text{ N})}{\pi \cdot (460 \text{ mm})^2} = 0.000 \text{ Mpa}$$

$$S_{\min_x zd} = \frac{4 \cdot (N_{\min\_x})}{\pi \cdot d^2} = \frac{4 \cdot (0 \text{ N})}{\pi \cdot (460 \text{ mm})^2} = 0.000 \text{ Mpa}$$

$$S_{\max_y zd} = \frac{4 \cdot (N_{\max\_y})}{\pi \cdot d^2} = \frac{4 \cdot (0 \text{ N})}{\pi \cdot (460 \text{ mm})^2} = 0.000 \text{ Mpa}$$

$$S_{\min_y zd} = \frac{4 \cdot (-N_{\min\_y})}{\pi \cdot d^2} = \frac{4 \cdot (0 \text{ N})}{\pi \cdot (460 \text{ mm})^2} = 0.000 \text{ Mpa}$$

$$S_{\max_z zd} = \frac{4 \cdot (N_{\max\_z})}{\pi \cdot d^2} = \frac{4 \cdot (0 \text{ N})}{\pi \cdot (460 \text{ mm})^2} = 0.000 \text{ Mpa}$$

$$S_{\min_z zd} = \frac{4 \cdot (N_{\min\_z})}{\pi \cdot d^2} = \frac{4 \cdot (0 \text{ N})}{\pi \cdot (460 \text{ mm})^2} = 0.000 \text{ Mpa}$$

$$T_{\max_s x} = \frac{4 \cdot (Q_{x.\max})}{\pi \cdot d^2} = \frac{4 \cdot (0 \text{ N})}{\pi \cdot (460 \text{ mm})^2} = 0.000 \text{ Mpa}$$

$$T_{\min_s x} = \frac{4 \cdot (Q_{x.\min})}{\pi \cdot d^2} = \frac{4 \cdot (0 \text{ N})}{\pi \cdot (460 \text{ mm})^2} = 0.000 \text{ Mpa}$$

$$T_{\max_s y} = \frac{4 \cdot (Q_{y.\max})}{\pi \cdot d^2} = \frac{4 \cdot (616000 \text{ N})}{\pi \cdot (460 \text{ mm})^2} = 3.707 \text{ Mpa}$$

$$T_{\min_s y} = \frac{4 \cdot (Q_{y.\min})}{\pi \cdot d^2} = \frac{4 \cdot (616000 \text{ N})}{\pi \cdot (460 \text{ mm})^2} = 3.707 \text{ Mpa}$$

$$T_{\max_s z} = \frac{4 \cdot (Q_{z.\max})}{\pi \cdot d^2} = \frac{4 \cdot (0 \text{ N})}{\pi \cdot (460 \text{ mm})^2} = 0.000 \text{ Mpa}$$

$$T_{\min_s z} = \frac{4 \cdot (Q_{z.\min})}{\pi \cdot d^2} = \frac{4 \cdot (0 \text{ N})}{\pi \cdot (460 \text{ mm})^2} = 0.000 \text{ Mpa}$$

## 1.2 Gesamtspannungen:

$$S_{\min_b} = -\sqrt{S_{\min_b x}^2 + S_{\min_b y}^2 + S_{\min_b z}^2} = -\sqrt{(0.000 \text{ Mpa})^2 + (0.000 \text{ Mpa})^2 + (0.000 \text{ Mpa})^2} = -0.000 \text{ Mpa}$$

$$S_{\max_b} = \sqrt{S_{\max_b x}^2 + S_{\max_b y}^2 + S_{\max_b z}^2} = \sqrt{(0.000 \text{ Mpa})^2 + (0.000 \text{ Mpa})^2 + (0.000 \text{ Mpa})^2} = 0.000 \text{ Mpa}$$

$$T_{\min_t} = \frac{16 \cdot M_{t.\min}}{\pi \cdot d^3} = \frac{16 \cdot (0.000 \text{ Nmm})}{\pi \cdot 460^3} = 0.000 \text{ Mpa}$$

$$T_{\max_t} = \frac{16 \cdot M_{t.\max}}{\pi \cdot d^3} = \frac{16 \cdot (1840000000.000 \text{ Nmm})}{\pi \cdot 460^3} = 96.275 \text{ Mpa}$$

$$S_{\min_{zd}} = -\sqrt{S_{\min_x d}^2 + S_{\min_y d}^2 + S_{\min_z d}^2} = \sqrt{(0.000 \text{ Mpa})^2 + (0.000 \text{ Mpa})^2 + (0.000 \text{ Mpa})^2} = -0.000 \text{ Mpa}$$

$$S_{\max_{zd}} = \sqrt{S_{\max_x d}^2 + S_{\max_y d}^2 + S_{\max_z d}^2} = \sqrt{(0.000 \text{ Mpa})^2 + (0.000 \text{ Mpa})^2 + (0.000 \text{ Mpa})^2} = 0.000 \text{ Mpa}$$

$$T_{\min_s} = \sqrt{T_{\min_x s}^2 + T_{\min_y s}^2 + T_{\min_z s}^2} = \sqrt{(0.000 \text{ Mpa})^2 + (3.707 \text{ Mpa})^2 + (0.000 \text{ Mpa})^2} = 3.707 \text{ Mpa}$$

$$T_{\max_s} = \sqrt{T_{\max_x s}^2 + T_{\max_y s}^2 + T_{\max_z s}^2} = \sqrt{(0.000 \text{ Mpa})^2 + (3.707 \text{ Mpa})^2 + (0.000 \text{ Mpa})^2} = 3.707 \text{ Mpa}$$

