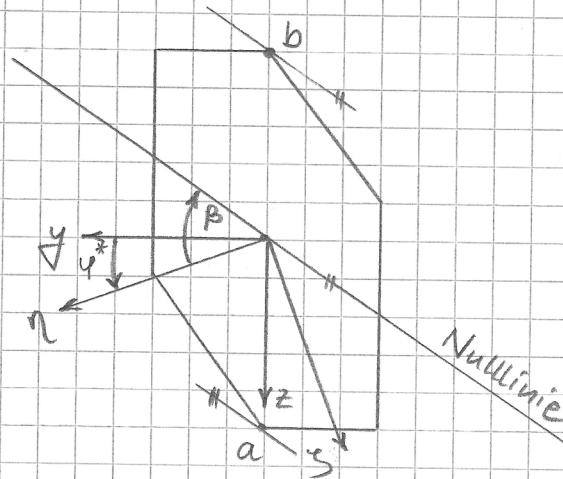


$$\text{zu 1)} \quad \alpha = 180^\circ - \varphi^* = 180^\circ - 19,88^\circ = 160,12^\circ$$

$$\tan \beta = \frac{358 \text{ cm}^4}{96 \text{ cm}^4} \cdot \tan 160,12^\circ = -1,3485$$

$$\beta = -53,44^\circ$$



$$\text{zu 2)} \quad M_{by} = 4 \text{ kN} \cdot \text{m} \cdot \cos 160,12^\circ = -3,762 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{bz} = 4 \text{ kN} \cdot \text{m} \cdot \sin 160,12^\circ = 1,360 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\text{Punkt a: } y_a = 0; z_a = 5 \text{ cm}$$

$$\eta_a = 5 \text{ cm} \cdot \sin 19,88^\circ + 0 \cdot \cos 19,88^\circ = 1,700 \text{ cm}$$

$$\xi_a = 5 \text{ cm} \cdot \cos 19,88^\circ - 0 \cdot \sin 19,88^\circ = 4,702 \text{ cm}$$

$$\text{Punkt b: } y_b = 0; z_b = -5 \text{ cm}$$

$$\eta_b = -1,700 \text{ cm}$$

$$\xi_b = -4,702 \text{ cm}$$

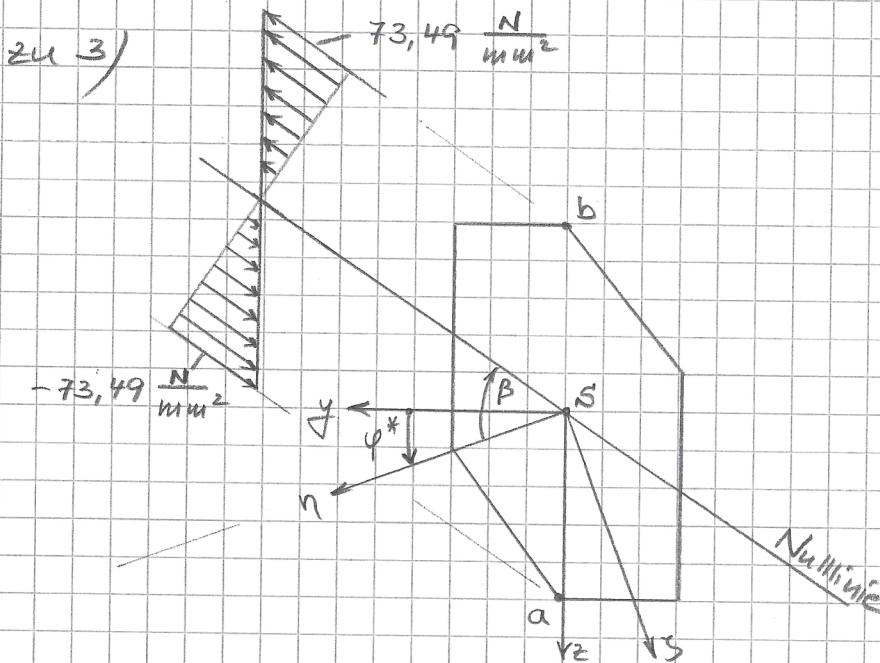
Biegespannungen

$$\sigma_b^a = \frac{-3,762 \cdot 100 \text{ kN} \cdot \text{cm}}{358 \text{ cm}^4} \cdot 4,702 \text{ cm}$$

