

Thermodynamik 4

Besprechung in der Woche vom 07.05.18 bis 11.05.18

Teil A: Verständnisaufgaben

Aufgabe 1 – Phasenübergang und Aggregatzustandsänderung

Was ist der Unterschied zwischen einem Phasenübergang und einem Aggregatzustandswechsel? Ist jeder Aggregatzustandswechsel ein Phasenübergang? Ist jeder Phasenübergang ein Aggregatzustandswechsel? Beginnen Sie damit indem Sie eine kurze Definition von Phase und von Aggregatzustand aufstellen.

Aufgabe 2 – Entropie

Erklären Sie in nicht mehr als 10 Sätzen, was Entropie ist.

Aufgabe 3 – Zustandsgrößen

Was ist eine Zustandsgröße? Was zeichnet eine Zustandsgröße aus? Warum sind Wärme δQ und Arbeit δW keine Zustandsgrößen? Was ist der Unterschied zwischen extensiven und intensiven Zustandsgrößen? Geben sie zwei Beispiele für extensive und zwei Beispiele für intensive Zustandsgrößen an.

Aufgabe 4 – Reversibilität

Bei welchen der folgenden thermodynamischen Prozesse handelt es sich um einen reversiblen Prozess?

- Volumenexpansion in einem Zylinder mit Kolben
- Ablassen von Luft durch ein Druckventil in einer Raumstation
- Heißen Kaffee auf dem Schreibtisch abkühlen lassen
- Mischen von zwei Flüssigkeiten
- Elektrolyse von Wasser
- adiabatisches Kühlen eines Gases durch Druckreduktion
- Wärmeleitung durch eine Hauswand

Aufgabe 5 – Phasendiagramm

Zeichnen sie ein Phasen-p-T-Diagramm für einen Stoff mit Dichteanomalie (zum Beispiel Wasser) und einen Stoff ohne Dichteanomalie (zum Beispiel Butan). Was ist der sogenannte Tripelpunkt? Was ist der kritische Punkt?

Teil B: Rechenaufgaben

Aufgabe 6 – Sonnenentropie

In Deutschland hat die absorbierte Strahlung der Sonne eine über das Jahr gemittelte Leistung von etwa 120 W pro Quadratmeter horizontaler Fläche der Erde. Die Temperatur der Sonnenoberfläche ist etwa 6000 K, die der Erde rund 300 K. Für diese Aufgabe wollen wir annehmen, dass die Erde die gesamte eingestrahelte Energie absorbiert.

- Wie viel Energie erhält die Erde dadurch innerhalb eines Jahres?
- Wie viel Entropie kommt zusätzlich jährlich im System Erde Sonne pro Quadratmeter Erdoberfläche hinzu?
- Nehmen Sie an, Sie pflanzen Gras (oder andere Nutzpflanzen) auf diesen Quadratmeter. Einige Leute würden argumentieren, daß diese Lebewesen den zweiten Hauptsatz verletzen, weil sie ungeordnete Nährstoffe in geordnete Lebensformen überführen. Wie würden Sie antworten?

Aufgabe 7 – Eis schmelzen in der Küche

Ein Eiswürfel (Masse 30 g) mit einer Temperatur von 0 °C ist auf dem Küchentisch vergessen worden und schmilzt langsam. Die Temperatur der Küche ist 25 °C. Latente Schmelzwärme von Eis: $\lambda_{Sm} = 335 \text{ J/g}$.

- Berechnen Sie die Entropiezunahme für das Schmelzen des Eiswürfels in Wasser der Temperatur 0 °C. Anteile durch die Volumenänderung kann man vernachlässigen.
- Berechnen Sie die Entropieänderung des Wassers beim Aufheizen von 0 °C auf 25 °C. Nehmen Sie eine konstante Wärmekapazität von $c_V = 4.2 \text{ J/gK}$ an.
- Berechnen Sie die Entropieänderung der Küche durch die Abgabe der Wärmemenge an den Eiswürfel während den beiden Prozessen in (a) und (b). Steigt die Gesamtentropie an?

Aufgabe 8 – Gasentropie

Zwei Mol Sauerstoff werden bei Raumtemperatur in einem temperaturdurchlässigen aber druckdichten Behälter eingeschlossen und langsam durch Druckerhöhung auf 1/3 ihres vorigen Volumens komprimiert.

