

Zustandsgleichung realer Gase und kritischer Punkt (ZUS)

Manuel Staebel – 2236632 / Michael Wack 2234088

1 Versuchsdurchführung

1.1 Aufnahme der Isothermen (siehe Diagramm)

Anmerkung: Bei der Aufzeichnung der Isothermen hat sich ein auffälliges Verhalten der Kurven im Dampfdruckbereich gezeigt. Jeweils ca. in der Mitte des Volumenbereiches, in dem sich der Dampfdruck einstellt, ist ein kleiner Knick in der Isotherme zu beobachten. Auch zusammen mit dem Betreuer konnte dieses Phänomen nicht geklärt werden – laut Aussage des Betreuers treten diese „Knicke“ aber auch bei anderen Praktikumsgruppen auf. Unserer Meinung nach könnten Sie evtl. auf einen Phasenübergang im SF_6 -Gas oder durch eine leichte Verunreinigung des Gases zurückzuführen sein.

1.2 Bestimmung der Anzahl n der Mole im Gasvolumen

Durch wiederholte Messungen bei einer Temperatur von $50\text{ }^\circ\text{C}$ ergaben sich unten stehende Wertepaare. Da sich im Rahmen der Ablesegenauigkeit immer die gleichen reproduzierbaren Werte einstellten, erübrigt sich die Berechnung des Mittelwertes und der Messunsicherheit der einzelnen Messreihen.

$p_1 = 20,0\text{ bar}$	$p_2 = 30,0\text{ bar}$
$V_1 = 3,40\text{ cm}^3$	$V_2 = 1,97\text{ cm}^3$

Da das Gas bei dieser Temperatur bereits annähernd als ideal angesehen werden kann, lässt sich die Gasmenge mit Hilfe der allgemeinen Gasgleichung berechnen:

$$p \cdot V = n \cdot R \cdot T \Rightarrow n = \frac{p \cdot V}{R \cdot T}$$

$$n_1 = \frac{p_1 \cdot V_1}{R \cdot T} = \frac{2,00 \cdot 10^6 \text{ Pa} \cdot 3,40 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3}{8,3145 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}} \cdot 323,15 \text{ K}} = 2,53 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

$$n_2 = \frac{p_2 \cdot V_2}{R \cdot T} = \frac{3,00 \cdot 10^6 \text{ Pa} \cdot 1,97 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3}{8,3145 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}} \cdot 323,15 \text{ K}} = 2,19 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

$$\text{Mittelwert: } \bar{n} = 2,36 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

$$\text{Standardabweichung: } s = \sqrt{\sum_{i=1}^2 (n_i - \bar{n})^2} = 2,40 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$$

$$\text{Messunsicherheit: } u = \frac{t}{\sqrt{n}} \cdot s = 3,13 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$$

$$\Rightarrow n = (2,36 \pm 0,313) \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

1.3 Bestimmung von V_k und P_k aus der kritischen Isothermen

Aus dem Diagramm lassen sich folgende Werte entnehmen:

$$V_k = 0,75 \pm 0,01 \text{ ml}$$

$$P_k = 37,4 \pm 0,1 \text{ bar}$$

1.4 Einzeichnung der Begrenzungskurven in das Diagramm.

1.5 Vergleichen Sie die gefundenen kritischen Größen und die Verdampfungsenthalpie mit Literaturwerten.

Aus dem Diagramm ergibt sich ein kritischer Druck von $P_k = 37,4 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ welcher lediglich eine Abweichung von 2% zu dem in der Literatur angegebenen Wert von $P_k(\text{lit}) = 38,2 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ aufweist.

1.6 Bestimmen Sie aus den Messungen die Größen a und b für ein Mol und für ein einzelnes Teilchen. Diskutieren Sie die Werte für das Teilchen.

