

Bei Überdruckwirkung normalerweise  $r = 0,5$ ,  
damit gleiche Profile für Le- und La-  
Schaufeln ( $\alpha_2 = \beta_1$ )

Richtwerte (Unterabschnitte 6.2.5.3 und 11.3.1.3):

$$L_z = u/c_2 = 0,65 \dots 0,95 \quad \text{Ausgeführt } L_z = 0,8$$

$$\alpha_2 = \beta_1 = 16 \dots 30^\circ \quad \text{Ausgeführt } \alpha_2 = \beta_1 = 24^\circ$$

$$b/D = 0,03 \dots 0,05 \quad \text{Ausgeführt } b/D = 0,04$$

a)  $\Delta h_{Le,s} = c_{2,s}^2/2$  bei  $c_{2,s} = c_{5,s}$  und Vernachlässigen der relativ kleinen Dampf-Zuströmgeschwindigkeit zu den Leitschaufeln.

Mit  $c_{2,s} = c_2/\varphi_{Le}$  bei geschätzt  $\varphi_{Le} = 0,9$  und

$$c_2 = u/L_z \quad \text{Ausgewertet:}$$

$$u = D \cdot \pi \cdot n = 1,25 \cdot \pi \cdot 50 \text{ [m/s]} = 196,35 \text{ m/s}$$

$$c_2 = 196,35/0,8 \text{ [m/s]} = 245,44 \text{ m/s}$$

$$c_{2,s} = 245,44/0,9 = 272,71 \text{ m/s}$$

$$\Delta h_{Le,s} = 272,71^2/2 \text{ [m}^2/\text{s}^2] = 37185 \text{ J/kg}$$

$$\Delta h_{St,s} = \Delta h_{Le,s}/(1-r) = 2 \cdot \Delta h_{Le,s} \quad \text{da } r = 0,5$$

$$\Delta h_{St,s} = 74370 \text{ J/kg} = \underline{74,37 \text{ kJ/kg}}$$

b) Geschwindigkeitsdreiecke

Druckseite:

$$c_{2u} = c_2 \cdot \cos \alpha_2 = 245,44 \cdot \cos 24^\circ \text{ [m/s]} = 224,22 \text{ m/s}$$

$$w_{2m} = c_2 \cdot \sin \alpha_2 = 245,44 \cdot \sin 24^\circ \text{ [m/s]} = 99,83 \text{ m/s}$$

$$w_{2u} = c_{2u} - u = 224,22 - 196,35 \text{ [m/s]} = 27,87 \text{ m/s}$$

$$w_2 = \sqrt{w_{2u}^2 + w_{2m}^2} = \sqrt{27,87^2 + 99,83^2} = 103,65 \text{ m/s}$$

$$\tan \beta_2^* = w_{2m}/w_{2u} = 99,83/27,87 = 3,5819 \longrightarrow$$

$$\beta_2^* = 74,4^\circ$$

Saugseite:

$$w_1 = \varphi_{La} \cdot w_{1,s}$$

$$\varphi_{La} = 0,92 \text{ für:}$$

$$\Delta \beta = 180^\circ - (\beta_2^* + \beta_1) = 180^\circ - (74,4 + 24)^\circ = 82^\circ$$

$$w_{1,s} = \sqrt{w_2^2 + 2 \cdot \Delta h_{s,La}} = \sqrt{w_2^2 + 2 \cdot r \cdot \Delta h_{s,St}} \quad \text{Gl. (7-177)}$$

$$w_{1,s} = \sqrt{103,65^2 + 2 \cdot 0,5 \cdot 74370 \text{ [m}^2/\text{s}^2]} = 291,74 \text{ m/s}$$

$$w_1 = 0,92 \cdot 291,74 = 268,40 \text{ m/s}$$

$$w_{1u} = w_1 \cdot \cos \beta_1 = 268,4 \cdot \cos 24^\circ \text{ [m/s]} = 245,20 \text{ m/s}$$

$$c_{1m} = w_{1m} = w_1 \cdot \sin \beta_1 = 268,4 \cdot \sin 24^\circ = 109,17 \text{ m/s}$$

$$c_{1u} = w_{1u} - u = 245,20 - 196,35 \text{ [m/s]} = 48,85 \text{ m/s}$$

$$c_1 = \sqrt{c_{1m}^2 + c_{1u}^2} = \sqrt{109,17^2 + 48,85^2} = 119,60 \text{ m/s}$$

$$\tan \alpha_1^* = c_{1m}/c_{1u} = 109,17/48,85 = 2,2348 \longrightarrow$$

$$\alpha_1^* = 65,9^\circ$$

$$\text{Kontrollrechnung: } w_{2u} + |w_{1u}| \stackrel{!}{=} c_{2u} + |c_{1u}|$$

$$w_{2u} + |w_{1u}| = 27,87 + 245,20 \text{ [m/s]} = 273,07 \text{ m/s}$$

$$c_{2u} + |c_{1u}| = 224,22 + 48,85 \text{ [m/s]} = 273,07 \text{ m/s}$$

Der Geschwindigkeitsplan (DK  $\rightarrow$  2 und SK  $\rightarrow$  1) ist in Bild 1 dargestellt.

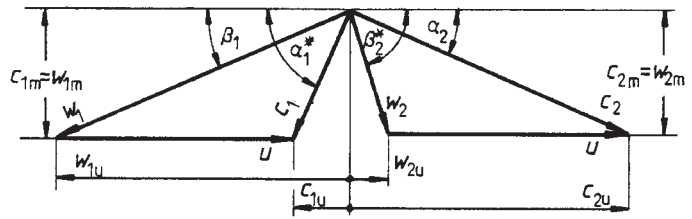


Bild 1 Lösungsskizze zu Ü 57.

