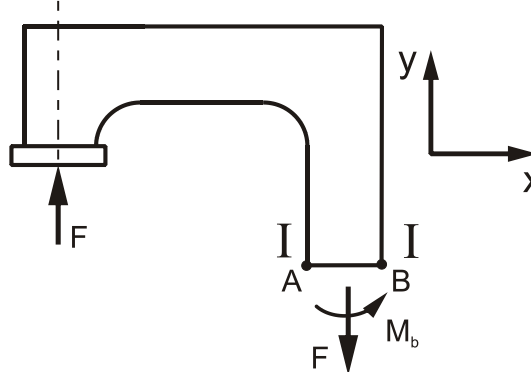


Aufgabe 1: Spannvorrichtung

a) Welche Beanspruchung tritt im Querschnitt I-I auf?

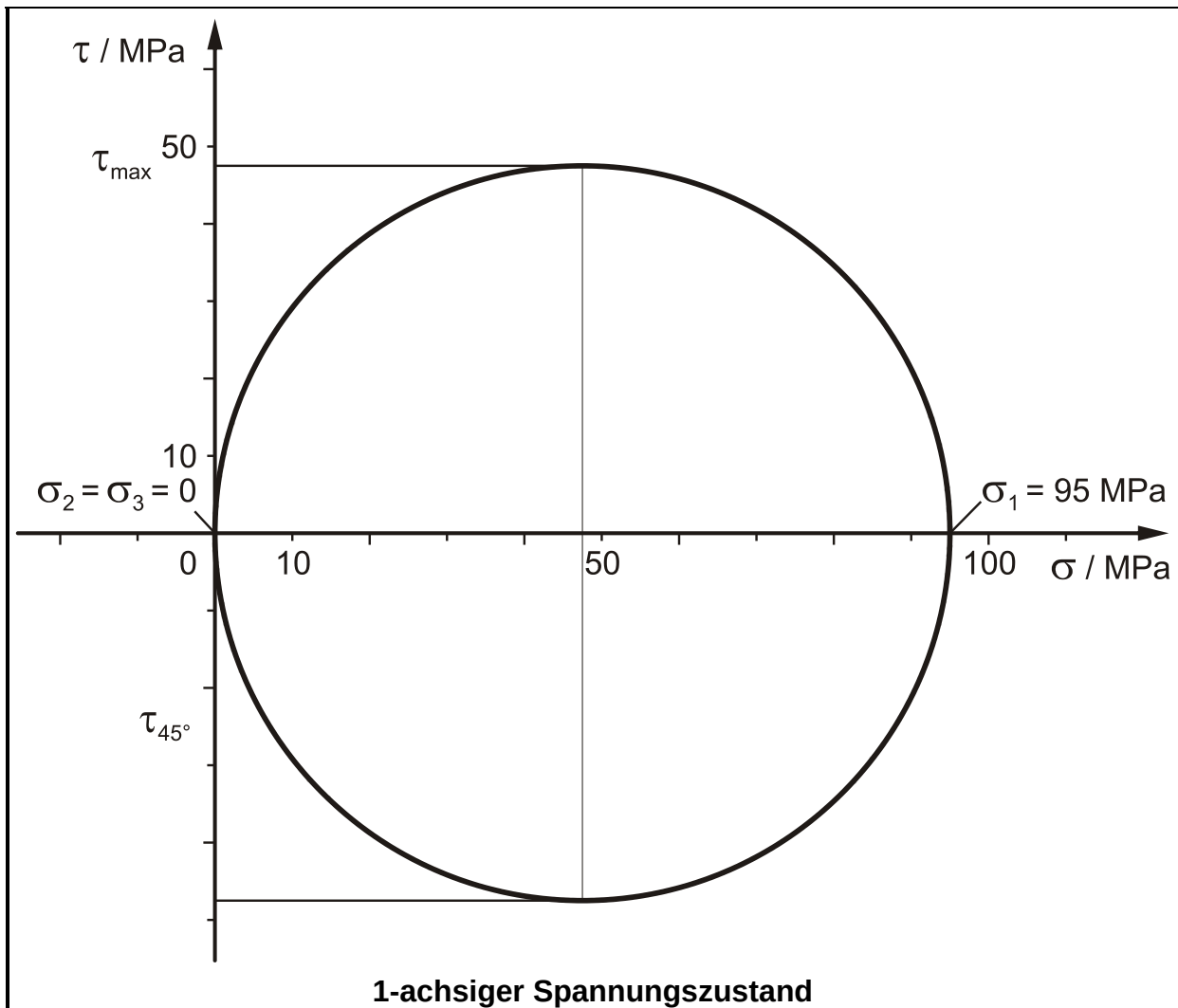
Ergebnis	Normalspannungen aus Zugbeanspruchung Biegebeanspruchung
----------	---

b) Wie groß sind die resultierenden Spannungen in den Punkten A und B bei einer Spannkraft von $F = 750 \text{ N}$ und welche Dehnungen entstehen dadurch in y-Richtung?