## 2 Statische Festigkeitswerte und Festigkeitsnachweis

### 2.1 Werkstoffnormwerte

Für die Welle wurde der Werkstoff 42CrMo4 ausgewählt aufgrund von seiner hohen Norm-Zugfestigkeit und Streckgrenze

Für den Werkstoff 42CrMo4 ergeben sich aus der Tabelle die Norm-Zugfestigkeit und Streckgrenze:

- Norm-Zugfestigkeit ( $R_{m.N}$ ): 1100 MPa

- Norm-Streckgrenze ( $R_{p.N}$ ): 900 MPa

-  $j = 4.5$  (Hoch da wir grosse Belastung an der Welle haben)

$$\sigma_{W_{soll}} = \frac{R_{p.N}}{j_{min}} = \frac{900.00 \text{ MPa}}{1} = 900.00 \text{ MPa}$$

Wobei  $j_{min}$  und  $J$  sind Sicherheitsfaktor

$$d_{eff} = \left( \frac{32 \cdot M_{max} \cdot j}{\pi \cdot \sigma_{W_{soll}}} \right)^{\frac{1}{3}} = \left( \frac{32 \cdot 0.00 \text{ N} \cdot \text{mm} \cdot 3}{\pi \cdot 900.00 \text{ MPa}} \right)^{\frac{1}{3}} = 0.00$$

Der effektive Durchmesser ( $d_{eff}$ ) beträgt 0.00 mm.

Die Durchmesser der Proben, an denen die Festigkeitswerte ermittelt wurde sind für vergüteten Vergütungsthal:

$$d_{eff.N.m} = 16 \text{ mm} \quad d_{eff.N.p} = 16 \text{ mm}$$

Zur Berechnung werden außerdem folgende Faktoren benötigt:

- ( $a_{d.m}$ ) = 0.3

- ( $a_{d.p}$ ) = 0.4

### 2.1.1 Bestimmung der Technologischen Größensfaktoren:

### 2.1.2 Die Formel für den technologischen Größensfaktor $Kd_m$ lautet:

## 2.2 Zugfestigkeit

$$Kd_m = \begin{cases} 1 & \text{für } d_{\text{eff}} \leq d_{\text{eff\_Nm}} \\ \frac{1-0.7686 \times ad_m \times \log_{10}(\frac{d_{\text{eff}}}{7.5})}{1-0.7686 \times ad_m \times \log_{10}(\frac{d_{\text{eff\_Nm}}}{7.5})} & \text{für } d_{\text{eff}} < 250 \text{ und } d_{\text{eff\_Nm}} < d_{\text{eff}} \\ \frac{1-1.17 \times ad_m}{1-0.7686 \times ad_m \times \log_{10}(\frac{d_{\text{eff\_Nm}}}{7.5})} & \text{für } d_{\text{eff}} > 250 \\ 0 & \text{sonst} \end{cases}$$

Für  $d_{\text{eff}} \leq d_{\text{eff\_Nm}}$  :  $Kd_m = 1.000$

## 2.3 Fließgrenze:

Die Formel für den technologischen Größensfaktor  $Kd_p$  lautet:

$$Kd_p = \begin{cases} 1 & \text{für } d_{\text{eff}} \leq d_{\text{eff\_Np}} \\ \frac{1-0.7686 \times ad_p \times \log_{10}(\frac{d_{\text{eff}}}{7.5})}{1-0.7686 \times ad_p \times \log_{10}(\frac{d_{\text{eff\_Np}}}{7.5})} & \text{für } d_{\text{eff}} < 250 \text{ und } d_{\text{eff\_Np}} < d_{\text{eff}} \\ \frac{1-1.17 \times ad_p}{1-0.7686 \times ad_p \times \log_{10}(\frac{d_{\text{eff\_Np}}}{7.5})} & \text{für } d_{\text{eff}} > 250 \\ 0 & \text{sonst} \end{cases}$$

Für  $d_{\text{eff}} \leq d_{\text{eff\_Np}}$  :  $Kd_p = 1.000$

## 2.4 Anisotropiefaktor

Da Schubspannungen und Kerbe vorliegen, definieren wir den Anisotropiefaktor:

$$KA = 1$$



**Zugfestigkeit und Fließgrenze des Werkstoffs im Bauteil:**

$$R_m = K_{d.m} \times K_A \times R_{m.N} = 1.00 \times 1 \times 1100 \text{ Mpa} = 1100.00 \text{ Mpa}$$

$$R_p = K_{d.p} \times K_A \times R_{p.N} = 1.00 \times 1 \times 900 \text{ Mpa} = 900.00 \text{ Mpa}$$

## 2.5 Bauteilfestigkeit

Plastische Stützwirkungen werden nur bei den Belastungsarten mit Spannungsgefälle berücksichtigt,

wie Biegung und Torsion.

