

Moderne Theoretische Physik IIIa WS 18/19

Prof. Dr. Alexander Mirlin  
Dr. Stefan Rex

Blatt 2  
Besprechung: 06.11.2018

1. Entropieänderung

(5 + 10 = 15 Punkte)

Ein Körper der Wärmekapazität  $C_p$  mit der Temperatur  $T_0$  wird in eine Umgebung eingebracht, in der konstanter Druck und eine konstante Temperatur  $T_U \neq T_0$  herrschen.

- (a) Zeigen Sie, dass die Gesamtentropie des Systems (Körper und Umgebung) zunimmt, unabhängig davon ob  $T_0 < T_U$  oder  $T_0 > T_U$ !

*Hinweis:* Berechnen Sie dafür zunächst einzeln die Änderung der Entropie in der Umgebung und im Körper. Da die Entropie eine Zustandsgröße ist, kann jeweils der Zusammenhang aus der Vorlesung für reversible Prozesse verwendet werden.

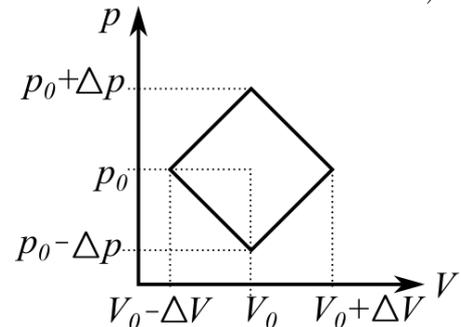
- (b) Nun wird der Körper zunächst an ein zusätzliches Reservoir der Temperatur  $T_R = (T_0 + T_U)/2$  gekoppelt. Erst nachdem sich dort das Gleichgewicht eingestellt hat, wird der Körper in die Umgebung mit  $T_U$  gebracht. Berechnen Sie wieder die gesamte Entropieänderung (Körper, zusätzliches Reservoir und Umgebung) und vergleichen Sie mit dem Ergebnis aus (a). Auf welche Weise müsste der Körper auf die Umgebungstemperatur gebracht werden, damit die Entropie im Universum konstant bleibt,  $\Delta S = 0$ ?

2. "Viereckiger" Kreisprozess

(5 + 10 + 5 + 10 + 5 = 35 Punkte)

Ein einatomiges ideales Gas durchlaufe den dargestellten Kreisprozess mit konstanter Teilchenzahl als Wärmekraftmaschine. Es sollen jeweils die folgenden zwei Fälle betrachtet werden:

- (i)  $\Delta p = \frac{1}{2}p_0, \Delta V = \frac{3}{4}V_0$   
 (ii)  $\Delta p = \frac{3}{4}p_0, \Delta V = \frac{1}{2}V_0$ .



- (a) Das ideale Gas hat die innere Energie  $U = \frac{f}{2}Nk_B T$  und erfüllt die Zustandsgleichung  $pV = Nk_B T$ . Welchen Wert hat  $f$  für das einatomige Gas? Verwenden Sie den ersten Hauptsatz der Thermodynamik um die Entropie des idealen Gases als Funktion des Volumens und der Temperatur anzugeben.
- (b) Berechnen Sie die Temperatur und die Entropie während des gesamten Kreisprozesses. Dafür empfiehlt es sich, eine Parameterdarstellung mit einem Parameter  $t$  für alle vier Teilprozesse zu wählen und alle Zustandsgrößen als Funktion von  $t$  anzugeben. Ermitteln Sie nun die Lage der Extrema von Temperatur und Entropie! *Tipp: Man kann etwas Schreibaarbeit sparen, indem man mit einheitenlosen Größen rechnet, z.B.  $\tilde{p} = p/p_0$ .*

- (c) Skizzieren Sie das  $S$ - $T$ -Diagramm!
- (d) Berechnen Sie den Wirkungsgrad.
- (e) Ähnlich wie beim Stirling-Motor soll der Prozess an einen Wärmespeicher gekoppelt werden, um den Wirkungsgrad zu verbessern. Welcher Wirkungsgrad lässt sich dann bei idealer Prozessführung erzielen? Wieviel Wärme muss der Speicher aufnehmen können?

