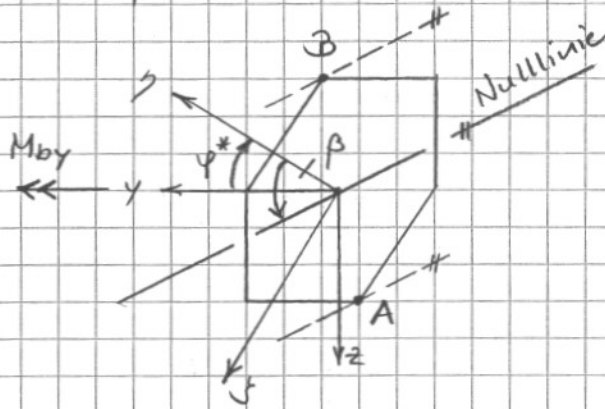


zu 1) $\alpha = -\varphi^* = 31,2^\circ$

$$\tan \beta = \frac{I_y}{I_x} \cdot \tan \alpha = \frac{1211 \text{ cm}^4}{453 \text{ cm}^4} \cdot \tan 31,2^\circ$$

$$\tan \beta = 1,619$$

$$\beta = 58,3^\circ$$



zu 2) Zug- und Druckspannungen

Zerlegen des Biegemomentenvektor

$$M_{\eta} = M_{by} \cdot \cos \alpha = 5 \text{ kN} \cdot \text{m} \cdot \cos 31,2^\circ = 4,277 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{\xi} = M_{by} \cdot \sin \alpha = 5 \text{ kN} \cdot \text{m} \cdot \sin 31,2^\circ = 2,590 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Koordinaten der Punkte A und B

Punkt A: $y_A = -1 \text{ cm}$; $z_A = 6 \text{ cm}$

$$\eta_A = 6 \text{ cm} \cdot \sin(-31,2^\circ) - 1 \text{ cm} \cdot \cos(-31,2^\circ) = -3,96 \text{ cm}$$

$$\xi_A = 6 \text{ cm} \cdot \cos(-31,2^\circ) + 1 \text{ cm} \cdot \sin(-31,2^\circ) = 4,61 \text{ cm}$$

Punkt B: $y_B = 1 \text{ cm}$; $z_B = -6 \text{ cm}$

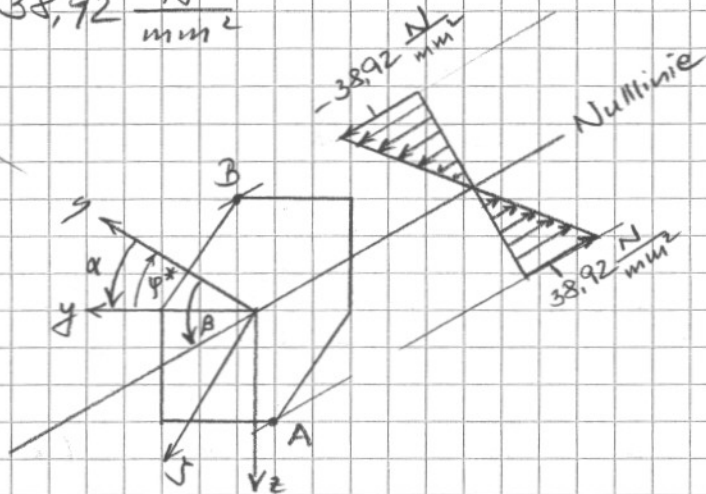
$$\eta_B = 3,96 \text{ cm}$$

$$\xi_B = -4,61 \text{ cm}$$

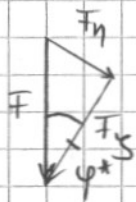
$$\sigma_b^A = \frac{4,277 \cdot 100 \text{ KN} \cdot \text{cm}}{12,11 \text{ cm}^4} \cdot 4,61 \text{ cm} - \frac{2,590 \cdot 100 \text{ KN} \cdot \text{cm}}{453 \text{ cm}^4} \cdot (-3,96 \text{ cm})$$

$$\sigma_b^A = 3,892 \frac{\text{KN}}{\text{cm}^2} = 38,92 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\sigma_b^B = -38,92 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$



zu 4) Resultierende Verschiebung



$$F_y = F \cdot \sin \gamma^* = -10 \text{ kN} \cdot \sin 31,2^\circ = -5,180 \text{ kN}$$

$$F_z = F \cdot \cos \gamma^* = 10 \text{ kN} \cdot \cos 31,2^\circ = 8,554 \text{ kN}$$

$$f_y = \frac{F \cdot (-5,180 \cdot 10^3 \text{ N}) \cdot (4000 \text{ mm})^3}{768 \cdot 0,7 \cdot 10^5 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot 453 \cdot 10^4 \text{ mm}^4} = -9,529 \text{ mm}$$

$$f_z = \frac{F \cdot 8,554 \cdot 10^3 \text{ N} \cdot (4000 \text{ mm})^3}{768 \cdot 0,7 \cdot 10^5 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot 12,11 \cdot 10^4 \text{ mm}^4} = 5,886 \text{ mm}$$

$$f = \sqrt{(-9,529 \text{ mm})^2 + (5,886 \text{ mm})^2} = 11,200 \text{ mm}$$

zu 1) Schubspannungena) Hohlprofil

$$A_m = 76 \text{ mm} \cdot 56 \text{ mm} = 4256 \text{ mm}^2$$

$$\tau = \frac{M_T}{2 \cdot A_m \cdot t_{\min}} = \frac{150000 \text{ N} \cdot \text{mm}}{2 \cdot 4256 \text{ mm}^2 \cdot 4 \text{ mm}} = 4,41 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

