

Aufgabe 1: Thermodynamische Potentiale, Maxwell-Relationen

- Drücken Sie, ausgehend vom 1. HS ($dU = \delta Q + \delta W$) und 2. HS ($dS = \frac{\delta Q_{rev}}{T}$) der Thermodynamik, die thermodynamischen Potentiale Innere Energie U , Enthalpie H , Freie Energie F und Freie Enthalpie G als Funktion ihre natürlichen Variablen aus.
- Wie lautet das Differential der Freien Enthalpie eines einkomponentigen Systems variabler Teilchenzahl als Funktion ihrer natürlichen Variablen? Welchen thermodynamischen Zustandsgrößen entsprechen die partiellen Ableitungen von G nach ihren natürlichen Variablen?
- Erläutern Sie die Bedeutung der Freien Enthalpie für die Gleichgewichts-Thermodynamik.
- Maxwell-Relationen: Ergänzen Sie

$$\left(\frac{\partial T}{\partial p}\right)_S = \left(\frac{\partial V}{\partial S}\right)_p \quad \text{und} \quad -\left(\frac{\partial p}{\partial T}\right)_V = -\left(\frac{\partial S}{\partial V}\right)_T$$

Aufgabe 2: Isenthalpe Drosselung, Joule-Thomson-Koeffizient

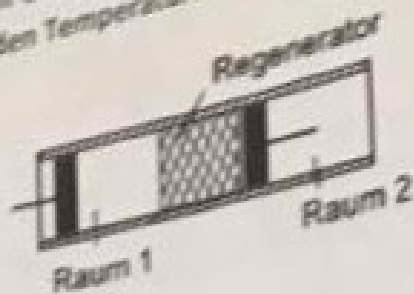
- Zeichnen und beschreiben Sie in Worten ein Experiment bei dem der Joule-Thomson-Effekt beobachtet werden kann.
- Zeichnen Sie qualitativ einige Isenthalpen für das van-der-Waals Gas in ein Temperatur-Druck Diagramm. Markieren Sie im Diagramm den Bereich, in dem bei isenthalper Entspannung Abkühlung auftritt.
- Zeichnen Sie eine Isenthalpe des idealen Gases in das Diagramm in (b) und deuten Sie mikroskopisch, weshalb ein van-der-Waals Gas bei isenthalper Entspannung abkühlen kann, ein ideales Gas jedoch nicht.
- Leiten Sie unter Zuhilfenahme der Beziehung $\left(\frac{\partial H(p,T)}{\partial p}\right)_T = V - T\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_p$ einen Ausdruck für den Joule-Thomson-Koeffizienten $\delta = \left(\frac{\partial T}{\partial p}\right)_H$ ab.

Aufgabe 3: Kreisprozesse und Wirkungsgrad

Beschreiben und skizzieren Sie schematisch die Wirkungsweise einer Wärmekraftmaschine und einer Wärmepumpe, die jeweils zwischen den Temperaturniveaus T_1 und T_2 ($T_1 < T_2$) reversibel verlaufen. Zeichnen Sie in den Skizzen die Wärmeströme bzw. aufgewendete/gewonnene Arbeit ein und geben Sie einen allgemeinen Ausdruck für den Wirkungsgrad an.

Aufgabe 4: Stirling-Prozess

Ein Heißluftmotor soll nach dem Stirling-Prozess (Kombination von isothermen und isochoren Zustandsänderungen) zwischen den Temperaturen T_1 und T_2 ($T_1 > T_2$) betrieben werden.



- ✓ a) Skizzieren Sie den Stirling-Kreisprozess in einem p-V-Diagramm und einem T-S-Diagramm. Nummerieren Sie die Anfangs- bzw. Endpunkte der Teilprozesse und geben Sie die Umlaufrichtung an.
- ✓ b) Beschreiben Sie (in Worten) die einzelnen Teilprozesse $1 \rightarrow 2$, $2 \rightarrow 3$, $3 \rightarrow 4$, $4 \rightarrow 1$ und geben Sie für jeden der Teilprozesse die notwendigen Formeln für die Berechnung von ΔW und ΔQ an.
- ✓ c) Geben Sie in einer Tabelle für jeden der 4 Teilprozesse $1 \rightarrow 2$, $2 \rightarrow 3$, $3 \rightarrow 4$, $4 \rightarrow 1$ das Vorzeichen (>0 , <0 , $=0$) von ΔW und ΔQ an.
- ✓ d) Beschreiben Sie die Funktion des Regenerators und kennzeichnen Sie im T-S-Diagramm die durch den Regenerator übertragenen Wärmemengen Q .
- ✓ e) Leiten Sie anhand der Formeln in b) einen Ausdruck für den Wirkungsgrad des Stirling-Motors ab.

Aufgabe 5: Phasenübergänge und Chemisches Potential

- a) Skizzieren Sie qualitativ das Phasendiagramm von Wasser in einem p, T -Diagramm und kennzeichnen Sie darin die Bereiche der verschiedenen Aggregatzustände. Welche Bedeutung kommt den Linien in diesem Phasendiagramm zu, welche dem Schnittpunkt dieser Linien?
- b) Wie lautet die thermodynamische Bedingung für die Koexistenz von flüssiger und gasförmiger Phase bei vorgegebenem Druck und vorgegebener Temperatur?
- c) Wie lautet die Clausius-Clapeyron-Gleichung im speziellen Fall der Koexistenz der flüssigen und gasförmigen Phase? Benennen Sie die einzelnen in der Gleichung auftauchenden Größen. Was sagt die Clausius-Clapeyron-Gleichung aus?
- d) Wie verändert sich das Phasendiagramm aus a) qualitativ, wenn man Kochsalz im Wasser löst? Erläutern Sie anhand des p, T -Diagramms (Skizze), welche Auswirkungen die Zugabe von Kochsalz auf den Schmelzpunkt bzw. den Siedepunkt bei konstantem Umgebungsdruck hat.