

Aufgabe 1: Ericsson-Prozess (20 Punkte)

Betrachten Sie folgenden thermodynamischen Kreisprozess, der zwischen den Wärmebädern mit den Temperaturen T_H (*heiß*) und T_K (*kalt*) sowie den Drücken p_H und p_K arbeitet. Als Arbeitsmedium wird ein System idealen Gases der Stoffmenge n und bekannter molarer Wärmekapazität c_p verwendet.

- I. \rightarrow II. Isobare Erwärmung ($T_K \rightarrow T_H$)
 II. \rightarrow III. Isotherme Expansion ($p_H \rightarrow p_K$)
 III. \rightarrow IV. Isobare Abkühlung ($T_H \rightarrow T_K$)
 IV. \rightarrow I. Isotherme Kompression ($p_K \rightarrow p_H$)

- a) Skizzieren Sie den Kreisprozess im pV - sowie im TS -Diagramm. (2 Punkte)
- b) Geben Sie für jeden Prozessschritt Formeln für ΔQ und ΔW nur in Abhängigkeit bekannter Größen an und argumentieren Sie, ob der Beitrag größer oder kleiner 0 ist! (6 Punkte)
- c) Tragen sie anschließend die ΔW mit Richtungspfeilen ins pV -Diagramm und ΔQ ins TS -Diagramm ein und markieren Sie die entsprechenden Flächen. (2 Punkte)
- d) Berechnen Sie die Entropiebilanz (i) für das Arbeitsmedium (arbeitet reversibel) und (ii) für die Wärmebäder ($T = \text{const.}$). Ergibt sich ein Unterschied? Wenn ja, wodurch? (5 Punkte)
- e) Geben Sie, ausgehend von den in b) gefundenen Ausdrücken für die in den Teilprozessen ausgetauschten Wärmemengen einen Ausdruck für den Wirkungsgrad des Ericsson-Prozesses nur in Abhängigkeit von p_H , p_K , T_H , T_K , n , R und c_p an. (3 Punkte)
- f) Berechnen Sie den Wirkungsgrad für den Ericsson-Prozess und vergleichen Sie mit dem Wirkungsgrad des Carnot-Prozesses. ($p_H = 10 \text{ bar}$, $p_K = 1 \text{ bar}$, $T_H = 700 \text{ °C}$, $T_K = 70 \text{ °C}$, $c_p = 29,1 \text{ J / mol K}$ und $R = 8,314 \text{ J / mol K}$). (2 Punkte)
Hinweis: Gegeben ist die molare Wärmekapazität c_p . Damit kann der Wirkungsgrad unabhängig von der Stoffmenge berechnet werden.

Bitte wenden!

Aufgabe 2: Dampfdruck einer Flüssigkeit (10 Punkte)

Wenn einer reinen Dampfphase über einer reinen Flüssigkeit ein unlösliches Fremdgas beigemischt wird verändert sich das chemische Potential des Gasgemisches. Dies kann durch folgenden Ansatz genähert werden:

$$\mu_g^{+fremd}(p, T) = \mu_g(p, T) + RT \ln\left(\frac{p_g}{p}\right) \quad (1)$$

Dabei bezeichne p_g den Partialdruck des Dampfes ohne Fremdgas und p den Gesamtdruck. Der Prozess wird bei konstanter Temperatur durchgeführt und das Gas/Gasgemisch kann als ideal angenommen werden.

- a) Bestimmen Sie, wie sich p_g mit p ändert. Gehen Sie hierzu von $\mu_g^{+fremd} = \mu_{fl}$ aus und zeigen Sie, dass die Abhängigkeit durch

$$\frac{d \ln p_g}{dp} = \frac{v_{fl}}{RT} \quad (2)$$

gegeben ist, wobei v_{fl} das Molvolumen der Flüssigkeit darstellt. (5 Punkte)

Hinweis: Verwenden Sie hierfür die Gibbs-Duhem Relation: $d\mu = s dT + v dp$.

- b) Wie ändert sich (näherungsweise) der Dampfdruck von Wasser bei **295 K** im luftleeren Raum wenn Luft mit einem Druck von **1 atm** zugeführt wird? Gehen Sie von Gleichung (2) aus und betrachten Sie v_{fl} in guter Näherung als konstant (Inkompressibilität von Flüssigkeiten). Das Molvolumen von Wasser betrage $v_{fl} = 18 \text{ cm}^3$, das von Luft $v_g = 22,4 \text{ dm}^3$ und der Dampfdruck von Wasser ohne Fremdgas bei 295 K ist $p_g^0 = 0,0261 \text{ atm}$. (5 Punkte)