

## TL IV: Thermodynamik für Lehramt im WS 2005/2006

Prof. Dr. Th. Franosch

### Übungsblatt 4

#### Übung 1

Bei nicht zu tiefen Temperaturen ist die innere Energie eines Festkörpers eine lineare Funktion der Temperatur:

$$E(T) = C(T - T_0) + E_0 \quad . \quad (1)$$

Zwei Körper mit  $E^{(i)} = C^{(i)}(T - T_0) + E_0^{(i)}$  ( $i = 1, 2$ ) werden in thermischen Kontakt gebracht. Die Anfangstemperaturen seien  $T_a^{(1)}$ ,  $T_a^{(2)}$ .

- Man berechne die Temperatur  $T$  im Endzustand (d.h. im Gleichgewicht nach Temperaturengleich).
- Man berechne die Entropieänderung  $\Delta S = S_{\text{Ende}} - S_{\text{Anfang}} = S(T, T_a^{(1)}, T_a^{(2)})$  und zeige, daß  $\Delta S > 0$  ist. Die Wärmeausdehnung kann dabei vernachlässigt werden.
- Man berechne die Entropieänderungen (mit  $C^{(1)} = C^{(2)} = C$ )  $\Delta S^{(i)} = S_{\text{Ende}}^{(i)} - S_{\text{Anfang}}^{(i)}$  ( $i = 1, 2$ ) für kleine  $\Delta T = T_a^{(1)} - T_a^{(2)} > 0$  bis zur zweiten Ordnung in  $\Delta T$ , skizziere den Verlauf von  $\Delta S^{(i)}$  ( $i = 1, 2$ ) als Funktion von  $\Delta T/T_a^{(2)}$  und vergleiche mit  $\Delta S$ .

#### Übung 2

Mit einem idealen Gas wird der in Skizze 1 dargestellte Kreisprozeß durchgeführt. Bei adiabatischer Zustandsänderung ( $1 \rightarrow 2$ ) gilt  $pV^\gamma = \text{const.}$  ( $\gamma > 1$ ). Der Prozeß werde mit Hilfe zweier Wärmespeicher durchgeführt (2).

- Wie muß in den einzelnen Takten a,b,c geschaltet werden (siehe Skizze 2)? Vervollständigen Sie die Tabelle in Abbildung 3!
- Man berechne für einen vollen Zyklus das Verhältnis  $\eta$  der vom Gas geleisteten Arbeit zu der aus dem Reservoir  $T_1$  entnommenen Wärme.

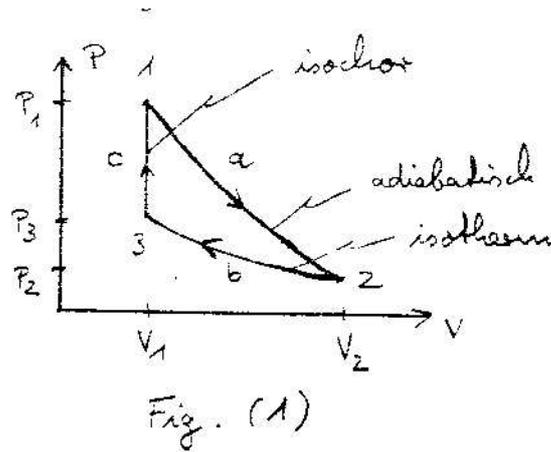


Abbildung 1: Der Kreisprozess im p-V-Diagramm

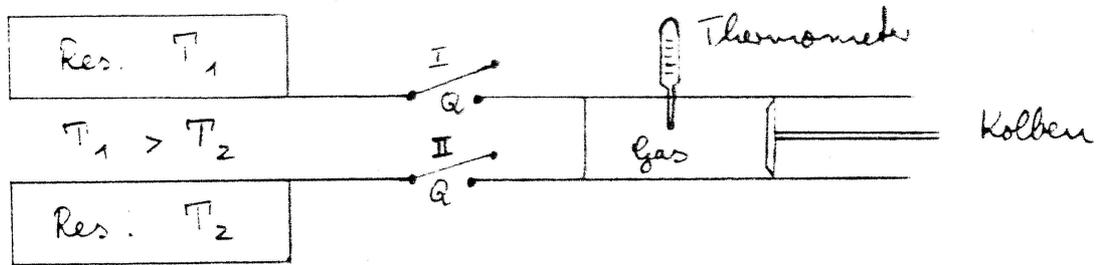


Abbildung 2: Realisierung des Kreisprozesses

### Übung 3

Gegeben seien  $k$  Systeme mit den Anfangstemperaturen  $T_i > 0$ ,  $i = 1, \dots, k$ . Die Systeme können nur untereinander Wärme austauschen, d.h. das zusammengesetzte System ist abgeschlossen. Die Temperatur im Endgleichgewicht (f) sei  $T_f$ . Für den Gesamtwärmeumsatz gilt daher

$$\Delta Q = \sum_{i=1}^k \Delta Q_i = \sum_{i=1}^k \int_{T_i}^{T_f} C_V^{(i)}(T) dT = 0 \quad (2)$$

wobei  $\Delta Q_i$  die dem  $i$ -ten System bei Temperaturengleichung zugeführte Wärme bezeichnet (d.h. sowohl  $\Delta Q_i > 0$  wie  $\Delta Q_i < 0$  ist möglich).

Zeigen Sie, daß  $\Delta S = S_f - \sum_i S_i \leq 0$ .

*Hinweise:*

- Beachten Sie, daß die  $T_i$  beliebige Werte haben, d.h. für manche gilt  $T_i > T_f$ , für andere  $T_i < T_f$ .
- Untersuchen Sie die Größe  $\psi := T_f \Delta S$ .

	a	b	c
I			
II			

Abbildung 3: Vervollständigen Sie die Tabelle!