

## Aufgabe 1: Rechteckplatte

- a) Welche zusätzliche statische Zugkraft
- $F_y$
- führt jeweils zum Versagen?

|                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|-------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Platz für Nebenrechnung | $\text{SH: } \sigma_{v,\text{SH}} = \sigma_1 - \sigma_3 = R_e \quad (\sigma_3 = \sigma_z = 0)$ $\sigma_x = \frac{F_x}{A_x} = 150 \text{ MPa}$ $\Rightarrow \sigma_{v,\text{SH}} = \sigma_y = \frac{F_y}{A_y} = R_e$ $\text{NH: } \sigma_{v,\text{NH}} = \sigma_y = \frac{F_y}{A_y} = R_m$ |
| Formeln                 | $F_y(\text{zäh}) = R_e \cdot L \cdot t$ $F_y(\text{spröd}) = R_m \cdot L \cdot t$                                                                                                                                                                                                         |

- b) Geben Sie die Zahlenwerte für die Kräfte
- $F_y(\text{zäh})$
- und
- $F_y(\text{spröd})$
- an.

|            |                                                                           |
|------------|---------------------------------------------------------------------------|
| Zahlenwert | $F_y(\text{zäh}) = 3,68 \text{ MN}$ $F_y(\text{spröd}) = 2,40 \text{ MN}$ |
|------------|---------------------------------------------------------------------------|

- c) Beantworten Sie für den Feinkornbaustahl den Aufgabenteil 1a und b, unter der Annahme, dass die Kraft
- $F_y$
- nun als statische Druckkraft wirkt.

|                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|-------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Platz für Nebenrechnung | $\text{SH: } \sigma_{v,\text{SH}} = \sigma_1 - \sigma_3 = R_e$ $\sigma_x = \frac{F_x}{A_x} = 150 \text{ MPa}$ $\Rightarrow \sigma_{v,\text{SH}} = \sigma_x - \sigma_y = 150 \text{ MPa} - \sigma_y = R_e$ $\Rightarrow \sigma_y = -310 \text{ MPa}$ $F_y = \sigma_y \cdot A_y = -310 \cdot 8000 \text{ N} = -2,48 \text{ MN}$ |
| Formel                  | $F_y(\text{zäh}) = \sigma_y \cdot A_y$                                                                                                                                                                                                                                                                                        |

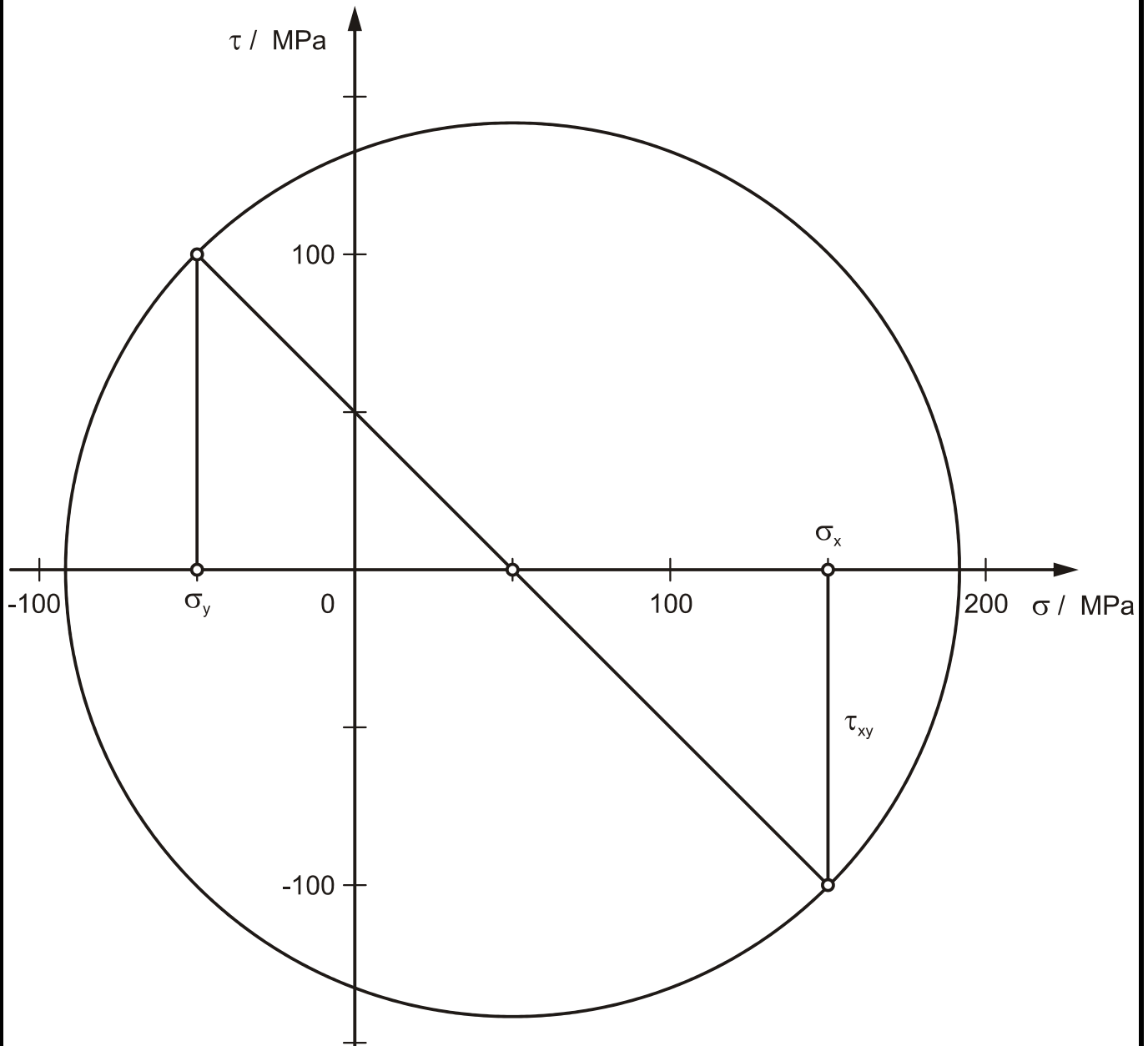
- d) Geben Sie den Zahlenwert für  $F_y(\text{zäh})$  an.

