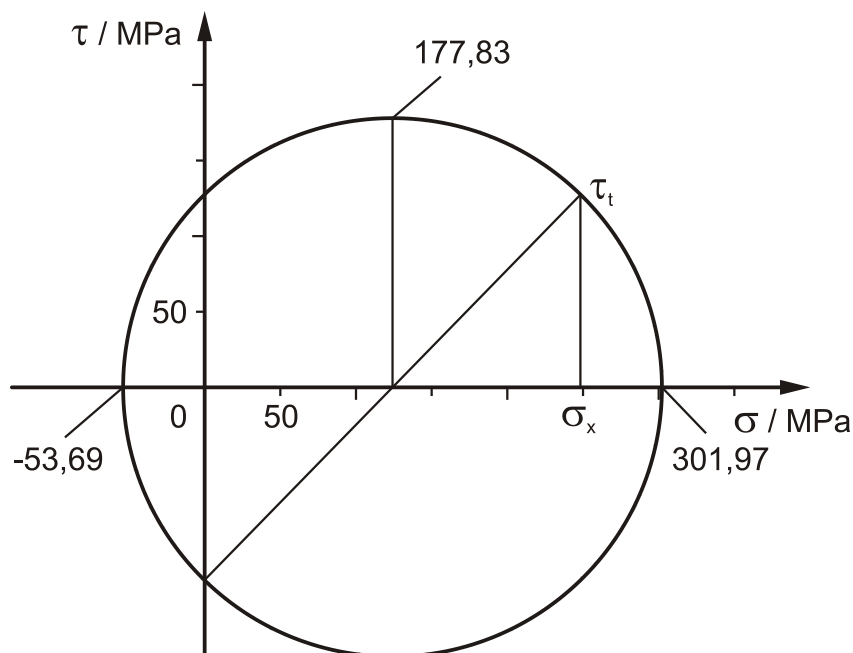


Aufgabe 1: Antriebswelle

- a) Geben Sie die Werte der auftretenden Spannungen an und überprüfen Sie ob die Sicherheit gegen Versagen ausreichend.

Platz für Nebenrechnungen	FB: $\sigma_v \leq \sigma_{zul}$ $\tau_t = \frac{M_t}{W_t} = \frac{25 \cdot 10^6 \text{ Nmm}}{\frac{\pi}{16} \cdot 100^3 \text{ mm}^3} = 127,32 \text{ MPa}$ $\sigma_x = \frac{F}{A} = \frac{1950 \text{ kN}}{\frac{\pi}{4} \cdot 100^2 \text{ mm}^2} = 248,28 \text{ MPa}$ $\sigma_v(\text{GEH}) = \sqrt{\sigma_x^2 + 3\tau_t^2} = \sqrt{248,28^2 + 3 \cdot 127,32^2} \text{ MPa} = 332,08 \text{ MPa}$ $\sigma_v(\text{SH}) = \sqrt{\sigma_x^2 + 4\tau_t^2} = \sqrt{248,28^2 + 4 \cdot 127,32^2} = 355,65 \text{ MPa}$ $S_F(\text{GEH}) = \frac{R_{p0,2}}{\sigma_v} = \frac{550}{332,08} = 1,66 > 1,5 \quad \text{ausreichend}$ $S_F(\text{SH}) = \frac{R_{p0,2}}{\sigma_v} = \frac{550}{355,65} = 1,55 > 1,5 \quad \text{ausreichend}$ $S_B(\text{GEH}) = \frac{R_m}{\sigma_v} = \frac{800}{332,08} = 2,41 > 2 \quad \text{ausreichend}$ $S_B(\text{SH}) = \frac{R_m}{\sigma_v} = \frac{800}{332,08} = 2,25 > 2 \quad \text{ausreichend}$
Ergebnis	$\sigma_x = 248,28 \text{ MPa}$ $\tau_t = 127,32 \text{ MPa}$ Sicherheit ausreichend? (Ja / Nein)

- b) Zeichnen Sie für die vorliegende Beanspruchung aus M_t und F den Mohrschen Spannungskreis in das vorhandene Koordinatensystem ein und beschriften Sie die Achsen. Wie groß sind die Hauptspannungen σ_1 und σ_3 und wie groß ist die größte Schubspannung $\tau_{\max}$?



