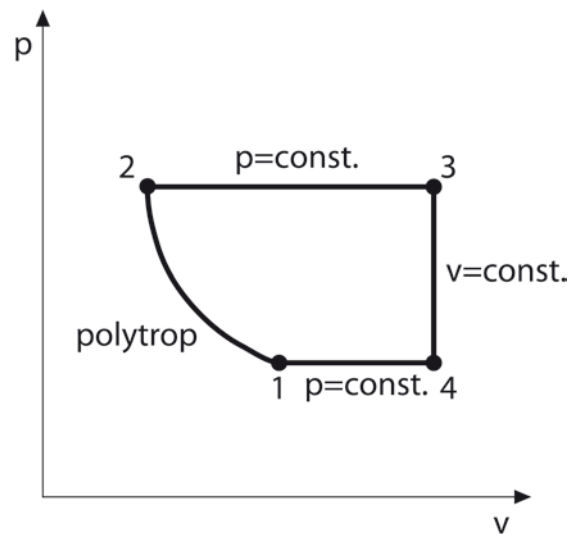


Thermodynamik I, HS09

Musterlösung, Testat Klausur 1

Aufgabe 1 (10 pt.)

a) p-v Diagramm



b) Druck und spezifisches Volumen für jeden Zustand:

Zustand 1:

$$p_1 = 10^5 \text{ Pa} \quad v_1 = \frac{RT_1}{p_1} = \frac{287 \frac{\text{J}}{\text{kgK}} * 300 \text{ K}}{10^5 \text{ Pa}} = 0.861 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}}$$

Zustand 2:

$$p_2 = 0.6 * 10^6 \text{ Pa} \quad v_2 = v_1 \left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{-\frac{1}{1.4}} = 0.861 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}} * \left(\frac{6 * 10^5 \text{ Pa}}{10^5 \text{ Pa}} \right)^{-\frac{1}{1.4}} = 0.239 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}}$$

Zustand 3:

$$p_3 = p_2 = 0.6 * 10^6 \text{ Pa} \quad v_3 = \frac{w_{23}}{p_3} + v_2 = \frac{465 * 10^3 \frac{\text{J}}{\text{kg}}}{6 * 10^5 \text{ Pa}} + 0.239 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}} = 1.014 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}}$$

Zustand 4:

$$p_4 = p_1 = 10^5 \text{ Pa} \quad v_4 = v_3 = 1.014 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}}$$

c) Arbeit vom Zustand 1 nach 2:

$$w_{12} = \int_{v_1}^{v_2} p dv = \int_{v_1}^{v_2} \text{const} * v^{-n} dv = p_i v_i^n * \left[\frac{v^{-n+1}}{1-n} \right]_{v_1}^{v_2} = \frac{1}{1-1.4} (p_2 v_2 - p_1 v_1) =$$

$$= -2.5 \left(6 * 10^5 \text{ Pa} * 0.239 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}} - 10^5 \text{ Pa} * 0.861 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}} \right) = -143.90 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

Arbeit vom Zustand 3 nach 4: $w_{34} = \int_{v_3}^{v_4} p dV = 0 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$ da $v_3 = v_4$

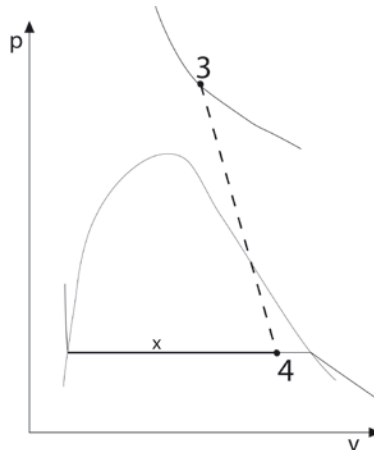
Arbeit vom Zustand 4 nach 1:

$$w_{41} = p_1 (v_1 - v_4) = 10^5 \text{ Pa} \left(0.861 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}} - 1.014 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}} \right) = -15.30 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

Gesamtarbeit: $w_{\text{tot}} = w_{12} + w_{23} + w_{41} = 305.80 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$

Aufgabe 2 (10 pt.)