Platz für Nebenrechnungen		$A = b \cdot h = 15 \cdot 10 \text{ mm}^2 = 150 \text{ mm}^2$ $W_b = \frac{b \cdot h^2}{6} = \frac{15 \cdot 10^2}{6} \text{ mm}^3 = 250 \text{ mm}^3$ $\sigma_z = \frac{F}{A} = \frac{750}{150} \text{ MPa} = 5 \text{ MPa}$ $\sigma_b = \frac{M_b}{W_b} = \frac{750 \cdot 30}{250} \text{ MPa} = 90 \text{ MPa}$
	Stelle A: $\sigma_{\text{gesA}} = \sigma_z + \sigma_b = 95 \text{ MPa}$	$\varepsilon_{Ay} = \frac{\sigma_{\text{gesA}}}{E} = \frac{95}{210000} = 0,045\%$
	Stelle B: $\sigma_{\text{gesB}} = \sigma_z - \sigma_b = -85 \text{ MPa}$	$\varepsilon_{By} = \frac{\sigma_{\text{gesB}}}{E} = \frac{-85}{210000} = -0,040\%$

Ergebnis	$\sigma_{\text{gesA}} = 95 \text{ MPa}$	$\varepsilon_{Ay} = 0,045\%$
	$\sigma_{\text{gesB}} = -85 \text{ MPa}$	$\varepsilon_{By} = -0,040\%$

- c) Zeichnen Sie für die vorliegende Belastung mit $F = 750 \text{ N}$ den Mohrschen Spannungskreis für die Stelle A und beschriften Sie die Achsen. Wie groß sind die Hauptspannungen und die größte Schubspannung?



$$\sigma_1 = 95 \text{ MPa}$$

$$\sigma_2 = 0 \text{ MPa}$$

$$\sigma_3 = 0 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\max} = 47,5 \text{ MPa}$$

- d) Welcher Wert von F_a ist maximal zulässig, damit Versagen durch Fließen sowie Gewalt- oder Schwingungsbruch mit ausreichender Sicherheit ausgeschlossen werden kann?

Platz für Nebenrechnungen	statisch: $\sigma_v \leq \sigma_{zul} = \min \left\{ \begin{array}{l} R_e / S_F = \frac{190}{1,5} = 126,7 \text{ MPa} \\ R_m / S_B = \frac{380}{2} = 190 \text{ MPa} \end{array} \right.$ $\frac{(F_m + F_a)}{A} + \frac{(F_m + F_a) \cdot 30}{W_b} = 126,7 \text{ MPa}$ $F_a \left(\frac{1}{A} + \frac{30}{W_b} \right) + F_m \left(\frac{1}{A} + \frac{30}{W_b} \right) = 126,7 \text{ MPa}$ $\underline{F_a} = \frac{126,7 - F_m \left(\frac{1}{A} + \frac{30}{W_b} \right)}{\left(\frac{1}{A} + \frac{30}{W_b} \right)} = \frac{63,3}{0,127} \text{ N} = \underline{500 \text{ N}}$ schwingend $\sigma_{va} \leq \sigma_{zul} = \frac{F_a}{A} + \frac{F_a \cdot 30}{W_b}$ $\sigma_{azul} = \frac{\sigma_{bw} \sqrt{1 - \frac{\frac{F_m}{A} + \frac{F_m \cdot 30}{W_b}}{R_m}}}{S_D}$ $\sigma_{azul} = \frac{105 \sqrt{1 - \frac{63,3}{380}}}{2} = 47,9 \text{ MPa}$ $F_a \left(\frac{1}{A} + \frac{30}{W_b} \right) = 47,9 \text{ MPa} \Rightarrow F_a = 378,36 \text{ N}$ $F_a = 378,4 \text{ N}$ ist maximal zulässig!
Ergebnis	$F_a = 378,4 \text{ N}$

Aufgabe 2

Ein geschlichteter Träger mit konstanter Dicke h aus 42 CrMo 4 (vergütet) wird durch die Kraft F belastet, siehe Bild 2. Die Wirkungsrichtung von F wird dabei durch den Winkel α festgelegt, wobei der Winkel α je nach Lastfall unterschiedliche Werte im Bereich $0^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$ annehmen kann. Im weiteren ist die Beanspruchung des Trägers in den Punkten K und E zu untersuchen.

