Ü 4

a) Nach Gl. (2-74) mit $K_{Sch} = 5 \ldots 6{,}5$ für gegossene Schaufeln wird:

$$z = K_{Sch} \cdot \frac{D_2 + D_1}{D_2 - D_1} \cdot \sin\left(\frac{\beta_2 + \beta_1}{2}\right)$$

$$z = (5 \ldots 6{,}5) \cdot \frac{200 + 120}{200 - 120} \cdot \sin\left(\frac{32 + 18}{2}\right)$$

$$z = 8{,}5 \ldots 11$$

ausgeführt $\underline{z = 9}$ Laufschaufeln

b) $u_1 = D_1 \cdot \pi \cdot n = 0{,}12 \cdot \pi \cdot \frac{2880}{60} \left[m \cdot \frac{1/min}{s/min}\right] = 18{,}1 \ m/s$

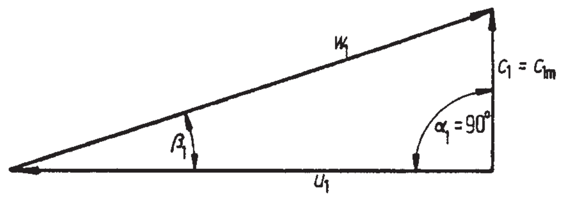

Bild 1. Lösungsskizze 1 zu Ü 4.
Saugkanten-Geschwindigkeitsdreieck.

Nach Bild 1 gilt:

$$c_1 = c_{1m} = u_1 \cdot \tan\beta_1 = 18{,}1 \cdot \tan 18° = 5{,}88 \ m/s$$

$$w_1 = u_1 / \cos\beta_1 = 18{,}1 / \cos 18° = 19{,}03 \ m/s$$

c) Aus Gl. (2-85) und Gl. (2-80):

$$\dot V_{La} = c_1 \cdot A_{1m} = c_1 \cdot D_1 \cdot \pi \cdot b_1 \cdot 1/\tau_1$$

Hierbei nach Gl. (2-61) $\tau_1 = t_1/(t_1 - \sigma_1)$, wobei lt. Gl. (2-63) $t_1 = D_1 \cdot \pi / z$ und gemäß Gl. (45.7) $\sigma_1 = s_1/\sin\beta_1$

Ausgewertet:

$$\sigma_1 = 4/\sin 18° \ [mm] = 12{,}94 \ mm$$

$$t_1 = 120 \cdot \pi / 9 \ [mm] = 41{,}89 \ mm$$

$$\tau_1 = 41{,}89 / (41{,}89 - 12{,}94) = 1{,}45$$

$$\dot V_{La} = 5{,}88 \cdot 0{,}120 \cdot \pi \cdot 0{,}0235 \cdot 1/1{,}45 \ [m/s \cdot m \cdot m]$$

$$\dot V_{La} = 0{,}0359 \ m^3/s = 129{,}3 \ m^3/h \approx 130 \ m^3/h$$

Werden Volumenstromverluste vernachlässigt, ist somit der Förderstom:

$\underline{\dot V \approx \dot V_{La} = 130 \ m^3/h}$

d) Aus der Durchflußgleichung $\dot V_{La} = c_{SM} \cdot A_{SM}$ folgt:

$$A_{SM} = \dot V_{La} / c_{SM}$$

Mit $c_{SM} = c_0$ lt. Aufgabenstellung und $c_0 = c_1/\tau_1$ aus Gl. (2-81) werden

$$c_{SM} = c_0 = 5{,}88/1{,}45 \ [m/s] = 4{,}06 \ m/s$$

$$A_{SM} = \frac{130}{3600} \cdot \frac{1}{4{,}06} \left[\frac{m^3/h}{s/h} \cdot \frac{1}{m/s}\right] = 0{,}0089 \ m^2$$

Andererseits gilt:

$A_{SM} = (D_{SM}^2 - D_N^2) \cdot \pi/4$ Hieraus

$$D_{SM}^2 - D_N^2 = A_{SM} \cdot 4/\pi = 0{,}0089 \cdot 4/\pi = 0{,}0111 \ m^2$$

$$D_{SM}^2 = 0{,}011 \ m^2 + D_N^2 = 0{,}011 \ m^2 + 0{,}055^2 \ m^2 = 0{,}01434 \ m^2$$

$$D_{SM} = 0{,}1198 \ m$$

ausgeführt $\underline{D_{SM} = 120 \ mm}$ (wie D_1)

e) Nach Gl. (2-56)

$$\underline{k_N} = 1 - \nu_N^2 = 1 - (D_N/D_{SM})^2 = 1 - (55/120)^2 = \underline{0{,}79}$$

f) Aus Gl. (2-89) $b_2 = (A_{2m} \cdot \tau_2)/(D_2 \cdot \pi)$

Mit $\tau_2 = t_2/(t_2 - \sigma_2)$ nach Gl. (2-61)

$t_2 = D_2 \cdot \pi / z$ nach Gl. (2-62)

$\sigma_2 = s_2/\sin\beta_2$ laut Gl. (2-64)

$A_{2m} = \dot V_{La}/c_{2m}$ aus Gl. (2-86)

Ausgewertet mit $c_{2m} = 0{,}7 \cdot c_{1m} = 0{,}7 \cdot c_1$ gemäß Aufgaben-Vorgabe:

$$c_{2m} = 0{,}7 \cdot 5{,}88 \ [m/s] = 4{,}12 \ m/s$$

$$A_{2m} = \frac{130}{3600} \cdot \frac{1}{4{,}12} \left[\frac{m^3/h}{s/h} \cdot \frac{1}{m/s}\right] = 8{,}765 \cdot 10^{-3} \ m^2$$

$$\sigma_2 = 4/\sin 32° \ [mm] = 7{,}55 \ mm$$

$$t_2 = 200 \cdot \pi/9 \ [mm] = 69{,}81 \ mm$$

$$\tau_2 = 69{,}81/(69{,}81 - 7{,}55) = 1{,}12$$

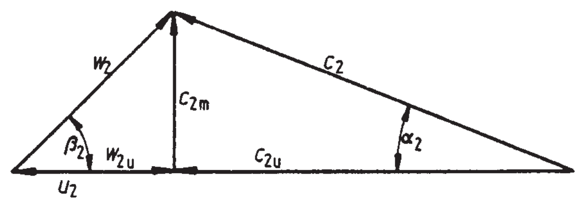

Bild 2. Lösungsskizze 2 zu Ü 4.
Druckkanten-Geschwindigkeitsdreieck.

$$b_2 = \frac{8{,}765 \cdot 10^{-3} \cdot 1{,}12}{0{,}2 \cdot \pi} \left[\frac{m^2}{m}\right] = 0{,}0156 \ m$$

Ausgeführt $\underline{b_2 = 15{,}5 \ mm}$

g) Mit Hilfe von Bild 2:

$$u_2 = D_2 \cdot \pi \cdot n = 0{,}2 \cdot \pi \cdot \frac{2880}{60} \left[m \cdot \frac{1/min}{s/min}\right] = 30{,}16 \ m/s$$

$$w_2 = c_{2m}/\sin\beta_2 = 4{,}12/\sin 32° \ [m/s] = 7{,}77 \ m/s$$

$$w_{2u} = c_{2m}/\tan\beta_2 = 4{,}12/\tan 32° \ [m/s] = 6{,}59 \ m/s$$

$$c_{2u} = u_2 - w_{2u} = 30{,}16 - 6{,}59 \ [m/s] = 23{,}57 \ m/s$$

$$\tan\alpha_2 = c_{2m}/c_{2u} = 4{,}12/23{,}57 = 0{,}1748 \rightarrow \alpha_2 = 9{,}9°$$

h) Aus Gl. (3-58) $H = Y/g = i \cdot \Delta Y/g$

Mit $\Delta Y = \eta_{Sch} \cdot Y_{Sch}$ nach Gl. (3-53)

$\eta_{Sch} = 0{,}75 \ldots 0{,}95$ (Richtwerte); angen. $\eta_{Sch} = 0{,}88$

$Y_{Sch} = k_M \cdot Y_{Sch\,\infty}$ lt. Gl. (3-25)