- Ändert sich die mittlere quadratische Geschwindigkeit $\langle v^2 \rangle$ der Luftteilchen? Wenn ja, warum? Wenn nein, warum nicht?
- Berechnen Sie zunächst die Entropieänderung des Gases mit Hilfe der mikroskopischen Definition der Entropie nach Boltzmann.
Hinweis: Eine Volumenänderung eines Gases um den Faktor k verändert die Anzahl der mikroskopischen Zustände um einen Faktor k^N , wobei N die Anzahl der Teilchen des Gases ist.
- Berechnen Sie nun die Entropieänderung des Gases mit Hilfe der thermodynamischen Definition der Entropie, die Sie ebenfalls in der Vorlesung behandelt haben.
- Vergleichen Sie Teilaufgabe (b) und (c).

Aufgabe 9 – Van-der-Waals-Gleichung

Gegeben ist das p-V-Diagramm eines realen Gases gemäß der Van-der-Waals-Gleichung für drei Temperaturen $T_1 < T_2 < T_3$:

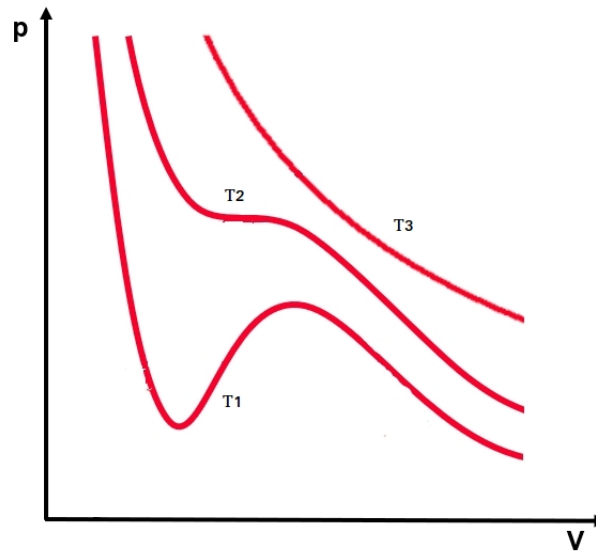


Abbildung 1: p-V-Diagramm eines realen Gases gemäß der Van-der-Waals-Gleichung für drei unterschiedliche Temperaturen $T_1 < T_2 < T_3$

Die Van-der-Waals-Gleichung lautet:

$$p = \frac{nRT}{V - nb} - \frac{n^2 a}{V^2}$$

oder in einer anderen Darstellung:

$$\left(p + a \frac{N^2}{V^2} \right) \cdot (V - N \cdot b) = NkT$$

mit n der Stoffmenge in mol, N der Teilchenzahl, p dem Druck in Pa, T der Temperatur in K, V dem Volumen in m^3 , R der allgemeinen Gaskonstante und a und b dimensionsbehafteten Konstanten.

- Leiten Sie die Einheiten der dimensionsbehafteten Konstanten a und b in der Van-der-Waals-Gleichung her. Was kann man aus den Einheiten folgern? Um welche Größe handelt es sich bei a , um welche bei b ?
- Betrachten Sie Abbildung 1. Was fällt Ihnen auf? An welchen Stellen ist das Diagramm unphysikalisch? Warum ist es an diesen Stellen unphysikalisch? Was passiert in Wirklichkeit in den unphysikalischen Bereichen?
- Leiten Sie die Ausdrücke für die kritische Temperatur T_{krit} , kritischen Druck p_{krit} und kritisches Volumen V_{krit} unter der Bedingung her, dass am kritischen Punkt das p-V-Diagramm einen Sattelpunkt besitzt und berechnen Sie alle drei Größen für das Beispiel Chlor. *Hinweis:* $a_{Cl} = 657,4 \cdot 10^{-3} \frac{J \cdot m^3}{mol^2}$; $b_{Cl} = 56,2 \cdot 10^{-6} \frac{m^3}{mol}$
- Muss man zur Verflüssigung eines realen Gases über oder unter dem kritischen Punkt arbeiten?