Hinweis: Die Kerbwirkung an der Einspannstelle darf vernachlässigt werden.

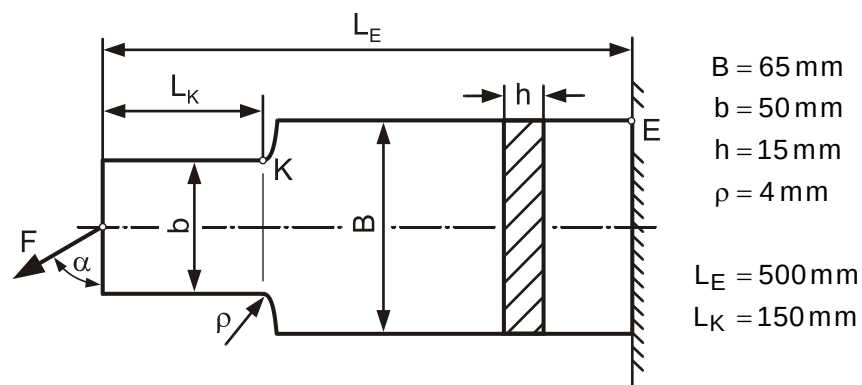


Bild 2: Geschlichteter Träger aus 42 CrMo 4

Hinweis: Im Aufgabenteil d) ist die Berechnung lediglich für die Einspannstelle E durchzuführen.

42 CrMo 4: $R_e = 800 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}, R_m = 1050 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}, A_5 = 12 \%$

$$\sigma_{bW} = 520 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}, \sigma_{bSch} = 910 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \text{ (jeweils für polierte Oberfläche)}$$

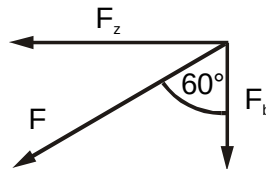
- a) Bei welcher statischen Last treten für den Winkel $\alpha = 90^\circ$ erstmals plastische Verformungen auf? Warum ist es in diesem Fall ausreichend, die Berechnung nur für die Stelle K durchzuführen?

Nebenrechnungen	a) $\alpha = 90^\circ \Rightarrow$ Zugbeanspruchung; <u>Stelle K</u>: geringster Querschnitt Kerbstelle plastische Verformungen: $\sigma_{\max} = R_e$; $\sigma_{\max} = \alpha_k \cdot \sigma_n$ $\frac{\rho}{b} = \frac{4}{50} = 0,08$; $\frac{B}{b} = 1,3 \quad \Rightarrow \alpha_{kz} = 2,08$; $\alpha_{kb} = 1,9$ $\Rightarrow F = \frac{R_e \cdot A}{\alpha_k} \quad A = b \cdot h = 750 \text{ mm}^2$ $F_{90^\circ} = \frac{800 \cdot 750}{2,08} = 288,5 \text{ kN}$
Ergebnis	$F_{90^\circ} = \frac{800 \cdot 750}{2,08} = 288,5 \text{ kN}$

- b) Der Träger wird mit der statischen Last $F = 20000\text{N}$ unter dem Winkel $\alpha = 60^\circ$ belastet. Wird diese Belastung mit Sicherheit ertragen?

$$\Rightarrow F_z = F \cdot \sin 60^\circ = \frac{F}{2} \sqrt{3}$$

$$\Rightarrow F_b = F \cdot \cos 60^\circ = \frac{F}{2}$$



Stelle K: $\sigma_{\max} = \alpha_{kz} \cdot \sigma_{nz} + \alpha_{kb} \cdot \sigma_{nb}$;

$$W_b = \frac{h \cdot b^2}{6} = 6250 \text{ mm}^3$$

$$\sigma_{\max} = 2,08 \cdot \frac{10 \text{ kN} \sqrt{3}}{750 \text{ mm}^2} + 1,9 \cdot \frac{10 \text{ kN} \cdot 150 \text{ mm}}{6250 \text{ mm}^3} = 48 \text{ N/mm}^2 + 456 \text{ N/mm}^2 = 504 \text{ N/mm}^2$$

