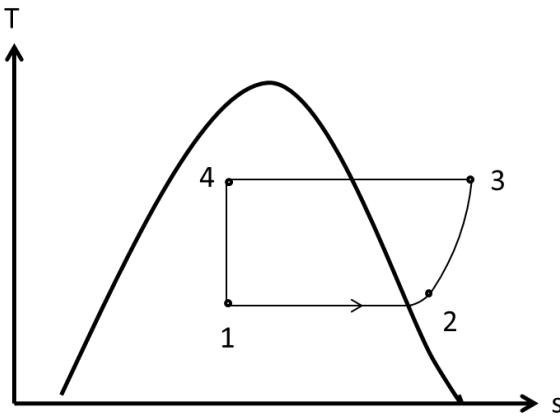


Thermodynamik I, HS13: Musterlösung Zwischenprüfung

Aufgabe 1

a)



b) Prozess 1-2:

$$\text{Tab. A-2: } p_1 = p_2 = 1.014 \text{ bar}$$

$$v_1 = 0.6698 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}}$$

$$u_1 = 1253.96 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$\text{Tab. A-4: } v_2 = v_3 = 1.819 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}}$$

$$u_2 = 2545.34 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$w_{12} = \int pdv = p_1(v_2 - v_1) = 116.526 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$q_{12} = w_{12} + u_2 - u_1 = 1408.10 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

Prozess 2-3:

$$\text{Tab. A-4: } u_3 = 2840.6 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$w_{23} = \int pdv = 0$$

$$q_{23} = u_3 - u_2 = 295.06 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

Prozess 3-4:

$$T_4 = T_3$$

$$\text{Tab. A-2: } s_4 = s_1 = 3.7261 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}K}$$

$$u_4 = 1588.55 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$\text{Tab. A-4: } s_3 = 8.0964 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}K}$$

reversibel & isotherm: $s_{erz} = 0 = s_4 - s_3 - \frac{q_{34}}{T_3}$

$$q_{34} = T_3(s_4 - s_3) = -2591.59 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$w_{34} = q_{34} + u_3 - u_4 = -1339.54 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

Prozess 4-1: Polytropenkoeffizient: $p_1 v_1^n = p_4 v_4^n$

$$\text{Tab. A-2: } p_4 = 112.7 \text{ bar}$$

$$v_4 = 3.362 \cdot 10^{-3} \frac{\text{m}^3}{\text{kg}}$$

$$w_{41} = \frac{1}{1-n} (p_1 v_1 - p_4 v_4) = -200.179 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$q_{41} = w_{41} + u_1 - u_4 = -534.77 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

- c) Der Kreisprozess dreht sich im Phasendiagramm im Gegenuhrzeigersinn. Es handelt sich also um einen Prozess, bei dem netto Arbeit investiert wird, um Wärme vom kalten ins warme Reservoir zu übertragen. Dies hat konkret zur Folge, dass der thermische Wirkungsgrad, der für Prozesse mit positiver Nettoarbeit definiert ist, negativ wird.

$$\varepsilon_K = \frac{\dot{Q}_K}{-\dot{W}_S} = \frac{\dot{Q}_{positiv}}{-\dot{W}_S} = \frac{q_{12} + q_{23}}{-(w_{12} + w_{34} + w_{41})} = 1.197$$

Aufgabe 2

a) Tab. A-1: $M_{air} = 28.97 \frac{g}{mol}$

$$R = \frac{\bar{R}}{M} = 286.987 \frac{J}{K}$$

$$\dot{V}_4 = \frac{\dot{m}_4 R T_4}{p_4} = 5.89 \frac{m^3}{s}$$

b) A-22: $h_4 = 380.77 \frac{kJ}{kg}$

$$s_4^0 = 1.94001 \frac{kJ}{kgK}$$

$$s_5 - s_4 = 0 = s_5^0 - s_4^0 - R \ln \left(\frac{p_5}{p_4} \right)$$

$$s_5^0 = s_4^0 + R \ln \left(\frac{p_5}{p_4} \right) = 2.402 \frac{kJ}{kgK}$$

A-22: $h_5 = 602.84 \frac{kJ}{kg}$

1. HS für offene Systeme:

$$\cancel{\dot{Q}}^0 - \dot{W}_{T \rightarrow K_2} = \dot{m}(h_5 - h_4) + \cancel{\Delta KE} + \cancel{\Delta PE}^0$$

$$\dot{W}_{T \rightarrow K_2} = \dot{m}(h_4 - h_5) = -1199 kW$$

(Achtung: Das ist die Leistung, die vom Kompressor aufgenommen wird! → negatives Vorzeichen)

c) $\dot{W}_T = \dot{W}_{T \rightarrow K_1} + \dot{W}_{T \rightarrow K_2}$

Tab. A-22: $h_3 = 821.95 \frac{kJ}{kg}$

$$\dot{Q} = \dot{W}_T + \dot{m}(h_4 - h_3) = -283.37 kW$$

d) 1.HS: $\cancel{\dot{Q}}^0 - \dot{W}_{T \rightarrow K_2} = \dot{m}(h_2 - h_1)$

(Achtung: Die Leistung für den Kompressor muss ein negatives Vorzeichen haben!)

Tab. A-22: $h_1 = 293.17 \frac{kJ}{kg}$

$$h_2 = -\frac{\dot{W}}{\dot{m}} + h_1 = 459.84 \frac{kJ}{kg}$$

Tab. A-22: $h_2 \rightarrow T_2 = 457.86 K$

$$p_2 = \frac{\dot{m} R T_2}{\dot{V}_2} = 2.027 bar$$