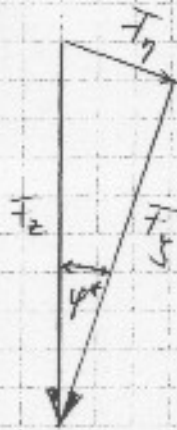


zu 1)

A1/1,2



$$F_y = F_z \cdot \sin \varphi^* = 0,3374 \cdot F_z$$

$$F_x = F_z \cdot \cos \varphi^* = 0,9414 \cdot F_z$$

$$f_y = \frac{3 \cdot 0,3374 \cdot F_z \cdot (4000 \text{ mm})^3}{200 \cdot 0,7 \cdot 10^5 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot 153,80 \cdot 10^4 \text{ mm}^4}$$

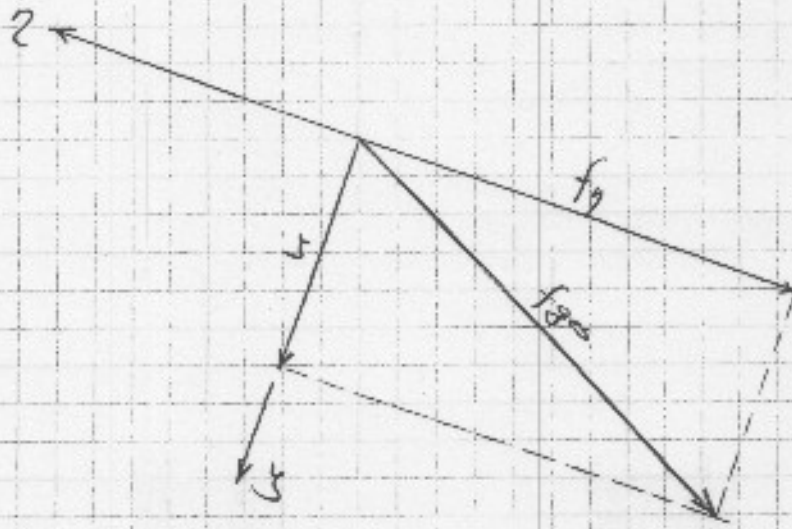
$$f_y = 3,009 \cdot 10^{-3} \frac{\text{mm}}{\text{N}} \cdot F_z$$

$$f_x = \frac{3 \cdot 0,9414 \cdot F_z \cdot (4000 \text{ mm})^3}{200 \cdot 0,7 \cdot 10^5 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot 805,45 \cdot 10^4 \text{ mm}^4} = 1,603 \cdot 10^{-3} \frac{\text{mm}}{\text{N}} \cdot F_z$$

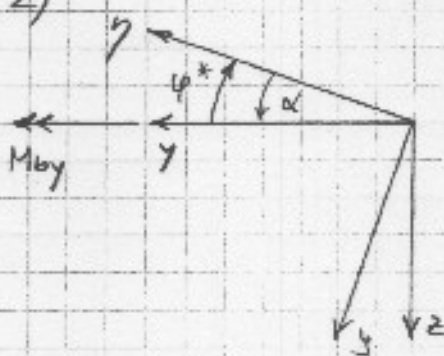
$$f_{\text{ges}} = \sqrt{\left(3,009 \cdot 10^{-3} \frac{\text{mm}}{\text{N}}\right)^2 + \left(1,603 \cdot 10^{-3} \frac{\text{mm}}{\text{N}}\right)^2} \cdot F_z$$

$$f_{\text{ges}} = 3,409 \cdot 10^{-3} \frac{\text{mm}}{\text{N}} \cdot F_z = 9 \text{ mm}$$

$$F_z = 2640 \text{ N}$$



zu 2)