$$\sigma_1 = \frac{\sigma_x}{2} + \sqrt{\frac{\sigma_x^2}{2} + \tau_t^2} = \frac{248,28}{2} + \sqrt{\frac{248,28^2}{2} + 127,32^2} \text{ MPa} = 301,97 \text{ MPa}$$

$$\sigma_3 = \frac{\sigma_x}{2} - \sqrt{\frac{\sigma_x^2}{2} + \tau_t^2} = \frac{248,28}{2} - \sqrt{\frac{248,28^2}{2} + 127,32^2} \text{ MPa} = -53,69 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\max} = \frac{1}{2} \cdot (\sigma_1 - \sigma_2) = \frac{1}{2} \cdot (301,97 - (-53,69)) \text{ MPa} = 177,83 \text{ MPa}$$

Alternativ ablesen aus Mohrschem Spannungskreis

- c) Auf welche Länge wird die Welle unter der vorliegenden Beanspruchung gedehnt und um welchen Winkel verdreht?

Platz für Nebenrechnungen	$\varepsilon_x = \frac{\Delta L}{L_0} = \frac{L - L_0}{L_0}$ $\Rightarrow L = L_0(\varepsilon_x + 1) = L_0 \left(\frac{\sigma_x}{E} + 1 \right) = 15 \left(\frac{248,28}{210000} + 1 \right) \text{ m} = 1,50177 \text{ m}$ $\varphi = \frac{M_t \cdot L_0}{G \cdot I_p}$ $G = \frac{E}{2(1+\mu)} = \frac{210000}{2(1+0,3)} \text{ MPa} = 80769,23 \text{ MPa}$ $I_p = \frac{\pi}{32} d^4 = \frac{\pi}{32} \cdot 100^4 \text{ mm}^4 = 9817477,04 \text{ mm}^4$ $\varphi = \frac{25000000 \cdot 1500}{80769,23 \cdot 9817477,04} = 0,04729 \quad \text{Bogenmaß}$ Bogenmaß $\varphi = 2,71 \text{ Grad}$
Ergebnis	$L = 1,50177 \text{ m}$ $\varphi = 0,04729$

- d) Um höhere Belastungen aufnehmen zu können, wird im folgenden eine Welle aus 41Cr4 eingesetzt. Auf welchen Betrag kann dadurch das Torsionsmoment bei einer Zugkraft von $F = 2200 \text{ kN}$ bei gleichen Sicherheiten wie in Aufgabenteil 1a) gesteigert werden?

Platz für Nebenrechnungen

$$\sigma_x = \frac{F}{A} = \frac{2200000}{\frac{\pi}{4} 100^2} \text{ MPa} = 280,11 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{zul} = \min \left\{ \begin{array}{l} \frac{R_{p0,2}}{1,66} = \frac{800}{1,66} \text{ MPa} = 483,03 \text{ MPa} \quad (517,31 \text{ MPa (SH)}) \\ \frac{R_m}{2,41} = \frac{1000}{2,41} \text{ MPa} = 415,10 \text{ MPa} \quad (444,57 \text{ MPa (SH)}) \end{array} \right. = 415,10 \text{ MPa} \quad (444,57 \text{ MPa (SH)})$$

$$\text{FB: } \sigma_v \leq \sigma_{zul}$$

$$\text{GEH: } \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} = \sigma_{zul} = \sqrt{\sigma^2 + 3 \cdot \left(\frac{M_t}{W_t} \right)^2}$$

$$\Rightarrow M_t = W_t \sqrt{\frac{\sigma_{zul}^2 - \sigma^2}{3}} = \frac{\pi}{16} d^3 \sqrt{\frac{\sigma_{zul}^2 - \sigma^2}{3}} = \frac{\pi}{16} 100^3 \sqrt{\frac{414,94^2 - 280,11^2}{3}} = 34,73 \text{ kNm}$$

