

Federn

Aufgabe 1:

a) zulässiger Federweg für $n=5$

$$\underline{s_{5zul}} = n \cdot s_{zul} = 5 \cdot 1,65 \text{ mm} = \underline{8,25}$$

• maximaler Vorspannkraft

$$F_0 = 30000 \text{ N}$$

$$\underline{c_{5zul}} = \frac{F_{zul}}{n \cdot s_{zul}} = \frac{48000 \text{ N}}{5 \cdot 1,65} = \underline{5818,18 \frac{\text{N}}{\text{mm}}}$$

$$s_{GF} = \frac{30000 \text{ N}}{5818,18 \frac{\text{N}}{\text{mm}}} = 5,156 \text{ mm}$$

+ 4 mm bei Auslösen der Kugel

$$s_G = s_{GF} + s_k = 5,156 + 4 = \underline{9,156 \text{ mm}}$$

$$s_G < s_{5zul}$$

• weiterrechnen mit $n=7$

$$b) \underline{L_{T0}} = n \cdot l_0 = 7 \cdot 8,5 \text{ mm} = \underline{59,5 \text{ mm}}$$

$$c) s_{Tu} \text{ mit } F_u = 5000 \text{ N} \quad \underline{s_{Tu}} = \frac{5000 \text{ N}}{4155,84 \frac{\text{N}}{\text{mm}}} = \underline{1,20 \text{ mm}}$$

$$s_{7zul} = \frac{48000 \text{ N}}{(7 \cdot 1,65) \text{ mm}} = 4155,84 \frac{\text{N}}{\text{mm}}$$

$$d) \underline{s_{T0}} = \frac{30000 \text{ N}}{4155,84 \frac{\text{N}}{\text{mm}}} = \underline{7,218 \text{ mm}}$$

$$e) s_{7zul} = 7 \cdot 1,65 \text{ mm} = 11,55$$

$$\underline{A_{T0}} = \frac{7,218 \text{ mm}}{11,55 \text{ mm}} = \underline{0,625}$$

$$f) \underline{A_{T*}} = \frac{7,218 \text{ mm} + 4 \text{ mm}}{11,55 \text{ mm}} = \underline{0,971}$$

$$g) \quad \underline{\underline{C_s}} = \frac{G \cdot d^4}{8 \cdot I_f \cdot D_n^3} = \frac{83000 \text{ N} \cdot 28^4 \text{ mm}^4}{8 \cdot \text{mm}^2 \cdot 3 \cdot 100^3 \text{ mm}^3} = \underline{\underline{2125,68 \frac{\text{N}}{\text{mm}}}}$$

$$h) \quad S_{su} \text{ mit } 5000 \text{ N} = F_u$$

$$\underline{\underline{S_{su}}} = \frac{8 \cdot I_f \cdot D_n^3 \cdot F_u}{G \cdot d^4} = \frac{8 \cdot 3 \cdot 100^3 \text{ mm}^3 \cdot 5000 \text{ N}}{83000 \text{ N} \cdot 28^4 \text{ mm}^4} = \underline{\underline{2,35 \text{ mm}}}$$

$$i) \quad \underline{\underline{S_{so}}} = \frac{8 \cdot I_f \cdot D_n^3 \cdot F_o}{G \cdot d^4} = \underline{\underline{14,11 \text{ mm}}}$$

$$j) \quad \underline{\underline{A_{so}}} = \frac{S_{so}}{f_{zul}} = \frac{14,11 \text{ mm}}{28,388 \text{ mm}} = \underline{\underline{0,497}}$$

$$\underline{\underline{F_{zul}}} = \frac{\hat{I} \cdot d^3 \cdot \pi}{D_n \cdot 8} = \underline{\underline{60343,71 \text{ N}}}$$

$$\underline{\underline{f_{zul}}} = \frac{F_{zul}}{C_s} = \underline{\underline{28,388 \text{ mm}}}$$