a) p-v-Diagramm:



b) Arbeit Turbine:

$$\frac{dE}{dt} \overset{\text{stationär}}{=} \overset{\text{adiabat}}{\dot{Q}} - \dot{W}_{\text{Turbine}} + \dot{m}_{\text{ein}} \left(h_{\text{ein}} + \overset{\text{KE und PE vernachlässigbar}}{\frac{v_{\text{ein}}^2}{2} + gz_{\text{ein}}} \right) - \dot{m}_{\text{aus}} \left(h_{\text{aus}} + \overset{\text{KE und PE vernachlässigbar}}{\frac{v_{\text{aus}}^2}{2} + gz_{\text{aus}}} \right)$$

somit:

$$\dot{W}_{34} = \dot{W}_{\text{Turbine}} = \dot{m}_{\text{Wasser}} (h_3 - h_4) \quad \text{wobei} \quad \dot{m}_3 = \dot{m}_4 = \dot{m}_{\text{Wasser}} = 25 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

$$T_3 = 600^\circ\text{C}:$$

Interpolation: $p_a = 12 \cdot 10^6 \text{ Pa} \xrightarrow{\text{Tab.A-4,S.729}} h_a = 3608.3 \cdot 10^3 \frac{\text{J}}{\text{kg}}$

$$p_b = 14 \cdot 10^6 \text{ Pa} \xrightarrow{\text{Tab.A-4,S.729}} h_b = 3591.1 \cdot 10^3 \frac{\text{J}}{\text{kg}}$$

$$\rightarrow h_3 = \frac{(h_b - h_a)}{(p_b - p_a)}(p_3 - p_a) + h_a = 3604 \cdot 10^3 \frac{\text{J}}{\text{kg}}$$

$$x = 0.92 \text{ und } p_4 = 0.1 \text{ bar} \xrightarrow{\text{Tab.A-3,S.725}} (T_4 = 45.81^\circ\text{C}):$$

$$h_{4,f} = 191.83 \cdot 10^3 \frac{\text{J}}{\text{kg}}, \quad h_{4,g} = 2584.7 \cdot 10^3 \frac{\text{J}}{\text{kg}}$$

$$\rightarrow h_4 = (1-x)h_{4,f} + x \cdot h_{4,g} = 2393.3 \cdot 10^3 \frac{\text{J}}{\text{kg}}$$

$$\dot{W}_{\text{Turbine}} = 30.27 \text{ MW}$$

c) Arbeit Kompressor:

$$\frac{dE}{dt} = \dot{Q} - \dot{W}_{\text{Kompressor}} + \dot{m}_{\text{ein}} \left(h_{\text{ein}} + \cancel{\frac{v_{\text{ein}}^2}{2}} + \cancel{gz_{\text{ein}}} \right) - \dot{m}_{\text{aus}} \left(h_{\text{aus}} + \cancel{\frac{v_{\text{aus}}^2}{2}} + \cancel{gz_{\text{aus}}} \right)$$

stationär adiabat KE und PE vernachlässigbar KE und PE vernachlässigbar

somit:

$$\dot{W}_{12} = \dot{W}_{\text{Kompressor}} = \dot{m}_{\text{Luft}} (h_1 - h_2) \quad \text{wobei} \quad \dot{m}_1 = \dot{m}_2 = \dot{m}_{\text{Luft}} = 10 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

$$T_1 = 22^\circ\text{C} = 295 \text{ K} \xrightarrow{\text{Tab.A-22,S.759}} h_1 = 295.17 \cdot 10^3 \frac{\text{J}}{\text{kg}}$$

$$T_2 = 347^\circ\text{C} = 620 \text{ K} \xrightarrow{\text{Tab.A-22,S.759}} h_2 = 628.07 \cdot 10^3 \frac{\text{J}}{\text{kg}}$$

$$\dot{W}_{\text{Kompressor}} = -3.329 \text{ MW}$$

d) Arbeit Generator:

$$\text{Gesamtarbeit: } \dot{W}_{\text{tot}} = \dot{W}_{\text{Turbine}} + \dot{W}_{\text{Kompressor}} + \dot{W}_{\text{Generator}} = 0 \quad (\text{adiabat})$$

somit:

$$|\dot{W}_{\text{Generator}}| = |\dot{W}_{\text{Turbine}} + \dot{W}_{\text{Kompressor}}| = |30.27 \cdot 10^6 - 3.33 \cdot 10^6| \text{ W} = 26.94 \text{ MW}$$