Die Plastische Formzahl für einen kreis-Querschnitt beträgt:

$$K_{p.b} = 1.7$$

$$K_{p.t} = 1.33$$

Damit kann die Stützzahl ermittelt werden.

### 2.5.1 Berechnung der plastischen Formzahl

Die plastische Formzahl für die Biegung für \$ R\_p \leq 1050 \text{ Mpa} \$ (\$ n\_{pl\_b} \$) und Torsion (\$ n\_{pl\_t} \$) wird wie folgt berechnet:

$$n_{pl_b} = \min \left( \sqrt{\frac{1050 \text{ Mpa}}{R_p}}, K_{pb} \right) \quad \text{falls } R_p < 1050 = \min \left( \sqrt{\frac{1050 \text{ Mpa}}{900.00 \text{ Mpa}}}, 1.7 \right) = 1.08$$

$$n_{pl_t} = \min \left( \sqrt{\frac{1050 \text{ Mpa}}{R_p}}, K_{pt} \right) \quad \text{falls } R_p < 1050 = \min \left( \sqrt{\frac{1050 \text{ Mpa}}{900.00 \text{ Mpa}}}, 1.33 \right) = 1.08$$

Wenn \$ R\_p \$ größer oder gleich 1050 ist, beträgt die plastische Formzahl für beide Belastungsarten 1.

## 2.6 Konstruktionsfaktoren

Die Konstruktionsfaktoren \$ K\_{Sk} \$ berechnen sich folgendermaßen:

$$K_{SK_{zd}} = 1$$

$$K_{SK_b} = \frac{1}{n_{pl_b}} = 0.93$$

$$K_{SK\_s} = 1$$

$$K_{SK\_t} = \frac{1}{npl_t} = 0.93$$

#### Die Konstruktionsfaktoren gelten immer nur für einen Kerbquerschnitt, d.h., es müssen ggf. mehrere Querschnitte berechnet werden.

## 2.7 Bauteilfestigkeit

Die Festigkeitswerte des Bauteils können wie folgt berechnet werden:

$$S_{SK\_zd} = \frac{R_m}{K_{SK\_zd}} = \frac{1100.00 \text{ Mpa}}{1} = 1100.000 \text{ Mpa}$$

$$S_{SK\_b} = \frac{R_m}{K_{SK\_b}} = \frac{1100.00 \text{ Mpa}}{0.93} = 1188.136 \text{ Mpa}$$

$$T_{SK\_s} = f_t \times \frac{R_m}{K_{SK\_s}} = 0.577 \times \frac{1100.00 \text{ Mpa}}{1.00} = 634.700 \text{ Mpa}$$

$$T_{SK\_t} = f_t \times \frac{R_m}{K_{SK\_t}} = 0.577 \times \frac{1100.00 \text{ Mpa}}{0.93} = 685.554 \text{ Mpa}$$

### 2.7.1 Die Erklärung:

Der Faktor  $f_t = 0.577$  korrigiert die Zugfestigkeit  $R_m$  und die Fließgrenze  $R_p$ , sodass sich die Schubfestigkeitswerte ergeben.

## 2.8 Sicherheitsfaktoren

Die Sicherheitsfaktoren werden entsprechend der Schadensfolge und der Wahrscheinlichkeit des Auftretens der angenommenen Spannungen und hohe Belastungen wie folgt ausgewählt .

Daraus ergibt sich der Gesamtsicherheitsfaktor

$$j_m = 2$$

$$j_p = 1.5$$

$$j_{ges} :$$

$$j_{ges} = \max(j_m, j_p \times \frac{R_m}{R_p}) = \max(2, 1.5 \times \frac{1100.00 \text{ Mpa}}{900.00 \text{ Mpa}}) = 2.00$$