Vorspannkraft $\rightarrow$ statische Aufbringung der Kraft $[w = \frac{100 \text{ mm}}{28 \text{ mm}} = \frac{25}{7}]$

$$\underline{\underline{K}} = 1 + \frac{5}{4 \cdot \frac{25}{7}} + \frac{7}{(8 \cdot \frac{25}{7})^2} + \frac{1}{(\frac{25}{7})^3} = \underline{\underline{1,440552}}$$

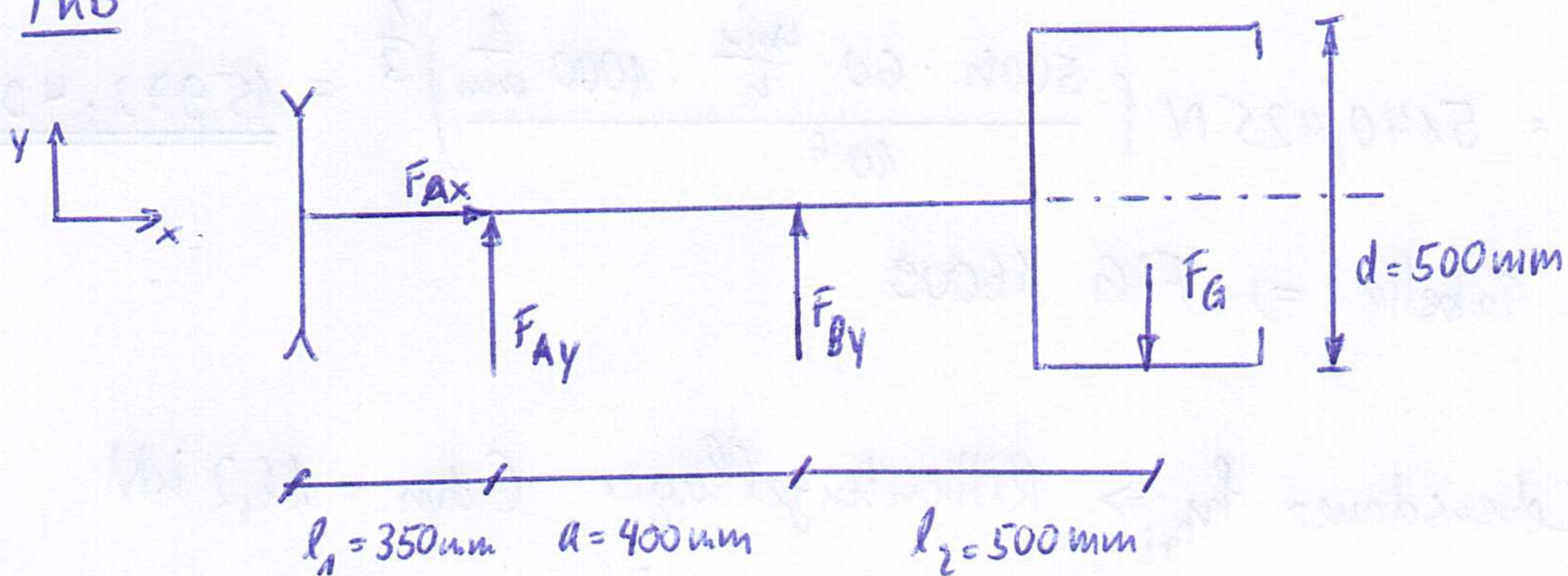
$$\underline{\underline{A_{so} \cdot k}} = \underline{\underline{0,716}}$$

$$\underline{\underline{A_{s*}}} = \frac{14,11 \text{ mm} + 4 \text{ mm}}{28,388 \text{ mm}} = \underline{\underline{0,638}}$$

$$\underline{\underline{A_{s*} \cdot k}} = \underline{\underline{0,919}}$$

Wälzlager - 2. Aufgabe

FkB



$$m = 1,5 \text{ kg}$$

$$n = 1000 \text{ min}^{-1}$$

$$\omega = 2\pi n$$

$$F_G = F_Z$$

$$L_h = 500h$$

$$F_Z = m \cdot \frac{d}{2} \cdot \omega^2$$

$$= 1,5 \text{ kg} \cdot \frac{0,5 \text{ m}}{2} \cdot \left(2\pi \cdot 1000 \text{ min}^{-1} \cdot \frac{1}{60} \text{ min} \cdot \text{s}^{-1} \right)^2$$