$$- \frac{1,360 \cdot 100 \text{ kN} \cdot \text{cm}}{96 \text{ cm}^4} \cdot 1,700 \text{ cm}$$

$$\sigma_b^a = -7,349 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} = -73,49 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\sigma_b^b = +73,49 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$



zu 4/ Die Extremwerte der Spannungen treten wieder in den Punkten a und b auf. Aufgrund des positiven Biegemomentes M_{By} tritt im Punkt a die maximale Zugspannung und im Punkt B die maximale Druckspannung auf.

$$\sigma_b^a = 73,49 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot \frac{2 \text{ kN} \cdot \text{m}}{4 \text{ kN} \cdot \text{m}} = 36,75 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\sigma_b^b = -36,75 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\text{zu 1)} \quad M_T = 20 \text{ kN} \cdot 20 \text{ cm} = 400 \text{ kN} \cdot \text{cm}$$

a) Bereich 1

$$\frac{h}{b} = \frac{9 \text{ cm}}{8 \text{ cm}} = 1,125$$

$$\beta = \frac{0,208 + 0,221}{2} = 0,2145$$

$$W_T = 0,2145 \cdot 9 \text{ cm} \cdot (8 \text{ cm})^2 = 123,552 \text{ cm}^3$$

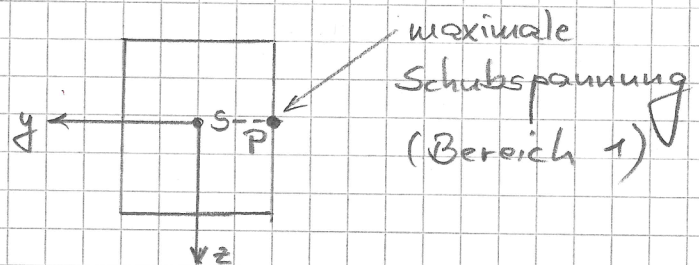
$$\tau = \frac{M_T}{W_T} = \frac{400 \text{ kN} \cdot \text{cm}}{123,552 \text{ cm}^3} = 3,237 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} = 32,37 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

b) Bereich 2

$$A_{\text{m}} = 85 \text{ mm} \cdot 75 \text{ mm} = 6375 \text{ mm}^2$$

$$\tau = \frac{M_T}{2 \cdot A_{\text{m}} \cdot t_{\text{min}}} = \frac{400 \cdot 10^4 \text{ N} \cdot \text{mm}}{2 \cdot 6375 \text{ mm}^2 \cdot 4 \text{ mm}}$$

$$\tau = 78,43 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$



$$\text{zu 2)} \quad y = \frac{M_T}{G \cdot I_{T1}} \cdot l_1 + \frac{M_T}{G \cdot I_{T2}} \cdot l_2$$

Bereich 1:

$$\frac{h}{b} = 1,125 \rightarrow \alpha = \frac{0,140 + 0,171}{2} = 0,1555$$

$$I_{T1} = 0,1555 \cdot 9 \text{ cm} \cdot (8 \text{ cm})^3 = 716,544 \text{ cm}^4$$

Bereich 2

$$I_{T2} = \frac{4 \cdot A_{\text{m}}^2}{\oint \frac{ds}{t(s)}}$$

$$\oint \frac{ds}{t(s)} = \frac{75 \text{ mm}}{4 \text{ mm}} + 2 \cdot \frac{85 \text{ mm}}{5 \text{ mm}} + \frac{75 \text{ mm}}{6 \text{ mm}}$$

$$\oint \frac{ds}{t(s)} = 65,25$$

$$I_{T2} = \frac{4 \cdot (6375 \text{ mm})^2}{65,25} = 2491379 \text{ mm}^4$$

$$\varphi = 400 \cdot 10^4 \text{ N} \cdot \text{mm} \cdot \left(\frac{2000 \text{ mm}}{8,1 \cdot 10^4 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot 716,544 \cdot 10^4 \text{ mm}^4} + \frac{1000 \text{ mm}}{8,1 \cdot 10^4 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot 2491379 \text{ mm}^4} \right)$$