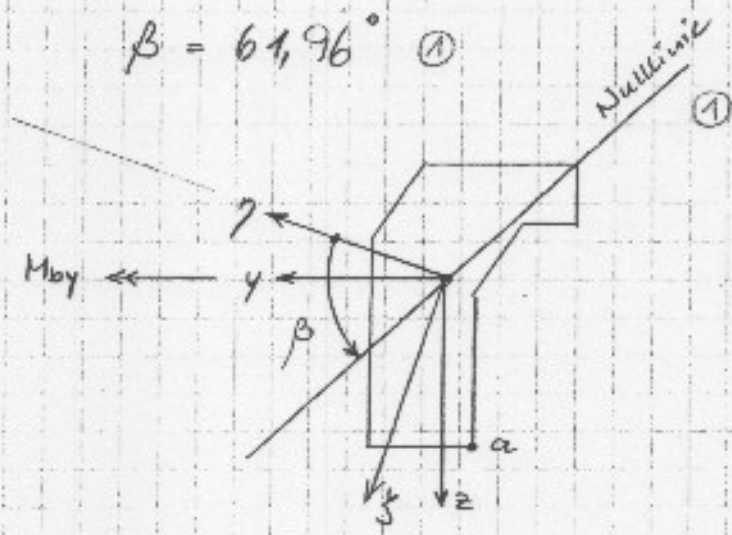


$$\alpha = -\varphi^* = 19,72^\circ$$

$$\tan \beta = \frac{I_1}{I_2} \cdot \tan \alpha$$

$$\tan \beta = \frac{805,45 \text{ cm}^4}{153,80 \text{ cm}^4} \cdot \tan(19,72^\circ) = 1,8772$$

$$\beta = 61,96^\circ \quad (1)$$



$$\text{zu 3)} \quad M_{by} = M_{by} \cdot \cos \alpha = 2500 \text{ N} \cdot 0,812 \text{ m} \cdot \cos(19,72^\circ) = 1910,95 \text{ N} \cdot \text{m} \quad (1)$$

$$M_{bz} = M_{by} \cdot \sin \alpha = 2500 \text{ N} \cdot 0,812 \text{ m} \cdot \sin(19,72^\circ) = 684,97 \text{ N} \cdot \text{m}$$

$$\text{Punkt } a: \quad y_a = -1 \text{ cm}; \quad z_a = 6,75 \text{ cm}$$

$$y_A = 6,75 \text{ cm} \cdot \sin(-19,72^\circ) - 1 \text{ cm} \cdot \cos(-19,72^\circ) = -3,22 \text{ cm} \quad (1)$$

$$z_A = 6,75 \text{ cm} \cdot \cos(-19,72^\circ) + 1 \text{ cm} \cdot \sin(-19,72^\circ) = 6,02 \text{ cm}$$

Biegespannung:

$$\sigma_b^A = \frac{1910,95 \cdot 100 \text{ N} \cdot \text{cm}}{805,45 \text{ cm}^4} \cdot 6,02 \text{ cm}$$

$$- \frac{684,97 \cdot 100 \text{ N} \cdot \text{cm}}{153,80 \text{ cm}^4} \cdot (-3,22 \text{ cm})$$

$$\sigma_b^A = 2862 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2} = 28,62 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad (1)$$

A2/1/1

1) Statische Flächenmomente

$$S_{y1} = S_{y2} = 3 \text{ cm} \cdot 0,4 \text{ cm} \cdot 6,32 \text{ cm} = 7,584 \text{ cm}^3$$

$$S_{y3} = 2 \cdot 7,584 \text{ cm}^3 = 15,168 \text{ cm}^3$$

$$S_{y4} = 15,168 \text{ cm}^3 + 11,8 \text{ cm} \cdot 0,5 \text{ cm} \cdot 0,22 \text{ cm} = 16,466 \text{ cm}^3$$

$$S_{y5} = S_{y4} = 16,466 \text{ cm}^3$$

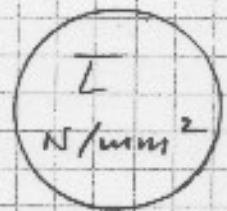
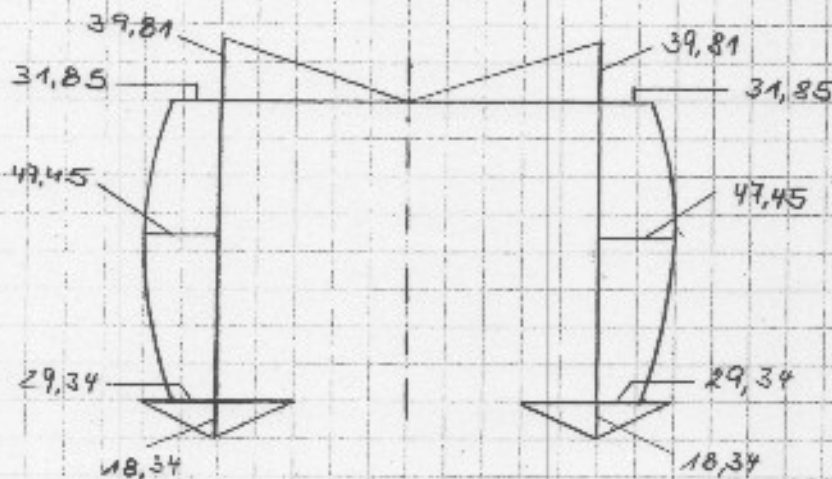
$$S_{y6} = 16,466 \text{ cm}^3 + 7,25 \text{ cm} \cdot 0,4 \text{ cm} \cdot (-5,68 \text{ cm}) = -0,006 \text{ cm}^3 \sim 0$$