$$= \underline{\underline{4112,34 \text{ N}}} = F_G$$

GGB

$$\rightarrow: 0 = F_{Ax} \Rightarrow F_{Ax} = 0$$

$$\uparrow: 0 = F_{Ay} + F_{By} - F_G \quad (1)$$

$$\overset{\curvearrowright}{M}_A: 0 = -F_{By} \cdot 0,4 \text{ m} + F_G \cdot 0,9 \text{ m}$$

$$\Rightarrow F_{By} = \frac{F_G \cdot 0,9 \text{ m}}{0,4 \text{ m}} = \underline{\underline{9252,765 \text{ N}}}$$

$$\text{aus (1)} \quad F_{Ay} = F_G - F_{By} \Rightarrow F_{Ay} = 4112,34 \text{ N} - 9252,765 \text{ N} = \underline{\underline{-5140,425 \text{ N}}}$$

Dynamische Tragzahl C für Lager B:

$$C_{B \text{ dyn, erf}} = P \left(\frac{L_h \cdot 60 \frac{\text{min}}{\text{h}} \cdot n}{10^6} \right)^{\frac{1}{P}}$$

$$F_{By} = F_{R_B} = P$$

$$C_{B \text{ dyn, erf}} = 9252,765 \text{ N} \left(\frac{500h \cdot 60 \frac{\text{min}}{\text{h}} \cdot 1000 \frac{1}{\text{min}}}{10^6} \right)^{\frac{1}{3}} = \underline{\underline{28750,49 \text{ N}}}$$

Auswahl aus Tabelle $\Rightarrow$ FAG 6209

Dynamische Tragzahl C für Lager A:

$$\bar{F}_{Ay} = \bar{F}_{RA} = P$$

$$C_{A \text{ dyn, erf}} = 5140,425 \text{ N} \left(\frac{500 \text{ h} \cdot 60 \frac{\text{min}}{\text{h}} \cdot 1000 \frac{1}{\text{min}}}{10^6} \right)^{\frac{1}{3}} = \underline{\underline{15972,49 \text{ N}}}$$

Auswahl aus Tabelle $\Rightarrow$ FAG 16003

b, nominelle Lebensdauer $L_{h_{ri}} \Rightarrow$ Rillenkugellager $C_{\text{dyn}} = 16,2 \text{ kN}$

$$L_{10} = \left(\frac{C}{P} \right)^3 \Rightarrow L_{10} = \left(\frac{16200 \text{ N}}{5140,425 \text{ N}} \right)^3 = 31,3$$

$$x = L_{10} \cdot 10^6 = 31300261,25$$

$$L_{h_{ri}} = \frac{31300261,25}{60 \frac{\text{min}}{\text{h}} \cdot 1000 \frac{1}{\text{min}}} = 521,67 \text{ h}$$

nominelle Lebensdauer $L_{h_{ro}} \Rightarrow$ Rollen-kugellager $C_{\text{dyn}} = 21 \text{ kN}$

$$L_{10} = \left(\frac{C}{P} \right)^{\frac{10}{3}} \Rightarrow L_{10} = \left(\frac{21000 \text{ N}}{5140,425 \text{ N}} \right)^{\frac{10}{3}} = 108,99$$

$$x = L_{10} \cdot 10^6 = 108993573,6$$

$$L_{h_{ro}} = \frac{108993573,6}{60 \frac{\text{min}}{\text{h}} \cdot 1000 \frac{1}{\text{min}}} = 1816,56 \text{ h}$$

$$L_{h_{ro}} - L_{h_{ri}} = 1294,89 \text{ h (Anstieg)}$$

$$x = \frac{(L_{h_{ro}} - L_{h_{ri}}) \cdot 100}{L_{h_{ri}}}$$

$$x = \frac{1294,89 \text{ h} \cdot 100}{521,67 \text{ h}} = \underline{\underline{248,22 \%}}$$