### 3 Nachweis der statischen Festigkeit

#### 3.1 Auslastungen für die einzelnen Spannungsarten

$$a_{SK\_b} = \frac{\max(|S_{\max\_b}|, |S_{\min\_b}|) \times j_{\text{ges}}}{S_{SK\_b}} = \frac{\max(|0.00 \text{ Mpa}|, |0.00 \text{ Mpa}|) \times 2.00}{1188.14 \text{ Mpa}} = 0.00$$

$$a_{SK\_zd} = \frac{\max(|S_{\max\_zd}|, |S_{\min\_zd}|) \times j_{\text{ges}}}{S_{SK\_zd}} = \frac{\max(|0.00 \text{ Mpa}|, |0.00 \text{ Mpa}|) \times 2.00}{1100.00 \text{ Mpa}} = 0.00$$

$$a_{SK\_s} = \frac{\max(|T_{\max\_s}|, |T_{\min\_s}|) \times j_{\text{ges}}}{T_{SK\_s}} = \frac{\max(|3.71 \text{ Mpa}|, |3.71 \text{ Mpa}|) \times 2.00}{634.70 \text{ Mpa}} = 0.01$$

$$a_{SK\_t} = \frac{\max(|T_{\max\_t}|, |T_{\min\_t}|) \times j_{\text{ges}}}{T_{SK\_t}} = \frac{\max(|96.28 \text{ Mpa}|, |0.00 \text{ Mpa}|) \times 2.00}{685.55 \text{ Mpa}} = 0.28$$

Da alle Einzelauslastungen kleiner als 1 sind, sind die Einzelnachweise erbracht.

#### 3.2 Auslastung für zusammengesetzte Spannungsarten

Die Auslastung für zusammengesetzte Spannungsarten wird wie folgt berechnet:

$$a_{SK\_sv} = \sqrt{(a_{SK\_zd} + a_{SK\_b})^2 + (a_{SK\_s} + a_{SK\_t})^2} = \sqrt{(0.00 + 0.00)^2 + (0.01 + 0.28)^2} = 0.2925$$

Damit ist der statische Festigkeitsnachweis erbracht. Das Bauteil wird von den angegebenen Belastungen zu 29.25% beim Durchmesser von d=460 mm ausgelastet.

### 4 Spannungen für den Dauerfestigkeit ( Dynamischer Festigkeitsnachweis der Welle)

### 5 Dynamische Festigkeitswerte und Festigkeitsnachweis

#### 5.1 Spannungen für Dauerfestigkeitsnachweis:

$$N_m = \frac{N_{\max_x} + N_{\min_x}}{2} = \frac{0 \text{ N} + 0 \text{ N}}{2} = 0.000 \text{ N}$$

$$N_a = \frac{N_{\max_x} - N_{\min_x}}{2} = \frac{0 \text{ N} - 0 \text{ N}}{2} = 0.000 \text{ N}$$

$$Q_a = \frac{Q_{\max_y} - Q_{\min_y}}{2} = \frac{616000 \text{ N} - 616000 \text{ N}}{2} = 0.000 \text{ N}$$

$$Q_m = \frac{Q_{\max_y} + Q_{\min_y}}{2} = \frac{616000 \text{ N} + 616000 \text{ N}}{2} = 616000.000 \text{ N}$$

$$M_{b_m} = \frac{M_{by_{\max}} + M_{by_{\min}}}{2} = \frac{0 \text{ Nmm} + 0 \text{ Nmm}}{2} = 0.000 \text{ Nmm}$$

$$M_{b_a} = \frac{M_{by_{\max}} - M_{by_{\min}}}{2} = \frac{0 \text{ Nmm} - 0 \text{ Nmm}}{2} = 0.000 \text{ Nmm}$$

$$M_{t_m} = \frac{M_{t_{max}} + M_{t_{min}}}{2} = \frac{1840000000.0 \text{ Nmm} + 0 \text{ Nmm}}{2} = 920000000.000 \text{ Nmm}$$

$$M_{t_a} = \frac{M_{t_{max}} - M_{t_{min}}}{2} = \frac{1840000000.0 \text{ Nmm} - 0 \text{ Nmm}}{2} = 920000000.000 \text{ Nmm}$$

$$S_{m_z d} = \frac{4 \cdot N_m}{\pi \cdot d^2} = \frac{4 \cdot 0.0 \text{ N}}{\pi \cdot (460 \text{ mm})^2} = 0.000 \text{ Mpa}$$

$$S_{a_z d} = \frac{4 \cdot N_a}{\pi \cdot d^2} = \frac{4 \cdot 0.0 \text{ N}}{\pi \cdot (460 \text{ mm})^2} = 0.000 \text{ Mpa}$$

$$S_{m_b} = \frac{32 \cdot M_{b_m}}{\pi \cdot d^3} = \frac{32 \cdot 0.000 \text{ Nmm}}{\pi \cdot (460 \text{ mm})^3} = 0.000 \text{ Mpa}$$

$$S_{a_b} = \frac{32 \cdot M_{b_a}}{\pi \cdot d^3} = \frac{32 \cdot 0.000 \text{ Nmm}}{\pi \cdot (460 \text{ mm})^3} = 0.000 \text{ Mpa}$$

$$T_{a_q} = \frac{4 \cdot Q_a}{\pi \cdot d^2} = \frac{4 \cdot 0.0 \text{ N}}{\pi \cdot (460 \text{ mm})^2} = 0.000 \text{ Mpa}$$

