
Theoretische Physik IV: Statistische Physik

(Vorlesung Prof. Dr. J. Timmer, WS 2017/18)

Aufgabenzettel Nr. 3

Abgabe am Freitag, den 3.11.17 nach der Vorlesung. Bitte mehrere Blätter zusammentackern und mit Gruppennummer, Name des Tutors und Ihrem Namen deutlich lesbar beschriften.

Aufgabe 1: Stirlingmotor und Ottomotor

(8 Pkt.)

Die Kreisprozesse des Stirling- bzw. Ottomotors lassen sich durch folgende vier Teilprozesse beschreiben:

	Stirlingmotor	Ottomotor		
1	Isotherme	Adiabate	Kompression	$V_1 \rightarrow V_2$
2	Isochore	Isochore	Wärmezufuhr	$p_2 \rightarrow p_3$
3	Isotherme	Adiabate	Expansion	$V_2 \rightarrow V_1$
4	Isochore	Isochore	Wärmeabfuhr	$p_4 \rightarrow p_1$

Gehen Sie davon aus, dass die Motoren mit einem idealen Gas betrieben werden.

- Skizzieren Sie die Prozesse jeweils im p - V -Diagramm. Notieren Sie die Richtung, in der die Teilprozesse durchlaufen werden müssen, damit der Motor mechanische Arbeit leistet. (2 Pkt.)
- Geben Sie die aufgenommene bzw. abgegebene Wärme für jeden Teilprozess an. Zeigen Sie insbesondere beim Stirlingmotor, dass sich die Beiträge aus den Prozessen 2 und 4 aufheben. (*Hinweis:* Die bei der isochoren Entspannung freiwerdende Wärme wird bei der isochoren Verdichtung wieder zugeführt). (2 Pkt.)
- Bestimmen Sie die Arbeit, die pro Zyklus geleistet wird, für beide Motoren. (2 Pkt.)
- Der Wirkungsgrad ist definiert als $\eta = \frac{|W_{ab}|}{Q_{zu}}$, wobei W_{ab} die vom System verrichtete Arbeit und Q_{zu} die zugeführte Wärme ist.

Stirlingmotor: Geben Sie den Wirkungsgrad als Funktion der beiden vom Gas angenommenen Temperaturen an. (1 Pkt.)

Ottomotor: Geben Sie den Wirkungsgrad als Funktion des Verdichtungsverhältnisses der Volumina $\epsilon = \frac{V_1}{V_2}$ an. (1 Pkt.)

Aufgabe 2: Adiabatischer Ausdehnungskoeffizient

(4 Pkt.)

Der isobare, α_p , und adiabatische, α_S , Ausdehnungskoeffizient sind definiert durch

$$\alpha_p = \frac{1}{V} \left(\frac{\partial V}{\partial T} \right)_p, \quad \alpha_S = \frac{1}{V} \left(\frac{\partial V}{\partial T} \right)_S.$$

S bezeichnet hierbei eine Zustandsgröße, deren Differential dS proportional zu δQ sei.

Benutzen Sie den ersten Hauptsatz der Thermodynamik, um den Quotienten α_p/α_S durch die spezifische Wärmen C_p und C_V auszudrücken. Die innere Energie $U = U(V, T)$ soll hierbei eine Funktion von V und T sein.

Aufgabe 3: Zimmerheizung

(6 Pkt.)

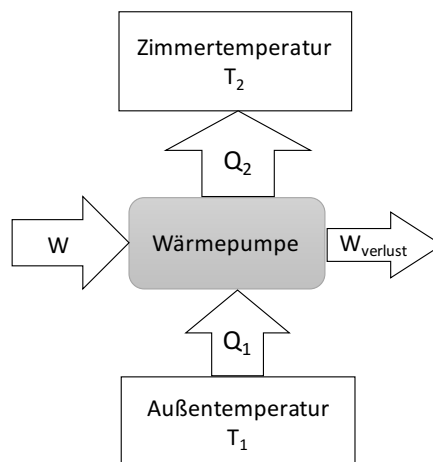
Ein Zimmer soll bei $T_2 = 21^\circ\text{C}$ gehalten werden, die Außentemperatur betrage $T_1 = 0^\circ\text{C}$. Dies soll zum einen

- mit einer Elektroheizung betrieben mit elektrischem Strom (100% Wirkungsgrad) und zum anderen
- mit Hilfe einer strombetriebenen Wärmepumpe zwischen T_1 und T_2 realisiert werden.

Eine Wärmepumpe ist eine Maschine die unter Aufwendung der Arbeit W die Wärme Q_1 von einem System mit niedriger Temperatur T_1 in ein System mit höherer Temperatur T_2 überträgt. Ein Teil der aufgewendeten Arbeit wird als zusätzliche Wärme ($|Q_2| > |Q_1|$) dem System mit höherer Temperatur zugeführt, der andere Teil der Arbeit geht verloren (vgl. Abbildung). Der Anteil, der in der Wärmepumpe verlorenen Arbeit betrage ϵ .

Der Wärmeverlust aufgrund mangelnder Isolation des beheizten Zimmers sei proportional zur Temperaturdifferenz

$$Q_{\text{verlust}} = \gamma(T_2 - T_1).$$



- Berechnen Sie das Verhältnis der Stromkosten für die beiden Realisierungen. (4 Pkt.)
- Wieviel Prozent Verluste darf die Wärmepumpe haben, damit sie gerade gleich viel elektrische Energie wie die Elektroheizung benötigt. (2 Pkt.)

Hinweis: Für eine reversibel arbeitende Wärmepumpe gilt $\frac{Q_1}{T_1} + \frac{Q_2}{T_2} = 0$.

Münsteraufgabe

Verlässt man das von 1999-2004 restaurierte Hauptportal des Münsters, steht rechter Hand eine von vorne reichgeschmückte schöne Frau. Was will uns deren Rückseite sagen?