

# Übungen zur Statistischen Physik I (SS 2003)

## Blatt 1

### Aufgabe 1: Grundbegriffe der Thermodynamik (3 Punkte)

- a) Was versteht man unter thermodynamischem Gleichgewicht?
- b) Was ist thermisches Gleichgewicht?
- c) Was ist eine Zustandsgröße?
- d) Was sind extensive bzw. intensive Zustandsgrößen? Nennen Sie jeweils drei Beispiele.

### Aufgabe 2: van der Waals-Zustandsgleichung (7 Punkte)

Die van der Waals-Zustandsgleichung für ein Mol eines Gases lautet

$$\left(p + \frac{a}{V^2}\right)(V - b) = RT.$$

- a) Im  $pV$ -Diagramm besitzt diese Gleichung Extrema bei festem  $T$ . Bei Variation von  $T$  bilden diese Extrema eine Kurve im  $pV$ -Diagramm. Wie lautet die Gleichung für diese Kurve?
- b) Zeigen Sie, dass die gefundene Kurve ein Maximum besitzt bei

$$V_c = 3b, \quad p_c = \frac{a}{27b^2}, \quad T_c = \frac{8a}{27bR}.$$

Dies ist der sogenannte kritische Punkt.

- c) Zeigen Sie, dass der kritische Punkt auch durch die Gleichungen

$$\left(\frac{\partial p}{\partial V}\right)_T = 0, \quad \left(\frac{\partial^2 p}{\partial V^2}\right)_T = 0$$

bestimmt ist.

- d) Drücken Sie die van der Waals-Gleichung durch die reduzierten Größen

$$\phi = \frac{V}{V_c}, \quad \pi = \frac{p}{p_c}, \quad \tau = \frac{T}{T_c}$$

aus.

- e) Berechnen Sie die isobare, thermische Volumenausdehnung

$$\alpha = \frac{1}{V} \left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_p$$

und die isotherme Kompressibilität

$$\kappa_T = -\frac{1}{V} \left(\frac{\partial V}{\partial p}\right)_T$$

für den Fall  $V = V_c$ .

**Aufgabe 3: Anwendung der van der Waals-Zustandsgleichung (5 Punkte)**

Für  $CO_2$  gilt näherungsweise die van der Waals-Gleichung mit

$$a = 3,67 \cdot 10^6 \text{ bar cm}^6 \text{ Mol}^{-2}, \quad b = 42,75 \text{ cm}^3 \text{ Mol}^{-1}$$

oder die Clausiussche Gleichung

$$p = \frac{RT}{V - a'} - \frac{c}{T(V + b')^2}.$$

Bestimmen Sie  $a'$ ,  $b'$  und  $c$  so, dass die kritischen Punkte für beide Gleichungen übereinstimmen.