Mit den Beziehungen $V_k = 3bn$ und $P_k = \frac{a}{27b^2}$ ergibt sich für ein Mol SF_6

$$b = \frac{V_k}{3n} = \frac{0,75 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3}{3 \cdot 2,36 \cdot 10^{-3} \text{ mol}} = 1,06 \cdot 10^{-4} \frac{\text{m}^3}{\text{mol}} \quad \text{und} \quad a = P_k \cdot 27b^2 = 37,4 \cdot 10^5 \text{ Pa} \cdot 27 \cdot \left(1,06 \cdot 10^{-4} \frac{\text{m}^3}{\text{mol}}\right)^2 = 1,13 \frac{\text{Pa m}^6}{\text{mol}^2}$$

Rechnet man die gewonnenen Koeffizienten auf ein einzelnes Teilchen (Molekül) SF_6 zurück, so erhält man:

$$a = 3,12 \cdot 10^{-48} \quad b = 1,76 \cdot 10^{-28}$$

Aus dem Vergleich mit den Werten aus der Fachliteratur ergibt sich eine Übereinstimmung der Größenordnung.

1.7 Bestimmen Sie den Dampfdruck $P_d(T)$ für die verschiedenen Temperaturen und tragen Sie $\ln P_d$ als Funktion von $1/T$ auf. Bestimmen Sie daraus grafisch die Verdampfungsenthalpie h_d .

Aus unserem Diagramm lassen sich folgende Werte ablesen:

T[K]	303,55	308,45	313,15	318,75
P_d [bar]	26,25	29,25	32,75	37,4

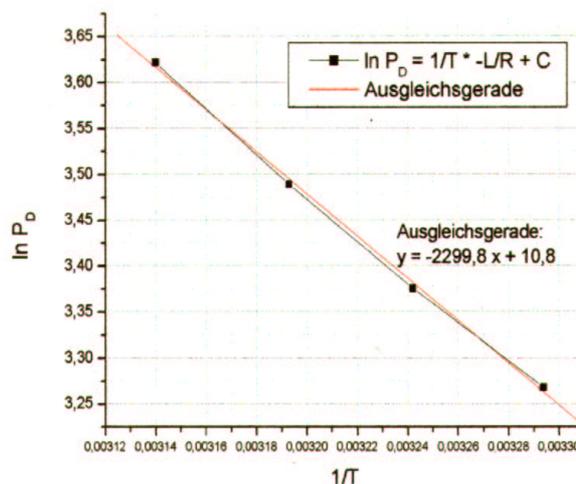
Das Diagramm wurde mit dem Computer erstellt. Als Ausgleichsgerade erhielten wir folgende Gleichung: $y = -2299,8x + 10,8$

Dies bedeutet, dass die Steigung der Geraden $-2299,8$ ist.

Mit Gleichung (10) aus der Versuchsbeschreibung lässt sich die Verdampfungsenthalpie L errechnen:

$$\ln P_d = \frac{-L}{R} \frac{1}{T} + \text{const}$$

$$m = \frac{-L}{R} \Rightarrow L = -mR = -(-2299,8 \text{ K}) \cdot R = 19,1 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$$



2 Fragen

2.1 Warum sinkt bzw. steigt der Druck noch einige Zeit, nachdem das Volumen verringert bzw. vergrößert wurde ?

Um das Volumen des Gases zu Verändern muss Arbeit verrichtet werden. Bei einer Volumenverringerung muss man am Kolben Arbeit verrichten, dies führt zu einer Erwärmung des Gases. Bei einer Volumenvergrößerung verrichtet das Gas selbst die Arbeit und kühlt sich deshalb ab. Da durch die Temperaturregelung die Temperatur des umgebenden Wassers konstant gehalten wird, kommt es zu einer isochoren (konstantes Volumen) Erwärmung bzw. Abkühlung des Gases, bis sich dieses wieder im thermischen Gleichgewicht mit dem Wasser befindet. Dieser Vorgang führt aufgrund der allgemeinen Gasgleichung zu einer Druckänderung, die sich am Manometer beobachten lässt.