

**Übungsblatt 4** (zu bearbeiten bis 13.11.2015)**Aufgabe 17: CARNOT-Kreisprozess im  $p(V)$ - und  $T(S)$ -Diagramm**

Stellen Sie den CARNOT-Kreisprozess schematisch in einem  $p(V)$ -Diagramm und einem  $T(S)$ -Diagramm dar! Welche der Schritte verlaufen isotherm, welche isentrop und welche adiabatisch? Welche Bedeutung haben jeweils die von der Kurve eingeschlossenen Flächen? Zeigen Sie, dass die beiden Flächen gleich groß sind, wenn derselbe Kreisprozess betrachtet wird!

**Aufgabe 18: Entropie als Zustandsfunktion**

Zeigen Sie am Beispiel eines idealen Gases, dass die Entropie  $S = S(V, T)$  eine Zustandsfunktion ist.

**Aufgabe 19: Universeller Wirkungsgrad von Kreisprozessen**

Zeigen Sie, dass der universelle Wirkungsgrad eines reversiblen CARNOTschen Kreisprozesses einfach aus den beiden Hauptsätzen  $\oint dU = 0$  und  $\oint dS = 0$  hergeleitet werden kann, und zwar ohne explizite Berechnung der Beiträge von Arbeit und Wärme sowie ohne Annahmen über die Art des Arbeitsstoffes.

**Aufgabe 20: Entropie irreversibler Prozesse**

Ein elektrischer Heizkörper ( $80^\circ\text{C}$ ) gibt eine Wärmemenge von  $0.1 \text{ kWh}$  an die Raumluft ( $20^\circ\text{C}$ ) ab. Nehmen Sie an, dass dabei beide Temperaturen konstant bleiben. Berechnen Sie die Änderung der Entropie

- i) des Heizkörpers,
- ii) der Raumluft,
- iii) des Universums,

die bei diesem irreversiblen Prozess eintritt. Welche Arbeit müssten Sie mindestens aufwenden, um der Raumluft die Wärme wieder zu entziehen und sie auf den Heizkörper zu übertragen?

**Aufgabe 21: Reversibler Ersatzprozess**

Sie vermischen in einer Badewanne  $67 \text{ kg}$  kaltes Wasser ( $12^\circ\text{C}$ ) mit  $33 \text{ kg}$  heißem Wasser ( $90^\circ\text{C}$ ). Wieviel Arbeit könnten sie gewinnen, wenn Sie diesen irreversiblen Vorgang reversibel durchführen würden? Auf welche Geschwindigkeit könnten Sie ein Kraftfahrzeug ( $m = 1500 \text{ kg}$ ) mit dieser Arbeit beschleunigen, wenn Reibungskräfte vernachlässigt werden? Berechnen Sie zur Lösung der Aufgabe zunächst die reversible Endtemperatur und vergleichen Sie diese mit der irreversiblen Endtemperatur, die bei direkter Vermischung der beiden Wassermengen resultiert (Mischungstemperatur). Nehmen Sie an, dass die Wärmekapazität von Wasser  $4.186 \text{ kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K})$  beträgt und nicht temperaturabhängig ist.

**Aufgabe 22: Entropie bei reversiblen und irreversiblen Zustandsänderungen**

Betrachten Sie  $1 \text{ mol}$  eines idealen Gases mit einem Druck von  $2 \text{ bar}$  und einer Temperatur von  $300 \text{ K}$ . Dieses Gas wird zunächst *irreversibel* und isotherm gegen einen konstanten Außendruck von  $1 \text{ bar}$  expandiert, wobei die Arbeit  $W_{\text{irrev}}$  freigesetzt wird. Danach wird das Gas *reversibel* und isotherm wieder in den Ausgangszustand überführt, wofür die Arbeit  $W_{\text{rev}}$  aufgewendet werden muss. (a) Berechnen Sie  $W_{\text{irrev}}$  und  $W_{\text{rev}}$  sowie die Wärmemengen, die das Gas mit der Umgebung ( $300 \text{ K}$ ) austauscht. (b) Geben Sie an, wie sich die Entropien von Gas und Umgebung bei den einzelnen Schritten ändern! (c) Wie groß ist die Entropieänderung des abgeschlossenen Gesamtsystems aus System und Umgebung, nachdem die beiden Schritte durchlaufen wurden?