

# Statistische Physik

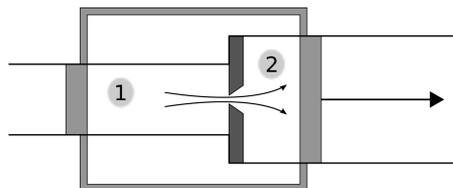
## Übungsblatt 5

Vorlesung: Prof. Dr. Otfried Gühne  
 Übungen: Sönke Niekamp, Dr. Matthias Kleinmann, Do 8–10, Raum: D120

Abgabe: Di, 17. Mai 2011

### 1. Drossel (4 Punkte)

Ein Gas strömt durch eine Drossel, so dass vor der Drossel der Druck  $p_1$  und nach der Drossel der Druck  $p_2$  herrscht mit  $p_1 > p_2$ . Der Prozess ist adiabatisch,  $\delta Q = 0$ .



- (a) Welches thermodynamische Potential  $X$  bleibt während des Vorgangs konstant?
- (b) Es gilt also  $dX = 0$ . Berechnen Sie die differentielle Temperaturänderung  $(\partial T / \partial p)_X$  in Abhängigkeit von  $T$ ,  $V$ ,  $(\partial V / \partial T)_p$  und  $C_p \equiv T(\partial S / \partial T)_p$ .
- (c) Ein van-der-Waals-Gas genügt der Zustandsgleichung

$$\left(p + a \frac{N^2}{V^2}\right) (V - Nb) = NT, \quad \text{mit } a \text{ und } b \text{ konstant.}$$

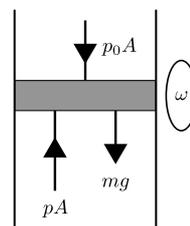
Bestimmen Sie für allgemeine  $a \geq 0$  und  $b > 0$  den kritischen Druck  $p(T)$ , so dass der Vorgang das Gas weder abkühlt noch erwärmt.

### 2. Adiabatik (4 Punkte)

Ein thermisch isoliertes System erfüllt die Gleichung

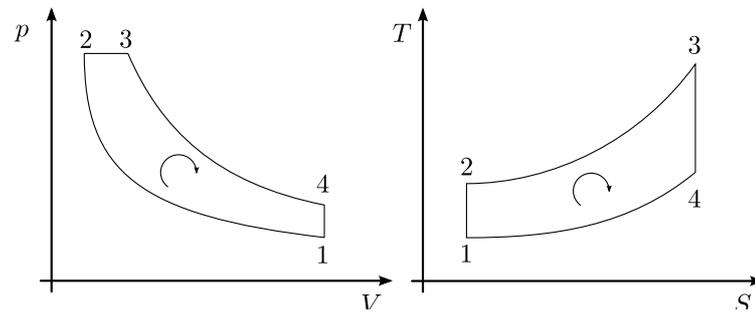
$$\left(\frac{\partial T}{\partial V}\right)_S = (1 - \gamma) \left(\frac{\partial T}{\partial V}\right)_p, \quad \text{mit } \gamma = C_p / C_V \text{ und } C_X = T(\partial S / \partial T)_X.$$

- (a) Zeigen Sie, dass diese Gleichung gilt.
- (b) Finden Sie eine Lösung  $T(V)$  dieser Differentialgleichung für den Fall des idealen Gases,  $pV = NT$ .
- (c) Ein Stempel mit Masse  $m$  und Fläche  $A$  drückt im Schwerfeld der Erde vertikal auf ein Volumen mit idealem Gas. Der Stempel ist reibungslos gelagert und befindet sich zunächst im Gleichgewicht des äußeren Drucks  $p_0$ , der eigenen Schwere und des vom eingeschlossenen Gas ausgeübten Drucks  $p$ . Der Stempel wird nun angestoßen, so dass er mit der Kreisfrequenz  $\omega$  um seine Ruhelage schwingt. Die Zustandsänderung bleibe hierbei adiabatisch und das eingeschlossene Gas befinde sich stets im Gleichgewicht. Bestimmen Sie  $\gamma$  in Abhängigkeit von  $\omega$ .



*Bitte wenden!*

### 3. Diesel-Prozess\*



Ein Dieselmotor kann durch einen thermodynamischen Kreisprozess beschrieben werden, welcher aus zwei Isentropen  $1 \rightarrow 2$ ,  $3 \rightarrow 4$ , einer Isobaren  $2 \rightarrow 3$  und einer Isochoren  $4 \rightarrow 1$  besteht. Wir nehmen ein ideales Gas als Arbeitsmedium an. Berechnen Sie den thermischen Wirkungsgrad  $\eta_{\text{th}}$  in Abhängigkeit von  $V_1/V_2$ ,  $V_3/V_4$  und  $\gamma$ .