|                 |                                      |
|-----------------|--------------------------------------|
| Zahlen-<br>wert | $F_y(\text{zäh}) = -2,48 \text{ MN}$ |
|-----------------|--------------------------------------|

- e) Bestimmen Sie für beide Werkstoffe rechnerisch die Sicherheit gegen Versagen, unter der Annahme einer gleichmäßig über den Querschnitt verteilten Schubspannung von  $\tau_{xy} = 100 \text{ MPa}$ .

|                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|-------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Platz für Nebenrechnung | $\sigma_x = 150 \text{ MPa}; \sigma_y = -50 \text{ MPa}; \tau_{xy} = 100 \text{ MPa}$<br>Feinkornbaustahl: $\sigma_{v,SH} = \sqrt{(\sigma_x - \sigma_y)^2 + 4 \cdot \tau_{xy}^2} = 282,8 \text{ MPa}$<br>$S_F = \frac{R_e}{\sigma_{v,SH}} = \frac{460}{282,8} = 1,63; S_B = \frac{R_m}{\sigma_{v,SH}} = \frac{530}{282,8} = 1,87$<br>Grauguss: $\sigma_{v,NH} = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} + \sqrt{\left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2}\right)^2 + \tau_{xy}^2} = 191,4 \text{ MPa}$<br>$S_B = \frac{R_m}{\sigma_{v,NH}} = \frac{300}{191,4} = 1,57$ |
| Zahlen-<br>wert         | $S_F = 1,63; S_B = 1,87$<br>$S_B = 1,57$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |

- f) Zeichnen Sie den Mohrschen Spannungskreis für die vorliegende Belastung und beschriften Sie die Achsen.



**Aufgabe 2: Fahrraddämpfer**

- a) Geben Sie die Längs-, Umfangs-, und Radialspannungen jeweils in den Punkten A und B an.

|                         |                                                                 |                                                                |
|-------------------------|-----------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|
| Platz für Nebenrechnung | Generell: Zylinder ist längsspannungsfrei (beweglicher Kolben!) |                                                                |
|                         | Punkt A:                                                        | Punkt B:                                                       |
|                         | $\sigma_u(A) = \frac{p \cdot d_i}{2 \cdot s} = 50 \text{ MPa}$  | $\sigma_u(B) = \frac{p \cdot d_i}{2 \cdot s} = 50 \text{ MPa}$ |
|                         | $\sigma_l(A) = 0 \text{ MPa}$                                   | $\sigma_l(B) = 0 \text{ MPa}$                                  |
|                         | $\sigma_r(A) = -p = -5 \text{ MPa}$                             | $\sigma_r(B) = 0 \text{ MPa}$ Außenoberfläche                  |
| Zahlenwerte             | $\sigma_l(A) = 0 \text{ MPa}$                                   | $\sigma_l(B) = 0 \text{ MPa}$                                  |
|                         | $\sigma_u(A) = 50 \text{ MPa}$                                  | $\sigma_u(B) = 50 \text{ MPa}$                                 |
|                         | $\sigma_r(A) = -5 \text{ MPa}$                                  | $\sigma_r(B) = 0 \text{ MPa}$                                  |

- b) Bestimmen Sie die Längs-, Umfangs-, und Radialdehnungen im Punkt A. Geben Sie zuerst die zur Berechnung benötigten Formeln an.

