Prof. Dr. Sabine Klapp,
Arash Azhand, Mathias Hayn, Emely Wiegand

# 8. Übungsblatt – Thermodynamik und Statistik

**Abgabe: Do. 14.06.2012 bis 11:00 Uhr, Briefkasten ER-Gebäude**
*Bei den schriftlichen Ausarbeitungen werden ausführliche Kommentare zum Vorgehen erwartet. Dafür gibt es auch Punkte! Die Abgabe soll in 2er-/3er-Gruppen erfolgen. Bitte geben Sie Ihre Namen, Matrikelnummern und das Tutorium (Tutor und Termin) an.*

**Aufgabe 20 (5 Punkte):** *Wärmekapazitäten*

In der Thermodynamik unterscheidet man zwischen der Wärmekapazität bei konstantem Volumen, $C_V = T\left(\frac{\partial S}{\partial T}\right)_V = \left(\frac{\partial E}{\partial T}\right)_V$, und der Wärmekapazität bei konstantem Druck, $C_P = T\left(\frac{\partial S}{\partial T}\right)_P$. Zeigen Sie

$$C_P - C_V = \frac{VT\alpha^2}{\kappa_T},$$

wobei $\alpha = V^{-1}\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_P$ der Expansionskoeffizient, und $\kappa_T = -V^{-1}\left(\frac{\partial V}{\partial P}\right)_T$ die isotherme Kompressibilität sind. Diskutieren Sie Ihre Ergebnisse.
*Hinweis:* Starten Sie mit der Relation

$$dS = \left(\frac{\partial S}{\partial T}\right)_V dT + \left(\frac{\partial S}{\partial V}\right)_T dV,$$

gültig für Systeme mit fester Teilchenzahl. Schreiben Sie dazu den zweiten Term dieser Relation mit Hilfe einer hierfür günstigen Maxwell-Relation und der Regeln für partielle Ableitungen um.

**Aufgabe 21 (3 Punkte):** *Adiabatische Expansion eines idealen Gases*

Betrachten Sie ein adiabatisches Behältnis (ideal isolierende Wände), in welchem sich anfangs ein perfektes Vakuum befinden möge. Durch ein Ventil zur umgebenden Außenatmosphäre mit Luftdruck $p_0$ und Temperatur $T_0$ werde sehr langsam Luft in das Behältnis eingelassen, so dass die Prozessführung als quasistatisch angesehen werden kann. Am Ende des Vorganges entspricht der Druck im Behältnis genau dem Außenluftdruck $p_0$. Behandeln Sie die Luft als ideales Gas mit konstanten Wärmekapazitäten $C_p$ und $C_V$ und zeigen Sie, dass die Temperatur im Behältnis nach dem Gaseinlass durch

$$T = \gamma T_0$$

gegeben ist, wobei, wie üblich, $\gamma = \frac{C_P}{C_V}$ ist. Zeigen Sie hierfür zunächst, dass für ein ideales Gas die Beziehung zwischen den Wärmekapazitäten aus der letzten Aufgabe durch $C_P - C_V = Nk_B$ gegeben ist.

**Aufgabe 22 (8 Punkte):** $C_p$ *für van-der-Waals Gas*
Ein Mol eines realen Gases (van-der-Waals Gas) genügt der Zustandsgleichung

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

**Bitte Rückseite beachten!⟶**

wobei die innere Energie durch

$$E = cT - \frac{a}{V}$$

gegeben ist. Dabei sind $a$, $b$ und $c$ konstante Fitparameter und $R = N_A k_B = 8.31 \frac{J}{Kmol}$ ist die Gaskonstante. Zeigen Sie, dass die molare Wärmekapazität bei konstantem Druck durch

$$C_p = c + \frac{R}{1 - \frac{2a}{RTV^3}(V-b)^2}$$

gegeben ist.

## Vorlesung:

Mi. um 12:15 Uhr – 13:45 Uhr in EW 203,
Fr. um 8:30 Uhr – 10:00 Uhr in EW 203.

## Scheinkriterien:

- Mindestens $50\%$ der schriftlichen Übungspunkte.
- Regelmäßige und aktive Teilnahme in den Tutorien (mindestens einmal vorrechnen).
- Bestandene Klausur.

## Literatur zur Lehrveranstaltung:

- M. Plischke, B. Bergersen, Equilibrium Statistical Physics, (World Scientific)
- W. Nolting, Theoretische Physik 6, (Springer)
- F. Schwabl, Statistische Mechanik, (Springer)
- L. D. Landau, E. M. Lifschitz, Statistische Physik (Akademie Verlag)
- D. Wu, D. Chandler, Introduction to Modern Statistical Mechanics, (Oxford)
- L. E. Reichel, A Modern Course in Statistical Physics, (Edward Arnold LTD)

## Sprechzeiten:

| **Name** | **Tag** | **Zeit** | **Raum** | **Tel.** |
|---|---|---|---|---|
| Prof. Sabine Klapp | Di | 12:15 – 13:00 Uhr | EW 707 | 23763 |
| Arash Azhand | Do | 11:00 – 12:00 Uhr | EW 627 | 27681 |
| Mathias Hayn | | nach Vereinbarung | EW 711 | 27884 |
| Emely Wiegand | Mi | 11:00 –12:00 Uhr | EW 60/61 | 26143 |