

**Aufgabe 1:** Thermodynamische Potentiale, Maxwell-Relationen (8 Punkte)

- Wie lautet der Zusammenhang zwischen Freier Energie  $F$  und innerer Energie  $U$ ? (1 Punkte)
- Wie lautet das Differenzial der Freien Energie eines einkomponentigen Systems variabler Teilchenzahl als Funktion ihrer natürlichen Variablen? Welchen thermodynamischen Zustandsgrößen entsprechen den partiellen Ableitungen von  $F$  nach ihren natürlichen Variablen? (2 Punkte)
- Worin liegt die Bedeutung der Freien Energie für die Gleichgewichtsthermodynamik? (1 Punkte)
- Ergänzen Sie die Maxwell-Relationen (Zustandsgrößen  $p, V, T, S$ ): (4 Punkte)  
(bitte auf Lösungsblatt und nicht auf Aufgabenblatt)

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

**Aufgabe 2:** Kreisprozess (22 Punkte)

Zwischen zwei Wärmespeichern mit der konstanten unteren ( $T_U$ ) bzw. oberen Temperatur ( $T_O$ ) arbeitet eine Wärmekraftmaschine mit einem idealen Gas als Arbeitsmedium (Gaskonstante:  $R$ , spezifische Wärmekapazität/Mol:  $c_V, c_P$ , Molzahl:  $n$ ).

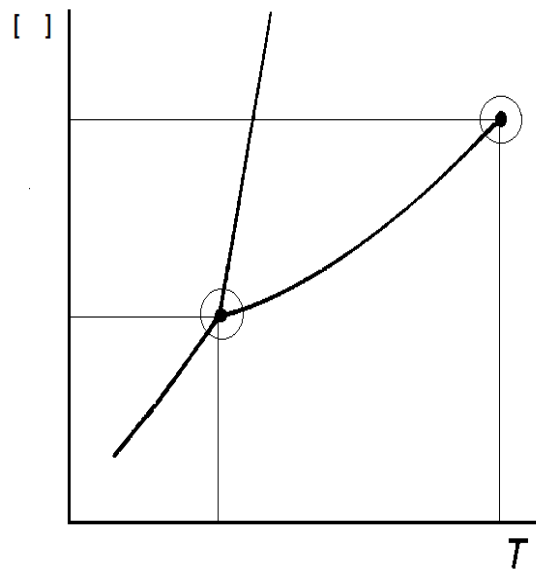
Prozessschritte: (12): Isotherme Expansion bei  $T_O$ , beginnend beim oberen Druck  $p_O$ ; (23): Isobare Abkühlung beim Druck  $p_U$  auf  $T_U$ ; (31): Isochore Erwärmung auf  $T_O$ .

- Skizzieren Sie den Prozess im  $pV$ - und  $TS$ -Diagramm und geben Sie jeweils die Umlaufrichtung an. (4 Punkte)
- Berechnen Sie für jeden der 3 Teilprozesse (12, 23, 31)  $\Delta U, \Delta W$  und  $\Delta Q$  als Funktion der in der Angabe genannten Variablen und geben Sie jeweils das Vorzeichen ( $> 0, < 0, = 0$ ) dieser Änderungen an. (9 Punkte)
- Berechnen Sie den Wirkungsgrad der Wärmekraftmaschine (2 Punkte)
- Berechnen Sie jeweils für den isobaren und den isochoren Prozess den Entropieunterschied zwischen oberer ( $T_O$ ) und unterer Temperatur ( $T_U$ ). Welcher Prozess ist mit dem geringeren Entropieunterschied verknüpft? Deuten Sie dies physikalisch. (5 Punkte)
- Stellen Sie für den isobaren Teilprozess (23) die Entropiebilanz (System und Umgebung) für den Fall auf, dass die Umgebung die konstante untere Temperatur aufweist. (2 Punkte)

→ Bitte wenden

**Aufgabe 3:** Phasendiagramm / Clausius-Clapeyron-Gleichung (17 Punkte)

- a) Übertragen Sie das Diagramm auf Ihr Lösungsblatt, ergänzen Sie fehlende Achsenbeschriftung und kennzeichnen Sie die verschiedenen Aggregatzustände. (2,5 Punkte)
- b) Entspricht nebenstehendes Phasendiagramm eher dem von Wasser oder dem von  $\text{CO}_2$ ? Begründen Sie! (2 Punkte)
- c) Welche Bedeutung kommt den Linien in diesem Phasendiagramm zu, welche den markierten Punkten? Wie lautet die thermodynamische Bedingung für die Koexistenz zweier bzw. dreier Phasen bei vorgegebenem  $p$  bzw.  $T$ ? (3,5 Punkte)



- d) Wie lautet die *Clausius-Clapeyron-Gleichung* für den Fall der Koexistenz der flüssigen und gasförmigen Phase? Benennen Sie die einzelnen in der Gleichung auftauchenden Größen. Was sagt die *Clausius-Clapeyron-Gleichung* aus? (4 Punkte)
- e) Von welcher Ordnung sind die Phasenübergänge des Stoffes, welcher durch obiges Phasendiagramm beschrieben wird? Zeichnen Sie in einem  $ST$ -Diagramm und in ein  $GT$ -Diagramm das Verhalten der Entropie bzw. Gibbs-Enthalpie zweier koexistierenden Phasen in der Umgebung des Phasenübergangs ein. Wie lässt sich das Verhalten beider Größen am Phasenübergang physikalisch deuten? (4 Punkte)
- f) Welche beiden Effekte beobachtet man betreffend den Phasenübergang flüssig-gasförmig, wenn der flüssigen Phase ein löslicher Stoff beigemischt wird (z.B. Kochsalz in Wasser)? (1 Punkt)