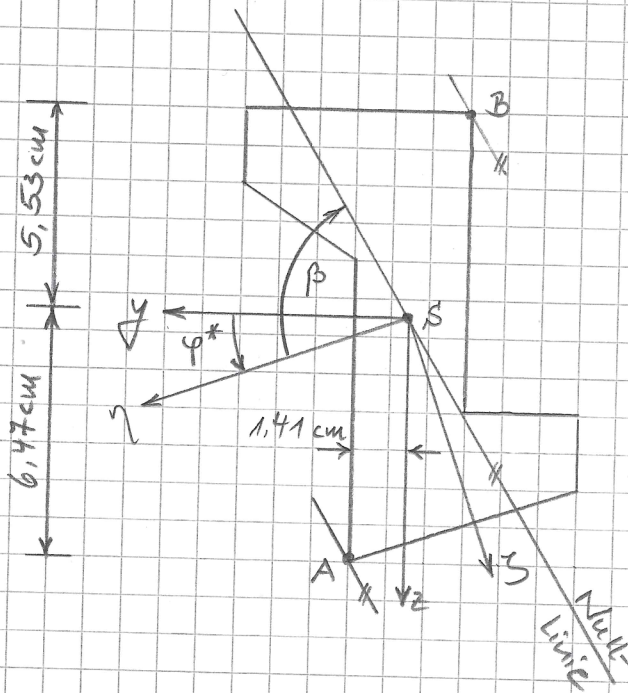


$$\text{zu 1)} \quad \alpha = 180^\circ - 18,68^\circ - 20^\circ = 141,32^\circ$$

$$\tan \beta = \frac{703,36 \text{ cm}^4}{112,20 \text{ cm}^4} \cdot \tan 141,32^\circ = -5,0187$$

$$\beta = -78,73^\circ$$



zu 2)

$$y_A = 1,41 \text{ cm} ; z_A = 6,47 \text{ cm}$$

$$\eta_A = 6,47 \text{ cm} \cdot \sin 18,68^\circ + 1,41 \text{ cm} \cdot \cos 18,68^\circ = 3,41 \text{ cm}$$

$$\xi_A = 6,47 \text{ cm} \cdot \cos 18,68^\circ - 1,41 \text{ cm} \cdot \sin 18,68^\circ = 5,68 \text{ cm}$$

$$y_B = -1,59 \text{ cm} ; z_B = -5,53 \text{ cm}$$

$$\eta_B = -5,53 \text{ cm} \cdot \sin 18,68^\circ - 1,59 \text{ cm} \cdot \cos 18,68^\circ = -3,28 \text{ cm}$$

$$\xi_B = -5,53 \text{ cm} \cdot \cos 18,68^\circ + 1,59 \text{ cm} \cdot \sin 18,68^\circ = -4,73 \text{ cm}$$

$$\sigma_b^A = \frac{3 \text{ kN} \cdot \text{m} \cdot 100 \frac{\text{cm}}{\text{m}} \cdot \cos 141,32^\circ}{703,36 \text{ cm}^4} \cdot 5,68 \text{ cm}$$

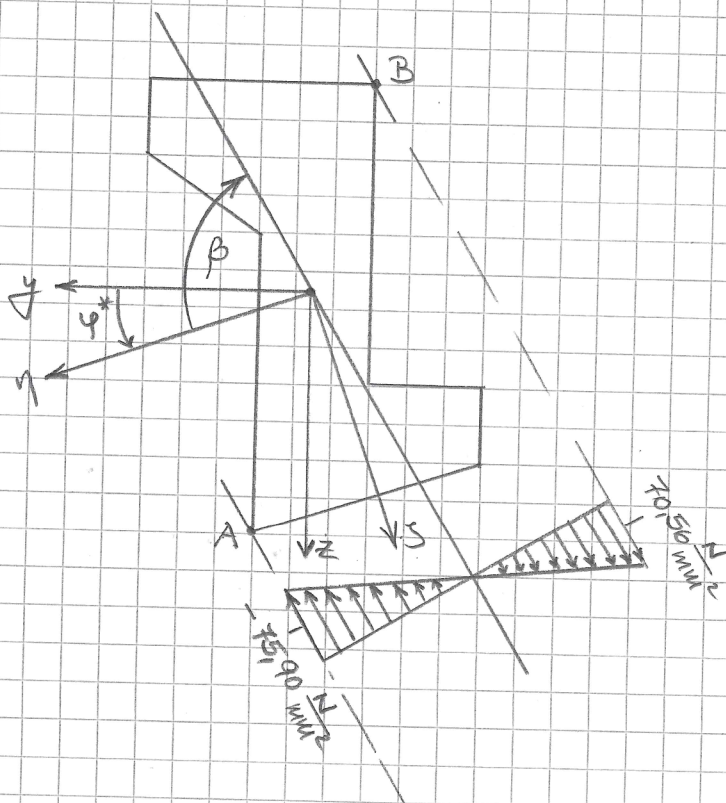
$$- \frac{3 \text{ kN} \cdot \text{m} \cdot 100 \frac{\text{cm}}{\text{m}} \cdot \sin 141,32^\circ}{112,20 \text{ cm}^4} \cdot 3,41 \text{ cm}$$