	Punktlast	Umfangslast
c, Lagerinnenring	x	
Lageraußenring		x

d, Fall A

Gleitlager

3. Aufgabe

• hydrostatisches Radiallager

$$p_i = 4,5 \cdot 10^5 \text{ Pa} = 450000 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} = 0,45 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$a) \quad p_i \cdot A = F_R \quad \text{mit } A = b_m \cdot 2 \cdot r \cdot \sin \frac{\varphi}{2}$$

$$F_R = 0,45 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot 150 \text{ mm} \cdot 2 \cdot 60 \text{ mm} \cdot \sin \left(\frac{150^\circ}{2} \right)$$

$$\underline{\underline{F_R = 7824 \text{ N}}}$$

$$b) \quad p_{\text{vorh.}} = \frac{F_R}{A_{\text{st}}}$$

$$\text{mit } A_{\text{st}} = 2 \cdot 150 \text{ mm} \cdot 4 \text{ mm} \cdot \cos \frac{150^\circ}{2} + 2 \cdot 2 \cdot 60 \text{ mm} \cdot \sin \frac{150^\circ}{2} \cdot 4 \text{ mm}$$

$$\underline{\underline{A_{\text{st}} = 1237,87 \text{ mm}^2}}$$

$$\underline{\underline{p_{\text{vorh.}} = \frac{7824 \text{ N}}{1237,87 \text{ mm}^2} = 6,3205 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}}$$

$$p_{\text{vorh.}} > p_i$$

$$c) \quad h = R_{\text{Welle}} + R_{\text{Steg}} = 12 \mu\text{m} + 6 \mu\text{m} = 18 \mu\text{m} = 0,018 \text{ mm}$$

$$P_p = \frac{(4,5 \cdot 10^{-1})^2 \cdot (150 + 60 \cdot \frac{150}{180} \pi) \cdot 0,018^3}{0,8 \cdot 6 \cdot (5 \cdot 10^{-9}) \cdot 4} \frac{\text{N mm}}{\text{s}}$$

$$\underline{\underline{P_p = 3777,65 \frac{\text{N mm}}{\text{s}} = 3,778 \text{ W}}}$$

$$d) \quad \text{für } \eta_p = 0,8 \rightarrow 1,34 \sqrt{\frac{\eta \cdot u_1 \cdot s}{p_i}} = h_{\text{opt}}$$

$$h_{\text{opt}} = 1,34 \sqrt{\frac{5 \cdot 10^{-3} \frac{\text{Ns}}{\text{m}^2} \cdot (2\pi \cdot 0,06 \text{ m} \cdot 20 \frac{1}{\text{s}}) \cdot 0,004 \text{ m}^2 \text{ m}^2}{450000 \text{ N}}}$$

$$\underline{\underline{h_{\text{opt}} = 0,0245 \text{ mm}}}$$

$$P_{R_{\text{opt}}} = \eta \cdot \frac{u_1^2}{h_{\text{opt}}} \cdot s \cdot 2(b_m + r \varphi)$$

$$= \frac{5 \cdot 10^{-3} \frac{\text{Ns}}{\text{m}^2} \cdot (2\pi \cdot 0,06 \text{ m} \cdot 20 \frac{1}{\text{s}})^2 \cdot 0,004 \text{ m}^2 (0,15 \text{ m} + 0,06 \text{ m} \cdot \frac{150}{180} \pi)}{0,0245 \cdot 10^{-3} \text{ m}}$$

$$\underline{P_{\text{opt}} = 28,50 \text{ W}}$$

$$e) \quad \dot{V} = \frac{1}{6\eta} \cdot \frac{P_i}{s} h^3 (b_m + r \cdot \varphi)$$

$$\dot{V} = \frac{1 \cdot 10^6 \text{ mm}^2 \cdot 0,45 \text{ N} \cdot (10,0245 \text{ mm})^3 (150 \text{ mm} + 60 \text{ mm} \cdot \frac{150}{180} \pi)}{6(5 \cdot 10^{-3}) \text{ Ns/mm}^2 \cdot 4 \text{ mm}}$$

