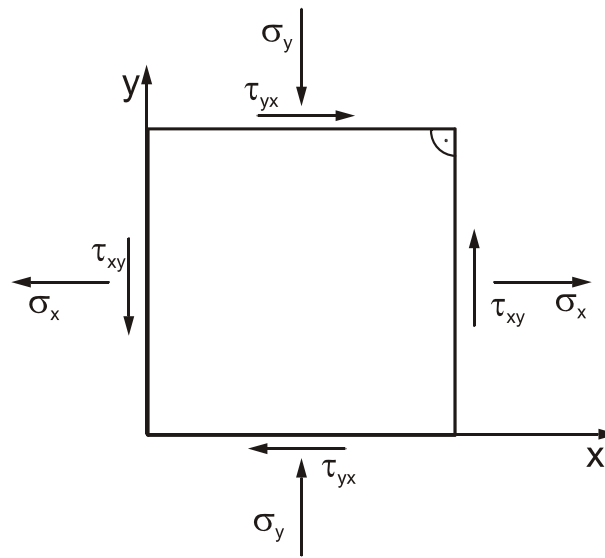
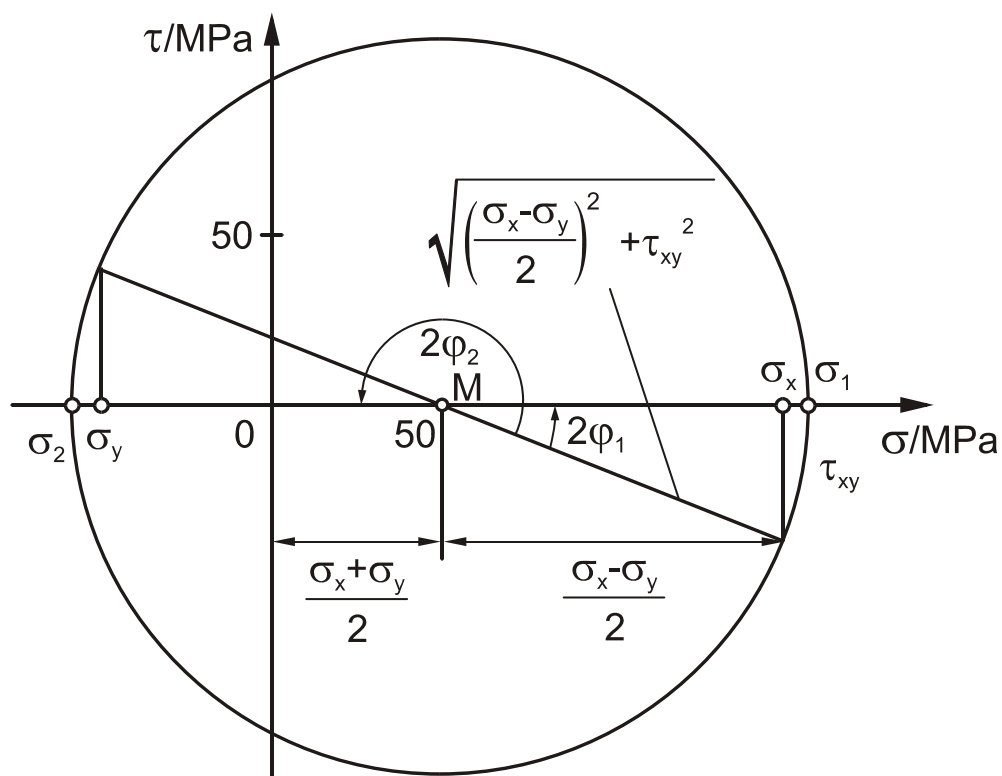


Aufgabe 1:

- a) Skizzieren Sie zunächst an einem infinitesimal kleinen Flächenelement die auftretenden Spannungen im x-y-Koordinatensystem.



- b) Zeichnen Sie den Mohrschen Spannungskreis für die auftretenden Belastungen. Beachten Sie dabei auch die Richtung der Schubspannungen und beschriften Sie die Achsen.



c) Geben Sie die Formel zur Berechnung der größten Hauptspannung im Punkt P an.

Komponente	Formel
σ_1	$\frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} + \sqrt{\left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2}\right)^2 + \tau_{xy}^2}$

d) Geben Sie den Zahlenwert für die größte Hauptspannung im Punkt P an.

Komponente	Zahlenwert Lsg A	Zahlenwert Lsg B
σ_1	157,7 MPa	134,3 MPa

e) Geben Sie die Formel zur Berechnung der kleinsten Hauptspannung im Punkt P an.