Schubspannungen

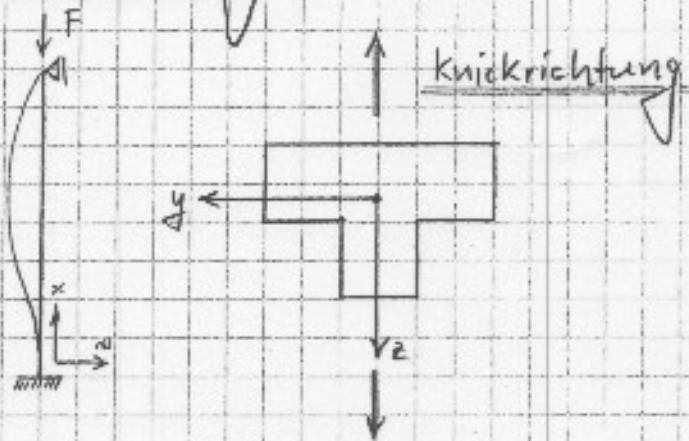
Schnitt	S_y cm^3	t cm	$\bar{I}$ KN/cm^2	$\bar{I}$ N/mm^2
1	7,584	0,4	1,834	18,34
2	7,584	0,4	1,834	18,34
3	15,168	0,5	2,934	29,34
4	16,466	0,5	3,185	31,85
5	16,466	0,4	3,981	39,81
6	0	0,4	0	0

$$2) \quad S_{y\max} = 15,168 \text{ cm}^3 + 6,12 \text{ cm} \cdot 0,5 \text{ cm} \cdot \frac{6,12 \text{ cm}}{2} = 24,532 \text{ cm}^3$$

$$\bar{I}_{\max} = \frac{50 \text{ KN} \cdot 24,532 \text{ cm}^3}{517 \text{ cm}^4 \cdot 0,5 \text{ cm}} = 4,745 \frac{\text{KN}}{\text{cm}^2} = 47,45 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad (\text{für } z = 0)$$



A.3/1/2

zu 1) Knickrichtung

zu 2) $S_k = 0,7 \cdot l = 0,7 \cdot 3000 \text{ mm} = 2100 \text{ mm}$

$$\overline{F_k} = \frac{E \cdot I_y \cdot \pi^2}{S_k^2} = \frac{2,1 \cdot 10^5 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot \frac{13}{12} \cdot a^4 \cdot \pi^2}{(2100 \text{ mm})^2} = 0,509 \frac{\text{N}}{\text{mm}^4} \cdot a^4$$

$$F_k = 5 \cdot F = 5 \cdot 300000 \text{ N} = 0,509 \frac{\text{N}}{\text{mm}^4} \cdot a^4$$

$$a = \sqrt[4]{\frac{5 \cdot 300000 \text{ N}}{0,509 \frac{\text{N}}{\text{mm}^4}}} = 41,43 \text{ mm}$$

Überprüfen der Schlankheit

$$i_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}} = \sqrt{\frac{\frac{13}{12} \cdot a^4}{4 \cdot a^2}} = a \cdot \sqrt{\frac{13}{48}} = 21,56 \text{ mm}$$

$$\lambda = \frac{S_k}{i_y} = \frac{2100 \text{ mm}}{21,56 \text{ mm}} = 97,4 < 105 = \lambda_{\text{grenz}}$$

(inelastische Knickung)

Knickung nach Tetmajer

$$\frac{\sigma_k}{\sigma} = 5$$

$$\sigma_k = 5 \cdot \sigma = 5 \cdot \frac{F}{A} = 310 - 1,14 \cdot \lambda$$

$$\frac{5 \cdot 300000 \text{ N}}{4 \cdot a^2} = 310 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} - 1,14 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot \frac{2100 \text{ mm}}{\sqrt{\frac{13}{48}} \cdot a}$$

$$310 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} - 1,14 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot \frac{4035,23 \text{ mm}}{a} = \frac{375000 \text{ N}}{a^2}$$

$$310 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot a^2 - 4600,16 \frac{\text{N}}{\text{mm}} \cdot a - 375000 \text{ N} = 0$$

$$a^2 - 14,839 \text{ mm} \cdot a - 1209,68 \text{ mm}^2 = 0$$

$$a_1 = 7,42 \text{ mm} + \sqrt{(7,42 \text{ mm})^2 + 1209,68 \text{ mm}^2}$$

$$a_1 = 42,98 \text{ mm}$$

$$a_2 < 0 \text{ (uninteressant)}$$

$$\checkmark \text{ gewählt: } a = 43 \text{ mm}$$