

## Übungen zur Vorlesung "Physikalische Chemie 1"

### Thema Entropie, Enthalpie

## Grundlagen Entropie

Eine der wichtigsten Größen der Thermodynamik ist die Entropie  $S$ . Nach dem zweiten Hauptsatz der Thermodynamik kann die Gesamt-Entropie im isolierten System niemals abnehmen (1). Bei irreversiblen (freiwilligen) Vorgängen nimmt sie stets zu.

$$\Delta S_{\text{Gesamt}} = \Delta S_{\text{System}} + \Delta S'_{\text{Umgebung}} \geq 0 \quad (1)$$

Die Entropieänderung  $dS$  eines Prozesses hängt ab von der übertragenen Wärme  $dq$  und der Temperatur  $T$  (2).  $dq$  kann auch über den Zusammenhang  $dq = c_p dT$  beschrieben werden:

$$dS = \frac{dq}{T} = \frac{c_p}{T} dT \quad (2)$$

## Aufgaben

### 1 Entropie

- Berechnen Sie die Änderung der Entropie, wenn einem Kupferblock reversibel und isotherm 10 kJ Energie bei 0 °C und 100 °C zugefügt werden.
- Berechnen Sie die Entropie wenn 0.2 mol H<sub>2</sub> isobar bei 1 atm von -20 °C auf 25 °C erwärmt werden. Behandeln Sie den Wasserstoff als ideales Gas. Wie viel Arbeit verrichtet das Gas?

### 2 Temperaturabhängige Entropie

Bestimmen Sie die Zunahme der molaren Entropie, wenn Sie Wasserdampf von 400 K auf 600 K erhitzen.

- Nehmen Sie eine temperaturunabhängige Wärmekapazität von Wasserdampf  $C_{p,m} = 34,418 \frac{\text{J}}{\text{mol K}}$  an.
- Die gleiche Aufgabe soll für eine temperaturabhängige Wärmekapazität von Wasserdampf gelöst werden. Nähern Sie die Wärmekapazität nach  $C_{p,m} = a + b T + c T^2$  an. Verwenden Sie die Konstanten  $a = 30,38 \frac{\text{J}}{\text{mol K}}$ ,  $b = 9,621 \cdot 10^{-3} \frac{\text{J}}{\text{mol K}^2}$  und  $c = 1,185 \cdot 10^{-6} \frac{\text{J}}{\text{mol K}^3}$ .

### 3 Entropie im Kreisprozess

Betrachten Sie erneut den Kreisprozess aus Blatt 6 Aufgabe 2. Welche Gesamtentropieänderung erwarten Sie, wenn Sie bei Z1 starten und im Uhrzeigersinn den Prozess durchlaufen, bis Sie wieder den Ausgangspunkt Z1 erreichen?

Prüfen Sie ihre Aussage nach, indem Sie die Entropieänderung jedes Teilschritts berechnen.

Kurze Zusammenfassung der gegebenen Daten:

Z1: 1 mol ideales Gas, Temperatur  $T_1 = 300 \text{ K}$ , Druck  $p_1 = 10 \text{ bar}$

→ Z2: Isobare Expansion auf dreifaches Volumen

→ Z3: Isochore Abkühlung auf ursprüngliche Temperatur

→ Z1: Isotherme Kompression zurück zum Ausgangszustand

$$c_{V,m} = \frac{3}{2}R; \quad c_{p,m} = \frac{5}{2}R$$

### 4 Kreisprozess

Betrachten Sie folgenden Kreisprozess: Ausgangspunkt ist ideales Gas mit Volumen  $4 \text{ m}^3$ , Temperatur  $300 \text{ K}$  und Druck  $5 \text{ bar}$ , Stoffmenge  $801,8 \text{ mol}$ .

Die Wärmekapazitäten betragen  $c_v = c_{v,m} \cdot n = \frac{3}{2} \cdot R \cdot 801,8 \text{ mol} = 10000 \frac{\text{J}}{\text{K}}$  bzw.  $c_p = 16666 \frac{\text{J}}{\text{K}}$ .

I Isochor erhitzen auf  $900 \text{ K}$

II daraufhin isotherm expandieren bis der Druck erneut  $5 \text{ bar}$  beträgt

III Isobar abkühlen zum Ursprungszustand.

1. Skizzieren Sie den Prozess in ein  $p/V$  Diagramm. Beschriften Sie die Schritte I, II und III. (Qualitative Skizz)
2. Wie hoch ist der Druck am Ende von Schritt I?
3. Wie groß ist das Volumen am Ende von Schritt II?
4. Berechnen Sie für Schritt II übertragene Wärme, geleistete Arbeit und Entropieänderung.