Komponente	Formel
σ_2	$\frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} - \sqrt{\left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2}\right)^2 + \tau_{xy}^2}$

f) Geben Sie den Zahlenwert für die kleinste Hauptspannung im Punkt P an.

Komponente	Zahlenwert Lsg A	Zahlenwert Lsg B
σ_2	-57,7 MPa	-74,4 MPa

g) Geben Sie die Formel zur Berechnung des Winkels φ_1 , zwischen der x- und der σ_1 -Richtung an.

Komponente	Formel
φ_1	$\frac{1}{2} \left[\arctan \left(\frac{2 \cdot \tau_{xy}}{\sigma_x - \sigma_y} \right) \right]$

h) Geben Sie den Zahlenwert für den Winkel φ_1 an.

Komponente	Zahlenwert Lsg A	Zahlenwert Lsg B
φ_1	10,9°	8,3°

- i) Geben Sie die Formel zur Berechnung des Winkels φ_2 , zwischen der x- und der σ_2 -Richtung an.

Komponente	Formel
φ_2	$\frac{1}{2} \left[\arctan \left(\frac{2 \cdot \tau_{xy}}{\sigma_x - \sigma_y} \right) + 180^\circ \right]$

- j) Geben Sie den Zahlenwert für den Winkel φ_2 an.

Komponente	Zahlenwert Lsg A	Zahlenwert Lsg B
φ_2	100,9°	98,3°

Aufgabe 2:

- a) Wie groß ist die maximale Zugkraft im Lagerbolzen?

Platz für NR	$F_{1x} = F_1 \cdot \sin(90^\circ - \varphi)$ Lsg. A: $F_{1x} = F_1 \cdot \sin(90^\circ - \varphi) = 2750 \text{ N} \cdot \sin 35 = 1577,34 \text{ N}$ Lsg. B: $F_{1x} = F_1 \cdot \sin(90^\circ - \varphi) = 2550 \text{ N} \cdot \sin 35 = 1462,62 \text{ N}$
Formel	$F_{\text{zug,max}} = F_1 \cdot \sin(90^\circ - \varphi)$

- b) Wie hoch ist der Betrag der maximalen Zugkraft $F_{\text{zug,max}}$?

Zahlen- wert	Lsg. A: $F_{\text{zug,max}} = 1577,34 \text{ N}$	Lsg. B: $F_{\text{zug,max}} = 1462,62 \text{ N}$
-----------------	--	--

- c) Geben Sie die Formzahlen für Biegung, Zug/Druck und Torsion im Querschnitt B an.

Hinweis: Formzahlen sind mit den im Formelblatt gegebenen Formeln zu berechnen.

$$\text{NR: } \alpha_{k,zd} = 1 + \frac{1}{\sqrt{0,62 \cdot \frac{2 \cdot \rho}{(D-d)} + 7 \cdot \frac{\rho}{d} \cdot \left(1 + 2 \cdot \frac{\rho}{d}\right)^2}} = 1 + \frac{1}{\sqrt{0,62 \cdot \frac{4}{4} + 7 \cdot \frac{2}{16} \cdot \left(1 + 2 \cdot \frac{2}{16}\right)^2}} = 1,71$$

$$\alpha_{k,b} = 1 + \frac{1}{\sqrt{0,62 \cdot \frac{2 \cdot \rho}{(D-d)} + 116 \cdot \frac{\rho}{d} \cdot \left(1 + \frac{2 \cdot \rho}{d}\right)^2 + 0,2 \cdot \left(\frac{2 \cdot \rho}{(D-d)}\right)^3 \cdot \frac{d}{D}}}$$

$$\alpha_{k,b} = 1 + \frac{1}{\sqrt{0,62 \cdot \frac{4}{4} + 116 \cdot \frac{1}{8} \cdot \left(1 + \frac{1}{4}\right)^2 + 0,2 \cdot \left(\frac{4}{4}\right)^3 \cdot \frac{4}{5}}} = 1,57$$

$$\alpha_{k,t} = 1 + \frac{1}{\sqrt{3,4 \cdot \frac{2 \cdot \rho}{(D-d)} + 38 \cdot \frac{\rho}{d} \cdot \left(1 + \frac{2 \cdot \rho}{d}\right)^2 + \left(\frac{2 \cdot \rho}{(D-d)}\right)^2 \cdot \frac{d}{D}}}$$

$$\alpha_{k,t} = 1 + \frac{1}{\sqrt{3,4 \cdot \frac{4}{4} + 38 \cdot \frac{1}{8} \cdot \left(1 + \frac{1}{4}\right)^2 + \left(\frac{4}{4}\right)^2 \cdot \frac{4}{5}}} = 1,29$$

Zahlenwert

$$\alpha_{k,b} = 1,57$$

$$\alpha_{k,zd} = 1,71$$

$$\alpha_{k,t} = 1,29$$

d) Geben Sie die Formel zur Berechnung des maximalen Torsionsmomentes M_t im Lagerbolzen an.

