

Eine Maschine mit einem idealen Gas gegebener konstanter spezifischer Wärmekapazitäten ($\kappa = 1,4$) als Arbeitsmedium arbeitet nach folgendem reversiblen Kreisprozeß:

1 → 2: adiabate Expansion von $p_1 = 6 \text{ bar}$, $v_1 = 0,1 \text{ m}^3/\text{kg}$ auf p_2 , $v_2 = 1 \text{ m}^3/\text{kg}$.

2 → 3: isochore Verdichtung.

3 → 1: isobare Verdichtung.

- Zeichnen Sie die Zustandsänderungen im p,v - und im T,s -Diagramm ein!
- Handelt es sich um eine Wärmekraftmaschine oder eine Wärmepumpe?
- Berechnen Sie für jeden Teilprozeß die zu- bzw. abgeführte Wärme und Arbeit.
- Skizzieren Sie in den Diagrammen die zu- bzw. abgeführte Wärme q_{zu} bzw. q_{ab} und die Nettoarbeit w .
- Berechnen Sie die Leistungszahl $\varepsilon = |q_{ab}|/w$ als Funktion von v_1 und v_2 und deren Zahlenwert.

Hinweis:

Die Prozessgleichung für isentrope Zustandsänderungen eines idealen Gases mit konstanten spezifischen Wärmekapazitäten lautet $pv^\kappa = \text{const.}$

Lösung:

b) Wärmepumpe, da $w = -\oint p dv > 0$

c) Aus der Zustandsgleichung für ideale Gase folgt: $p_1 v_1 = (c_p - c_v) T_1$, $p_2 v_2 = (c_p - c_v) T_2$ sowie $p_1 v_2 = (c_p - c_v) T_3$

$$1 \rightarrow 2 \quad d_e q = 0 \quad \Rightarrow \quad \frac{p_2}{p_1} = \left(\frac{v_1}{v_2}\right)^\kappa$$

$$du = d_e w \quad \Rightarrow \quad w_{12} = c_v (T_2 - T_1) = \frac{p_1 v_1}{\kappa - 1} \left(\left(\frac{v_1}{v_2}\right)^{\kappa-1} - 1 \right) = -90,28 \text{ kJ/kg}, \quad q_{12} = 0$$

$$2 \rightarrow 3 \quad dv = 0 \quad \Rightarrow \quad \frac{T_2}{T_3} = \frac{p_2}{p_1}$$

$$du = d_e q \quad \Rightarrow \quad q_{23} = q_{zu} = c_v T_3 \left(1 - \frac{T_2}{T_3}\right) = \frac{p_1 v_1}{\kappa - 1} \left(\frac{v_2}{v_1} - \left(\frac{v_1}{v_2}\right)^{\kappa-1}\right) = 1440,28 \text{ kJ/kg}, \quad w_{23} = 0$$

$$3 \rightarrow 1 \quad dp = 0 \quad \Rightarrow \quad \frac{T_1}{T_3} = \frac{v_1}{v_2}$$

$$dh = d_e q \quad \Rightarrow \quad q_{31} = q_{ab} = c_p T_3 \left(\frac{T_1}{T_3} - 1\right) = \frac{\kappa p_1 v_1}{\kappa - 1} \left(1 - \frac{v_2}{v_1}\right) = -1890,00 \text{ kJ/kg},$$

$$w_{31} = -p_1 \int_{v_2}^{v_1} dv = p_1 v_1 \left(\frac{v_2}{v_1} - 1\right) = 540,00 \text{ kJ/kg}$$

$$e) \quad \varepsilon = \frac{|q_{ab}|}{w} = \left(1 - \frac{q_{zu}}{|q_{ab}|}\right)^{-1} = \left(1 - \frac{1}{\kappa} \frac{1 - \left(\frac{v_1}{v_2}\right)^\kappa}{1 - \frac{v_1}{v_2}}\right)^{-1} = 4,2027$$