

a) Nach **Erg. 13** mit  $x = 1,4$  und

$$T_3 = 273 + 950 = 1223 \text{ K} \text{ sowie } T_1 = 273 + 20 = 293 \text{ K}$$

$$\pi_{\text{opt}} = (T_3/T_1)^{x/(2x-2)} = (1223/293)^{1,4/(2 \cdot 1,4 - 2)}$$

$$\pi_{\text{opt}} = 12,19 \quad \text{also} \quad \pi = 12$$

b)  $T_2 = T_1 \cdot \pi^{(n-1)/n}$

Hierbei aus Gl. (10-20) mit geschätzt

$$\eta_{i,s} = \eta_{K,s} = 0,87; \text{ Mittelwert lt. Abschnitt 11.4.4.}$$

$$\frac{n}{n-1} = \eta_{K,s} \cdot \frac{x}{x-1} = 0,87 \cdot \frac{1,4}{1,4-1} = 3,045 \quad \text{Hieraus}$$

$$n = 3,045 \cdot (n-1) \rightarrow \frac{n}{n-1} = 3,045/2,045 = 1,49$$

$$T_2 = 293 \cdot 12^{(1,49-1)/1,49} [\text{K}] = 663,4 \text{ K}$$

c)  $i_K = Y_K/\Delta Y_K$  Mit

$$Y_K = w_{t,K} = \frac{n}{n-1} \cdot R \cdot T_1 \cdot \left[ \pi^{(n-1)/n} - 1 \right]$$

$$= \frac{1,49}{1,49-1} \cdot 287 \cdot 293 \cdot \left[ 12^{(1,49-1)/1,49} - 1 \right] \left[ \frac{\text{J}}{\text{kg}} \right]$$

$$= 323240,95 \text{ J/kg} \approx 323 \text{ kJ/kg} \quad \text{Oder}$$

$$w_{t,K} = w_{t,K,s}/\eta_{K,s} \quad \text{wobei}$$

$$w_{t,K,s} = \Delta h_{K,s} = \frac{x}{x-1} \cdot R \cdot T_1 \cdot \left[ \pi^{(x-1)/x} - 1 \right]$$

$$= \frac{1,4}{1,4-1} \cdot 287 \cdot 293 \cdot \left[ 12^{(1,4-1)/1,4} - 1 \right] \left[ \frac{\text{J}}{\text{kgK}} \cdot \text{K} \right]$$

$$= 304306,79 \text{ J/kg} = 304 \text{ kJ/kg}$$

$$w_{t,K} = 304306,79/0,87 = 349777,92 \text{ J/kg} = 350 \text{ kJ/kg}$$

Genauer Wert! Abweichung (ca. 8%) des vorhergehenden Wertes, da Gl. (10-20) nur Näherungsbeziehung.

$$\Delta Y_K = \gamma \cdot u^2/2 \text{ aus Gl. (4-51) mit angen.}$$

$$u = 220 \text{ m/s und } \gamma = 0,8 \text{ gemB Richtwerten}$$

$$\text{nach Unterabschnitt 11.4.5.1}$$

$$\Delta Y_K = 0,8 \cdot 220^2/2 \left[ \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2} \right] = 19360 \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2} = 19,36 \text{ kJ/kg}$$

Mit den Werten ergibt sich

$$i_K = 350/19,36 \approx 18$$

d)  $\underline{D} = u/(\pi \cdot n) = 220/(\pi \cdot 50) \left[ \frac{\text{m/s}}{\text{s}^{-1}} \right] = 1,40 \text{ m}$

e) berdruckwirkung ( $r = 0,5$ ) und deshalb Vollbeaufschlagung. Nach Durchflußgleichung gilt dann:

$$\dot{m} \cdot v_2 = \dot{V}_2 = c_{2m} \cdot A_{2m} = c_{2m} \cdot D \cdot \pi \cdot b_2 \cdot 1/\tau_2 \quad \text{Hieraus}$$

$$b_2 = (\dot{m} \cdot v_2 \cdot \tau_2)/(c_{2m} \cdot D \cdot \pi)$$

Mit geschtzt  $\tau_2 = 1,1$  und nach

Unterabschnitt 11.4.5.1  $u/c_2 = 0,75$  sowie  $\alpha_2 = 20^\circ$

$$c_2 = u/(u/c_2) = 220/0,75 = 293 \text{ m/s}$$

$$c_{2m} = c_2 \cdot \sin \alpha_2 = 293 \cdot \sin 20^\circ = 100 \text{ m/s}$$

Desweiteren aus Gasgleichung  $v_2 = R \cdot T_2/p_2$

I. Stufe:  $T_2 = 293 \text{ K}; p_2 = 1 \text{ bar}$

$$v_2 = 287 \cdot 293/10^5 \left[ \frac{(\text{m}^2/\text{s}^2 \cdot \text{K}) \cdot \text{K}}{(\text{N/m}^2)} \right] = 0,841 \text{ m}^3/\text{kg}$$

