

1. Wiederholen und diskutieren Sie die folgenden in der Vorlesung behandelten Konzepte:

- (a) Was versteht man allgemein unter einer Wärmekraftmaschine?
- (b) Wie ist der Wirkungsgrad einer Wärmekraftmaschine definiert? Wie verhält sich der Wirkungsgrad bei einem irreversiblen Kreisprozess im Vergleich zu einem reversiblen Kreisprozess? Wie verhält sich der Wirkungsgrad, wenn man verschiedene reversible Kreisprozesse betrachtet?
- (c) Was versteht man unter einem Carnot-Kreisprozess? Skizzieren Sie den Carnot-Kreisprozess im p - V -Diagramm. Berechnen Sie den Wirkungsgrad durch Auswertung des 1. und 2. Hauptsatzes.

2. Zwischen zwei Wärmebädern T_1 und T_2 wird mit einem idealen Gas der folgende Kreisprozess durchgeführt:

- Isobare Erwärmung bei p_1 von einem Zustand (p_1, V_1, T_1) zu einem Zustand (p_1, V_2, T_2) .
- Adiabatische Expansion von (p_1, V_2, T_2) zu (p_3, V_3, T_1) .
- Isotherme Kompression bei T_1 von (p_3, V_3, T_1) zurück zu (p_1, V_1, T_1) .

Hinweise: Für das ideale Gas sind die Wärmekapazitäten C_V und C_p jeweils konstant und werden als gegebene Parameter angenommen. Es gilt $C_p = C_V + Nk_B$ (vgl. Blatt 11, Aufgabe 4). Für einen *adiabatischen* Prozess gilt $pV^\gamma = \text{const.}$ mit $\gamma = C_p/C_V$.

- (a) Stellen Sie den Kreisprozess im p - V -Diagramm dar.
- (b) Begründen Sie, dass für diesen Kreisprozess zwischen den Volumina V_1 , V_2 und V_3 der folgende Zusammenhang besteht,

$$V_3^{\gamma-1} = \frac{V_2^\gamma}{V_1} \quad \text{mit} \quad \gamma = \frac{C_p}{C_V}. \quad (1)$$

- (c) Zeigen Sie mit Hilfe von Gleichung (1), dass folgender weiterer Zusammenhang gilt,

$$V_3 = V_1 \left(\frac{T_2}{T_1} \right)^{\frac{\gamma}{\gamma-1}}. \quad (2)$$

Begründen Sie, dass $\frac{\gamma}{\gamma-1} = \frac{C_p}{Nk_B}$ gilt.

- (d) Berechnen Sie für alle Teilprozesse jeweils die Änderung der inneren Energie, die übertragene Wärmemenge sowie die verrichtete Arbeit. Drücken Sie diese Größen jeweils ausschließlich durch die Parameter T_1 , T_2 , C_p und C_V aus. Nutzen Sie hierzu gegebenenfalls die Relation (2).

- (e) Berechnen Sie den Wirkungsgrad $\eta = \frac{-\Delta W}{\Delta Q_2}$. Hierbei ist ΔW die gesamte während des Kreisprozesses verrichtete Arbeit und ΔQ_2 die vom Wärmebad mit der Temperatur T_2 abgegebene Wärmemenge. Vergleichen Sie das Ergebnis mit dem Carnot-Kreisprozess.
3. Ein Perpetuum Mobile zweiter Art ist eine periodisch arbeitende Maschine, die bei einem Umlauf Arbeit abgibt und die dieser Arbeit äquivalente Energie (nach dem 1. Hauptsatz z.B. Wärme) aus *nur einem* Wärmebehälter bezieht.
- (a) Stellen Sie eine solche Wärmekraftmaschine schematisch dar, indem Sie die beteiligten Wärmebehälter sowie den 'Fluss' von Wärme und Arbeit skizzieren.
- (b) Beweisen Sie mit Hilfe des 1. und 2. Hauptsatzes, dass eine solche Maschine nicht existieren kann.