

Ein Gemisch von flüssigem und dampfförmigem Wasser (geg. Anfangszustand 1 des Wassers:  $m_1 = 100$  kg,  $T_1 = 393,15$  K,  $V_1 = 85$  m<sup>3</sup>) wird mit 25 kg siedendem Wasser gleichen Druckes isobar gemischt (Zustand 2). Das gesamte Gemisch wird anschließend reversibel adiabatisch komprimiert, bis nur noch eine Phase vorliegt (Zustand 3).

Berechnen Sie:

- Den Dampfgehalt  $x_2$ .
- Die Temperatur  $T_3$ .
- Die Volumenänderungsarbeit  $W_{23}$ .
- Ist die Zustandsänderung  $1 \rightarrow 3$  reversibel? (Begründung!)
- Skizzieren Sie die Zustandsänderungen im  $p,v$ - und im  $T,s$ -Diagramm.

Hinweis: Interpolationen zwischen Werten in der Dampftafel (siehe letztes Blatt) nicht notwendig!

### Lösung

spezifisches Volumen im Zustand 1

$$v_1 = V_1/m_1 = 0,85 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}}$$

Dampfgehalt im Zustand 1:

$$x_1 = \frac{v_1 - v_1'}{v_2'' - v_1'} = 0,9534$$

- Die Dampfmasse  $m_{D1} = m_1 x_1 = 95,34$  kg bleibt bei der isobaren Mischung mit 25 kg siedendem Wassers gleich

$$x_2 = \frac{m_{D2}}{m_2} = \frac{m_1}{m_2} x_1 = 0,7627$$

- Zustandsänderung  $2 \rightarrow 3$  ist reversibel und adiabatisch daher isentrop:  $s_2 = s_3$

$$s_2 = s_1'(1 - x_1) + x_1 s_1'' = 5,800 \text{ kJ/kg}$$

$$\Rightarrow s_3 = s_3'', \quad \vartheta_3 \approx 290 \text{ }^\circ\text{C}.$$

- Zur Kompression benötigte Arbeit  $W_{23} = m_2 w_{23} = m_2(u_3 - u_2) = m_2(h_3 - h_2 + p_2 v_2 - p_3 v_3)$ .

$$h_2 = 2183,4 \text{ kJ/kg}, \quad v_2 = 0,6802 \text{ m}^3/\text{kg}, \quad p_2 = 1,9854 \times 10^5 \text{ Pa}$$

$$h_3 = h_3'' \approx 2767,6 \text{ kJ/kg}, \quad v_3 = v_3'' \approx 0,02554 \text{ m}^3/\text{kg}, \quad p_3 \approx 7,464 \times 10^6 \text{ Pa}$$

$$\Rightarrow W_{12} = 66,07 \text{ MJ}$$

- Die zugeführte Menge siedenden Wassers sei  $\Delta m_F$ , sodass  $m_2 = m_1 + \Delta m_F$ :

$$S_1 = m_1 s_1 + \Delta m_F s_1' = [m_1(1 - x_1) + \Delta m_F] s_1' + m_1 x_1 s_1''$$

$$S_3 = S_2 = m_2 [(1 - x_2) s_1' + x_2 s_1'']$$

Mit  $x_2 = \frac{m_1}{m_2} x_1$  folgt:

$$S_3 - S_1 = [m_2(1 - x_2) - m_1(1 - x_1) - \Delta m_F] s_1' + [m_2 x_2 - m_1 x_1] s_1'' = 0$$

Der Prozess ist daher reversibel!