Ü 23

Verdichtertyp:

$\Pi = p_D/p_S = (p_b + p_{D,ü})/p_S = (1+0{,}035)/0{,}95 = 1{,}089$

Radform:

$n_{y,M} = n \cdot \dot{V}^{1/2} \cdot Y^{-3/4}$ Mit

$Y = \Delta p_{ges}/\varrho = (p_D - p_S)/\varrho$

$$\varrho \approx \varrho_S = \frac{p_S}{R \cdot T_S} = \frac{0{,}95 \cdot 10^5}{287 \cdot 303}\left[\frac{N/m^2}{J/(kg \cdot K)\cdot K}\right] = 1{,}092 \frac{kg}{m^3}$$

Verschiedentlich wird auch mit der mittleren Dichte $\bar{\varrho}$, also dem Mittelwert zwischen Saugzustand (p_S, T_S) und Druck-, d.h. Förderzustand (p_D, $T_D \approx T_S$), gerechnet. Mit ϱ_S ergeben sich jedoch Werte, die auf der "sicheren Seite" liegen.

$$Y = \frac{(1{,}035 - 0{,}95)\cdot 10^5}{1{,}092}\left[\frac{Pa}{kg/m^3}\right] = 7784 \ m^2/s^2$$

$n = 580 \ min^{-1} = 9{,}67 \ s^{-1}$

$n_{y,M} = 9{,}67 \cdot \sqrt{95} \cdot 7784^{-3/4} = 0{,}1137 \approx 0{,}114$

Hierzu gemäß Tab. 4-1 und 10-1 notwendig: Radform I, einstufig-einflutig.

Mit $\sigma = 2{,}1 \cdot n_y = 2{,}1 \cdot 0{,}1137 = 0{,}24$ aus CORDIER-Diagramm, Bilder 4-4 und 4-5

Durchmesserzahl $\delta = 3{,}6$ und
effektiver Wirkungsgrad $\eta_e = 0{,}86$

Antriebsleistung:

$$P_e = \dot{m} \cdot Y_e = \varrho_S \cdot \dot{V}_S \cdot \frac{Y}{\eta_e} = 1{,}092 \cdot 95 \cdot \frac{7784}{0{,}86}\left[\frac{kg}{m^3}\cdot\frac{m^3}{s}\cdot\frac{m^2}{s^2}\right] \approx 1 \ MW$$

Laufrad - Hauptabmessungen

Saugmund:

Geschwindigkeit: $c_{SM} \approx c_{0m}$ ausgeführt

$c_{0m} = \varepsilon \cdot \sqrt{2 \cdot \Delta Y}$ aus Gl. (4-93) mit ε nach Gl. (4-101)

$\varepsilon = (1{,}34 \ldots 1{,}48)\cdot n_y^{2/3} = (1{,}34 \ldots 1{,}48)\cdot 0{,}114^{2/3} = 0{,}32 \ldots 0{,}35)$

$c_{0m} = (0{,}32 \ldots 0{,}35)\cdot \sqrt{2 \cdot 7784} \ [m/s] = 39{,}9 \ldots 43{,}7 \ m/s$

ausgeführt $c_{0m} = 41{,}5$ m/s (Mittelwert)

Durchmesser: D_{SM} aus Durchfluß mit $\lambda_L \approx 0{,}95$

$\dot{V}_{La} = \dot{V}/\lambda_L = 95/0{,}95 \ [m^3/s] = 100 \ m^3/s$

$$D_{SM} = \sqrt{\frac{\dot{V}_{La}}{c_{SM}\cdot \pi/4}} = \sqrt{\frac{100}{41{,}5 \cdot \pi/4}}\left[\sqrt{\frac{m^3/s}{m/s}}\right] = 1{,}75 \ m$$

Saugkante:

Durchmesser: $D_1 \geq D_{SM}$, ausgeführt $D_1 = 1{,}80$ m

Geschwindigkeit: $c_{0m} \geq c_{SM}$, ausgeführt $c_{0m} = 42$ m/s

$u_0 = u_1 = D_1 \cdot \pi \cdot n = 1{,}80 \cdot \pi \cdot 9{,}67 \ [m/s] = 54{,}68 \ m/s$

$$\alpha_0 = 90^\circ \rightarrow \tan\beta_0 = \frac{c_{0m}}{u_0} = \frac{c_0}{u_1} = \frac{42}{54{,}68} = 0{,}7680$$

$\beta_0 = 37{,}5^\circ$

Mit vorerst geschätzt $\tau_1 = 1{,}1$

$\tan\beta_1 = \tau_1 \cdot \tan\beta_0 = 1{,}1 \cdot 0{,}768 = 0{,}8448 \rightarrow \beta_1 = 40^\circ$

$c_1 = c_{1m} = c_{0m}\cdot\tau_1 = c_0 \cdot \tau_1 = 42 \cdot 1{,}1 = 46{,}2 \ m/s$

Breite $b_1 \equiv b_0$ aus Durchfluß

$$b_1 = \frac{\dot{V}_{La}}{D_1 \cdot \pi \cdot c_0} = \frac{100}{1{,}8 \cdot \pi \cdot 42}\left[\frac{m^3/s}{m \cdot m/s}\right] = 0{,}42 \ m$$

Druckkante:

Durchmesser: Nach Gl. (10-55):

$D_2 = \vartheta_{La,K} \cdot D_1 = 5 \ m$ bei angen. $\vartheta_{La,K} = 2{,}8$

Geschwindigkeiten: Nach Gl. (10-57):

$c_{2m} = (0{,}6 \ldots 1)\cdot c_{1m} = (0{,}6 \ldots 1)\cdot 46{,}2$ m/s
$= 27{,}72 \ldots 46{,}2$ m/s

Ausgeführt: $c_{2m} = 37$ m/s (Mittelwert)

$u_2 = D_2 \cdot \pi \cdot n = 5{,}0 \cdot \pi \cdot 9{,}67 \ [m/s] = 151{,}9$ m/s

$c_{2u} = Y_{Sch\infty}/u_2$ aus EULER-Gleichung bei $\alpha_1 = 90^\circ$

$Y_{Sch\infty} = Y/(k_M \cdot \eta_{Sch})$ Mit

$k_M = 0{,}6 \ldots 0{,}85$ (Gl. 3-29, erwartet $k_M = 0{,}7$

$\eta_{Sch} > \eta_e$, geschätzt $\eta_{Sch} = 0{,}9$

$Y_{Sch\infty} = 7784/(0{,}7 \cdot 0{,}9) \ [m^2/s^2] = 12355{,}6 \ m^2/s^2$

$c_{2u} = 12355{,}6/151{,}9 \ [m/s] = 81{,}34 \ m/s$

Schaufelwinkel β_2:

$$\tan\beta_2 = \frac{c_{2m}}{u_2 - c_{2u}} = \frac{37}{151{,}9 - 81{,}34} = 0{,}524 \rightarrow \beta_2 = 28^\circ$$

Wert zu klein. Üblich $\beta_2 = 40 \ldots 90^\circ$ (Gl. 6-20). Deshalb Neuberechnung mit Vorgabe von β_2 und danach u_2 aus Gl. (3-19).

Ausgeführt: $\beta_2 = 50^\circ$

$$u_2 = \frac{c_{2m}}{2 \cdot \tan\beta_2} + \sqrt{\left(\frac{c_{2m}}{2 \cdot \tan\beta_2}\right)^2 + Y_{Sch\infty}}$$

$$u_2 = \frac{37}{2 \cdot \tan 50^\circ} + \sqrt{\left(\frac{37}{2 \cdot \tan 50^\circ}\right)^2 + 12355{,}6}\left[\frac{m}{s} \cdot \sqrt{\frac{m^2}{s^2}}\right]$$

$u_2 = 128 \ m/s$ Hieraus

$D_2 = u_2/(\pi \cdot n) = 128/(\pi \cdot 9{,}67) \ [(m/s)/s^{-1}] \approx 4{,}22 \ m$

$\vartheta_{La,K} = D_2/D_1 = 4{,}22/1{,}80 = 2{,}34$

Schaufelzahl: Nach Gl. (2-72) mit $K_{Sch} = 6{,}5 \ldots 8$

$$z_{La} = (6{,}5 \ldots 8) \cdot \frac{4{,}22 + 1{,}8}{4{,}22 - 1{,}8} \cdot \sin \frac{50° + 40°}{2} = 11 \ldots 14$$

ausgeführt: $\underline{z_{La} = 13}$

Austrittsbreite b_2 aus Durchfluß

$$b_2 = \frac{\dot{V}_{La}}{c_{2m} \cdot D_2 \cdot \pi \cdot 1/\tau_2}$$

$$\tau_2 = t_2/(t_2 - \sigma_2) \quad \text{mit}$$

$$t_2 = D_2 \cdot \pi / z_{La} = 4220 \cdot \pi / 13 \; [mm] = 1019{,}81 \; mm$$

$$\sigma_2 = s_2 / \sin\beta_2 = 5 / \sin 50° \; [mm] = 6{,}53 \; mm$$

$$\tau_2 = 1019{,}81 / (1019{,}81 - 6{,}53) = 1{,}006 \approx 1$$

$$\underline{b_2} = \frac{100}{37 \cdot 4{,}22 \cdot \pi} \left[\frac{m^3/s}{m/s \cdot m}\right] = 0{,}204 \, m = \underline{204 \; mm}$$

Nachrechnung von τ_1 und k_M:

$$\tau_1 = t_1/(t_1 - \sigma_1)$$

$$t_1 = D_1 \cdot \pi / z_{La} = 1{,}8 \cdot \pi / 13 \; [m] = 0{,}440 \; m$$

$$\sigma_1 = s_1 / \sin\beta_1 = 5 / \sin 40° \; [mm] = 7{,}78 \; mm$$

$$\tau_1 = 440 / (440 - 7{,}78) \approx 1{,}02 \quad \text{Hiermit}$$

$$c_{1m} = 42 \cdot 1{,}02 = 42{,}84 \; m/s \quad \text{und}$$

$$\tan\beta_1 = 1{,}02 \cdot 0{,}768 = 0{,}7834 \longrightarrow \underline{\beta_1 = 38°}$$

Weitere Nachrechnung von τ_1 unnötig!

$$k_M = 1/(1 + p)$$

$$r_1/r_2 = D_1/D_2 = 1{,}8/4{,}42 = 0{,}43 < 0{,}5$$

Bei Ventilator mit Spiralgehäuse nach Gl. (3-39):

$$\psi' = (0{,}65 \ldots 0{,}85) \cdot (1 + 50/60) = 1{,}19 \ldots 1{,}56$$

angen. $\psi' = 1{,}37$ (Mittelwert)

Damit nach Gl. (3-30) und (3-32):

$$p = \frac{\psi'}{z_{La}} \cdot \frac{2}{1 - (D_1/D_2)^2} = \frac{1{,}37}{13} \cdot \frac{2}{1 - (1{,}8/4{,}22)^2} = 0{,}26$$

$$k_M = 1/(1 + 0{,}26) = 0{,}79$$

Wert ist größer als zuvor angenommen ($k_M = 0{,}7$). Folge: D_2, β_2 und/oder n können entsprechend geändert (verkleinert) werden. Rechengang jedoch aus Platzgründen nicht mehr durchgeführt.

Krümmungsgradius der Laufschaufeln nach Gl. (6-21):

$$\varrho = \frac{r_2^2 - r_1^2}{2 \cdot r_2 \cdot \cos\beta_2 - 2 \cdot r_1 \cdot \cos\beta_1} = \frac{2{,}11^2 - 0{,}9^2}{2 \cdot 2{,}11 \cdot \cos 50° - 2 \cdot 0{,}9 \cdot \cos 40°}$$

$$\underline{\varrho = 2{,}73 \; m}$$

Radius des Kreises, auf dem die Krümmungsmittelpunkte liegen (geometrischer Ort) nach Gl. (6-22):

$$R = \sqrt{\varrho^2 + r_2^2 - 2 \cdot \varrho \cdot r_2 \cdot \cos\beta_2}$$

$$R = \sqrt{2{,}73^2 + 2{,}11^2 - 2 \cdot 2{,}73 \cdot 2{,}11 \cdot \cos 50°} \quad [\sqrt{m^2}]$$

$$\underline{R = 2{,}12 \; m}$$