$$T_{m_q} = \frac{4 \cdot Q_m}{\pi \cdot d^2} = \frac{4 \cdot 616000.0 \text{ N}}{\pi \cdot (460 \text{ mm})^2} = 3.707 \text{ Mpa}$$

$$T_{m_t} = \frac{16 \cdot M_{t_m}}{\pi \cdot d^3} = \frac{16 \cdot 920000000.000 \text{ Nmm}}{\pi \cdot (460 \text{ mm})^3} = 48.138 \text{ Mpa}$$

$$T_{a_t} = \frac{16 \cdot M_{t_a}}{\pi \cdot d^3} = \frac{16 \cdot 920000000.000 \text{ Nmm}}{\pi \cdot (460 \text{ mm})^3} = 48.138 \text{ Mpa}$$

## 5.2 Werkstoff-Normwerte und Festigkeitskennwerte für den Werkstoff im Bauteil:

- Normwert für axiale Spannungen ( $\sigma_{W\_zd\_N}$ ): 480 Mpa

- Normwert für Schubspannungen ( $\tau_{W\_s\_N}$ ): 180 Mpa

### 5.2.1 Festigkeitskennwerte des Werkstoffs im Bauteil:

- Berechneter Wert für axiale Spannungen  $\sigma(\_ \{W\_zd\})$  \$

$$\sigma_{W_z d} = K_d m \cdot K_a \cdot \sigma_{W_z d\_N} = 1.00 \cdot 1 \cdot 480 \text{ Mpa} = 480.000 \text{ Mpa}$$

- Berechneter Wert für Schubspannungen ( $\tau_{W\_s}$ )

$$\tau_{W\_s} = K_{dm} \cdot K_a \cdot \tau_{W\_s\_N} = 1.00 \cdot 1 \cdot 180 \text{ Mpa} = 180.000 \text{ Mpa}$$

$$t = \frac{D-d}{2} = \frac{540-460}{2} = 40.0 \text{ mm} \quad r = 8.0$$

### 5.3 Formzahlen

$$K_{t,t} = 1 + \frac{1}{\sqrt{3.4 \frac{r}{t} + \frac{38}{d} r (1 + 2 \frac{r}{d})^2 + 1.0 (\frac{r}{t})^3 \frac{d}{D}}} = 1 + \frac{1}{\sqrt{3.4 \frac{8.0 \text{ mm}}{40.0 \text{ mm}} + \frac{38}{460 \text{ mm}} 8.0 \text{ mm} (1 + 2 \frac{8.0 \text{ mm}}{460 \text{ mm}})^2 + 1.0 (\frac{8.0 \text{ mm}}{40.0 \text{ mm}})^3 \frac{40.0 \text{ mm}}{540 \text{ mm}}}}$$

$$K_{t,b} = 1 + \frac{1}{\sqrt{0.62 \frac{r}{t} + \frac{11.6}{d} r (1 + 2 \frac{r}{d})^2 + 0.2 (\frac{r}{t})^3 \frac{d}{D}}} = 1 + \frac{1}{\sqrt{0.62 \frac{8.0 \text{ mm}}{40.0 \text{ mm}} + \frac{11.6}{460 \text{ mm}} 8.0 \text{ mm} (1 + 2 \frac{8.0 \text{ mm}}{460 \text{ mm}})^2 + 0.2 (\frac{8.0 \text{ mm}}{40.0 \text{ mm}})^3 \frac{40.0 \text{ mm}}{540 \text{ mm}}}}$$

$$K_{t,zd} = 1 + \frac{1}{\sqrt{0.62 \frac{r}{t} + \frac{7}{d} r (1 + 2 \frac{r}{d})^2}} = 1 + \frac{1}{\sqrt{0.62 \frac{8.0 \text{ mm}}{40.0 \text{ mm}} + \frac{7}{460 \text{ mm}} 8.0 \text{ mm} (1 + 2 \frac{8.0 \text{ mm}}{460 \text{ mm}})^2}} = 2.983$$

$$K_{t,s} = 1.6$$

$$\text{Fr} \quad \frac{t}{d} \quad \text{bzw} \quad \frac{t}{d} > 0.25 \quad \text{ist} \quad \Theta = 0. \quad \text{sonst} \quad \Theta = \frac{1}{4 \cdot \sqrt{\frac{t}{r} + 2}}$$

Werkstoffgruppe	$a_g$	$b_g$
Nichtrostender Stahl	0.4	2400
Anderer Stahl	0.50	2700

$$\Theta = \frac{1}{4 \cdot \sqrt{\frac{40.0}{8.0} + 2}} = 0.094$$

5.3.1 Damit sind die bezogenen Spannungsgefälle für die Kerbe:

$$G_\sigma(r) = \frac{2.3}{r} \cdot (1 + \theta) = \frac{2.3}{8.0} \cdot (1 + 0.09) = 0.315 \quad \frac{1}{\text{mm}}$$

$$G_\tau(r) = \frac{1.15}{r} = \frac{1.15}{8.0} = 0.144 \quad \frac{1}{\text{mm}}$$

