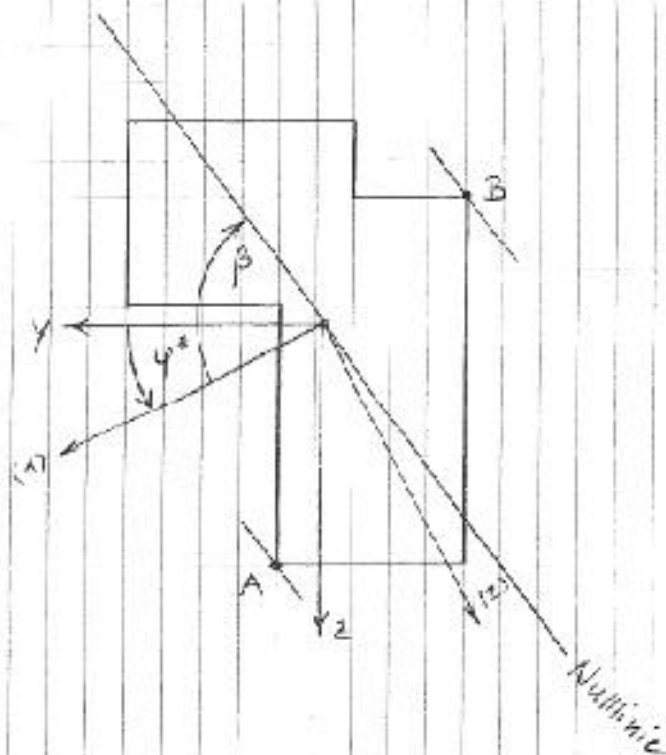


$$\text{ex 1)} \quad \alpha = 180^\circ - 27,47^\circ - 30^\circ = 122,53^\circ$$

1/1

$$\tan \beta = \frac{985 \text{ cm}^4}{269 \text{ cm}^4} \cdot \tan 122,53^\circ = -5,7411$$

$$\beta = -80,12^\circ$$



$$\text{ex 2)} \quad M_{By} = M_b \cdot \cos \alpha$$

$$M_{Bz} = M_b \cdot \sin \alpha$$

$$y_A = 1,20 \text{ cm} ; z_A = 6,54 \text{ cm}$$

$$y_A = 6,54 \text{ cm} \cdot \sin 27,47^\circ + 1,20 \text{ cm} \cdot \cos 27,47^\circ = 4,08 \text{ cm}$$

$$z_A = 6,54 \text{ cm} \cdot \cos 27,47^\circ - 1,20 \text{ cm} \cdot \sin 27,47^\circ = 5,25 \text{ cm}$$

$$y_B = -3,80 \text{ cm} ; z_B = -3,46 \text{ cm}$$

$$y_B = -3,46 \text{ cm} \cdot \sin 27,47^\circ - 3,80 \text{ cm} \cdot \cos 27,47^\circ = -4,97 \text{ cm}$$

$$z_B = -3,46 \text{ cm} \cdot \cos 27,47^\circ + 3,80 \text{ cm} \cdot \sin 27,47^\circ = -1,32 \text{ cm}$$

$$\sigma_b^A = M_b \cdot \left(\frac{\cos 122,53^\circ}{985 \cdot 10^4 \text{ mm}^4} \cdot 52,5 \text{ mm} - \frac{\sin 122,53^\circ}{269 \cdot 10^4 \text{ mm}^4} \cdot 40,8 \text{ mm} \right)$$

$$\sigma_b^A = -1,56538 \cdot 10^{-5} \frac{1}{\text{mm}^3} \cdot M_b$$

$$\sigma_b^B = M_b \cdot \left(\frac{\cos 122,53^\circ}{985 \cdot 10^4 \text{ mm}^4} \cdot (-13,2 \text{ mm}) - \frac{\sin 122,53^\circ}{269 \cdot 10^4 \text{ mm}^4} \cdot (-49,7 \text{ mm}) \right)$$

$$\sigma_b^B = 1,62978 \cdot 10^{-5} \frac{1}{\text{mm}^3} \cdot M_b$$

$$M_{b\text{zul}} = \frac{120 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}{1,62978 \cdot 10^{-5} \frac{1}{\text{mm}^3}}$$