|         |                                                                        |
|---------|------------------------------------------------------------------------|
| Formeln | $\varepsilon_l(A) = -\frac{\mu}{E} \cdot (\sigma_u + \sigma_r)$        |
|         | $\varepsilon_u(A) = \frac{1}{E} \cdot (\sigma_u - \mu \cdot \sigma_r)$ |
|         | $\varepsilon_r(A) = \frac{1}{E} \cdot (\sigma_r - \mu \cdot \sigma_u)$ |

Geben Sie die in 2b) genannten Dehnungen in Prozent an.

|                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|-------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Platz für Nebenrechnung | $\varepsilon_l(A) = -\frac{\mu}{E} \cdot (\sigma_u + \sigma_r) = -\frac{0,3}{72000} \cdot (50 - 5) = -1,938 \cdot 10^{-4}$ $\varepsilon_l(A) = -0,019\%$ $\varepsilon_u(A) = \frac{1}{E} \cdot (\sigma_u - \mu \cdot \sigma_r) = \frac{1}{72000} \cdot (50 - 0,3 \cdot (-5)) = 7,153 \cdot 10^{-4}$ $\varepsilon_u(A) = 0,071\%$ $\varepsilon_r(A) = \frac{1}{E} \cdot (\sigma_r - \mu \cdot \sigma_u) = \frac{1}{72000} \cdot ((-5) - 0,3 \cdot 50) = -2,777 \cdot 10^{-4}$ $\varepsilon_r(A) = -0,028\%$ |
| Zahlenwerte             | $\varepsilon_l(A) = -0,019\%$ $\varepsilon_u(A) = 0,072\%$ $\varepsilon_r(A) = -0,028\%$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |

- c) Um wie viele Millimeter hat sich der mittlere Durchmesser  $d_m$  (bei  $s/2$ ) des Zylinders durch die Aufbringung des Innendrucks  $p_i$  verändert?

|                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|-------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Platz für Nebenrechnung | <p>Generell: Zylinder ist längsspannungsfrei<br/>         Punkt <math>d_m</math>:</p> $\sigma_u(d_m) = \frac{p \cdot d_i}{2 \cdot s} = 50 \text{ MPa (Näherung über Kesselformel)}$ $\sigma_l(d_m) = 0 \text{ MPa}$ $\sigma_r(d_m) = -p/2 = -2,5 \text{ MPa (Näherung über Kesselformel)}$ $\varepsilon_u(d_m) = \frac{1}{E} \cdot (\sigma_u - \mu \cdot \sigma_r) = \frac{1}{72000} \cdot (50 - 0,3 \cdot (-2,5)) = 7,049 \cdot 10^{-4}$ $\varepsilon_u(d_m) = \frac{\Delta U}{U} = \frac{\pi \cdot \Delta d_m}{\pi \cdot d_m} \Rightarrow \Delta d_m = \varepsilon_u \cdot d_m = 7,049 \cdot 10^{-4} \cdot 31,5 \text{ mm} = 0,022 \text{ mm}$ |
|-------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

Zahlen-  
werte

$$d_m(p_i = 0 \text{ bar}) = 31,5 \text{ mm}$$

$$\Delta d_m = 0,022 \text{ mm}$$

Im Folgenden soll überprüft werden, ob der Kolben (bzw. die Kolbenstange) die Beanspruchung mit Sicherheit ertragen kann.

d) Welche Versagensarten sind beim dargestellten Belastungsfall prinzipiell möglich?

Versagensarten

a) Fließen

b) Bruch

c) Knicken

- e) Geben Sie für alle prinzipiell möglichen Versagensarten die Sicherheiten gegen Versagen des Kolbens an.

|                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|-------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Platz für Nebenrechnung | <p>Fließen:</p> $\sigma = \frac{F}{A} = \frac{4 \cdot 3464 \text{ N}}{\pi \cdot d_k^2} = 122,5 \text{ MPa}$ $S_F = \frac{R_{p0,2}}{\sigma} = \frac{500}{122,5} = 4,1 \text{ ausreichend}$ $S_B = \frac{R_m}{\sigma} = \frac{560}{122,5} = 4,6 \text{ ausreichend}$ <p>Eulerknickfall 3</p> $I = \frac{\pi}{64} d_k^4 = \frac{\pi}{64} \cdot 6^4 \text{ mm}^4 = 63,62 \text{ mm}^4$ $F_K = 2 \cdot \pi^2 \cdot \frac{E \cdot I}{l_k^2} = 2\pi^2 \frac{72000 \text{ MPa} \cdot 63,62 \text{ mm}^4}{100^2 \text{ mm}^2} = 9041,4 \text{ N}$ $S_K = \frac{F_K}{F_A} = \frac{9041,4}{3464} = 2,6 \text{ ausreichend}$ |
| Sicherheiten            | $S_F = \frac{R_{p0,2}}{\sigma} = \frac{500}{122,5} = 4,1$ $S_B = \frac{R_m}{\sigma} = \frac{560}{122,5} = 4,6$ $S_K = \frac{F_K}{F_A} = \frac{9041,4}{3465} = 2,6$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |