Ü 22 Infolge geringer Kompression ($\Pi < 1{,}1 \rightarrow$ Ventilator) ist die Dichteänderung gering und daher näherungsweise vernachlässigbar.

Luft, 20 °C; 1 bar: Aus Tafel 14 $\quad \varrho \approx 1{,}19\ \mathrm{kg/m^3}$

a) Aus Durchfluß mit $\dot V = 18000/3600 = 5\ \mathrm{m^3/s}$ wird:

$$\underline{c_{zu}} = \frac{\dot V}{D_{(a)}^2 \cdot \pi/4} = \frac{5}{0{,}6^2 \cdot \pi/4}\left[\frac{m^3/s}{m^2}\right] = \underline{17{,}68\ m/s}$$

b) Nach Gl. (2-55):

$$\underline{k_N} = 1 - \nu_N^2 = 1 - \left(D_{(i)}/D_{(a)}\right)^2 = 1 - (400/600)^2 = \underline{0{,}56}$$

c) Gemäß Gl. (2-126) mit Gl. (2-127):

$$c_{SM} = \frac{\dot V}{(D_{(a)}^2 - D_{(i)}^2)\cdot\pi/4} = \frac{\dot V}{k_N \cdot D_{(a)}^2 \cdot \pi/4} = \frac{c_{zu}}{k_N} = \frac{17{,}68}{0{,}56}\left[\frac{m}{s}\right]$$

$$\underline{c_{SM} = 31{,}57\ m/s}$$

d) $Y_{Sch\infty} = Y_{Sch}/k_M = \Delta Y/(\eta_{Sch} \cdot k_M)$ nach Gl. (3-53):

Mit $\Delta Y = Y/i = Y$, da einstufig, also $i = 1$ (Gl. 3-57)

$$Y = \frac{\Delta p_{stat}}{\varrho} + \frac{c^2}{2} = \frac{p_D - p_S}{\varrho} + \frac{c_{zu}^2}{2} \quad \text{(Gl. 3-59 und 3-60)}$$

$$p_D = \Pi \cdot p_S = \Pi \cdot p_b = 1{,}015 \cdot 1 \cdot 10^5\ Pa = 1{,}015 \cdot 10^5\ Pa$$

$$Y = (\Pi - 1)\,p/\varrho + c_{zu}^2/2 = (1{,}015 - 1)\frac{10^5}{1{,}19}\left[\frac{Pa}{kg/m^3}\right] + \frac{17{,}68^2}{2}\left[\frac{m^2}{s^2}\right]$$

$Y = 1417\ m^2/s^2$

$\eta_{Sch} = 0{,}85$ erwartet

$k_M = 1/(1+p)$ nach Gl. (3-26) mit

$p = \psi' \cdot r_2^2/(z \cdot S)$ Gl. (3-31) Hierbei

$S = e \cdot r_2$ (lt. Gl. 3-36) eingesetzt:

$p = \psi' \cdot r_2/(z \cdot e) = \psi' \cdot r/(z \cdot e)$

$\psi' = (1 \ldots 1{,}2) \cdot (1 + \beta_2^\circ/60)$ nach Gl. (3-42)

vorerst geschätzt $\beta_2 = 30°$. Damit

$\psi' = (1 \ldots 1{,}2) \cdot (1 + 30/60) = 1{,}5 \ldots 1{,}8$

Schaufeln so ausgeführt, daß Minderleistungsfaktor k_M entlang aller Flutlinien gleich groß, also

$k_M = k_{M,(a)} = k_{M,(m)} = k_{M,(i)}$ weshalb auch

$p = p_{(a)} = p_{(m)} = p_{(i)}$

Mit $r = r_{(m)} = (r_{(a)} + r_{(i)})/2 = (D_{(a)} + D_{(i)})/4$

$r = (600 + 400)/4\ \mathrm{mm} = 250\ \mathrm{mm}$ wird

$p = (1{,}5 \ldots 1{,}8) \cdot 250/(5 \cdot 120) = 0{,}63 \ldots 0{,}75$

angenommen: $p = 0{,}69$ (Mittelwert). Damit

$k_M = 1/(1 + 0{,}69) = 0{,}59$ (vergleiche Gl. 3-30)

Eingesetzt, ergibt:

$$\underline{Y_{Sch\infty}} = 1417/(0{,}85 \cdot 0{,}59)\ [m^2/s^2] = \underline{2826\ m^2/s^2}$$

e) Tabellarische Auswertung bei drallfreier Zuströmung ($\alpha_1 = 90°$), mit $(x) = (i); (m); (a)$.

