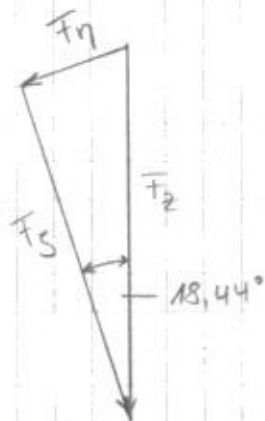


Aufgabe 1

1)



$$F_{\eta} = F_2 \cdot \sin 18,44^{\circ}$$

$$F_{\xi} = F_2 \cdot \cos 18,44^{\circ}$$

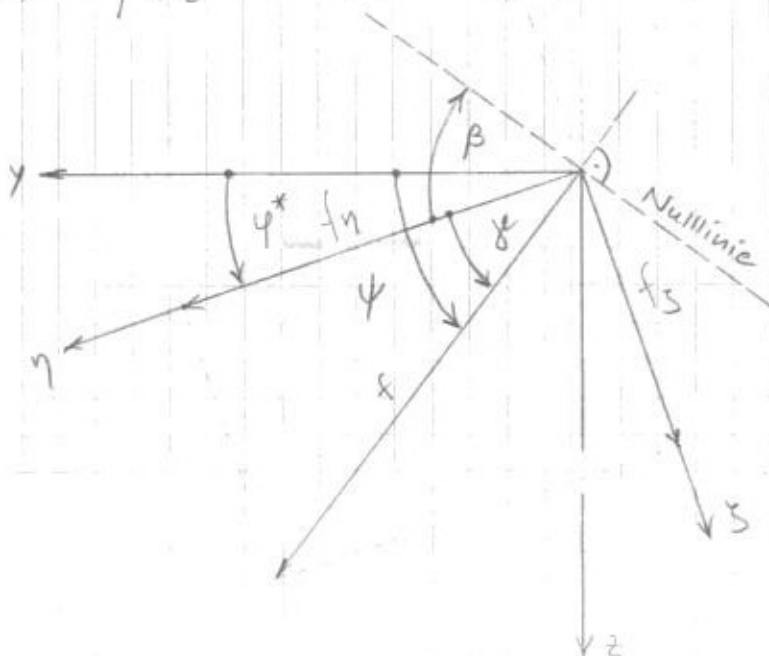
$$f_{\eta} = \frac{F_2 \cdot \sin 18,44^{\circ} \cdot (4000 \text{ mm})^3}{192 \cdot 0,7 \cdot 10^5 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot 216 \cdot 10^4 \text{ mm}^4} = 0,00069733 \frac{\text{mm}}{\text{N}} \cdot F_2$$

$$f_{\xi} = \frac{F_2 \cdot \cos 18,44^{\circ} \cdot (4000 \text{ mm})^3}{192 \cdot 0,7 \cdot 10^5 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot 936 \cdot 10^4 \text{ mm}^4} = 0,00048263 \frac{\text{mm}}{\text{N}} \cdot F_2$$

$$f = \sqrt{\left(0,00069733 \frac{\text{mm}}{\text{N}}\right)^2 + \left(0,00048263 \frac{\text{mm}}{\text{N}}\right)^2} \cdot F_2 = 10 \text{ mm}$$

$$F_{2\text{zul}} = \frac{10 \text{ mm}}{8,4806 \cdot 10^{-4} \frac{\text{mm}}{\text{N}}} = 11792 \text{ N}$$

$$2) \quad f(F_2 = 8000 \text{ N}) = 8,4806 \cdot 10^{-4} \frac{\text{mm}}{\text{N}} \cdot 8000 \text{ N} = 6,78 \text{ mm}$$



$$f_{\eta} = 0,00069733 \frac{\text{mm}}{\text{N}} \cdot 8000 \text{ N}$$

$$f_{\eta} = 5,578 \text{ mm}$$

$$f_{\xi} = 0,00048263 \frac{\text{mm}}{\text{N}} \cdot 8000 \text{ N}$$

$$f_{\xi} = 3,861 \text{ mm}$$

$$\tan \mu = \frac{f_{\xi}}{f_{\eta}} = \frac{3,861 \text{ mm}}{5,578 \text{ mm}}$$

$$\tan \mu = 0,6922 \rightarrow \mu = 34,69^{\circ}$$

$$\psi = \psi^* + \gamma = 18,44^\circ + 34,69^\circ = 53,13^\circ$$

$$3) \gamma + (-\beta) = 90^\circ$$

$$\beta = -(90^\circ - \gamma) = -(90^\circ - 34,69^\circ) = -55,31^\circ$$

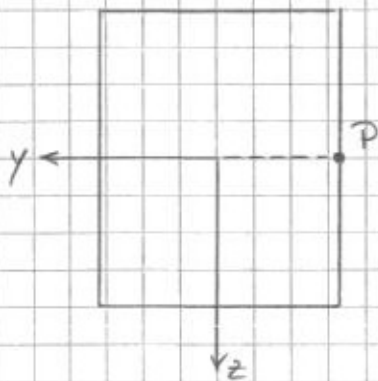
zu 1/

a) Bereich I

$$W_T = \beta \cdot h \cdot b^2; \quad \frac{h}{b} = \frac{10 \text{ cm}}{8 \text{ cm}} = 1,25; \quad \beta = 0,221$$

