

a) Nach Gl. (2-74) mit  $K_{Sch} = 5 \dots 6,5$ :

$$z_{La} = K_{Sch} \cdot \frac{D_2 + D_1}{D_2 - D_1} \cdot \sin \frac{\beta_2 + \beta_1}{2}$$

$$z_{La} = (5 \dots 6,5) \cdot \frac{240 + 110}{240 - 110} \cdot \sin \frac{32^\circ + 20^\circ}{2} = 5,9 \dots 7,7$$

$$z_{La} = 6 \dots 8$$

Vorhandene Laufschaufelzahl also günstig!

$$b) u_1 = D_1 \cdot \pi \cdot n = 0,11 \cdot \pi \cdot 24 \text{ [m/s]} = 8,29 \text{ m/s}$$

$$\beta_1 = 20^\circ; \alpha_1 = 90^\circ \rightarrow c_{1m} = c_1 \text{ (Bild 16-10)}$$

$$c_1 = u_1 \cdot \tan \beta_1 = 8,29 \cdot \tan 20^\circ \text{ [m/s]} = 3,02 \text{ m/s}$$

$$w_1 = u_1 / \cos \beta_1 = 8,29 / \cos 20^\circ \text{ [m/s]} = 8,82 \text{ m/s}$$

c) Aus Durchflußgleichung

$$\dot{V}_{La} = c_{1m} \cdot A_{1m} = c_{1m} \cdot D_1 \cdot \pi \cdot b_1 \cdot 1 / z_1 \quad \text{Wobei mit}$$

$$\text{Gl. (2-60)} \quad z_1 = t_1 / (t_1 - \sigma_1') \quad \text{mit}$$

$$\text{Gl. (2-61)} \quad t_1 = D_1 \cdot \pi / z_{La} = 110 \cdot \pi / 7 \text{ [mm]} = 49,37 \text{ mm}$$

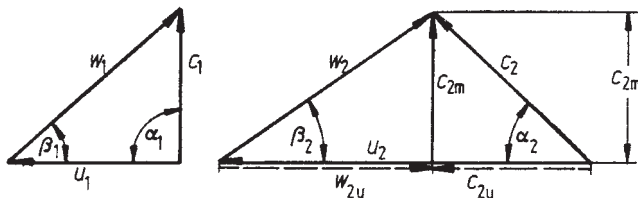


Bild 1. Lösungsskizze zu Ü 21.

Geschwindigkeitsdreiecke an Saug- und Druckkante.

$$\text{Gl. (2-65)} \quad \sigma_1' = s_1 / \sin \beta_1 = 3 / \sin 20^\circ \text{ [mm]} = 8,77 \text{ mm}$$

$$z_1 = 49,37 / (49,37 - 8,77) = 1,22$$

$$\dot{V}_{La} = 3,02 \cdot 0,11 \cdot \pi \cdot 0,025 \cdot 1 / 1,22 \text{ [m}^3/\text{s} \cdot \text{m}^2\text{]}$$

$$\dot{V}_{La} = 0,0214 \text{ m}^3/\text{s} = 77 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$\dot{V} = \lambda_L \cdot \dot{V}_{La} \quad \text{Mit geschätzt } \lambda_L = 0,95 \text{ wird}$$

$$\dot{V} = 0,95 \cdot 0,0214 \text{ [m}^3/\text{s]} = 0,0203 \text{ m}^3/\text{s} = 73 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$d) \text{ Gl. (2-55)} \quad k_N = 1 - (D_N / D_{SM})^2 = 1 - (40 / 105)^2$$

$$k_N = 0,855 = 0,86$$

e) Aus Gl. (2-59):

$$c_{SM} = \frac{\dot{V}_{La}}{A_{SM}} = \frac{\dot{V}_{La}}{k_N \cdot D_{SM}^2 \cdot \pi / 4} = \frac{0,0214}{0,86 \cdot 0,105^2 \cdot \pi / 4} \left[ \frac{\text{m}^3/\text{s}}{\text{m}^2} \right]$$

