

U 29 Stickstoff hat laut Tafel 14 beim Bezugszustand 20 °C, 1 bar folgende Stoffwerte: $\kappa = 1,4$, $\rho = 1,227 \text{ kg/m}^3$, $c_p = 1039 \text{ J/(kg K)}$, $R = 297 \text{ J/(kg K)}$, $\nu = 13,3 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$.

Radreibungsleistung: Nach Gl. (8-67):

$$P_R = K_R \cdot g \cdot \pi^3 \cdot n^3 \cdot D_a^5 \cdot (1 + 5 a/D_a)$$

Mit $g = 1,227 \text{ kg/m}^3$, $n = 5000/60 = 83,33 \text{ s}^{-1}$

$D_a = 1,1 \text{ m}$, $a = 2,5 \cdot 10^{-3} \text{ m}$ sowie nach

$$\text{Gl. (8-70): } K_R \approx (7 \dots 7,5) \cdot 10^{-4} \cdot (10^6/Re)^{1/6}$$

bei $Re \geq 10^6$

und $B/D_{2,(a)} = 0,02 \dots 0,05$

Nach Gl. (8-68):

$$Re_{sb} = \frac{\pi \cdot n \cdot D_a^2}{2 \cdot \nu} = \frac{\pi \cdot 83,33}{2 \cdot 13,3 \cdot 10^{-6}} \cdot 1,1^2 \left[\frac{\text{s}^{-1}}{\text{m}^2/\text{s}} \cdot \text{m}^2 \right]$$

$$= 11,9 \cdot 10^6 > 10^6$$

sowie $B/D_{2,(a)} = 40/1100 = 0,036$

$$\text{also } K_R \approx (7 \dots 7,5) \cdot 10^{-4} \cdot [10^6/(11,9 \cdot 10^6)]^{1/6}$$

$$\approx (4,6 \dots 5) \cdot 10^{-4}$$

angen. $K_R = 4,8 \cdot 10^{-4}$ (Mittelwert!)

Werte eingesetzt in Gl. (8-67) ergibt

$$P_R = 4,8 \cdot 10^{-4} \cdot 1,227 \cdot \pi^3 \cdot 83,33^3 \cdot 1,1^5 \cdot (1 + 5 \cdot 2,5/1100)$$

$$\left[1 \cdot \text{kg/m}^3 \cdot 1/\text{s}^3 \cdot \text{m}^5 \cdot (1) \right]$$

$$P_R = 17211 \text{ W} \approx 17 \text{ kW}$$

Anteil an Gesamtverlusten: Ausgangspunkt

$$P_e = \dot{m} \cdot Y_e = \dot{m} \cdot Y/\eta_e \quad \text{Mit}$$

$$\text{exakt } Y = Y_s = w_{t,s} = \frac{\kappa}{\kappa - 1} \cdot R \cdot T_s \cdot \left[\pi^{(\kappa-1)/\kappa} - 1 \right]$$

$$Y = \frac{1,4}{1,4-1} \cdot 297 \cdot 293 \cdot \left[1,22^{(1,4-1)/1,4} - 1 \right] \left[\frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \cdot \text{K} \right]$$

$$Y = 17805 \text{ J/kg}$$

näherungsweise

$$Y = \frac{\Delta p}{g} = \frac{\pi \cdot p_s - p_s}{g} = \frac{p_s}{g} \cdot (\pi - 1)$$

$$Y = \frac{1 \cdot 10^5}{1,227} \cdot (1,22 - 1) \left[\frac{\text{N/m}^2}{\text{kg/m}^3} \right] = 17930 \text{ J/kg}$$

Abweichung gegenüber genauem Wert 0,7%

Damit folgt für die effektive Leistung

$$P_e = \dot{V}_s \cdot Y/\eta_e$$

$$P_e = 1,227 \cdot \frac{10000}{3600} \cdot \frac{17930}{0,68} \left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot \frac{\text{m}^3/\text{s}}{\text{s/h}} \cdot \frac{\text{J}}{\text{kg}} \right]$$

$$P_e = 89870 \text{ W} = 89,8 \text{ kW}$$

Gesamte Verlustleistung

$$P_{V,ges} = P_e \cdot (1 - \eta_e) = 89,8 \cdot (1 - 0,68) [\text{kW}] = 28,74 \text{ kW}$$

$$P_{V,ges} \approx 29 \text{ kW}$$

somit P_R 58,6% von $P_{V,ges}$