$$\dot{V} = 16934,818 \frac{\text{mm}^3}{\text{s}}$$

$$\underline{\underline{\dot{V} = 1,016 \frac{\text{l}}{\text{min}}}}$$

$$f) \quad \Sigma P_v = n(P_e + P_p) = 1(28,5 \text{ W} + P_{\text{opt}})$$

$$P_{\text{opt}} = 3,778 \text{ W}$$

$$\underline{P_{\text{opt}}} = \frac{3,778}{h^3} \cdot h_{\text{opt}}^3 = \underline{9,528 \text{ W}}$$

$$\underline{P_v = 38,03 \text{ W}}$$

g) siehe Blatt

h) hydrostatisches 2-Taschenlager

$$F_1 = 1,78 \cdot F_R$$

$$h_1 = h_{\text{opt}} \sqrt[3]{\frac{F_R}{1,78 F_R}}$$

$$F_1 = 13926,72 \text{ N}$$

$$h_1 = 0,0202 \text{ mm}$$

$$e = \frac{s}{2} - h_1 \Rightarrow e = \frac{\frac{h_{\text{opt}}}{r} \cdot d}{2} - h_1$$

$$\underline{e} = \frac{\frac{0,0245 \text{ mm}}{60 \text{ mm}} \cdot 120 \text{ mm}}{2} - 0,0202 \text{ mm} = \underline{4,3 \times 10^{-3} \text{ mm}}$$

Welle - Nabe - Verbindung

4. Aufgabe

Tangentiale Kraft $F = 250 \text{ N}$ pro Speiche

Lochkreisdurchmesser $d_s = 1350 \text{ mm}$

$$a) F_u = \frac{2 \cdot M_t}{d_s} \Rightarrow M_t = \frac{F_u \cdot d_s}{2} = \frac{6 \cdot 250 \text{ N} \cdot 1350 \text{ mm}}{2} = 1012500 \text{ Nmm}$$

$$\underline{M_t = 1012,5 \text{ Nm}}$$

$$b) \underline{S_R} = \frac{M_R}{M_t} \Rightarrow M_R = M_t \cdot S_R = 1012,5 \text{ Nm} \cdot 2 = \underline{2025 \text{ Nm}}$$

c, biegeweiße Nabe $p_m = p_{\max}$

$$p_m = \frac{M_R}{\mu \cdot 2\pi \cdot r^2 \cdot l} = \frac{2025000 \text{ Nmm}}{0,2 \cdot 2\pi \cdot 127^2 \text{ mm}^2 \cdot 195 \text{ mm}}$$

$$\underline{p_m = p_{\max} = 0,512 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}$$

$$d) \text{ Kesselformel } \sigma_t = \frac{p_{\max} \cdot r}{S_B}$$
$$\sigma_t = \frac{0,512 \text{ N} \cdot 127 \text{ mm}}{\text{mm}^2 \cdot 2 \text{ mm}} = 32,512 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$F_{sp} = \sigma_t \cdot A = \sigma_t \cdot 2 \cdot S_B \cdot b$$