b) Offenes Profil

$$I_T = \frac{1}{3} \cdot (6 \text{ mm})^3 \cdot (54 \text{ mm} + 2 \cdot 54 \text{ mm} + 74 \text{ mm}) = 16992 \text{ mm}^4$$

$$\tau = \frac{M_T}{I_T} \cdot t = \frac{150000 \text{ N} \cdot \text{mm}}{16992 \text{ mm}^4} \cdot 6 \text{ mm} = 52,97 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

zu 2) Schubfluss T

$$T = \tau \cdot t = 4,41 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot 4 \text{ mm} = 17,64 \frac{\text{N}}{\text{mm}}$$

zu 3) Gegenseitige Verdrehung der Endquerschnitte

Bereich I:

$$I_T = \frac{4 \cdot A_m^2}{\oint \frac{ds}{t}} = \frac{4 \cdot (4256 \text{ mm}^2)^2}{\frac{1}{4 \text{ mm}} \cdot (2 \cdot 76 \text{ mm} + 2 \cdot 56 \text{ mm})}$$

$$I_T = 1097790 \text{ mm}^4$$

$$\varphi_1 = \frac{M_T}{G \cdot I_T} \cdot l_1 = \frac{150000 \text{ N} \cdot \text{mm} \cdot 2000 \text{ mm}}{8,1 \cdot 10^4 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot 1097790 \text{ mm}^4}$$

$$\varphi_1 = 0,00337 = 0,00337 \cdot \frac{180^\circ}{\pi} = 0,193^\circ$$

Bereich II:

2/2

$$\varphi_2 = \frac{M_T}{G \cdot I_T} \cdot l_2 = \frac{150000 \text{ N} \cdot \text{mm} \cdot 1000 \text{ mm}}{8,1 \cdot 10^4 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot 16992 \text{ mm}^4}$$

$$\varphi_2 = 0,10898 = 0,10898 \cdot \frac{180^\circ}{\pi} = 6,24^\circ$$

$$\varphi = \varphi_1 + \varphi_2 = 0,11235 = 0,11235 \cdot \frac{180^\circ}{\pi} = 6,44^\circ$$

zu 4) Blechedicke t_2

$$\varphi = \varphi_1 + \varphi_2 = 5^\circ = 0,08727$$

$$\varphi_2 = 0,08727 - 0,00337 = 0,0839$$

$$I_T = \frac{M_T}{G \cdot \varphi_2} \cdot l_2$$

$$I_T = \frac{150000 \text{ N} \cdot \text{mm} \cdot 1000 \text{ mm}}{8,1 \cdot 10^4 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot 0,0839}$$

$$I_T = 22072 \text{ mm}^4 = \frac{1}{3} \cdot t^3 \cdot l$$

$$t = \sqrt[3]{\frac{3 \cdot I_T}{l}} = \sqrt[3]{\frac{3 \cdot 22072 \text{ mm}^4}{236 \text{ mm}}}$$

$$t = 6,55 \text{ mm}$$

$$\bar{F}_K = \nu \cdot F = \frac{E \cdot I \cdot \pi^2}{S_K^2}$$

$$I = \frac{\nu \cdot F \cdot S_K^2}{E \cdot \pi^2}$$

$$I = \frac{5 \cdot 150000 \text{ N} \cdot (2100 \text{ mm})^2}{2,1 \cdot 10^5 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot \pi^2}$$

$$I = 1595809 \text{ mm}^4 = \frac{a^4}{12} \cdot (3\pi - 1)$$

$$a = \sqrt[4]{\frac{12 \cdot 1595809 \text{ mm}^4}{3\pi - 1}} = 38,83 \text{ mm}$$

Überprüfen der Schlankheit:

$$i = \sqrt{\frac{I}{A}} = \sqrt{\frac{a^4 \cdot (3\pi - 1)}{12 \cdot a^2 \cdot (\pi - 1)}} = 0,5726 \cdot a = 22,23 \text{ mm}$$

$$\lambda = \frac{S_K}{i} = \frac{2100 \text{ mm}}{22,23 \text{ mm}} = 94,47 < 105 \Rightarrow \text{inelastische Knickung}$$

nach Tetmajer:

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

$$\frac{\nu \cdot F}{A} = 310 - 1,14 \cdot \frac{S_K}{0,5726 \cdot a}$$

$$\frac{\nu \cdot F}{a^2 \cdot (\pi - 1)} = 310 - 1,14 \cdot \frac{2100}{0,5726 \cdot a}$$

$$\frac{\nu \cdot F}{\pi - 1} = 310 \cdot a^2 - 4181 \cdot a$$

3/2

$$310 \cdot Q^2 - 4181 \cdot Q - \frac{5 \cdot 150000}{\pi - 1} = 0$$

$$Q^2 - 13,49 \cdot Q - 1129,7 = 0$$

$$Q_{1/2} = 6,75 \pm \sqrt{6,75^2 + 1129,7}$$

$$Q_1 = 6,75 + 34,28 = 41,03 \text{ mm}$$

$$Q_2 < 0 \text{ (uninteressant)}$$

gewählt: $Q = 42 \text{ mm}$