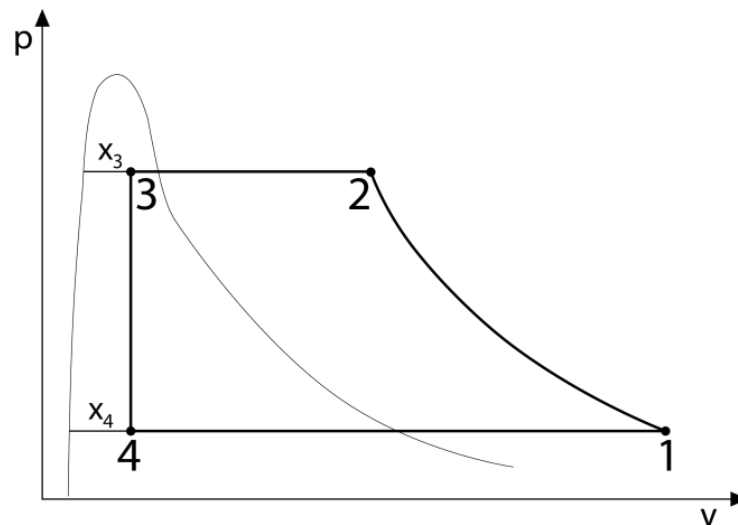


Thermodynamik I, HS10

Musterlösung, Testatklausur 1

Aufgabe 1 (12 pt.)

a) p-v Diagramm:



b) spezifisches Volumen für jeden Zustand:

Zustand 1:

Bei $p_1 = 2 \text{ bar}$ aus Tab. A-12: $v_1 = 0.1044 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}}$

Zustand 2:

$$p_2 = 10 \cdot 10^5 \text{ Pa} \quad v_2 = \left(\frac{p_1 v_1^{1.05}}{p_2} \right)^{\frac{1}{1.05}} = \left(\frac{2 \cdot 10^5 \text{ Pa} \cdot \left(0.1044 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}} \right)^{1.05}}{10 \cdot 10^5 \text{ Pa}} \right)^{\frac{1}{1.05}} = 0.0225 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}}$$

Zustand 3:

$p_3 = p_2 = 10 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ mit Tab. A-11 bei 10 bar:

$$v_3 = (1 - x_3) v_{f,3} + x_3 v_{g,3} = 0.2 \cdot 0.8695 \cdot 10^{-3} \frac{\text{m}^3}{\text{kg}} + 0.8 \cdot 0.202 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}} = 0.0163 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}}$$

Zustand 4:

$$p_4 = p_1 = 2 \cdot 10^5 \text{ Pa} \quad \text{und} \quad v_4 = v_3 = 0.0163 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}}$$

aus Tab. A-11 bei 2 bar:

$$x_4 = \frac{(v_4 - v_{f,4})}{(v_{g,4} - v_{f,4})} = \frac{0.0163 - 0.7532 \cdot 10^{-3}}{0.0993 - 0.7532 \cdot 10^{-3}} = 0.158$$

c) Arbeit vom Zustand 1 nach 2:

$$W_{12} = mw_{12} = m \int_1^2 p \, dv = m \frac{1}{1-1.05} (p_2 v_2 - p_1 v_1) = 2 \text{ kg} \cdot \left(-33.2568 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \right) = -66.5136 \text{ kJ}$$

Arbeit vom Zustand 2 nach 3:

$$W_{23} = mw_{23} = m \int_2^3 p \, dv = mp_2 (v_3 - v_2) = 2 \text{ kg} \cdot \left(-6.2049 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \right) = -12.4099 \text{ kJ}$$

$$\text{Arbeit vom Zustand 3 nach 4:} \quad W_{34} = mw_{34} = m \int_3^4 p \, dv = 0 \text{ kJ} \quad \text{da} \quad v_3 = v_4$$

Arbeit vom Zustand 4 nach 1:

$$W_{41} = mw_{41} = m \int_4^1 p \, dv = mp_1 (v_1 - v_4) = 2 \text{ kg} \cdot \left(17.6092 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \right) = 35.2184 \text{ kJ}$$

Wärmemenge Q_{12} mit Tab. A-12:

$$Q_{12} = U_{12} + W_{12} = m(u_2 - u_1) + W_{12} = 2 \text{ kg} \left(264.77 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} - 229.23 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \right) - 66.51 \text{ kJ} = 4.57 \text{ kJ}$$

Aufgabe 2 (8 pt.)

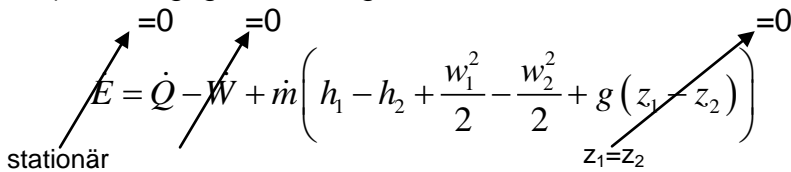
a) Endtemperatur T_2 :

$$\text{Mit A-1:} \quad R_{O_2} = \frac{\bar{R}}{M_{O_2}} = \frac{8.314 \frac{\text{J}}{\text{molK}}}{32 \cdot 10^{-3} \frac{\text{kg}}{\text{mol}}} = 259.81 \frac{\text{J}}{\text{kgK}} \quad \text{somit:}$$

$$p_2 v_2 = R_{O_2} T_2 \quad \text{und} \quad v_2 = \frac{\dot{V}_2}{\dot{m}_2} = \frac{A_2 w_2}{\dot{m}}, \quad \text{wobei} \quad \dot{m}_1 = \dot{m}_2 = \dot{m}$$

$$T_2 = \frac{p_2 A_2 w_2}{\dot{m} R_{O_2}} = 400.29 \text{ K} \cong 400 \text{ K}$$

b) Anfangsgeschwindigkeit w_1 :



$$E = \dot{Q} - \dot{W} + \dot{m} \left(h_1 - h_2 + \frac{w_1^2}{2} - \frac{w_2^2}{2} + g(z_1 - z_2) \right)$$

$$w_1 = \left[2 \left(\frac{-\dot{Q}}{\dot{m}} - (h_1 - h_2) \right) + w_2^2 \right]^{1/2}$$

mit Tab. A-24:

$$h_1 = \frac{\bar{h}_1}{M_{O_2}} = \frac{10213 \frac{J}{mol}}{32 \cdot 10^{-3} \frac{kg}{mol}} = 319.156 \frac{kJ}{kg}$$

$$h_2 = \frac{\bar{h}_2}{M_{O_2}} = \frac{11711 \frac{J}{mol}}{32 \cdot 10^{-3} \frac{kg}{mol}} = 365.969 \frac{kJ}{kg}$$

$$w_1 = 399.13 \text{ m/s}$$

alternativ über A-20:

$$c_p(350K) = 0.928 \frac{kJ}{kgK} \quad \text{und} \quad c_p(400K) = 0.941 \frac{kJ}{kgK}$$

$$\text{somit: } \bar{c}_p = \frac{c_p(350K) + c_p(400K)}{2} = 0.934 \frac{kJ}{kgK}$$

$$h_1 - h_2 = \int_1^2 c_p dT = \bar{c}_p (T_1 - T_2)$$

$$(w_1 = 399.59 \text{ m/s})$$