Lösung 7.2

geg.: $m = 5\,\text{kg}$ $\quad c_G = 2{,}43\,\frac{\text{kJ}}{\text{kg}\cdot\text{K}}$

$W_{R_{12}} = 1\,\text{MJ}$ $\quad p_1 = p_u = 1\,\text{bar}$

$\vartheta_1 = \vartheta_u = 25\,°\text{C}$

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

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

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

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

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

b) ges.: Exergetischer Wirkungsgrad ζ

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

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

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

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

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) $p_{A1} = 1{,}5\,\text{bar}$ $p_{B1} = p_u = 1\,\text{bar}$

$T_{A1} = 700\text{ K}$ $T_{B1} = T_u = 300\text{ K}$

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

(2) $p_{A2} = 1\,\text{bar}$ $T_{B2} = 310\text{ K}$

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

$\dot{E}_a = 0$ 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 $c_B = 4{,}19\,\frac{\text{kJ}}{\text{kg}\times\text{K}}$.

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

Adiabates Gesamtsystem

$$\dot{Q}_{12_A} + \dot{Q}_{12_B} = 0$$

$$\dot{Q}_{12_A} = \dot{m}_A \cdot c_{pA} \cdot \left(T_{A_2} - T_{A_1}\right) = -200\text{ kW} = -\dot{Q}_{12_B}$$

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

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

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

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

$$\rightarrow \dot{E}_{B2,u} - \dot{E}_{1,u} = \dot{Q}_{12B} - \dot{m}_{B,u} \cdot T_u \cdot c_B \cdot \ln\left(\frac{T_2}{T_1}\right)_B = 3{,}26\text{ kW}$$

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

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

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

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

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

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

e) $\dot{E}_V$

$$\dot{E}_V = \dot{E}_{1,u} - \dot{E}_{2,u} = \dot{E}_{A1,u} + \dot{E}_{B1,u} - \dot{E}_{A2,u} - \dot{E}_{B2,u} = -\left(\dot{E}_{A2,u} - \dot{E}_{A1,u}\right) - \left(\dot{E}_{B2,u} - \dot{E}_{B1,u}\right)$$
$$= 130,7\ \mathrm{kW}$$