Stelle E: $A = 975 \text{ mm}^2$; $W_b = 105625 \text{ mm}^3$

$$\sigma_{\max} = \sigma_z + \sigma_b = \frac{10 \text{ kN} \sqrt{3}}{975 \text{ mm}^2} + \frac{10 \text{ kN} \cdot 500 \text{ mm}}{105625 \text{ mm}^3} = 17,8 + 473,4 = 4912 \text{ N/mm}^2$$

Höchstbeanspr. Stelle K

FB: $\sigma_v \leq \sigma_{zul}$; $\sigma_{zul} = \min \left\{ \begin{array}{l} \frac{R_e}{S_F} = \frac{800}{15} = 533,3 \\ \frac{R_m}{S_B} = \frac{1050}{2} = 525 \end{array} \right\}$ Belast. mit Sicherheit ertragbar.

Platz für Nebenrechnungen

Ergebnis

Belast. mit Sicherheit ertragbar

Im folgenden wird das Festigkeitsverhalten des Trägers bei schwingender Beanspruchung untersucht. Die Wirkungslinie der Last ist bei dieser Beanspruchungen vertikal, d. h. $\alpha = 0^\circ$.

- c) Berechnen Sie die bei rein wechselnder Beanspruchung zulässige wechselnde Last F_a , wenn eine Sicherheit von $S_D = 2,0$ gefordert ist.

FB:

$$\sigma_a \leq \sigma_{a, \text{zul}}$$

$$\sigma_{a, \text{zul}} = \frac{\sigma_A}{S_D}$$

$$\sigma_A = f \cdot \sigma_{bW} = 0,82 \cdot 520 = 426,4 \text{ N/mm}^2 \Rightarrow \sigma_{a, \text{zul}} = \frac{426,4}{2} = 213,2 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Stelle K: } \beta_{kb} = \frac{\alpha_{kb}}{1 + \frac{55}{\text{Re}} \sqrt{\frac{c}{\rho}}} = \frac{19}{1 + \frac{55}{800} \sqrt{\frac{2}{4}}} = 1,81$$

$$\sigma_{a, \text{max}} = \beta_{kb} \cdot \sigma_{a, n} = \frac{F_a \cdot 150 \text{ mm} \cdot 1,81}{6250 \text{ mm}^3} \quad F_{a, \text{zul}(K)} = 4907,9 \text{ N}$$

$$\text{Stelle E: } \sigma_a = \frac{F_a \cdot 500 \text{ mm}}{105625 \text{ mm}^3} \quad F_{a, \text{zul}(E)} = 4503,9 \text{ N}$$

$\Rightarrow$ Höchstbeanspruchte Stelle ist E

$$\text{FB: } \Rightarrow F_{a, \text{max}} = 4,5 \text{ kN}$$

Platz für Nebenrechnungen

Ergebnis

$$F_{a, \text{max}} = 4,5 \text{ kN}$$

- c) Welche rein schwellende Last $F_{\max}$ ist zulässig, wenn ebenfalls eine Sicherheit von $S_D = 2,0$ gegen Schwingungsbruch eingehalten werden soll? Berechnen Sie die Minderung der zulässigen wechselnden Last im Vergleich zum Aufgabenteil c).

Platz für Nebenrechnungen	FB: $\sigma_{\text{Sch}} \leq \sigma_{\text{Sch, zul}}$ $\sigma_{\text{Sch, zul}} = f \cdot \frac{\sigma_{\text{bsch}}}{S_D} = 0,82 \cdot \frac{910}{2} = 373,1 \text{ N/mm}^2$ $\sigma_{\text{Sch}} = \frac{F_{\text{Sch}} \cdot 500 \text{ mm}}{105625 \text{ mm}^3} \Rightarrow F_{\text{Sch, max}} = 7,9 \text{ kN}$ $\Rightarrow F_a = \frac{1}{2} F_{\text{Sch, max}} \Rightarrow F_a \approx 4 \text{ kN}$ $\frac{F_{a, \text{max(wechselnd)}} - F_{a, \text{(schwellend)}}}{F_{a, \text{max(wechselnd)}}} = \frac{4,5 \text{ kN} - 4 \text{ kN}}{4,5 \text{ kN}} = 0,111 \equiv 11,1\%$
Ergebnis	$F_a \approx 4 \text{ kN}$ $\frac{F_{a, \text{max(wechselnd)}} - F_{a, \text{(schwellend)}}}{F_{a, \text{max(wechselnd)}}} = 0,111 = 11,1\%$