

Übung 4

Ausgabe: 15.03.2017 (im Internet)

Abgabe: 23.03.2017 (beim Assistierenden)

Aufgabe 1: Wärmepumpe

Eine reversibel arbeitende Wärmepumpe entzieht der Umgebung (Aussentemperatur $T = 15^\circ\text{C}$) eine Wärmemenge von 78 kJ und gibt eine Wärmemenge von 95 kJ an einen Boiler (mit höherer Temperatur) ab, der zur Warmwasserversorgung eines Privathaushalts benutzt wird.

- Berechnen Sie die Wassertemperatur im Boiler. Rechnen Sie in den folgenden Teilaufgaben mit dieser Temperatur weiter.
- Wieviel Arbeit muss geleistet werden, um dem Boiler eine Wärmemenge von 95 kJ zuzuführen?
- Wie ändert sich die Effizienz der Wärmepumpe, wenn sich die Aussentemperatur an einem heißen Sommertag von 15°C auf 30°C erhöht? Berechnen Sie die Effizienz einer realen Wärmepumpe mit einem Wirkungsgrad von 55 %?¹
- Sehen Sie Ähnlichkeiten bzw. Unterschiede in der Funktionsweise von Wärmepumpen und Kühlschränken? Welche?

Aufgabe 2: Entropieänderungen und spontane Prozesse

Bestimmen Sie für die folgenden Prozesse die ausgetauschte Arbeit und Wärmemenge zwischen System und Umgebung sowie die Entropieänderung des Systems und der Umgebung. Sie dürfen annehmen, dass sich die Gase ideal verhalten. Die molaren Wärmekapazitäten für ein einatomiges ideales Gas bei konstantem Volumen bzw. konstantem Druck sind:

$$C_{V,m} = \frac{3}{2} R, \quad C_{p,m} = C_{V,m} + R = \frac{5}{2} R$$

- 1 mol Ne (g) wird durch diathermanen Kontakt mit einem idealen Wärmereservoir mit $T = 380\text{ K}$ von 350 K auf 380 K erhitzt. Während des Prozesses bleibt das Gasvolumen konstant.
- 1 mol Kr (g) wird durch diathermanen Kontakt mit einem idealen Wärmereservoir mit $T = 380\text{ K}$ von 350 K auf 380 K erhitzt. Während des Prozesses bleibt der Gasdruck konstant.
- 1 mol He (g) expandiert isotherm und reversibel zum vierfachen Volumen. Der Anfangsdruck beträgt 2 bar und das System ist in diathermanem Kontakt mit einem idealen Wärmereservoir mit $T = 380\text{ K}$.
- 1 mol Kr (g) expandiert adiabatisch und reversibel zum vierfachen Volumen. Die Anfangstemperatur beträgt $T = 380\text{ K}$. (Hinweis: Verwenden Sie die Adiabaten Gleichung.)

¹Die Effizienz oder der Umwandlungsfaktor (η) einer technischen Vorrichtung ist i. A. definiert als das Verhältnis der Nutzenergie zur der aufgebrauchten Energie. In dieser Vorlesung bezeichnet man mit Wirkungsgrad das Verhältnis zwischen dem tatsächlich realisierten Umwandlungsgrad und der maximal erreichbaren Effizienz (Grenzfall einer reversibel arbeitenden Maschine).

- e) 1 mol Ne(g) expandiert isotherm zum vierfachen Volumen gegen einen Aussendruck von 0.5 bar. Der Anfangsdruck beträgt 2 bar und das System ist in diathermanem Kontakt mit einem idealen Wärmereservoir mit $T = 380$ K.
- f) 1 mol He(g) expandiert adiabatisch ins Vakuum (Aussendruck $p_a = 0$ bar) zum vierfachen Volumen.

Aufgabe 3: Entropie

Zwischen Entropie und Unordnung besteht in abgeschlossenen thermodynamischen Systemen ein enger Zusammenhang, wobei einer Zunahme der Entropie eine Zunahme der Unordnung entspricht. In der Regel kann man behaupten, dass Festkörper eine höhere Ordnung aufweisen als Flüssigkeiten, welche ihrerseits eine höhere Ordnung aufweisen als Gase. Zudem gilt, dass Mischungen durch mehr Unordnung charakterisiert sind als reine Stoffe.

- a) Gemäss den oben aufgeführten Überlegungen sollten sich zwei ideale Gase mit den Stoffmengen $n_1 = n_2$ und bei konstanter Temperatur T spontan mischen, wenn z.B. eine Trennwand zwischen zwei Teilvolumina $V_1 = V_2 = V_A/2$, die die beiden Gase getrennt enthalten, plötzlich entfernt wird (siehe Abb. 3-1). Versuchen Sie, einen Ausdruck für die Mischungsentropie für einen solchen spontan ablaufenden Prozess herzuleiten, und zeigen Sie, dass die Mischungsentropie immer positiv ist.

Hinweis: Es ist zweckmässig, wenn man sich zur Lösung dieses Problems vorstellt, dass das System aus zwei Teilsystemen, den beiden idealen Gasen, besteht. Da die beiden Gase nicht wechselwirken, müssen nur zwei reversible Prozesse gefunden werden, die (unabhängig voneinander) Gas 1 und Gas 2 vom Anfangszustand in den Endzustand versetzen.

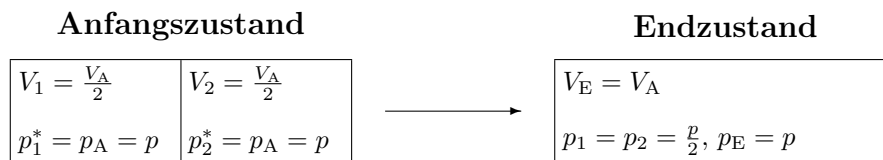


Abbildung 3-1: Schematische Darstellung der Mischung zweier idealer Gase bei konstanter Temperatur. Der Anfangsdruck p_A der beiden reinen Gase vor dem Mischprozess entspricht dem Enddruck p_E in der Mischung. p_1^* und p_2^* entsprechen den Drücken der reinen Gase. p_1 und p_2 sind die Partialdrücke der beiden Gase nach dem Mischen.

- b) Wie erklären Sie unter den oben aufgeführten Gesichtspunkten die Tatsache, dass Wasser in hinreichend kalten Nächten ($< 0^\circ\text{C}$) gefriert? Welche zusätzlichen Angaben würden Sie benötigen, um eine quantitative Erklärung (mit Zahlenwerten) angeben zu können?