



## Thermodynamik, SS 2014

Vorlesung: Prof. Dr. L. Schimansky-Geier

Übungen: Dr. A. Straube

URL: <http://people.physik.hu-berlin.de/~straube> (→ Teaching → SS 2014 Thermo)

### Übungsblatt 5: Joule-Thomson Prozess und thermodynamische Potentiale

Ausgabe: 09.06.2014      Abgabe: bis (einschl.) Mo, 16.06 (Schubfach vor Raum NEW 15, 3'411)

---

#### 1. Aufgabe (5 Punkte) Joule-Thomson Prozess

Betrachten Sie Temperaturänderung bei der Expansion eines realen Gases durch eine poröse Wand (Drosselung) unter isenthalpischen Bedingungen,  $H = U + pV = \text{const}$  (Joule-Thomson-Prozess, für Details siehe z.B. [Wikipedia](#)). Die Intensität und Richtung der Temperaturänderung wird durch den Joule-Thomson Koeffizienten  $K_{JT} = (\partial T / \partial p)_H$  beschrieben. Berechnen Sie  $K_{JT}$  für ein van der Waals-Gas mit der Zustandsgleichung

$$\left(p + a \frac{n^2}{V^2}\right) (V - nb) = nRT.$$

Die Kurve im  $P$ - $V$ -Diagramm, bei der  $K_{JT}$  verschwindet, nennt man Inversionskurve. Berechnen und diskutieren Sie diese Kurve für das van der Waals-Gas.

#### 2. Aufgabe (6 Punkte) Hohlraumstrahler

- (a) Berechnen Sie die thermodynamischen Potentiale (freie Energie  $F$ , Enthalpie  $H$  und freie Enthalpie  $G$ ) in ihren natürlichen Variablen für einen Hohlraumstrahler. Die innere Energie und der Druck sind durch die folgenden Beziehungen gegeben:

$$U(T, V) = AT^4V, \quad p(T, V) = \frac{U}{3V}.$$

- (b) Bestimmen Sie die Adiabatangleichung als Funktion von  $(P, V)$  und  $(T, V)$ . Danach berechnen Sie die Arbeits- und Wärmebilanz (Wirkungsgrad) für eine Carnot-Maschine, die mit diesen Zustandsgleichungen arbeitet.

#### 3. Aufgabe (3 Punkte)

Betrachten Sie das System, das die folgenden thermischen und kalorischen Zustandsgleichungen erfüllt:

$$pV = AT^3, \quad U = BT^n \ln \left( \frac{V}{V_0} \right) + f(T).$$

Hier sind  $P$  Druck,  $V$  Volumen,  $T$  Temperatur.  $A$ ,  $B$ ,  $n$ ,  $V_0$  sind konstant und  $f(T)$  eine Funktion der Temperatur. Bestimmen Sie die Konstanten  $B$  und  $n$ .