

Übung 3

Abgabe: Freitag, 30. April 2004

Aufgabe 1

Von einigen Propagandisten alternativer Energien wird gelegentlich behauptet, die Elektrizitätswirtschaft propagiere Wärmepumpen ja nur, um noch mehr Strom zu verkaufen. In Wahrheit sei es aber so, daß – selbst unter thermodynamisch idealen Bedingungen – durch die Abwärme-Verluste bei der Stromerzeugung und den Stromeinsatz bei der Wärmepumpe bei gleicher Heizleistung mehr Energie benötigt werde, als bei der direkten Verbrennung von Öl. Aus diesem Grunde sei die technische Weiterentwicklung von Wärmepumpen ökologisch kontraproduktiv. Stimmen diese Argumente?

1.1 In Aufgabe 3.3 von Übung 2 wurde gezeigt, daß – bei einer Innentemperatur von 20°C und einer Außentemperatur von 9°C – eine Wärmepumpe eine elektrische Leistung von 300 W aufnehmen muß, um eine Heizleistung von 8000 W zu erbringen.

Wieviel Wärmeleistung braucht unter idealen Bedingungen ein thermisches Kraftwerk mit einer Betriebstemperatur von 600°C , um diese elektrische Leistung von 300 W zu erzeugen? Die Abwärme soll ins Grundwasser (9°C) geleitet werden.

Wie groß ist die Wärmeleistung, die das Kraftwerk in Form von Abwärme dem Grundwasser zuführt? Stimmt das Argument der Propagandisten?

1.2 Wie hätte man ohne Rechnung voraussehen können, daß diese vom thermischen Kraftwerk verbrauchte Wärmeleistung kleiner als die benötigte Heizleistung von 8000 W ist? *Hinweis:* Wann sind die Wärmemengen, die an das Grundwasser abgegeben bzw. dem Grundwasser entnommen werden, gleich?

Aufgabe 2

Abb. 1 links zeigt den im Skript auf S. 9 diskutierten Carnot-Kreisprozeß in einem (p, V) -Diagramm.

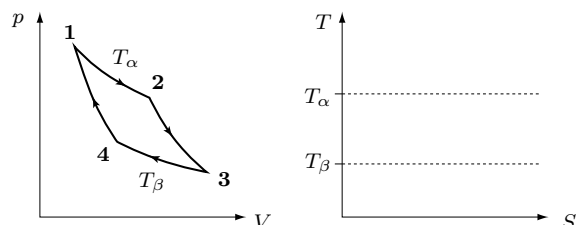


Abbildung 1: Der Carnot-Prozeß, dargestellt in einem (p, V) -Diagramm und in einem (zu vervollständigenden) (T, S) -Diagramm

2.1 Man skizziere denselben Kreisprozeß schematisch in einem (T, S) -Diagramm (Abb. 1 rechts).

2.2 Aus diesem (T, S) -Diagramm kann man die gesamte geleistete Arbeit $\oint \delta A = -\oint \delta Q$ und die Abwärme Q_{34} auf einfache Weise graphisch ableiten. Wie?

Aufgabe 3

Ein heißer Meteorit (Temperatur 1000°C , Masse 1 kg , Wärmekapazität 820 J K^{-1}) stürzt mit einer Geschwindigkeit von 200 km h^{-1} ins Meer (Temperatur 15°C).

3.1 Wie groß ist die durch den Temperaturengleich hervorgerufene Entropieänderung (a) des Meteorits, (b) des Ozeans und (c) des Gesamtsystems?

3.2 *Fakultativ!* Vor der Abkühlung wird die Bewegungsenergie des Meteorits vollständig in Wärme umgewandelt. Wie groß ist die entsprechende Entropieänderung?

Aufgabe 4

Ob die innere Energie U eines idealen Gases vom Volumen abhängt, läßt sich nur über eine Fallunterscheidung beantworten. Das folgende Beispiel soll dazu dienen, dies zu veranschaulichen.

Die innere Energie eines idealen *einatomigen* Gases ist in ihren natürlichen Variablen S und V explizite gegeben durch

$$U(S, V) = \frac{3}{2}nRT_0 \left(\frac{V_0}{V}\right)^{2/3} \exp \frac{2(S - S_0)}{3nR},$$

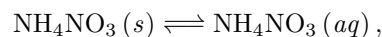
wobei T_0 , S_0 und V_0 konstant sind.

- 4.1** Man leite daraus U als Funktion von T und V her. *Hinweis:* Man bestimme zuerst T als Funktion von S und V durch eine geeignete Ableitung von $U(S, V)$ (vgl. Skript S. 19).
- 4.2** Man vergleiche die beiden Ableitungen der inneren Energie nach dem Volumen, $\left(\frac{\partial U}{\partial V}\right)_T$ und $\left(\frac{\partial U}{\partial V}\right)_S$, und kommentiere das Ergebnis.

- 4.3** Kann man $U(S, V)$ herleiten, wenn $U(T, V)$ gegeben ist? Welche Funktion enthält mehr Information, $U(S, V)$ oder $U(T, V)$?

Aufgabe 5

Ammoniumnitrat löst sich bei 298 K spontan in Wasser. Die Lösung kühlt sich dabei stark ab; dies bedeutet, daß die Lösungsenthalpie ΔH , d. h. die Enthalpie der Reaktion



positiv ist. In der Tat gilt $\Delta H = 25,69 \text{ kJ mol}^{-1}$.

Welches Vorzeichen hat die Lösungsentropie ΔS ? Kann man aus den obigen Angaben eine obere oder untere Grenze für ΔS herleiten?