Geschwindigkeitsplan (maßstäblich).

Mit den Winkeln lassen sich die Schaufelprofile (Le und La) gemäß den Angaben der Unterabschnitte 2.5.3.2 und 6.2.5.3 sowie 7.3.3.3 entwerfen.

$$c) \Delta h_{Sch} = Y_{Sch} = u \cdot (c_{2u} - c_{1u}) \quad \text{EULER-Gleichung}$$

Da  $c_{1u}$  negativ, weil entgegen zu  $u$  gerichtet. Daher mit  $c_{1u} = -|c_{1u}|$

$$\Delta h_{Sch} = Y_{Sch} = u \cdot (c_{2u} + |c_{1u}|)$$

$$\Delta h_{Sch} = 196,35 \cdot 273,07 \text{ [m}^2/\text{s}^2] = 53617 \text{ m}^2/\text{s}^2$$

$$\Delta h_{Sch} = 53617 \text{ J/kg} = 53,6 \text{ kJ/kg}$$

d) Bei  $c_6$  vernachlässigt:

$$\Delta h_{V,Le} = \Delta h_{Le,s} \cdot (1 - \varphi_{Le}^2) \quad \text{Gl. (7-175)}$$

$$= 37,19 \cdot (1 - 0,9^2) \text{ [kJ/kg]} = 7,07 \text{ kJ/kg}$$

$$\Delta h_{V,La} = (r \cdot \Delta h_{St,s} + w_2^2/2) (1 - \varphi_{La}^2) \quad \text{Gl. (7-179)}$$

$$\Delta h_{V,La} = (0,5 \cdot 74370 + 103,65^2/2) (1 - 0,92^2) \text{ [m}^2/\text{s}^2]$$

$$\Delta h_{V,La} = 6536,7 \text{ m}^2/\text{s}^2 = \underline{6,54 \text{ kJ/kg}}$$

$$\Delta h_{V,As} = Z_{As} = c_1^2/2 \quad \text{Gl. (8-23)}$$

$$\Delta h_{V,As} = 119,6^2/2 \text{ [m}^2/\text{s}^2] = 7152 \text{ m}^2/\text{s}^2 = \underline{7,15 \text{ kJ/kg}}$$

$$\Delta h_{V,Sch} = \Delta h_{V,Le} + \Delta h_{V,La} + \Delta h_{V,As}$$

$$\Delta h_{V,Sch} = 7,07 + 6,54 + 7,15 \text{ [kJ/kg]} = \underline{20,76 \text{ kJ/kg}}$$

Gegenrechnung:

$$\Delta h_{V,Sch} = \Delta h_{St,s} - \Delta h_{Sch} = 74,37 - 53,6 \text{ [kJ/kg]}$$

$$\Delta h_{V,Sch} = 20,77 \text{ kJ/kg} \quad (\text{wie zuvor!})$$

$$e) \eta_{Sch} = \Delta h_{Sch}/\Delta h_{St,s} = 53,6/74,37 = \underline{0,72}$$

f) Nach Durchflußgleichung

$$\dot{V} = A_{2m} \cdot c_{2m} \quad \text{Hierbei}$$

$$A_{2m} = D_2 \cdot \pi \cdot b_2 \cdot 1/\tau_2$$

$$D_2 = D = 1,25 \text{ m}$$

$$b_2 = b_{La} = b = (b/D) \cdot D = 0,04 \cdot 1,25 \text{ [m]}$$

$$b_2 = 0,05 \text{ m} = 50 \text{ mm}$$

$$\tau_2 = 1,2 \quad (\text{geschätzt})$$

$$A_{2m} = 1,25 \cdot \pi \cdot 0,05 \cdot 1/1,2 \text{ [m}^2] = 0,1636 \text{ m}^2$$

$$\dot{V} = 0,1636 \cdot 99,83 \text{ [m}^3/\text{s}] = 16,335 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$g) \quad P_e = \dot{m} \cdot \Delta h_{St,s} \cdot \eta_{e,s}$$

$$\dot{m} = \dot{V}/v = 16,335/0,2 \quad [(\text{m}^3/\text{s})/(\text{m}^3/\text{kg})]$$

$$= 81,675 \text{ kg/s}$$

$$\eta_e = 0,65 \quad (< \eta_{Sch}) \quad \text{geschätzt}$$

$$P_e = 81,675 \cdot 74,36 \cdot 0,65 \quad [\text{kg/s} \cdot \text{kJ/kg}]$$

$$P_e = 3948 \text{ kW} \approx 4 \text{ MW}$$

$$h) \quad P_R = C_R \cdot \bar{s} \cdot n^3 \cdot \bar{D}^5 \quad \text{nach Gl. (8-73) mit}$$

$$C_R \approx 0,01$$

$$\bar{s} \approx 1/v = 1/0,2 \quad [\text{kg/m}^3] = 5 \text{ kg/m}^3$$

$$P_R = 0,01 \cdot 5 \cdot 50^3 \cdot 1,25^5 \quad [\text{kg/m}^3 \cdot (1/\text{s})^3 \cdot \text{m}^5]$$

$$P_R = 19073,5 \text{ kg} \cdot \text{m}^2/\text{s}^3 = 19073,5 \text{ J/s}$$

$$P_R = 19073,5 \text{ W} \approx 19 \text{ kW}$$

$$\Delta h_{V,R} = P_R/\dot{m} = 19/81,675 \quad [(\text{kJ/s})/(\text{kg/s})]$$

$$\Delta h_{V,R} \approx 0,23 \text{ kJ/kg} \quad (\text{vernachlässigbar})$$