$$c_{SM} = 2,91 \text{ m/s}$$

$$f) u_2 = D_2 \cdot \pi \cdot n = 0,24 \cdot \pi \cdot 24 \text{ [m/s]} = 18,10 \text{ m/s}$$

$$\beta_2 = 32^\circ \quad \text{laut Aufgabenstellung}$$

$$c_{2m} = \frac{\dot{V}_{La}}{D_2 \cdot \pi \cdot b_2 \cdot 1 / z_2} \quad (\text{Gl. 2-86 und 2-87}). \quad \text{Mit}$$

$$z_2 = t_2 / (t_2 - \sigma_2') \quad \text{nach Gl. (2-61)} \quad \text{wobei}$$

$$\text{Gl. (2-62)} \quad t_2 = D_2 \cdot \pi / z_{La} = 240 \cdot \pi / 7 \text{ [mm]} = 107,71 \text{ mm}$$

$$\text{Gl. (2-64)} \quad \sigma_2' = s_2 / \sin \beta_2 = 3 / \sin 32^\circ \text{ [mm]} = 5,66 \text{ mm}$$

$$z_2 = 107,71 / (107,71 - 5,66) = 1,06$$

$$c_{2m} = \frac{0,0214}{0,24 \cdot \pi \cdot 0,015 \cdot 1 / 1,06} \left[ \frac{\text{m}^3/\text{s}}{\text{m}^2} \right] = 2,01 \text{ m/s}$$

Nach Ge-Δ, Bild 1:

$$w_{2u} = c_{2m} / \tan \beta_2 = 2,01 / \tan 32^\circ \text{ [m/s]} = 3,22 \text{ m/s}$$

$$c_{2u} = u_2 - w_{2u} = 18,10 - 3,22 \text{ [m/s]} = 14,88 \text{ m/s}$$

$$c_2 = \sqrt{c_{2m}^2 + c_{2u}^2} = \sqrt{2,01^2 + 14,88^2} \text{ [m/s]} = 15,02 \text{ m/s}$$

$$\tan \alpha_2 = c_{2m} / c_{2u} = 2,01 / 14,88 = 0,1351 \rightarrow \alpha_2 = 7,7^\circ$$

$$w_2 = w_{2u} / \cos \beta_2 = 3,22 / \cos 32^\circ = 3,8 \text{ m/s}$$

g) Bei Drallfreier Zuströmung ( $\alpha_0 = 90^\circ \rightarrow c_{1u} = 0$ )  
nach Gl. (3-9) oder Gl. (3-15).  $D_1/D_2 = 110/240 = 0,46$

$$Y_{Sch\infty} = u_2 \cdot c_{2u} = 18,10 \cdot 14,88 \text{ [m}^2/\text{s}^2\text{]} = 269,33 \text{ m}^2/\text{s}^2$$

$$Y_{Sch} = k_M \cdot Y_{Sch\infty} \quad \text{nach Gl. (3-19) mit}$$

$$\text{Gl. (3-26)} \quad k_M = 1 / (1 + p) \quad \text{sowie Gl. (3-33) da } r_1/r_2 = D_1/D_2 < 0,95$$

Bei Leitring nach Gl. (3-40):

$$\psi' = (0,85 \dots 1) \cdot (1 + \beta_2^2/60) = (0,85 \dots 1) \cdot (1 + 32/60) = 1,30 \dots 1,53$$

$$p = 2 \cdot \frac{\psi'}{z} \cdot \frac{1}{1 - (D_1/D_2)^2} = 2 \cdot \frac{1,30 \dots 1,53}{7} \cdot \frac{1}{1 - (110/240)^2} = 0,47 \dots 0,55$$

$$k_M = 1 / (1 + (0,47 \dots 0,55)) = 0,68 \dots 0,65$$

erwartet  $k_M = 0,66$  (etwa Mittelwert!) Damit

$$Y_{Sch} = 0,66 \cdot 269,33 \text{ [m}^2/\text{s}^2\text{]} = 177,76 \text{ m}^2/\text{s}^2$$