$$W_T = 0,221 \cdot 10 \text{ cm} \cdot (8 \text{ cm})^2 = 141,44 \text{ cm}^3 \quad (1)$$

$$\tau_{\max} = \frac{100 \text{ kN} \cdot \text{cm}}{141,44 \text{ cm}^3} = 0,707 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} = 7,07 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$



$\tau_{\max}$ tritt im Punkt P auf. (1)

b) Bereich II

$$\tau_{\max} = \frac{M_T}{2 \cdot A_{II} \cdot t_{\text{min}}}$$

$$A_{II} = 75 \text{ mm} \cdot 38 \text{ mm} + \frac{75 \text{ mm} + 35 \text{ mm}}{2} \cdot 30 \text{ mm} + 35 \text{ mm} \cdot 28 \text{ mm}$$

$$A_{II} = 5480 \text{ mm}^2 \quad (1)$$

$$\tau_{\max} = \frac{1 \cdot 10^6 \text{ N} \cdot \text{mm}}{2 \cdot 5480 \text{ mm}^2 \cdot 4 \text{ mm}} = 22,81 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad (1)$$

zu 2/

$$\varphi_1 = \frac{M_T}{G \cdot I_{T1}} \cdot l_1$$

$$I_{T1} = \alpha \cdot h \cdot b^3; \quad \frac{h}{b} = 1,25; \quad \alpha = 0,171$$

$$I_{T1} = 0,171 \cdot 10 \text{ cm} \cdot (8 \text{ cm})^3 = 875,52 \text{ cm}^4 \quad (1)$$

$$\varphi_1 = \frac{1 \cdot 10^6 \text{ N} \cdot \text{mm}}{8,1 \cdot 10^4 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot 875,52 \cdot 10^4 \text{ mm}^4} \cdot 2000 \text{ mm}$$

$$\varphi_1 = 2,820 \cdot 10^{-3} \text{ rad} \hat{=} 2,820 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{180^\circ}{\pi} = 0,16^\circ \text{ (1)}$$

$$\varphi_2 = \frac{M_T}{G \cdot I_{T2}} \cdot l_2$$

$$I_{T2} = \frac{4 \cdot A_{ul}^2}{\oint \frac{ds}{t}}$$

$$\oint \frac{ds}{t} = \frac{75 \text{ mm} + 35 \text{ mm} + 2 \cdot \sqrt{(20 \text{ mm})^2 + (30 \text{ mm})^2}}{4 \text{ mm}} + \frac{2 \cdot 28 \text{ mm} + 2 \cdot 38 \text{ mm}}{5 \text{ mm}} = 71,93 \text{ (1)}$$

$$I_{T2} = \frac{4 \cdot (5480 \text{ mm}^2)^2}{71,93} = 1669979 \text{ mm}^4 \text{ (1)}$$

$$\varphi_2 = \frac{1 \cdot 10^6 \text{ N} \cdot \text{mm}}{8,1 \cdot 10^4 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot 1669979 \text{ mm}^4} \cdot 400 \text{ mm}$$

$$\varphi_2 = 2,957 \cdot 10^{-3} \text{ rad} = 2,957 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{180^\circ}{\pi} = 0,169^\circ \text{ (1)}$$

$$\varphi_{ges} = \varphi_1 + \varphi_2 = (2,820 + 2,957) \cdot 10^{-3} = 5,777 \cdot 10^{-3}$$

$$\varphi_{ges} = 0,331^\circ \text{ (1)}$$

zu 3/ $I_{T2} = \frac{1}{3} \cdot \sum t_i^3 \cdot h_i$

$$I_{T2} = \frac{1}{3} \cdot \left[(75 \text{ mm} + 35 \text{ mm} + 2 \cdot \sqrt{(20 \text{ mm})^2 + (30 \text{ mm})^2}) \cdot (4 \text{ mm})^3 + (2 \cdot 38 \text{ mm} + 2 \cdot 28 \text{ mm}) \cdot (5 \text{ mm})^3 \right]$$

$$I_{T2} = \frac{1}{3} \cdot (11655 \text{ mm}^4 + 16500 \text{ mm}^4)$$

A2,83

$$I_{T2} = 9385 \text{ mm}^4 \quad (1)$$

$$\varphi_2 = \frac{1 \cdot 10^6 \text{ N} \cdot \text{mm} \cdot 400 \text{ mm}}{8,1 \cdot 10^4 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot 9385 \text{ mm}^4} = 0,5262 \text{ rad}$$