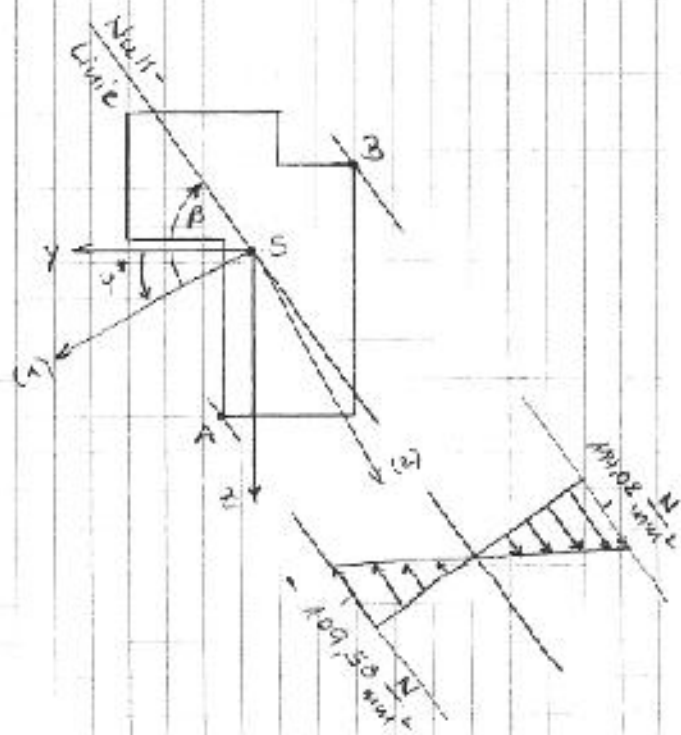
$$M_{b\text{zul}} = 7,362 \cdot 10^6 \text{ N} \cdot \text{mm} = 7,362 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\text{zu 3) } \sigma_b^A = -1,56538 \cdot 10^{-5} \frac{1}{\text{mm}^3} \cdot 7 \cdot 10^6 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$\sigma_b^A = -109,58 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\sigma_b^B = 1,62978 \cdot 10^{-5} \frac{1}{\text{mm}^3} \cdot 7 \cdot 10^6 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$\sigma_b^B = 114,08 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$



zu 1)

Bereich 1

$$\tau = \frac{M_T}{2 \cdot A_{\text{Mitt}} \cdot L_{\text{Mitt}}}$$

$$A_{\text{Mitt}} = (40 \text{ mm} - 4 \text{ mm}) \cdot (60 \text{ mm} - 5 \text{ mm}) = 1980 \text{ mm}^2$$

$$\tau = \frac{200\,000 \text{ N} \cdot \text{mm}}{2 \cdot 1980 \text{ mm}^2 \cdot 4 \text{ mm}} = 12,63 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Bereich 2

$$\tau = \frac{M_T}{I_T} \cdot \xi$$

$$I_T = \frac{1}{3} \cdot [40 \text{ mm} \cdot (5 \text{ mm})^3 + 2 \cdot 55 \text{ mm} \cdot (4 \text{ mm})^3]$$

$$I_T = 4013,3 \text{ mm}^4$$

$$\tau = \frac{50\,000 \text{ N} \cdot \text{mm}}{4013,3 \text{ mm}^4} \cdot 5 \text{ mm} = 62,29 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

zu 2)

