

Aufgabe 1: Zustandsfunktionen, thermodynamische Potentiale, Maxwell-Relationen

- a) $z = f(x,y)$ sei eine Zustandsfunktion. Erläutern Sie die Relevanz von Zustandsfunktionen in der Thermodynamik und beschreiben Sie das totale Differential von $z(x,y)$.
- b) Zeigen Sie mit Hilfe der Integrabilitätsbedingung, dass die Wärme Q keine Zustandsfunktion ist, und dass die Multiplikation von Q mit einem integrierenden Faktor eine Zustandsfunktion ergibt. Um welche Zustandsfunktion handelt es sich dabei?
- c) Leiten Sie mittels Legendre-Transformation aus der Inneren Energie $U(V,S)$ einen Ausdruck für die Freie Energie $F(V,T)$ her. (Gehen Sie vom 1. und 2. HS der Thermodynamik und dem totalen Differential von $U(V,S)$ aus.)
- d) Maxwell-Relationen: Ergänzen Sie

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

Aufgabe 2: Ideales vs. reales Gas

- a) Zeichnen Sie die p-V-Diagramme für ein ideales Gas und ein reales Gas. Kennzeichnen und benennen Sie speziell im p-V-Diagramm für das reale Gas ausgezeichnete Bereiche und Punkte.
- b) Welche prinzipiellen Unterschiede bestehen zwischen einem realen Gas und dem Modell des idealen Gases? *2 Punkte*
- c) Zur Beschreibung des Verhaltens von realen Gasen wird oft die van-der-Waals-Gleichung herangezogen:

$$\left(p + a \frac{n^2}{V^2}\right)(V - nb) = nRT$$

- Welche Bedeutung haben die Größen a und b ?
- d) Drücken Sie a und b mit Hilfe der kritischen Zustandsgrößen p_K , V_K , T_K aus. Zur Herleitung der Formeln gehen Sie davon aus, dass die Isotherme T_K am kritischen Punkt einen Wendepunkt aufweist, d.h. $\left(\frac{\partial p}{\partial V}\right)_T = 0$ und $\left(\frac{\partial^2 p}{\partial V^2}\right)_T = 0$. (Der Rechengang muss klar nachvollziehbar sein). *→ 1ten Ableitung der Isothermen = 0*

Aufgabe 3: Carnot-Kreisprozess, Wirkungsgrad

Beschreiben und skizzieren Sie schematisch die Wirkungsweise einer Wärmekraftmaschine und einer Wärmepumpe, die jeweils zwischen den Temperaturniveaus T_1 und T_2 ($T_2 > T_1$) reversibel arbeiten. Zeichnen Sie in den Skizzen die Wärmeströme bzw. aufgewendete/gewonnene Arbeit als Pfeile ein und geben Sie einen allgemeinen Ausdruck für den Wirkungsgrad (bzw. die Leistungszahl) an. *allg. Skizze*

Aufgabe 4: Joule-Prozess

Eine offene Gasturbinenanlage (siehe Abbildung 1) kann mit Hilfe des Joule-Ersatzprozesses (besteht aus jeweils zwei adiabatischen und isobaren Zustandsänderungen) beschrieben werden.

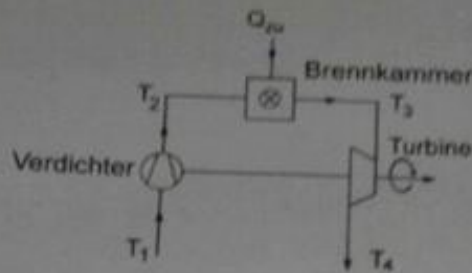


Abbildung 1

- Skizzieren Sie den Joule-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. *- Vorzeichen von Q*
- Geben Sie anhand der Diagramme für jeden der 4 Teilprozesse 12, 23, 34, 41 das Vorzeichen (>0 , <0 , $=0$) von ΔW und ΔQ an. Fertigen Sie eine Tabelle an. (Keine Rechnung erforderlich!)
- Durch Wärmerückführung kann der Wirkungsgrad dieses Prozesses erhöht werden. Begründen Sie qualitativ anhand der Definition des Wirkungsgrades, weshalb mit Wärmerückführung eine Erhöhung des Wirkungsgrades erzielt werden kann. Skizzieren Sie ein TS-Diagramm analog zu (a) und markieren Sie darin die intern übertragene Wärme.

Aufgabe 5: Phasenübergänge und Chemisches Potential

Ein reiner Stoff kann in den Phasen fest, flüssig oder gasförmig vorkommen.

- Kennzeichnen Sie in einem Diagramm, in dem das chemische Potential μ über der Temperatur T aufgetragen ist, die Stabilitätsbereiche der einzelnen Phasen in Abhängigkeit von der Temperatur. (Tip: $(\partial\mu/\partial T) = -s$)
- Wodurch wird die Stabilität einer Phase in Bezug auf das chemische Potential bestimmt und wie stehen die chemischen Potentiale zweier Phasen bei der Phasenübergangstemperatur in Beziehung?
- Erläutern und skizzieren Sie im μ - T -Diagramm, wie das chemische Potential einer Flüssigkeit (= Lösungsmittel) durch Zugabe eines Stoffes (= gelöster Stoff) beeinflusst wird und wie sich das auf die Phasenübergangstemperaturen auswirkt.
- Was versteht man allgemein unter dem Begriff „kolligative Eigenschaften“?