$$\varphi_2 = 30,14^\circ \quad (1)$$

$$\varphi_{\text{ges}} = 2,82 \cdot 10^{-3} + 0,5262 = 0,5290 \hat{=} 30,31^\circ \quad (1)$$

$$1) K_1 = \sqrt{\frac{F_k}{E \cdot I_1}}; \quad I_1 = \frac{\pi \cdot D^4}{64} = \frac{\pi \cdot (12 \cdot a)^4}{64} = \frac{\pi \cdot a^4}{16} \quad A3, 1/2$$

$$K_1 = \sqrt{\frac{16 \cdot F_k}{E \cdot \pi \cdot a^4}}$$

$$K_2 = \sqrt{\frac{F_k}{E \cdot I_2}} = \sqrt{\frac{12 \cdot F_k}{E \cdot a^4}}$$

$$\frac{K_1}{K_2} = \sqrt{\frac{16 \cdot F_k}{E \cdot \pi \cdot a^4} \cdot \frac{E \cdot a^4}{12 \cdot F_k}} = \sqrt{\frac{4}{3\pi}} = 0,6515$$

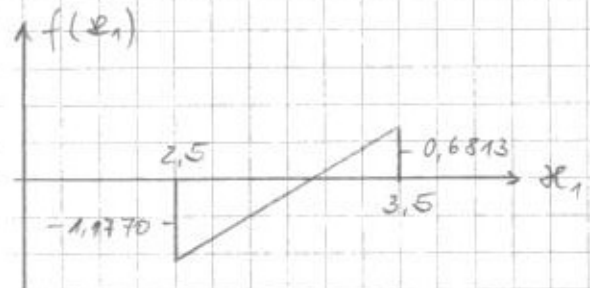
$$\frac{\varphi_1}{\varphi_2} = \frac{K_1 \cdot l_1}{K_2 \cdot l_2} = \frac{K_1}{K_2} \cdot \frac{l_1}{l_2} = \sqrt{\frac{4}{3\pi}} \cdot \frac{3m}{2m} = 0,9772$$

$$\varphi_2 = \frac{1}{0,9772} \cdot \varphi_1 = 1,0233 \cdot \varphi_1$$

Knickbedingung: $\tan \varphi_1 + 0,6515 \cdot \tan (1,0233 \cdot \varphi_1) = 0$

$$f(2,5) = -1,1770$$

$$f(3,5) = 0,6813$$



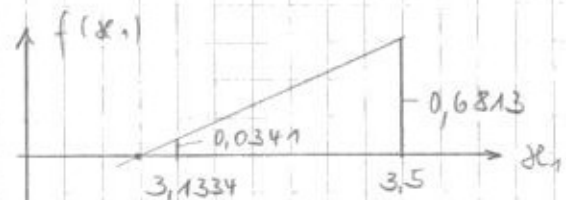
$$\Delta x_1 = \frac{1}{(1,1770 + 0,6813)} \cdot 1,1770$$

$$\Delta x_1 = 0,6334$$

$$x_{1\text{neu}} = 2,5 + 0,6334$$

$$x_{1\text{neu}} = 3,1334$$

$$f(3,1334) = 0,0341$$



$$\Delta x_1 = \frac{3,5 - 3,1334}{0,6813 - 0,0341} \cdot 0,6813$$

$$x_{1\text{neu}} = 3,5 - 0,3859$$

$$x_{1\text{neu}} = 3,114$$

$$\Delta x_1 = 0,3859$$

$$f(3,114) = 1,7 \cdot 10^{-3} \sim 0$$

$$x_1 = k_1 \cdot l_1 = \sqrt{\frac{16 \cdot F_k}{E \cdot \pi \cdot a^4}} \cdot l_1 = 3,114$$

$$\frac{16 \cdot v \cdot F}{E \cdot \pi \cdot a^4} \cdot l_1^2 = 3,114^2$$

$$a^4 = \frac{16 \cdot v \cdot F \cdot l_1^2}{E \cdot \pi \cdot 3,114^2}$$

$$a = \sqrt[4]{\frac{16 \cdot 4,5 \cdot 150000 \text{ N} \cdot (3000 \text{ mm})^2}{2,1 \cdot 10^5 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot \pi \cdot 3,114^2}}$$

$$a = 62,43 \text{ mm}$$

gewählt: $a = 65 \text{ mm}$

$$2) \quad \sigma_k = \frac{F_k}{A_{\min}} = \frac{v \cdot F}{A_{\min}} = \frac{4,5 \cdot 150000 \text{ N}}{(65 \text{ mm})^2} = 159,76 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} < 188 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$