Größe ↓ / Flutlinie →	innen (i)	mitten (m)	außen (a)	Dim.
$u_{(x)} = D_{(x)} \cdot \pi \cdot n$	75,40	94,25	113,10	m/s
$c_{m,(x)} = c_{1m} = c_{2m} = c_{SM}$	←	31,57	→	m/s
$\beta_{1,(x)} = \arctan(c_{m,(x)}/u_{(x)})$	22,72	18,52	15,60	°
$c_{u,(x)} = Y_{Sch\infty}/u_{(x)}$	37,48	29,98	24,99	m/s
$\beta_{2,(x)} = \arctan \dfrac{c_{m,(x)}}{u_{(x)} - c_{u,(x)}}$	39,78	26,16	19,70	°

f) $\tau = t/(t - \sigma)$ Gl. (2-59)

Mit $t = D \cdot \pi/z$ Gl. (2-62)

$\sigma = s/\sin\beta$ Gl. (2-65)

Saugkante (Index 1)

$\sigma_1 = s_1/\sin\beta_1 = s/\sin\beta_1 = 2/\sin 18{,}52°\ [mm] = 6{,}3\ mm$

$t_1 = t = D \cdot \pi/z = 500 \cdot \pi/5\ [mm] = 314{,}2\ mm$

$\tau_1 = 314{,}2/(314{,}1 - 6{,}3) = 1{,}02 \approx 1$

Druckkante (Index 2)

$\sigma_2 = s_2/\sin\beta_2 = s/\sin\beta_2 = 2/\sin 39{,}78°\ [mm] = 3{,}13\ mm$

$\tau_2 = 314{,}2/(314{,}1 - 3{,}13) = 1{,}01 \approx 1$

Vernachlässigen der Schaufelverengung somit berechtigt.

g) $P_e = \dot m \cdot Y_e = \varrho \cdot \dot V \cdot Y/\eta_e$ Mit geschätzt $\eta_e = 0{,}8$

$P_e = 1{,}19 \cdot 5 \cdot 1417/0{,}8\ [kg/m^3 \cdot m^3/s \cdot m^2/s^2]$

$\underline{P_e} = 10539\ [kg \cdot m^2/s^2] \approx 10540\ W \approx \underline{10{,}5\ kW}$

h) $\sigma = \varphi^{1/2}/\psi^{3/4}$ lt. Gl. (4-85). Hierbei nach

Gl. (4-59) $\varphi = \dot V/(u_2 \cdot D_2^2 \cdot \pi/4)$

Gl. (4-51) $\psi = \Delta Y/(u_2^2/2)$

Mit den Werten in Radmitte, also Flutlinie (m)

$\varphi = 5/(94{,}25 \cdot 0{,}5^2 \cdot \pi/4)\ [(m^3/s)/(m/s \cdot m^2)] = 0{,}27$

$\psi = 1417/(94{,}25^2/2)\ [(m^2/s^2)/(m^2/s^2)] = 0{,}32$

$\underline{\sigma = 0{,}27^{1/2}/0{,}32^{3/4} = 1{,}22}$

Oder nach Gl. (4-88): $\sigma = 2{,}1 \cdot n_y$ mit

$n_y = n \cdot \dot V^{1/2}/\Delta Y^{3/4} = 60 \cdot 5^{1/2}/1417^{3/4} = 0{,}58$

$\sigma \approx 2{,}1 \cdot 0{,}58 = 1{,}22$

Hierzu lt. Bild 4-5: $\eta_e = 0{,}89$ (größer als geschätzt!)