$$\varphi = 0,0336 = 0,0336 \cdot \frac{180^\circ}{\pi} = 1,93^\circ$$

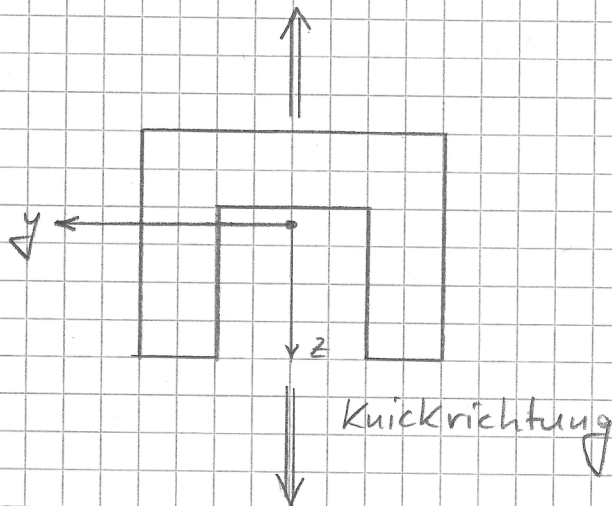
$$f_y = \varphi \cdot 20 \text{ cm} = 0,0336 \cdot 20 \text{ cm} = 0,672 \text{ cm} = 6,72 \text{ mm}$$

zu 3)

$$W = \frac{1}{2} \cdot M_T \cdot \varphi = \frac{1}{2} \cdot 4 \text{ kN} \cdot \text{m} \cdot 0,0336$$

$$W = 0,0672 \text{ kN} \cdot \text{m} = 67,2 \text{ N} \cdot \text{m}$$

zu 1) Knickrichtung



zu 2) $S_k = 0,7 \cdot l = 0,7 \cdot 3\text{m} = 2,10\text{m} = 2100\text{mm}$

$$\frac{E \cdot I_y \cdot \pi^2}{S_k^2} \geq \nu \cdot F$$

$$I_y \geq \frac{\nu_k \cdot F \cdot S_k^2}{E \cdot \pi^2}$$

$$\frac{37}{6} a^4 \geq \frac{\nu_k \cdot F \cdot S_k^2}{E \cdot \pi^2}$$

$$a \geq \sqrt[4]{\frac{6 \cdot \nu_k \cdot F \cdot S_k^2}{37 \cdot E \cdot \pi^2}}$$

$$a \geq \sqrt[4]{\frac{6 \cdot 5 \cdot 200000\text{N} \cdot (2100\text{mm})^2}{37 \cdot 2,1 \cdot 10^5 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot \pi^2}}$$

$$a \geq 24,24\text{mm}$$

gewählt: $a = 24,5\text{mm}$

$$i = \sqrt{\frac{\frac{37}{6} \cdot a^4}{8 \cdot a^2}} = 0,8780 \cdot a = 0,8780 \cdot 24,5 \text{ mm} = 21,51 \text{ mm}$$

$$\lambda = \frac{2100 \text{ mm}}{21,51 \text{ mm}} = 97,62 < 105 = \lambda_{\text{grenz}}$$

Nach Tetmajer:

$$\sigma_K = 310 - 1,14 \cdot \lambda$$

$$\frac{5 \cdot 200000}{8 \cdot a^2} = 310 - 1,14 \cdot \frac{\sigma_K}{0,878 \cdot a} \quad | \cdot a^2$$

$$125000 = 310 \cdot a^2 - 2726,65 \cdot a$$

$$a^2 - 8,796 \cdot a - 403,23 = 0$$

$$a_{1/2} = 4,398 \pm \sqrt{19,34 + 403,23}$$

$$a_1 = 24,95 \text{ mm}$$

$$a_2 < 0 \quad \text{uninteressant}$$

gewählt: $a = 25 \text{ mm}$