Damit und dem obigen Wert

$$b_2 = \frac{140 \cdot 0,841 \cdot 1,1}{100 \cdot 1,40} \left[ \frac{\text{kg/s} \cdot \text{m}^3/\text{kg}}{\text{m/s} \cdot \text{m}} \right] = 0,295 \text{ m} = 295 \text{ mm}$$

Letzte Stufe:  $T_2 \approx 663 \text{ K}; p_2 = p_1 \cdot \pi = 12 \text{ bar}$

$$v_2 = 287 \cdot 663/(12 \cdot 10^5) = 0,159 \text{ m}^3/\text{kg} \quad \text{Damit}$$

$$b_2 = (140 \cdot 0,159 \cdot 1,1)/(100 \cdot 1,4 \cdot \pi) = 0,0556 \text{ m} \approx 56 \text{ mm}$$

f)  $P_K = \Delta h_K \cdot \dot{m}_K = 350 \cdot 140 \left[ \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \cdot \frac{\text{kg}}{\text{s}} \right] \quad \text{mit } \dot{m}_K = \dot{m}$

$$P_K = 49000 \text{ kW} = 49 \text{ MW}$$

g)  $P_T = \Delta h_T \cdot \dot{m}_T = \dot{m}_T \cdot \Delta h_s \cdot \eta_{T,s}$

$$\text{geschtzt } \eta_{T,s} = 0,89 \quad (\text{Abschnitt 11.4.4})$$

$$\Delta h_s = \frac{x}{x-1} \cdot R \cdot T_3 \cdot \left[ 1 - (1/\pi)^{(x-1)/x} \right]$$

$$= \frac{1,4}{1,4-1} \cdot 287 \cdot 1223 \left[ 1 - (1/12)^{(1,4-1)/1,4} \right]$$

$$\left[ \frac{\text{J}}{(\text{kgK})} \cdot \text{K} \right]$$

$$= 624500,7 \text{ J/kg} = 624,5 \text{ kJ/kg}$$

$$\Delta h_T = \Delta h_s \cdot \eta_{T,s} = 624,5 \cdot 0,89 = 555,8 \text{ kJ/kg}$$

$$\dot{m}_T = 0,92 \cdot \dot{m} = 0,92 \cdot 140 = 128,8 \text{ kg/s}$$

$$P_T = 128,8 \cdot 555,8 \left[ \frac{\text{kg}}{\text{s}} \cdot \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \right] = 71587 \text{ kW}$$

$$P_T = 71,5 \text{ MW}$$

h)  $\underline{P}_N = P_T - P_K = 71,5 - 49 = 22,5 \text{ MW}$

$$P_N \text{ 31 \% von } P_T \text{ und } P_K \text{ 69 \% von } P_T$$

i) Nach Gl. (11-27):

$$q = 996 \cdot (T_3 - T_2) + 0,11 \cdot (T_3^2 - T_2^2) \left[ \frac{\text{J}}{\text{kg}} \right]$$

$$q = 966 \cdot (1223 - 663) + 0,11 \cdot (1223^2 - 663^2) \left[ \frac{\text{J}}{\text{kg}} \right]$$

$$q = 657137,6 \text{ J/kg} = 657,14 \text{ kJ/kg}$$

$$\dot{Q}_{Br} = q \cdot \dot{m}_T \cdot 1/\eta_{BK}$$

$$\text{Angen. Ausbrenngrad } \eta_{BK} = 0,98 \quad (\text{Unterabschnitt 11.4.4}) \quad \text{und } H_u = 42000 \text{ kJ/kg nach Tab. 11-9:}$$

$$\dot{Q}_{Br} = 657,14 \cdot 128,8 \cdot 1/0,98 \left[ \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \cdot \frac{\text{kg}}{\text{s}} \right] = 86367 \text{ kJ/s}$$

$$\dot{m}_{Br} = \dot{Q}_{Br}/H_u = 86367/42000 \left[ \frac{(\text{kJ/s})}{(\text{kJ/kg})} \right]$$

$$\dot{m}_{Br} = 2,06 \text{ kg/s}$$

j)  $i_T = \Delta h_T/\Delta h_{T,St}$

Bei  $L_z = u/c_2 = 0,75$  (Frage e) nach Gl. (11-14):

$$c_2 = u/0,75 = 220/0,75 = 293 \text{ m/s} \quad \text{Damit}$$

$$\Delta h_{Le} = c_2^2/2 = 42924,5 \text{ m}^2/\text{s}^2 = 42,9 \text{ kJ/kg}$$

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

$$\Delta h_{St} = 2 \cdot \Delta h_{Le} = 85,8 \text{ kJ/kg} = \Delta h_{T,St} \quad \text{Damit}$$

$$i_T = 555,8/85,8 = 6,4 \quad \text{also} \quad i_T = 6 \text{ Stufen}$$

Bemerkung: Für das gleiche Druckverhältnis benötigt der Kompressor 18, die Turbine jedoch nur 6 Stufen.