

**Übungsblatt 10**

[AUSGABE: 03.07.2012; ABGABE: 10.07.2012]

Übungszettel im Netz unter <http://www.tp4.rub.de/hat/>

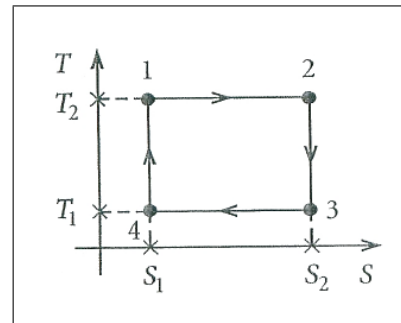
**Aufgabe 25 Kreisprozess (12 Punkte)**

Betrachten Sie in der  $T - S$ -Ebene den skizzierten reversiblen Kreisprozess eines idealen Gases.

(a) Berechnen Sie die Wärmemengen, die das System auf den vier Teilstücken austauscht, als Funktion von  $T_1, T_2$  und  $S_1, S_2$ .

(b) Bestimmen Sie die pro Umlauf geleistete Arbeit und geben Sie den Wirkungsgrad  $\eta$  an.

(c) Wie sieht das  $pV$ -Diagramm dieses Prozesses aus?



**Aufgabe 26: Zustandssumme (10 Punkte)**

Die Zustandssumme eines van der Waals-Gases lautet:

$$Z(T, V, N) = \frac{1}{N!} \left( \frac{V - b}{\lambda^3} \right)^N \exp \left\{ \frac{a}{k_B T V} \right\} \quad \text{mit } a, b = \text{const.}$$

Zusätzlich zu den üblichen Bezeichnungen ist  $\lambda = \lambda(T) = h/\sqrt{2\pi m k T}$  die thermische Wellenlänge, wobei  $h$  das Planck'sche Wirkungsquantum,  $m$  die Masse eines Gasteilchens und  $k_B$  die Boltzmannkonstante bezeichnet.

(a) Leiten Sie für die freie Energie die Beziehung

$$F = NkT \left( \ln N - 1 - \ln \left\{ \frac{V - b}{\lambda^3} \right\} \right) - \frac{a}{V}$$

her. Verwenden Sie dazu  $\ln(1/N!) \approx N - N \ln N$ .

(b) Berechnen Sie den Druck  $p$  und die Entropie  $S$  des Gases.

(c) Bestimmen Sie die innere Energie  $U$  des Gases.

### Aufgabe 27: Entropie (8 Punkte)

Überprüfen Sie für die Beziehungen

$$(a) \quad S = \gamma (N^2 V U^2)^{1/5} \quad ; \quad (b) \quad S = \gamma \frac{V^3}{N U}$$

mit  $\gamma = \text{const} > 0$ , welche der drei folgenden Bedingungen erfüllt sind:

1. Skalenverhalten bei Ver- $\lambda$ -fachung des Systems, d.h.  $S(\lambda U, \lambda V, \lambda N) = \lambda S(U, V, N)$
2. Existenz nur nicht-negativer Temperaturen  $T \geq 0$
3. Gültigkeit des 3. Hauptsatzes, also  $T \rightarrow 0 \Rightarrow S \rightarrow 0$  für endliches  $N, V$

Für welche der beiden Beziehungen kann  $S$  als physikalische Entropie interpretiert werden?