

Name:

Matrikelnummer:

Prüfung zur UE Thermodynamik (PHY.H40UF)

01.02.2018

**Aufgabe 1: Stirling-Kreisprozess ohne Regenerator (20 Punkte)**

Betrachten Sie eine Wärmekraftmaschine die nach dem Stirling-Kreisprozess *ohne Regenerator* zwischen den Temperaturen  $T_H$  und  $T_L$  ( $T_H > T_L$ ) arbeitet und damit aus folgenden Teilprozessen besteht:

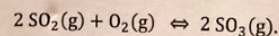
$1 \rightarrow 2$ : Isotherme Expansion bei  $T_H$        $3 \rightarrow 4$ : Isotherme Kompression bei  $T_L$   
 $2 \rightarrow 3$ : Isochore Abkühlung bei  $V_H$  von  $T_H$  auf  $T_L$        $4 \rightarrow 1$ : Isochore Erwärmung bei  $V_L$  von  $T_L$  auf  $T_H$

mit  $V_H > V_L$ . Als Arbeitsmedium werden  $n$  Mol ideales Gas verwendet. Die Molzahl des Gases sowie seine Wärmekapazität bei konstantem Druck bzw. Volumen können als bekannt vorausgesetzt werden.

- Skizzieren Sie den Kreisprozess im  $pV$ - und im  $TS$ -Diagramm und tragen Sie die Umlaufrichtung ein. (4 Punkte)
- Leiten Sie, ausgehend von den jeweiligen differentiellen Formeln, Ausdrücke für die in jedem Teilprozess ausgetauschte Wärmemenge nur in Abhängigkeit der bekannten Zustandsgrößen  $V_L$  bzw.  $V_H$  sowie  $T_L$  bzw.  $T_H$  her. Wird die jeweilige Wärmemenge dem Arbeitsmedium zu- oder abgeführt (Vorzeichendiskussion!)? Kennzeichnen Sie im  $TS$ -Diagramm aus Aufgabenteil a) die gesamte zu- sowie abgeführte Wärmemenge als Fläche unter Prozesskurven. (6 Punkte)
- Geben Sie, ausgehend von der allgemeinen Formel, einen Ausdruck für den Wirkungsgrad dieses Kreisprozesses  $\eta_{St}$  ebenfalls nur in Abhängigkeit der bekannten Zustandsgrößen an. Welchen Wirkungsgrad besitzt ein Carnot-Kreisprozess, der zwischen den gleichen Temperaturen  $T_H$  bzw.  $T_L$  arbeitet? Zeigen Sie mathematisch:  $\eta_{St} < \eta_C$ . (3 Punkte)
- Die Entropieänderung *des Arbeitsmediums* nach einem vollen Umlauf des Kreisprozesses ist 0. Zeigen Sie, dass die Entropieänderung *der Umgebung* ( $\cong$  beide Wärmereservoirs) nach einem Umlauf positiv ist. Berechnen Sie dazu die Entropieänderung der Umgebung in jedem Teilprozess.  
Hinweis: Im Zuge der isochoren Teilprozesse wird, da kein Regenerator verwendet wird, ebenfalls Wärme mit den beiden Wärmereservoirs ausgetauscht, deren Temperatur *als konstant* angenommen werden kann. (5 Punkte)
- Entspricht das Ergebnis aus d) ihren Erwartungen? Erklären Sie! Welches Ergebnis wäre bezüglich der Entropieänderung der Umgebung für einen Carnot-Prozess zu erwarten, der zwischen der gleichen Temperaturdifferenz arbeitet? Begründen Sie! (2 Punkte)

**Aufgabe 2: Afoxidieren von Schwefeldioxid (10 Punkte)**

Betrachten Sie die Reaktion:



- Wie lautet die Gleichgewichtsbedingung für diese Reaktion als Funktion der (effektiven) chemischen Potentiale  $\mu_i$  der Edukte und Produkte? (1 Punkt)  $\Delta_R G = 0$
- Stellen Sie für diese Reaktion das Massenwirkungsgesetz als Funktion der Molenbrüche  $X_i$  der Edukte bzw. Produkte auf, wobei die Gleichgewichtskonstante mit  $K$  bezeichnet werden soll. Was sagt das Massenwirkungsgesetz aus? Was gilt für die Lage des Gleichgewichts bei  $K \gg 1$  bzw.  $K \ll 1$ ? (4 Punkte)
- Die Gleichgewichtskonstante solch einer Reaktion lässt sich bekanntlich in folgender Form angeben:

$$K(T) = \exp\left(-\frac{\Delta_R G^0}{RT}\right)$$
  
Dabei ist  $\Delta_R G^0$  die Standardreaktionsenergie  
In obiger Form ist diese Reaktion exotherm ( $\Delta_R H^0 < 0$ ). Zeigen Sie unter Verwendung dieses Ausdrucks für  $K$ , in welche Richtung sich das Reaktionsgleichgewicht mit *zunehmender* Temperatur verschiebt. Klären Sie dazu zuerst die Temperaturabhängigkeit von  $\Delta_R G^0$ .  
Warum spielt der Wert der Standardreaktionsentropie  $\Delta_R S^0$  im Zuge dieser Überlegung keine Rolle? Stimmt das Ergebnis mit der Aussage des *Prinzips von Le Chatelier* überein? Erklären Sie. (5 Punkte)