5.3.2 und für die Spannungsart:

$$G_\sigma(d) = \frac{2}{d} = \frac{2}{460} = 0.004 \quad \frac{1}{\text{mm}}$$

$$G_{\tau}(d) = \frac{2}{d} = \frac{2}{460} = 0.004 \quad \frac{1}{mm}$$

**5.3.3 Für die Werkstoff ergeben sich die Konstanten:**

$$a_g = 0.5$$

$$b_g = 2700$$

**5.4 Die Stützzahlen für die Spannungsart:**

$$n_{\sigma}(r) = 1 + \sqrt{G_{\sigma}(r) \cdot mm} \cdot 10^{(-(ag+(\frac{Rm}{bg \cdot \frac{N}{mm^2}})))} = 1 + \sqrt{0.31 \cdot mm} \cdot 10^{(-(0.5+(\frac{1100.00}{2700.00 \cdot \frac{N}{mm^2}})))} = 1.07$$

$$n_{\tau}(r) = 1 + \sqrt{G_{\tau}(r) \cdot mm} \cdot 10^{(-(ag+(\frac{0.577 \cdot Rm}{bg \cdot \frac{N}{mm^2}})))} = 1 + \sqrt{0.14 \cdot mm} \cdot 10^{(-(0.5+(\frac{0.577 \cdot 1100.00}{2700.00 \cdot \frac{N}{mm^2}})))} = 1.07$$

**5.5 Die Stützzahlen für die Spannungsart:**

$$da \ G_{\sigma}(d) < 0.1 \ gilt :$$

$$n_{\sigma}(d) = 1 + G_{\sigma}(d) \cdot mm \cdot 10^{(-(ag-0.5+(\frac{Rm}{bg \cdot \frac{N}{mm^2}})))} = 1 + 0.00 \cdot mm \cdot 10^{(-(0.5-0.5+(\frac{1100.00}{2700.00 \cdot \frac{N}{mm^2}})))} = 1.00$$

$$da \ G_{\tau}(d) < 0.1 \ gilt :$$

$$n_{\tau}(d) = 1 + G_{\tau}(d) \cdot mm \cdot 10^{(-(ag-0.5+(\frac{0.577 \cdot Rm}{bg \cdot \frac{N}{mm^2}})))} = 1 + 0.00 \cdot mm \cdot 10^{(-(0.5-0.5+(\frac{0.577 \cdot 1100.00}{2700.00 \cdot \frac{N}{mm^2}})))} = 1.00$$

**5.6 Kerbwirkungszahlen:**

$$K_{f.b} = \max(\frac{K_{t.b}}{n_{\sigma(d)} \cdot n_{\sigma(r)}}, \frac{1}{n_{\sigma(d)}}) = \max(\frac{2.71}{1.00 \cdot 1.07}, \frac{1}{1.00}) = 2.53$$

$$K_{f.t} = \max(\frac{K_{t.t}}{n_{\tau(d)} \cdot n_{\tau(r)}}, \frac{1}{n_{\tau(d)}}) = \max(\frac{1.85}{1.00 \cdot 1.07}, \frac{1}{1.00}) = 1.72$$

$$K_{f.zd} = \max(\frac{K_{t.zd}}{n_{\sigma(r)}}, 1) = \max(\frac{2.98}{1.07}, 1) = 2.79$$

$$K_{f.s} = \max(\frac{K_{t.s}}{n_{\tau(r)}}, 1) = \max(\frac{1.60}{1.07}, 1) = 1.50$$

## 5.7 Rauheitsfaktor

Rauheitsfaktor des Bauteils

$$R_z = 30 \mu m$$

$$K_\sigma = 1 - 0.22 \cdot \log_{10}\left(\frac{R_z}{\mu m}\right) \cdot \log_{10}\left(\frac{2 \cdot R_m}{400 MPa}\right) = 1 - 0.22 \cdot \log_{10}\left(\frac{30 \mu m}{\mu m}\right) \cdot \log_{10}\left(\frac{2 \cdot 1100.00 MPa}{400 MPa}\right) = 0.76$$

$$K_\tau = 1 - 0.577 \cdot 0.22 \cdot \log_{10}\left(\frac{R_z}{\mu m}\right) \cdot \log_{10}\left(\frac{2 \cdot R_m}{400 MPa}\right) = 1 - 0.577 \cdot 0.22 \cdot \log_{10}\left(\frac{30 \mu m}{\mu m}\right) \cdot \log_{10}\left(\frac{2 \cdot 1100.00 MPa}{400 MPa}\right) = 0.86$$