Platz
für NR

Formel

$$M_t = F_2 \cdot \frac{D_0}{2} + F_3 \cdot \frac{D_0}{2} = F_2 \cdot D_0 = F_3 \cdot D_0$$

e) Geben Sie die Formeln zur Berechnung des Biegemomentes M_b als Funktion von x an.

Platz für NR	
Formel	$M_b(x) = F_1 \cdot \cos(90^\circ - \varphi) \cdot (L_2 - x)$

f) Wie hoch ist der Betrag der Torsions- und Biegemomente in den Querschnitten A und B?

Zahlenwert	Lsg. A:	Lsg. B:
	$M_t(A) = 75000 \text{ Nmm}$	$M_t(A) = 82500 \text{ Nmm}$
	$M_t(B) = 75000 \text{ Nmm}$	$M_t(B) = 82500 \text{ Nmm}$
	$M_b(A) = 220761,7 \text{ Nmm}$	$M_b(A) = 192137,1 \text{ Nmm}$
	$M_b(B) = 126149,4 \text{ Nmm}$	$M_b(B) = 91908,9 \text{ Nmm}$

g) Geben Sie die Formeln zur Berechnung der maximalen Zugspannungen in den Querschnitten A und B an.

Platz für NR	
Formel	$\sigma_{\text{zug}}(A) = \frac{F_{\text{zug,max}}}{A(A)}$ $\sigma_{\text{zug}}(B) = \alpha_{k,zd} \frac{F_{\text{zug,max}}}{A(B)}$

h) Geben Sie den Betrag der maximalen Zugspannungen in den Querschnitten A und B an.

NR: **Lsg. A:** $\sigma_{\text{zug}}(A) = \frac{F_{\text{zug,max}}}{A(A)} = \frac{1577,34 \text{ N}}{314,2 \text{ mm}^2} = 5,0 \text{ MPa}$

Lsg. B: $\sigma_{\text{zug}}(A) = \frac{F_{\text{zug,max}}}{A(A)} = \frac{1462,62 \text{ N}}{314,2 \text{ mm}^2} = 4,7 \text{ MPa}$

$$\text{Lsg. A: } \sigma_{\text{zug}}(\text{B}) = \alpha_{k,zd} \cdot \frac{F_{\text{zug,max}}}{A(\text{B})} = 1,71 \cdot \frac{1577,34 \text{ N}}{201,1 \text{ mm}^2} = 13,4 \text{ MPa}$$

$$\text{Lsg. B: } \sigma_{\text{zug}}(\text{B}) = \alpha_{k,zd} \cdot \frac{F_{\text{zug,max}}}{A(\text{B})} = 1,71 \cdot \frac{1462,62 \text{ N}}{201,1 \text{ mm}^2} = 12,4 \text{ MPa}$$

Zahlen-wert	Lsg. A:	Lsg. B:
	$\sigma_{\text{zug}}(\text{A}) = 5,0 \text{ MPa}$ $\sigma_{\text{zug}}(\text{B}) = 13,4 \text{ MPa}$	$\sigma_{\text{zug}}(\text{A}) = 4,7 \text{ MPa}$ $\sigma_{\text{zug}}(\text{B}) = 12,4 \text{ MPa}$

- i) Wie berechnet sich die aus der Biegebelastung resultierende max. Biegespannung in den Querschnitten A und B?

Platz für NR	$W_b(\text{A}) = \frac{\pi}{32} \cdot D^3 = \frac{\pi}{32} \cdot 20^3 \text{ mm}^3 = 785,4 \text{ mm}^3$ $W_b(\text{B}) = \frac{\pi}{32} \cdot d^3 = \frac{\pi}{32} \cdot 16^3 \text{ mm}^3 = 402,1 \text{ mm}^3$ $\text{Lsg. A: } \sigma_b(\text{A}) = \frac{220761,7 \text{ Nmm}}{785,4 \text{ mm}^3} = 281,1 \text{ MPa}$ $\text{Lsg. B: } \sigma_b(\text{A}) = \frac{192173,1 \text{ Nmm}}{785,4 \text{ mm}^3} = 244,7 \text{ MPa}$ $\text{Lsg. A: } \sigma_b(\text{B}) = 157 \cdot \frac{126149,4 \text{ Nmm}}{402,1 \text{ mm}^3} = 492,6 \text{ MPa}$ $\text{Lsg. B: } \sigma_b(\text{B}) = 157 \cdot \frac{91908,9 \text{ Nmm}}{402,1 \text{ mm}^3} = 359,5 \text{ MPa}$
Formel	$\sigma_b(\text{A}) = \frac{M_b(\text{A})}{W_b(\text{A})}$ $\sigma_b(\text{B}) = \alpha_{k,b} \cdot \frac{M_b(\text{B})}{W_b(\text{B})}$

- j) Geben Sie den Betrag der max. Biegespannungen in den Querschnitten A und B an.