$$\sigma_b^A = -7,590 \frac{\text{KN}}{\text{cm}^2} = -75,90 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\sigma_b^B = \frac{3 \text{ kN} \cdot \text{m} \cdot 100 \frac{\text{cm}}{\text{m}} \cdot \cos 141,32^\circ}{703,36 \text{ cm}^4} \cdot (-4,73 \text{ cm})$$

$$- \frac{3 \text{ kN} \cdot \text{m} \cdot 100 \frac{\text{cm}}{\text{m}} \cdot \sin 141,32^\circ}{112,20 \text{ cm}^4} \cdot (-3,28 \text{ cm})$$

$$\sigma_b^B = 7,056 \frac{\text{KN}}{\text{cm}^2} = 70,56 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$



zu 3)

$$M_{\text{bzul}} = 3 \text{ kN} \cdot \text{m} \cdot \frac{120 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}{75,90 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} = 4,74 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

zu 1)

a) Bereich 1

$$A_{\text{m}} = (70 \text{ mm} - 4 \text{ mm}) \cdot (40 \text{ mm} - 4 \text{ mm}) + 40 \text{ mm} \cdot (30 \text{ mm} - 4 \text{ mm})$$

$$A_{\text{m}} = 66 \text{ mm} \cdot 36 \text{ mm} + 40 \text{ mm} \cdot 26 \text{ mm} = 3416 \text{ mm}^2$$

$$\tau = \frac{300 \cdot 10^3 \text{ N} \cdot \text{mm}}{2 \cdot 3416 \text{ mm}^2 \cdot 4 \text{ mm}} = 10,98 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

b) Bereich 2

$$I_T = 2 \cdot \frac{1}{3} \cdot (5 \text{ mm})^3 \cdot 40 \text{ mm} + \frac{1}{3} \cdot (4 \text{ mm})^3 \cdot 60 \text{ mm}$$

$$I_T = 4613,3 \text{ mm}^4$$

$$\tau = \frac{50 \cdot 10^3 \text{ N} \cdot \text{mm}}{4613,3 \text{ mm}^4} \cdot 5 \text{ mm} = 54,19 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

zu 2)

a) Verdrehung φ_B

$$I_T = \frac{4 \cdot A_{\text{m}}^2}{\oint \frac{ds}{t}}$$

$$\oint \frac{ds}{t} = \frac{1}{4 \text{ mm}} \cdot (66 \text{ mm} + 2 \cdot 36 \text{ mm} + 2 \cdot 20 \text{ mm} + 2 \cdot 40 \text{ mm} + 26 \text{ mm})$$

$$\oint \frac{ds}{t} = 71$$

$$I_T = \frac{4 \cdot (3416 \text{ mm}^2)^2}{71} = 657411,6 \text{ mm}^4$$

$$\varphi_B = \frac{300 \cdot 10^3 \text{ N} \cdot \text{mm} \cdot 2000 \text{ mm}}{8,1 \cdot 10^4 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot 657411,6 \text{ mm}^4} = 0,011267$$

$$\varphi_B = 0,011267 = 0,646^\circ$$

b) Verdrehung φ_c

$$\varphi_c = 0,011267 \cdot \frac{50 \cdot 10^3 \text{ N} \cdot \text{mm} \cdot 1000 \text{ mm}}{8,1 \cdot 10^4 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot 4613,3 \text{ mm}^4} = 0,1451$$

$$\varphi_c = 0,1451 = 8,31^\circ$$

zu 3)