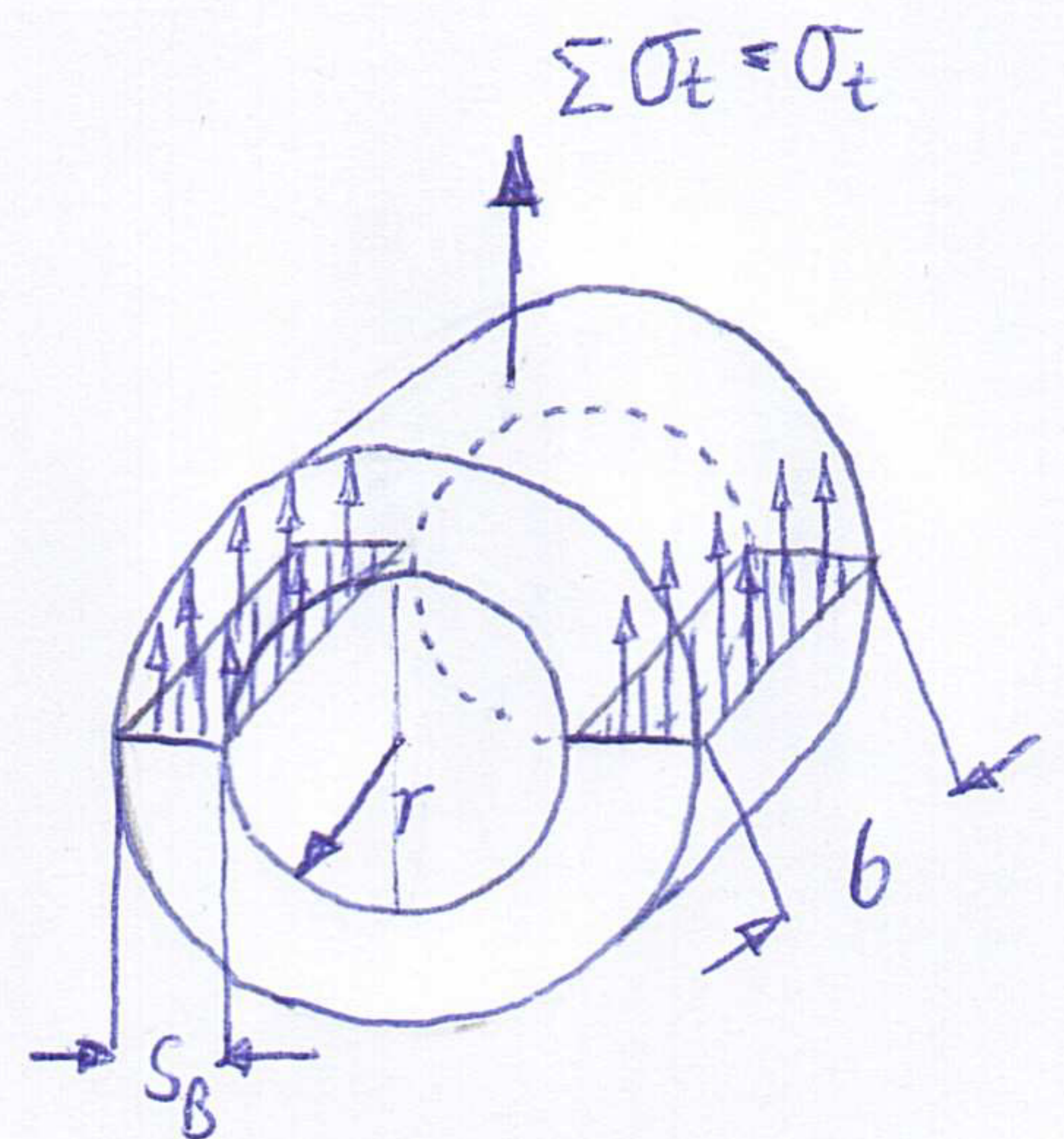
$$\underline{F_{sp}} = \frac{0,512 \text{ N} \cdot 127 \text{ mm}}{\text{mm}^2 \cdot 2 \text{ mm}} \cdot 2 \cdot 2 \text{ mm} \cdot 195 \text{ mm} = \underline{25359,36 \text{ N}}$$

$$e, \sigma = \varepsilon E \quad \text{mit } \varepsilon = \frac{\Delta l}{l}$$

$$l = \pi \cdot d \text{ (Umfang Bandage)}$$

$$\Rightarrow \Delta l = \frac{\sigma \cdot l}{E}$$

$$\Rightarrow \underline{\Delta l} = \frac{32,512 \text{ N} \cdot \pi \cdot 245 \text{ mm mm}^2}{\text{mm}^2 \cdot 210000 \text{ N}} = \underline{0,1235 \text{ mm}}$$



$$f) \quad \sigma_{rII} = 0$$

$$\sigma_{rIA} = -p = -0,512 \frac{N}{mm^2}$$

$$\sigma_{tII} = p \cdot \frac{-2}{1-Q_I^2} = -1,212 \frac{N}{mm^2}$$

$$\sigma_{tIA} = -p \cdot \frac{1+Q_I^2}{1-Q_I^2} = -0,7 \frac{N}{mm^2}$$

