

## Theoretische Physik IV Lehramt

### 4. Übungsblatt

Abgabetermin: bis Donnerstag, 17. Mai 2011, 18 Uhr,  
per E-Mail an A. Kramer

#### 9. Reversible und irreversible Abkühlung (6 Punkte)

Ein ideales Gas in einem abgeschlossenen Behälter wird von der Temperatur  $T_h$  auf  $T_k$  abgekühlt, indem es mit einem Wärmebad der Temperatur  $T_R$  in Kontakt gebracht wird.

- a) Berechnen Sie die Wärmeänderung  $\Delta Q$  und die Entropieänderung  $\Delta S$  des Gases bei diesem Prozess.
- b) Hängen die Größen  $\Delta Q$  und  $\Delta S$  davon ab, ob die Abkühlung quasistatisch erfolgt? Begründen Sie ihre Antwort.
- c) Vergleichen Sie die Entropieänderung des Reservoirs für die beiden Fälle
  - i) quasistatische Abkühlung ( $T_R$  langsam verringert von  $T_h$  zu  $T_k$ ) und
  - ii) irreversible Abkühlung ( $T_R = T_k$  während des ganzen Prozesses)
- d) Was kann über die Entropiebilanz des abgeschlossenen Gesamtsystems bestehend aus Gas und Wärmebad im Fall irreversibler Abkühlung ausgesagt werden?

**10. Magnet****(3+1\* Punkte)**

Das magnetische Analogon zur Volumenarbeit  $\delta W = -pdV$  ist  $\delta W = \mu_0 V H dM$ . Betrachten Sie nun ein magnetisches Material mit den thermodynamischen Variablen Temperatur  $T$ , Magnetfeld  $H$  und Magnetisierung  $M$ . Der Druck  $p$  und das Volumen  $V$  seien konstant und sind für das Folgende irrelevant.

- a) Die innere Energie  $U = U(T, M)$  sei bekannt, ferner die Zustandsgleichung in der Form  $M = M(T, H)$  gegeben. Formulieren Sie mit diesen Angaben die Differenz der Wärmekapazitäten  $C_M - C_H$ .
- b) Was ergibt sich speziell für den idealen Paramagneten, der durch  $(\partial U / \partial M)_T = 0$  und  $M = CH/T$  ( $C$ : Curie-Konstante) charakterisiert ist?
- c) Verifizieren Sie mit a) und geeigneten Maxwell-Relationen die Behauptung:

$$C_M - C_H = \mu_0 V T \left( \frac{\partial H}{\partial T} \right)_M \left( \frac{\partial M}{\partial T} \right)_H .$$

- d\*) Benutzen Sie zur expliziten Berechnung von  $C_M - C_H$  die Zustandsgleichung eines Ferromagneten (für kleine  $H$ ,  $M \geq 0$ )

$$H = \frac{1}{C}(T - T_c)M + bM^3,$$

wobei  $C$ ,  $T_c$  und  $b$  positive Konstanten sind.

**gesamt: 9+1\* Punkte**