Zahlen-wert

Lsg. A:

$$\sigma_b(A) = 281,1 \text{ MPa}$$

$$\sigma_b(B) = 492,6 \text{ MPa}$$

Lsg. B:

$$\sigma_b(A) = 244,7 \text{ MPa}$$

$$\sigma_b(B) = 359,5 \text{ MPa}$$

k) Geben Sie die Formeln zur Berechnung der max. Torsionsspannungen in den Querschnitten A und B an.

Platz für NR

$$W_b(A) = \frac{\pi}{16} \cdot D^3 = \frac{\pi}{16} \cdot 20^3 \text{ mm}^3 = 1570,8 \text{ mm}^3$$

$$W_b(B) = \frac{\pi}{16} \cdot d^3 = \frac{\pi}{16} \cdot 16^3 \text{ mm}^3 = 804,2 \text{ mm}^3$$

$$\text{Lsg. A: } \tau_t(A) = \frac{75000 \text{ Nmm}}{1570,8 \text{ mm}^3} = 47,7 \text{ MPa}$$

$$\text{Lsg. B: } \tau_t(A) = \frac{82500 \text{ Nmm}}{1570,8 \text{ mm}^3} = 52,5 \text{ MPa}$$

$$\text{Lsg. A: } \tau_t(B) = 1,29 \cdot \frac{75000 \text{ Nmm}}{804,25 \text{ mm}^3} = 120,6 \text{ MPa}$$

$$\text{Lsg. B: } \tau_t(B) = 1,29 \cdot \frac{82500 \text{ Nmm}}{804,25 \text{ mm}^3} = 132,7 \text{ MPa}$$

Formel

$$\tau_t(A) = \frac{M_t(A)}{W_t(A)}$$

$$\tau_t(B) = \alpha_{k,t} \cdot \frac{M_t(B)}{W_t(B)}$$

l) Geben Sie den Betrag der max. Torsionsspannungen in den Querschnitten A und B an.

Zahlen-wert

Lsg. A:

$$\tau_t(A) = 47,7 \text{ MPa}$$

$$\tau_t(B) = 120,6 \text{ MPa}$$

Lsg. B:

$$\tau_t(A) = 52,5 \text{ MPa}$$

$$\tau_t(B) = 132,7 \text{ MPa}$$

m) Geben Sie die Formeln zur Berechnung der Vergleichsspannung nach der Gestaltänderungsenergiehypothese an, mit der Sie im Kerbquerschnitt (B) die Vergleichsspannung bestimmen können.

Platz für NR	
Formel	$\sigma_v(\text{GEH}) = \sqrt{(\sigma_b(\text{B}) + \sigma_{\text{zug}}(\text{B}))^2 + 3 \cdot (\tau_t(\text{B}))^2}$

n) Wie hoch ist die Vergleichsspannung nach GEH im Kerbquerschnitt (B)?

Zahlen- wert	Lsg. A:	Lsg. B:
	$\sigma_v(\text{GEH}) = 548,2 \text{ MPa}$	$\sigma_v(\text{GEH}) = 437,2 \text{ MPa}$

Durch eine fehlerhafte Prozessplanung beim Befestigen der Lagerbolzen durch Schweißen (Querschnitt A), werden die Bolzen direkt nach dem Schweißen mit kaltem Wasser abgeschreckt und verspröden im Bereich der Schweißnaht.

Hinweis: In den Querschnitten A und C kann die Kerbwirkung vernachlässigt werden.

o) Geben Sie die Formeln zur Berechnung der Vergleichsspannung an, mit der Sie im Querschnitt A die Vergleichsspannung bestimmen können.

Platz für NR	
Formel	$\sigma_v(\text{NH}) = \frac{\sigma_b(\text{A}) + \sigma_{\text{zug}}(\text{A})}{2} + \frac{1}{2} \cdot \sqrt{(\sigma_b(\text{A}) + \sigma_{\text{zug}}(\text{A}))^2 + 4 \cdot (\tau_t(\text{A}))^2}$

p) Wie hoch ist die Vergleichsspannung im Querschnitt A?

Zahlen- wert	Lsg. A:	Lsg. B:
	$\sigma_v(\text{NH}) = 294,0 \text{ MPa}$	$\sigma_v(\text{NH}) = 259,9 \text{ MPa}$