

# Thermodynamik I – Rechenübung 9

## Aufgabe 1

Ein System durchläuft einen Kreisprozess, in dem es Energie  $Q_H$  durch Wärmeübergang bei einer Temperatur  $T_H$  erhält und Energie  $Q_C$  durch Wärmeübergang bei einer tieferen Temperatur  $T_C$  abgibt. Es findet kein weiterer Wärmeübergang statt.

- a) Zeigen Sie, dass der thermische Wirkungsgrad des Kreislaufs als

$$\eta = 1 - \frac{T_C}{T_H} - \frac{T_C \cdot E_v}{T_0 \cdot Q_H}$$

ausgedrückt werden kann, wenn die Temperatur  $T_0$  die Umgebungstemperatur und  $E_v = T_0 \cdot S_{erz}$  der Exergieverlust für den Kreislauf ist.

- b) Geben Sie einen Ausdruck für den maximalen theoretischen Wert des thermischen Wirkungsgrades an.
- c) Leiten Sie einen Ausdruck für den Exergieverlust für den Fall her, dass keine Nettoarbeit durch den Kreislauf erzeugt wird. Diskutieren Sie das Ergebnis.

## Aufgabe 2

Zwei starre Blöcke, jeder mit der Masse  $m$ , der spezifischen Wärmekapazität  $c$  und den Anfangstemperaturen  $T_a$  und  $T_b$ , werden in Kontakt gebracht. Die Blöcke sind an ihren äusseren Oberflächen isoliert und ein thermisches Gleichgewicht wird ermöglicht. Leiten Sie einen Ausdruck für den Exergieverlust in Funktion von  $m$ ,  $c$ ,  $T_a$ ,  $T_b$  und der Umgebungstemperatur  $T_0$  her. Beweisen Sie, dass der Exergieverlust nicht negativ sein kann.

## Aufgabe 3

1 kg Luft ( $p_1 = 2 \text{ bar}$ ,  $T_1 = 27^\circ\text{C}$ ) wird bei konstantem Druck ohne internen Exergieverlust bis zu einer Endtemperatur von  $177^\circ\text{C}$  erwärmt. Bestimmen Sie unter Anwendung des idealen Gasgesetzes die Arbeit, die Wärmemenge und die Exergie, die mit Arbeit und Wärmetransport verbunden ist (in kJ). Für die Umgebungsbedingungen gelte:  $T_0 = 280 \text{ K}$  und  $p_0 = 1 \text{ bar}$ .

## Aufgabe 4

Gesättigtes Wasser bei  $100^{\circ}\text{C}$  ist in einem Kolben-Zylinder-System eingeschlossen. Das Wasser wird einem Prozess unterzogen, um es in gesättigten Dampf umzuwandeln. Während dieses Prozesses kann sich der Kolben frei bewegen. Ermitteln Sie massenspezifisch für jeden der im folgenden beschriebenen Prozesse die Änderung der Exergie, den Transfer von Exergie durch Arbeit, den Transfer von Exergie über Wärme und schliesslich den Exergieverlust (in  $\text{kJ/kg}$ ). Umgebungsdaten:  $T_0 = 20^{\circ}\text{C}$ ,  $p_o = 1.014 \text{ bar}$ .

- a) Die Umwandlung erfolgt unter Zugabe von Wärme. Der Prozess ist intern reversibel, Temperatur und Druck sind konstant.
- b) Der Phasenübergang erfolgt nach Zugabe mechanischer Arbeit eines Wasserrades. Der Prozess ist adiabat.