$$(M_t(\text{SH}) = 33,89 \text{ kNm})$$

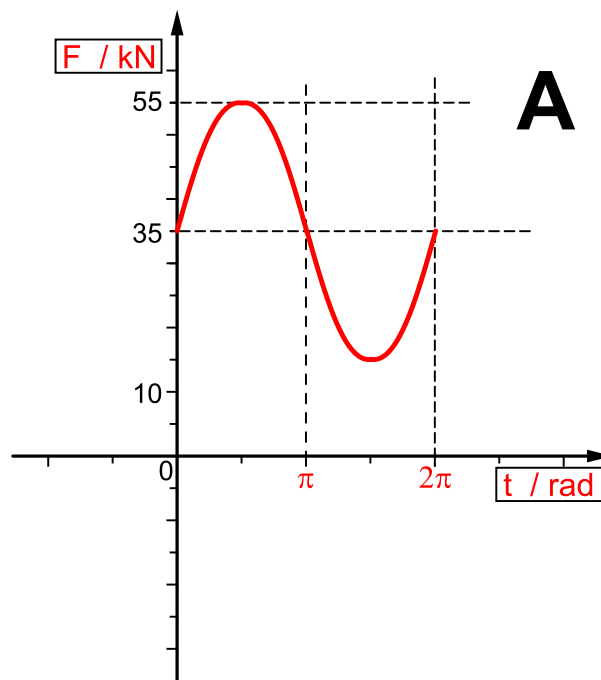
Ergebnis

$$M_t = 34,703 \text{ kNm}$$

$$M_t(\text{SH}) = 33,876 \text{ kNm}$$

Aufgabe 2: Stellachse

a) Kraft-Zeit-Verlauf



- b) Berechnen Sie die Sicherheiten gegen Versagen durch Fließen und Schwingungsbruch im Querschnitt B - B.

Platz für Nebenrechnungen

Fließen:

$$A: F_{\max} = F_m + F_a = 55 \text{ kN}$$

$$A: A(B-B) = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = 314,16 \text{ mm}^2$$

$$A: \sigma_{\max} = \frac{F_{\max}}{A} = \frac{55000 \text{ N}}{314,16 \text{ mm}^2} = \underline{\underline{175,0 \text{ MPa}}}$$

$$A: S_F = \frac{R_e}{\sigma_{\max}} = 2,86 \rightarrow \text{ausreichend (1,2 - 2,0)}$$

Schwingungsbruch:

$$\sigma_{\text{Zdw}} = \underline{\underline{135 \text{ MPa}}} \text{ (abgelesen)}$$

$$A: \sigma_m = \frac{F_m}{A} = \frac{35000 \text{ N}}{314,16 \text{ mm}^2} = \underline{\underline{111,4 \text{ MPa}}}$$

$$A: \sigma_A = \sigma_W \cdot \sqrt{1 - \frac{\sigma_m}{R_m}} = 135 \cdot \sqrt{1 - \frac{111,4}{560}} = \underline{\underline{120,8 \text{ MPa}}}$$

$$A: \sigma_a = \frac{F_a}{A} = \frac{20000 \text{ N}}{314,16 \text{ mm}^2} = \underline{\underline{63,7 \text{ MPa}}}$$

$$A: S_D = \frac{\sigma_A}{\sigma_a} = \frac{121}{63,7} = \underline{\underline{1,98}} \rightarrow \text{ausreichend (1,5 - 2,5)}$$

Ergebnis

$$S_F(B-B) = 2,86$$

Sicherheit ausreichend? (**Ja** / Nein)

$$S_D(B-B) = 1,98$$

Sicherheit ausreichend? (**Ja** / Nein)

- c) Ist die Stellschraube im Querschnitt A - A dauerhaft ausgelegt, wenn in diesem Fall eine reine Wechselbeanspruchung mit der Lastamplitude $F_a = 20 \text{ kN} \cdot \sin(\omega t)$ vorliegt?

Platz für Nebenrechnungen

$$A: \alpha_{kz,d} = 2,16 \quad \left(\frac{d}{D} = \frac{5}{20} = 0,25 \right) \quad (\text{aus Formzahldiagramm})$$

$$A: A(A-A) = \frac{\pi \cdot d^2}{4} - d \cdot d_B = 214,16 \text{ mm}^2$$

$$A: \sigma_{a,N} = \frac{F_a}{A} = \frac{20000 \text{ N}}{214,16 \text{ mm}^2} = \underline{\underline{93,4 \text{ MPa}}}$$

$$A: \beta_k = \frac{\alpha_k}{n_\chi} = \frac{2,16}{1,2} = \underline{\underline{1,8}} \quad B: \beta_k = \frac{\alpha_k}{n_\chi} = \frac{2,25}{1,2} = \underline{\underline{1,88}}$$

$$A: \sigma_{a,max} = \beta_k \cdot \sigma_{a,N} = 1,8 \cdot 93,4 = \underline{\underline{168,1 \text{ MPa}}}$$

$$A: S_D = \frac{\sigma_{zdw}}{\sigma_{a,max}} = \frac{135}{168,1} = \underline{\underline{0,83}} \rightarrow (1,5 - 2,5) \text{ nicht zulässig.}$$

Ergebnis

$$A: S_D(A-A) = 0,96$$

 Sicherheit ausreichend? (Ja / **Nein**)