## 5.8 Randschichtfaktor

Der Randschichtfaktor

Für Bauteile ohne Randschichtverfestigung gilt:

$$K_v = 1$$

## 5.9 Konstruktionsfaktoren

$$K_{WK_b} = \left(K_{f.b} + \frac{1}{K_{r.\sigma}} - 1\right) \cdot \frac{1}{K_v} = \left(3.48 + \frac{1}{0.76} - 1\right) \cdot \frac{1}{1.00} = 3.80$$

$$K_{WK_t} = \left(K_{f.t} + \frac{1}{K_{r.\tau}} - 1\right) \cdot \frac{1}{K_v} = \left(2.27 + \frac{1}{0.86} - 1\right) \cdot \frac{1}{1.00} = 2.43$$

$$K_{WK_{zd}} = \left(K_{f.zd} + \frac{1}{K_{r.\sigma}} - 1\right) \cdot \frac{1}{K_v} = \left(2.79 + \frac{1}{0.76} - 1\right) \cdot \frac{1}{1.00} = 3.11$$

$$K_{WK_s} = \left(K_{f.s} + \frac{1}{K_{r.\tau}} - 1\right) \cdot \frac{1}{K_v} = \left(1.50 + \frac{1}{0.86} - 1\right) \cdot \frac{1}{1.00} = 1.66$$

## 5.10 Bauteilwechselfestigkeit:

Die ertragbaren Nennwerte der Bauteil-Wechselfestigkeit sind:

$$S_{WK.b} = \frac{\sigma_{W_{zd}}}{K_{WK.b}} = \frac{480.00}{2.43} = 126.38 MPa$$

$$S_{WK.zd} = \frac{\sigma_{W_{zd}}}{K_{WK.zd}} = \frac{480.00}{3.11} = 154.54 MPa$$

$$T_{WK.t} = \frac{\tau_{W.s}}{K_{WK.t}} = \frac{180.00}{2.43} = 73.98 MPa$$

$$T_{WK.s} = \frac{\tau_{W.s}}{K_{WK.s}} = \frac{180.00}{1.66} = 108.64 MPa$$

### 5.11 Mittelspannungsempfindlichkeit

Die Mittelspannungsempfindlichkeit ist ein Maß dafür, wie stark die Ausschlagspannung mit wachsender Mittelspannung abfällt

$$M_\sigma = 0.000035 \cdot \frac{R_m}{MPa} - 0.1 = 0.00035 \cdot \frac{1100.00}{MPa} - 0.1 = 0.2850$$

$$M_\tau = 0.577 \cdot M_\sigma = 0.577 \cdot 0.2850 = 0.164$$

### 5.12 Vergleichspannung

$$S_{m.v} = \sqrt{3 \cdot (T_{m.t} + T_{m.s})^2 + (S_{m.b} + S_{m.zd})^2} = \sqrt{3 \cdot (48.14 + 3.71)^2 + (0.000000 + 0.000000)^2} = 89.80 \text{ Mpa}$$