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

$p = \psi' \cdot \frac{r_2^2}{z \cdot S}$ Gl. (3-31)

$S = (r_2^2 - r_1^2)/2$ Gl. (3-33)

Für Radialpumpe mit Leitrad und $r_1/r_2 \leq 0{,}5$ nach Gl. (3-38)

$\psi' = 0{,}6 \cdot (1 + \beta_2^\circ/60)$

und bei $r_1/r_2 > 0{,}5$ lt. Gl. (3-18)

$\psi'_{kor} = (1{,}6 \ldots 2) \cdot (r_1/r_2) \cdot \psi'$

$Y_{Sch\,\infty} = u_2 \cdot c_{2u}$ lt. Gl. (3-15) bei $\alpha_1 = 90°$

Ausgewertet:

$Y_{Sch\,\infty} = 30{,}16 \cdot 23{,}57\ [m^2/s^2] = 710{,}87\ m^2/s^2$

$r_1/r_2 = D_1/D_2 = 120/200 = 0{,}6 > 0{,}5$

$\psi' = 0{,}6 \cdot (1 + 32/60) = 0{,}92$

$\psi'_{kor} = (1{,}6 \ldots 2) \cdot 0{,}6 \cdot 0{,}92 = 0{,}88 \ldots 1{,}10$

angenommen $\psi'_{kor} = 1{,}0$ (Mittelwert)

$S = (100^2 - 60^2)/2\ [mm^2] = 3200\ mm^2$

$p = \psi'_{kor} \cdot \frac{r_2^2}{z \cdot S} = 1{,}0 \cdot \frac{100^2}{9 \cdot 3200} = 0{,}35$

$k_M = 1/(1 + 0{,}35) = 0{,}74$

$Y_{Sch} = 0{,}74 \cdot 710{,}87\ [m^2/s^2] = 526{,}04\ m^2/s^2$

$\Delta Y = 0{,}88 \cdot 526{,}04\ [m^2/s^2] = 462{,}91\ m^2/s^2$

$Y = i \cdot \Delta Y = 2 \cdot 462{,}91\ [m^2/s^2] = 925{,}82\ m^2/s^2$

$H = 925{,}82/9{,}81\ [(m^2/s^2)/(m/s^2)] = 94{,}38\ m$

$\underline{H \approx 94\ m}$

i) $P_e = \frac{P_{th}}{\eta_e} = \frac{\dot{m} \cdot Y}{\eta_e} = \frac{\varrho \cdot \dot{V} \cdot Y}{\eta_e}$

$P_e = \frac{10^3 \cdot 130 \cdot 925{,}8}{3600 \cdot 0{,}72} \left[\frac{kg/m^3 \cdot m^3/h \cdot m^2/s^2}{s/h}\right]$

$\underline{P_e} = 46{,}4 \cdot 10^3\ W \approx \underline{46\ kW}$

j) $P_e = T_e \cdot \omega$ Hieraus mit

$\omega = 2 \cdot \pi \cdot n = 2 \cdot \pi \cdot \frac{2880}{60} \left[\frac{1/min}{s/min}\right] = 301{,}59\ s^{-1}$

$T_e = P_e/\omega = 46400/301{,}59\ [W \cdot s] = 153{,}85\ Nm$

Andererseits:

$T_e = W_t \cdot \tau_t$ mit $\tau_{t,zul} = 15\ N/mm^2$ lt. Aufgabe

Damit:

$W_{t,erf} = T_{e,vorh}/\tau_{t,zul} = T_e/\tau_{t,zul}$

$= \frac{153850}{15} \left[\frac{Nmm}{N/mm^2}\right] = 10257\ mm^3$

Desweiteren gilt $W_t = \pi \cdot D_{We}^3/16$ Hieraus:

$D_{We,erf} = \sqrt[3]{W_{t,erf} \cdot 16/\pi} = \sqrt[3]{10257 \cdot 16/\pi}\ \left[\sqrt[3]{mm^3}\right]$

$D_{We,erf} = 37{,}4\ mm$, ausgeführt $\underline{D_{We} = 40\ mm}$