

Lösung 5.2

b) $T_1 = 325 \text{ K}$, $p_3 = 3,63 \text{ bar}$

c) $Q_{12} = -838,97 \text{ kJ}$, $Q_{23} = -55,28 \text{ kJ}$, $L_{12} = 240 \text{ kJ}$, $L_{23} = 0 \text{ kJ}$

d) $U_3 - U_2 = -654,15 \text{ kJ}$

e) $\Delta S_{12} = -1,789 \frac{\text{kJ}}{\text{K}}$, $\Delta S_{23} = -0,178 \frac{\text{kJ}}{\text{K}}$

f) $S_{\text{aust}12} = -2,844 \frac{\text{kJ}}{\text{K}}$, $S_{p\eta_2} = 1,055 \frac{\text{kJ}}{\text{K}}$, $S_{\text{aust}23} = -0,187 \frac{\text{kJ}}{\text{K}}$, $S_{p\eta_3} = 0,009 \frac{\text{kJ}}{\text{K}}$

Lösung 7.2

geg.: $m = 5 \text{ kg}$ $c_G = 2,43 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}\cdot\text{K}}$
 $W_{R_{12}} = 1 \text{ MJ}$ $p_1 = p_u = 1 \text{ bar}$
 $\vartheta_1 = \vartheta_u = 25 \text{ }^\circ\text{C}$

a) ges.: Für alle irreversiblen Prozesse gilt: $S_{pr} > 0$

$$\Delta S_{12} = S_{\text{aust}_{12}} + S_{pr_{12}} = \underbrace{\frac{Q_{12}}{T_u}}_{=0} + S_{pr_{12}} \quad \rightarrow S_{pr_{12}} = \Delta S_{12} = m \cdot c_G \cdot \ln \frac{T_2}{T_1}$$

1. HS: $\underbrace{Q_{12}}_{=0} + W_{12} = U_2 - U_1 + \underbrace{\Delta E_a}_{=0}$ mit $W_{12} = \underbrace{W_{V_{12}}}_{=0} + W_{R_{12}}$

$$\rightarrow W_{R_{12}} = m \cdot c_G \cdot (T_2 - T_1) \quad \rightarrow T_2 = \frac{W_{R_{12}}}{m \cdot c_G} + T_1 = 380,3 \text{ K}$$

$$\rightarrow S_{pr_{12}} = 2,963 \frac{\text{kJ}}{\text{K}} > 0 \rightarrow \text{irreversibel}$$

b) ges.: Exergetischer Wirkungsgrad ζ

Zurückgewonnen werden kann nur die Energie, die in Form von Exergie gespeichert wird.

$$\zeta = \frac{E_{2u} - E_{1u}}{E_R} \quad \text{mit} \quad E_R = W_{R_{12}} = \text{Exergie des Aufwandes}$$

$$E_{1u} = 0, \text{ da Zustand 1 = Umgebungszustand}$$

$$E_{2u} = H_2 - H_u + \underbrace{E_a}_{=0} - T_u \cdot (S_2 - S_1)$$

mit $H = U + p \cdot V$

folgt:

$$E_{2u} = \underbrace{(U_2 - U_1)}_{=W_{R_{12}}} + \underbrace{p_2 \cdot V_2 - p_1 \cdot V_1}_{=0} - \underbrace{T_u (S_2 - S_1)}_{E_{V_{12}}}$$

$$\rightarrow \zeta = \frac{W_{R_{12}} - T_u \cdot (S_2 - S_1)}{W_{R_{12}}} = 0,117 = 11,7 \%$$

Lösung 7.3

geg.: Luftstrom A

Wasserstrom B

$$(1) \quad p_{A1} = 1,5 \text{ bar}$$

$$p_{B1} = p_u = 1 \text{ bar}$$

$$T_{A1} = 700 \text{ K}$$

$$T_{B1} = T_u = 300 \text{ K}$$

$$\dot{m}_A = 1 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

$$(2) \quad p_{A2} = 1 \text{ bar}$$

$$T_{B2} = 310 \text{ K}$$

$$T_{A2} = 500 \text{ K}$$

$$\dot{E}_a = 0 \text{ für beide Ströme} = 0$$

Luft als ideales Gas mit $c_{pA} = 1 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$

Wasser als ideale Flüssigkeit mit $c_B = 4,19 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$.

ges.: a) \dot{Q}_{12B}

Adiabates Gesamtsystem

$$\dot{Q}_{12A} + \dot{Q}_{12B} = 0$$

$$\dot{Q}_{12A} = \dot{m}_A \cdot c_{pA} \cdot (T_{A2} - T_{A1}) = -200 \text{ kW} = -\dot{Q}_{12B}$$

b) $\Delta \dot{E}_{B12,u}$

$$\dot{E}_{B2,u} - \dot{E}_{B1,u} = (\dot{H}_{2,u} - \dot{H}_{1,u})_B - T_u \cdot (\dot{S}_2 - \dot{S}_1)_B = \dot{Q}_{12B} - \dot{m}_B \cdot T_u \cdot (s_{2B} - s_{1B})$$

$$\dot{m}_B = \frac{\dot{Q}_{12B}}{c_B \cdot (T_2 - T_1)_B} = 4,77 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

$$(s_2 - s_1)_B = c_B \cdot \ln \left(\frac{T_2}{T_1} \right)_B = 0,1374 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$$

$$\rightarrow \dot{E}_{B2,u} - \dot{E}_{B1,u} = \dot{Q}_{12B} - \dot{m}_{B,u} \cdot T_u \cdot c_B \cdot \ln \left(\frac{T_2}{T_1} \right)_B = 3,26 \text{ kW}$$

c) $(\dot{E}_{A1,u})_A$

$$\dot{E}_{A1,u} = \dot{H}_{A1} - \dot{H}_{Au} - T_u \cdot (\dot{S}_{A1} - \dot{S}_{Au}) = \dot{m}_A \cdot (c_p \cdot (T_{A1} - T_{Au}) - T_u \cdot (s_{A1} - s_{Au}))$$

$$s_{A1} - s_{Au} = c_p \cdot \ln \frac{T_{A1}}{T_{Au}} - R \cdot \ln \frac{p_{A1}}{p_{Au}}$$

$$\rightarrow \dot{E}_{A1,u} = 180,7 \text{ kW}$$

$$d) (\dot{E}_{2,u} - \dot{E}_{1,u})$$

$$\begin{aligned}\dot{E}_{A2,u} - \dot{E}_{A1,u} &= \dot{H}_{A2} - \dot{H}_{A1} - T_u \cdot (\dot{S}_{A2} - \dot{S}_{A1}) \\ &= \dot{Q}_{A12} - \dot{m}_A \cdot T_u \cdot (s_{A2} - s_{A1}) \\ &= \dot{Q}_{A12} - \dot{m}_A \cdot T_u \cdot \left(c_p \cdot \ln \frac{T_{A2}}{T_{A1}} - R \cdot \ln \frac{p_{A2}}{p_{A1}} \right) \\ &= -134 \text{ kW}\end{aligned}$$

$$e) \dot{E}_V$$

$$\begin{aligned}\dot{E}_V &= \dot{E}_{1,u} - \dot{E}_{2,u} = \dot{E}_{A1,u} + \dot{E}_{B1,u} - \dot{E}_{A2,u} - \dot{E}_{B2,u} = -(\dot{E}_{A2,u} - \dot{E}_{A1,u}) - (\dot{E}_{B2,u} - \dot{E}_{B1,u}) \\ &= 130,7 \text{ kW}\end{aligned}$$