$$T_{m.v} = 0.577 \cdot S_{m.v} = 0.577 \cdot 89.80 = 51.81 \text{ Mpa}$$

### 5.13 Bauteil-Ausschlagfestigkeit:

$$M_\sigma = 0.29$$

$$M_\tau = 0.164445$$

$$S_{SK_{zd}} = 1100.00$$

$$S_{SK_b} = 1188.14$$

$$T_{SK_s} = 634.70$$

$$T_{SK_t} = 685.55$$

$$S_{WK_{zd}} = 154.54$$

$$S_{WK_b} = 126.38$$

$$T_{WK_s} = 108.64$$

$$T_{WK_t} = 73.98$$

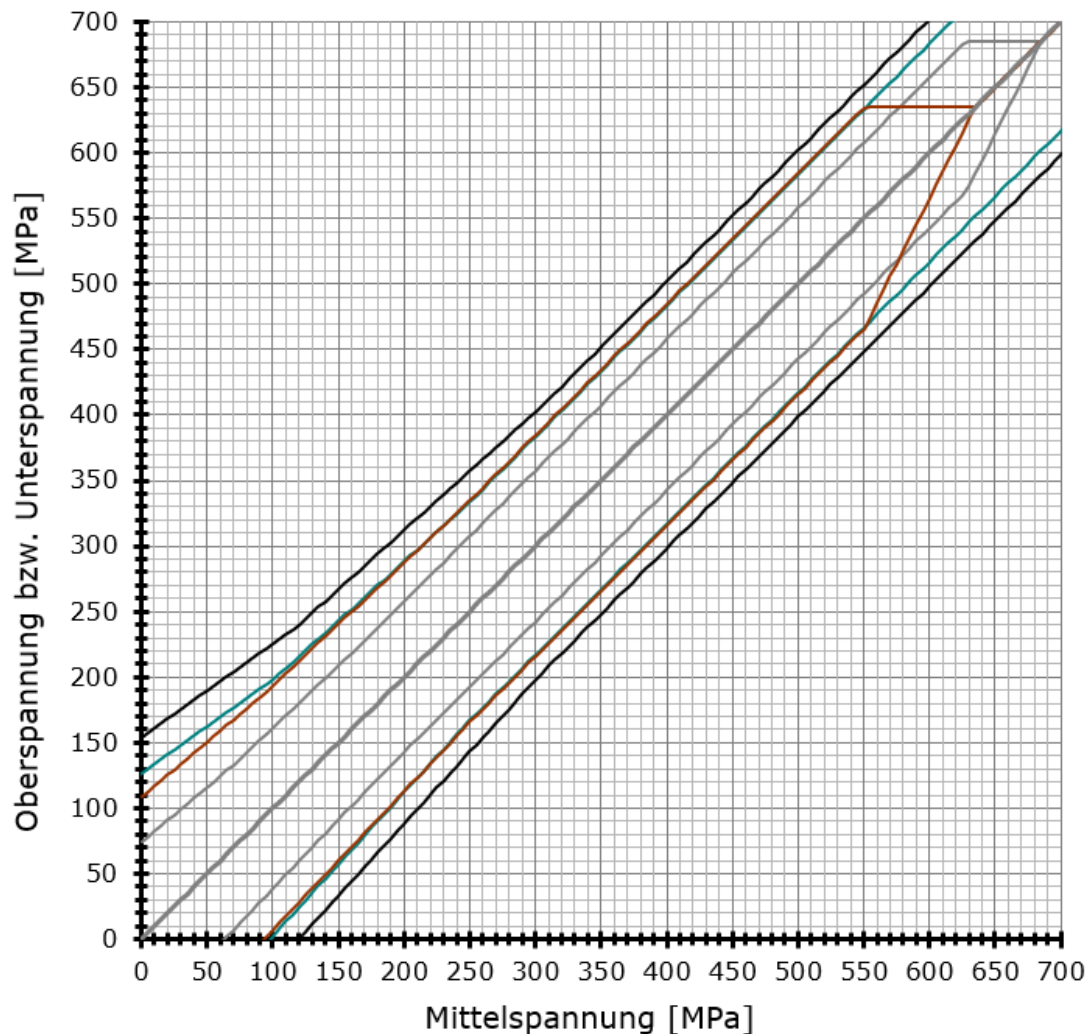


5.14 Aus dem Smith-Diagramm lassen sich folgende Werte ablesen:

Daraus ergeben sich nachfolgende Bauteilauslagsapnnungen:

$$S_{o_{zd}} = S_{Ak_{zd}} = 158.090 \text{ Mpa} \quad S_{o_b} = S_{AK_b} = 130.000 \text{ Mpa} \quad T_{o_s} = T_{Ak_s} = 112.820 \text{ Mpa} \quad T_{o_t} = T_{AK_t} = 78.160 \text{ Mpa}$$

Smithdiagramm



## 5.15 Sicherheitsfaktoren

Da die Schadenfolge hoch sind und regelmässig Inseption nicht durchgeführt wird , ist die Sicherheitsfaktor gleich

$$J_d = 1.5$$

## 5.16 Nachweis der Dauerfestigkeit

### Auslastungen für einzelne Spannungsarten

$$a_{AK.b} = \frac{S_{a.b} \cdot J_d}{\min(S_{Ak.b}, 0.75 \cdot R_p \cdot K_{p.b})} = \frac{0.00 \cdot 1.5}{\min(130.00, 0.75 \cdot 900.00)} = 0.0000$$

$$a_{AK.t} = \frac{T_{a.t} \cdot J_d}{\min(T_{Ak.t}, 0.75 \cdot 0.577 \cdot R_p)} = \frac{48.14 \cdot 1.5}{\min(78.16, 0.75 \cdot 900.00)} = 0.9238$$

$$a_{AK.zd} = \frac{S_{a.zd} \cdot J_d}{\min(S_{Ak.zd}, 0.75 \cdot R_p)} = \frac{0.00 \cdot 1.5}{\min(158.09, 0.75 \cdot 900.00)} = 0.0000$$

$$a_{AK.s} = \frac{T_{a.s} \cdot J_d}{\min(T_{Ak.s}, 0.75 \cdot 0.577 \cdot R_p)} = \frac{0.00 \cdot 1.5}{\min(112.82, 0.75 \cdot 0.577 \cdot 900.00)} = 0.0000$$

### 5.17 Auslastungen für zusammengestzte Spannungsarten:

$$a_{AK.Sv} = \sqrt{(a_{AK.b} + a_{AK.zd})^2 + (a_{AK.t} + a_{AK.s})^2} = \sqrt{(0.00 + 0.0000)^2 + (0.92 + 0.0000)^2} = 0.9238$$

Die Einzelauslastungen sind kleiner 1 , die Gesamtauslastung bei D=460 mm ist 92.38 %