

Prof. Dr. Holger Stark  
Johannes Blaschke, Jakob Löber, Torben Winzer, Maria Zeitz

**3. Übungsblatt – TPIV: Thermodynamik und statistische Physik**

**Abgabe: Fr. 13.05.2016 bis 08:30 Uhr, Briefkasten ER-Gebäude**

**M Aufgabe 7: Spezifische Wärme**

- a) Ein System mit zwei Freiheitsgraden erfahre Zustandsänderungen, die der Nebenbedingung

$$F(P, V) = \text{const.}$$

unterworfen sind. Zeigen Sie, dass sich die spezifische Wärme  $c_F$  als

$$c_F = \left( \frac{dQ}{dT} \right)_F = c_V + \frac{[(\frac{\partial U}{\partial V})_T + P] (\frac{\partial V}{\partial T})_P}{1 + \frac{F_V}{F_P} (\frac{\partial V}{\partial P})_T} \quad (1)$$

darstellen läßt, wobei  $F_P = (\frac{\partial F}{\partial P})_V$  und  $F_V = (\frac{\partial F}{\partial V})_P$  ist.

*Hinweis:* Man verwende zunächst Temperatur und Volumen als unabhängige Variablen.

- b) Ein ideales Gas werde polytrop komprimiert, d.h. es gelte die Nebenbedingung

$$PV^\gamma = \text{const.}, \quad 1 < \gamma < \frac{c_P}{c_V}.$$

Berechnen Sie die mit der Umgebung ausgetauschte Wärmemenge  $\Delta Q = c_{\text{polytrop}} \Delta T$  als Funktion von Anfangs- und Endvolumen.

*Hinweis:* Beim idealen Gas gilt  $(\frac{\partial U}{\partial V})_T = 0$ .

**S Aufgabe 8 (8 Punkte): Magnetisierung**

Eine magnetisierbare Nadel befindet sich in einem zu ihrer Achse parallelen Magnetfeld  $H$ . Die Magnetisierung  $M$  der Nadel hängt von der Temperatur  $T$  und vom äußeren Feld  $H$  ab. Zur Erhöhung der Magnetisierung um  $dM$  leistet das Feld die Arbeit  $dA = HdM$ .

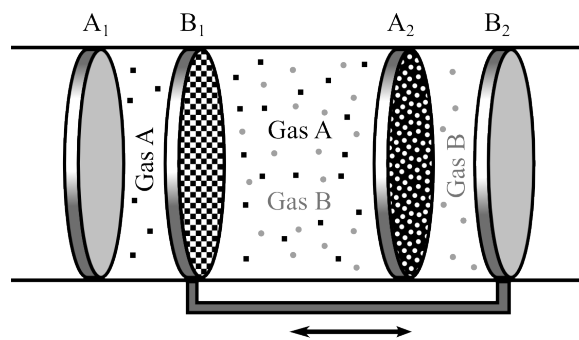
- a) Leiten Sie eine allgemeine Beziehung zwischen den spezifischen Wärmen  $C_M$  und  $C_H$  (bei festgehaltenem  $M$  bzw.  $H$ ) ab.
- b) Berechnen Sie die adiabatische Suszeptibilität  $\chi_{ad} = (\partial M / \partial H)_{ad}$  und setzen Sie diese zur isothermen Suszeptibilität  $\chi_T = (\partial M / \partial H)_T$  und zu den spezifischen Wärmen  $C_M$  und  $C_H$  in Beziehung.

3. Übung TPIV SS 16

**S Aufgabe 9 (12 Punkte): Mischungsentropie**

In einem zylindrischen Rohr, das auf konstanter Temperatur  $T$  gehalten wird, befinden sich zwei unbewegliche Wände,  $A_1$  und  $A_2$ , die ein Volumen  $V$  einschließen. Außerdem befinden sich in dem Rohr zwei bewegliche Stempel,  $B_1$  und  $B_2$ , die starr miteinander verbunden sind und ebenfalls das Volumen  $V$  einschließen, siehe Skizze.

Der Stempel befindet sich links am Anschlag, so daß die eingeschlossenen Volumina zwischen  $A_1$  und  $B_1$  bzw. zwischen  $A_2$  und  $B_2$  jeweils gleich 0 sind. In diesem Zustand werde der Raum zwischen  $B_1$  und  $A_2$  mit einem Gemisch aus  $n_A$  Molen eines idealen und  $n_B$  Molen einer anderen idealen Gase befüllt. Die Wand  $A_2$  sei für Moleküle der Sorte  $B$  durchlässig und der Stempel  $B_1$  für Moleküle der Sorte  $A$ . Ansonsten seien die Wände und Stempel undurchlässig.



- Beim quasi-statischen Herausziehen der Stempel bis zum äußeren rechten Anschlag wird das Gasmisch in die reinen Bestandteile  $A$  und  $B$  getrennt. Überlegen Sie sich, daß sich bei diesem Vorgang die Entropie nicht ändert, indem Sie sich die innere Energie  $\Delta U$  und verrichtete mechanische Arbeit  $\Delta W$  anschauen. Bestimmen Sie die Mischungsentropie  $S_m$  des Gasmisches als Funktion von  $T$ ,  $V$ ,  $n_A$  und  $n_B$ .
- Was ändert sich an der Entropie, wenn die beiden Gase aus den gleichen Molekülen bestehen? Läßt sich das obige Gedankenexperiment auch für gleiche Gase durchführen?
- Welche Arbeit ist mindestens aufzuwenden, um die beiden Gase isotherm und bei konstantem Gesamtvolumen zu trennen.
- In zwei, durch eine Trennwand separierte, Behälter mit den Volumina  $V_A$  und  $V_B$  befinden sich  $n_A$  bzw.  $n_B$  Mole zweier verschiedener idealer Gase bei der Temperatur  $T$ . Wie groß ist die Gesamtentropie nach Durchmischung, wenn die Trennwand entfernt wird? Was ergibt sich, wenn die beiden Gase vor dem Mischen die gleiche Dichte haben?

**Zum Übungsbetrieb:** Die Übungsaufgaben teilen sich auf in mündliche **M** und schriftliche **S** Aufgaben. Die Bedingung für die Vergabe eines Übungsscheins gliedert sich daher in zwei Teile:

- Es müssen mindestens 50% der schriftlichen Übungspunkte erreicht werden. Die Abgabe erfolgt in Dreiergruppen. Ab dem zweiten Übungsblatt werden Einzel- und Zweierabgaben nicht mehr akzeptiert!
- Vorrechnen: Jeder Student kreuzt vor jeder Übung diejenigen Aufgaben auf einer ausliegenden Liste an, die er oder sie bearbeitet hat. Wer eine Aufgabe angekreuzt hat, ist bereit diese Aufgabe an der Tafel vorzurechnen. Für den mündlichen Teil des Scheinkriteriums müssen am Ende des Semesters in Summe 50% der mündlichen Aufgaben angekreuzt sein.