Bereich 1

$$I_T = \frac{4 \cdot I_{\text{Mitt}}^2}{\int \frac{ds}{t(s)}}$$

$$\int \frac{ds}{t(s)} = \frac{1}{4 \text{ mm}} \cdot 2 \cdot 55 \text{ mm} + \frac{1}{5 \text{ mm}} \cdot 2 \cdot 36 \text{ mm} = 41,9$$

$$I_T = \frac{4 \cdot (1980 \text{ mm}^2)^2}{41,9} = 374263 \text{ mm}^4$$

$$\varphi_B = \frac{M_T}{G \cdot I_T} \cdot l = \frac{200\,000 \text{ N} \cdot \text{mm} \cdot 2000 \text{ mm}}{8,1 \cdot 10^4 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot 374263 \text{ mm}^4}$$

$$\varphi_B = 0,01319 \hat{=} 0,756^\circ$$

$$\varphi_c = 0,01319 + \frac{50000 \text{ N} \cdot \text{mm} \cdot 1000 \text{ mm}}{8,1 \cdot 10^4 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot 4043,3 \text{ mm}^4}$$

$$\varphi_c = 0,16700 \hat{=} 9,57^\circ$$

$$\text{zu 3) } \varphi_c = 6^\circ \cdot \frac{\pi}{180^\circ} = 0,10472$$

$$\varphi_c = \varphi_B + \frac{M_T}{G \cdot I_T} \cdot l$$

$$I_T = \frac{M_T}{G \cdot (\varphi_c - \varphi_B)} \cdot l$$

$$I_T = \frac{50000 \text{ N} \cdot \text{mm} \cdot 1000 \text{ mm}}{8,1 \cdot 10^4 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot (0,10472 - 0,01319)}$$

$$I_T = 6746 \text{ mm}^4$$

$$\frac{1}{3} \cdot 40 \text{ mm} \cdot (5 \text{ mm})^3 + 2 \cdot \frac{1}{3} \cdot 55 \text{ mm} \cdot t^3 = 6746 \text{ mm}^4$$

$$36,6 \text{ mm} \cdot t^3 = 5079,3 \text{ mm}^4$$

$$t = \sqrt[3]{\frac{5079,3 \text{ mm}^4}{36,6 \text{ mm}}}$$

$$t = 5,17 \text{ mm}$$

$$S_K = 0,5 \cdot l = 0,5 \cdot 3000 \text{ mm} = 1500 \text{ mm}$$

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

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

$$I = \frac{4 \cdot 400000 \text{ N} \cdot (1500 \text{ mm})^2}{2,1 \cdot 10^5 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot \pi^2} = 1736935 \text{ mm}^4$$

$$\frac{11}{6} \cdot Q^4 = 1736935 \text{ mm}^4$$

$$Q = \sqrt[4]{\frac{6 \cdot 1736935 \text{ mm}^4}{11}}$$

$$Q = 31,2 \text{ mm}$$

$$i = \sqrt{\frac{\frac{11}{6} \cdot Q^4}{\frac{11}{36} \cdot Q^2}} = \sqrt{\frac{11}{36} \cdot Q^2} = \frac{Q}{6} \cdot \sqrt{11}$$

$$i = \frac{31,2 \text{ mm}}{6} \cdot \sqrt{11} = 17,25 \text{ mm}$$

$$\lambda = \frac{S_K}{i} = \frac{1500 \text{ mm}}{17,25 \text{ mm}} = 86,96 < 89 = \lambda_{\text{grenz}}$$

Knickung nach Tetmajer

$$\sigma_K = 4 \cdot \sigma = 4 \cdot \frac{F}{A} = 335 - 0,62 \cdot \frac{S_K}{\frac{Q}{6} \cdot \sqrt{11}}$$

$$4 \cdot \frac{F}{6 \cdot Q^2} = 335 - 0,62 \cdot \frac{6 \cdot S_K}{Q \cdot \sqrt{11}} \quad | \cdot Q^2$$

$$335 \cdot Q^2 - 1682,43 \cdot Q - 266666,6 = 0$$

$$Q^2 - 5,022 \cdot Q - 796,02 = 0$$

$$Q_{1/2} = 2,511 \pm \sqrt{2,511^2 + 796,02}$$

3/2

$$Q_1 = 30,84 \text{ mm}$$

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