$$\varphi_{czul} = 5^\circ = 0,087266$$

$$\varphi_{czul} = \frac{(M_B + M_{czul}) \cdot l_1}{G \cdot I_{T1}} + \frac{M_{czul} \cdot l_2}{G \cdot I_{T2}}$$

$$M_{czul} \cdot \left(\frac{l_1}{G \cdot I_{T1}} + \frac{l_2}{G \cdot I_{T2}} \right) = \varphi_{czul} - \frac{M_B}{G \cdot I_{T1}} \cdot l_1$$

$$M_{czul} = \frac{\varphi_{czul} - \frac{M_B}{G \cdot I_{T1}} \cdot l_1}{\frac{l_1}{G \cdot I_{T1}} + \frac{l_2}{G \cdot I_{T2}}}$$

$$M_{czul} = \frac{0,087266 - \frac{250 \cdot 10^3 \text{ N} \cdot \text{mm} \cdot 2000 \text{ mm}}{8,1 \cdot 10^4 \text{ N/mm}^2 \cdot 657411,6 \text{ mm}^4}}{\frac{2000 \text{ mm}}{8,1 \cdot 10^4 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot 657411,6 \text{ mm}^4} + \frac{1000 \text{ mm}}{8,1 \cdot 10^4 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot 4613,3 \text{ mm}^4}}$$

$$M_{czul} = 28698 \text{ N} \cdot \text{mm} = 28,698 \text{ N} \cdot \text{m}$$

zu 1)

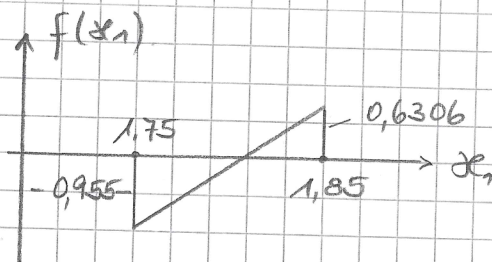
Knickbedingung

$$f(x_1) = x_1 \cdot \tan\left(\frac{1}{2} \cdot x_1\right) + x_1 \cdot \tan(x_1) - \tan(x_1) \cdot \tan\left(\frac{1}{2} \cdot x_1\right) = 0$$

$$f(1,75) = -0,9550$$

$$f(1,85) = 0,6306$$

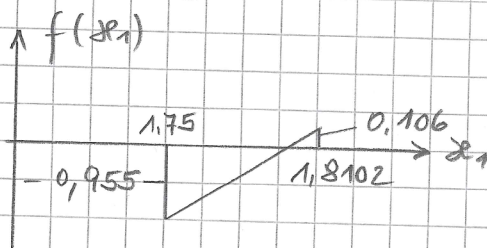
1. Iteration



$$\frac{\Delta x}{0,955} = \frac{0,1}{0,955 + 0,6306} ; \Delta x = 0,0602 ; x_{\text{neu}} = 1,8102$$

$$f(x_{\text{neu}}) = 0,106$$

2. Iteration



$$\frac{\Delta x}{0,955} = \frac{0,0602}{0,955 + 0,106} ; \Delta x = 0,0542 ; x_{\text{neu}} = 1,8042$$

$$f(x_{\text{neu}}) = 0,018$$

$$1,8042 = \sqrt{\frac{F_k}{E \cdot I_y}} \cdot l_1$$

$$1,8042^2 = \frac{4 \cdot F}{E \cdot I_y} \cdot l_1^2$$

$$I_y = \frac{4 \cdot F \cdot l_1^2}{E \cdot 1,8042^2}$$

$$I_y = \frac{4 \cdot 600 \cdot 10^3 \text{ N} \cdot (2000 \text{ mm})^2}{2,1 \cdot 10^5 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot 1,8042^2}$$

$$I_y = \frac{55}{6} \cdot a^4 = 14043734 \text{ mm}^4$$

$$a = \sqrt[4]{\frac{6 \cdot 14043734 \text{ mm}^4}{55}} = 35,18 \text{ mm}$$

gewählt: $a = 36 \text{ mm}$

$$\sigma_k = \frac{4 \cdot F}{A} = \frac{4 \cdot 600 \cdot 10^3 \text{ N}}{14 \cdot (36 \text{ mm})^2} = 132,28 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} < 188 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Elastische Rechnung o.k.