Mit geschätzt  $\gamma_{Sch} = 0,8$  (Gl. 3-54 oder Gl. 8-121)

$$\Delta Y = \gamma_{Sch} \cdot Y_{Sch} = 0,8 \cdot 177,76 \text{ [m}^2/\text{s}^2\text{]} = 142 \text{ m}^2/\text{s}^2$$

$$h) n_y = n \cdot \sqrt{\dot{V} / \Delta Y^{3/4}} = 24 \cdot \sqrt{0,0203 / 142^{3/4}} = 0,08$$

→ Radform I lt. Tab. 4-2 oder 10-1

$$i) P_e = \dot{m} \cdot Y_e = s \cdot \dot{V} \cdot Y / \gamma_e = s \cdot \dot{V} \cdot \Delta Y / \gamma_e \quad \text{da } i=1$$

Mit geschätzt  $\gamma_e = 0,7$  ( $< \gamma_{Sch}$ ) wird

$$P_e = 10^3 \cdot 0,0203 \cdot 142 / 0,7 \text{ [kg/m}^3 \cdot \text{m}^3/\text{s} \cdot \text{m}^2/\text{s}^2\text{]} = 4118 \text{ kg} \cdot \text{m}^2/\text{s}^2 = 4118 \text{ W} \approx 4,1 \text{ kW}$$

$$j) r = 1 - c_{3u} / (2 \cdot u_2) \quad \text{nach Gl. (4-43)}$$

$$\text{Mit } c_{3u} = k_M \cdot c_{2u} = 0,66 \cdot 14,88 \text{ [m/s]} = 9,82 \text{ m/s}$$

$$r = 1 - 9,82 / (2 \cdot 18,1) = 0,73$$

k) Nach Gl. (4-51)  $\eta = \Delta Y / (u_2^2/2) = 142 / (18,1^2/2)$   
 $\eta = 0,87$

l) Gemäß Gl. (4-59)  $\varphi = \frac{\dot{V}}{u_2 \cdot D_2^2 \cdot \pi/4} = \frac{0,0203}{18,1 \cdot 0,24^2 \cdot \pi/4}$   
 $\varphi = 0,025$

m) Nach Gl. (4-43)  $\epsilon = c_{0m} / \sqrt{2 \cdot \Delta Y}$  Mit Gl. (2-80)  
 $c_{0m} = c_{1m} / \zeta_1 = c_1 / \zeta_1 = 3,02 / 1,22 = 2,48 \text{ m/s}$   
 $\epsilon = 2,48 / \sqrt{2 \cdot 142} = 0,147$

n) Mit Gl. (5-9); (5-4); (5-20); (5-22) u. Tafel (15-9):

$$Y_{H,M} = (24 \cdot \sqrt{0,0203} / 0,42)^{4/3} \left[ (1/s) \cdot \sqrt{m^3/s} \right]^{4/3} = 16,4 \text{ m}^2/s^2$$

$$p_b = (1 - 1,16 \cdot 10^{-4} \cdot 960) \cdot 1,0133 [\text{bar}] = 0,90 \text{ bar}$$

$$p_{0a} = 0,012 \text{ bar} = 0,012 \cdot 10^5 p_a; \rho \approx 10^3 \text{ kg/m}^3; c_{uw} \approx 0$$

$$\underline{H_{S,max}} \leq \frac{1}{9,81} \cdot \left( \frac{0,9 \cdot 10^5}{1 \cdot 10^3} + 0 - \frac{0,012 \cdot 10^5}{1 \cdot 10^3} - 12 - 16,4 \right) = 6,16 \text{ m}$$

$$\left[ \frac{1}{\text{m/s}^2} \cdot \left( \frac{\text{N/m}^2}{\text{kg/m}^3} - \frac{\text{N/m}^2}{\text{kg/m}^3} - \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2} - \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2} \right) \right]$$