

PRAKTIKUM ZUR EINFÜHRUNG IN DIE PHYSIKALISCHE
CHEMIE,
UNIVERSITÄT GÖTTINGEN

**V3: Molmassenbestimmung
nach Viktor Meyer**

Durchführende: Alea Tokita, Julia Stachowiak
Assistentin: Annemarie Kehl
Versuchsdatum: 21.12.2015
Datum der ersten Abgabe: 11.01.2016

Messwerte:

$$M_1 = (86 \pm 2) \text{ g mol}^{-1}$$

$$M_2 = (88 \pm 2) \text{ g mol}^{-1}$$

Literaturwert:

$$M_S = 84 \text{ g mol}^{-1}$$

Inhaltsverzeichnis

| | | |
|----------|--|----------|
| 1 | Theorie | 3 |
| 2 | Auswertung | 3 |
| 3 | Fehlerrechnung | 4 |
| 3.1 | absolute Fehler | 4 |
| 3.2 | Fehlerfortpflanzung | 4 |
| 3.3 | Vergleich mit Literaturwerten | 5 |
| 3.4 | Diskussion systematischer Fehler | 5 |
| 4 | Literaturverzeichnis | 6 |

1 Theorie

In der Bestimmung der Molmasse nach Viktor Meyer wird die Molmasse einer leicht verdampfbaren Substanz mithilfe des von ihr verdrängten Gasvolumens beim Verdampfen bestimmt.

2 Auswertung

Nach dem idealen Gasgesetz ist die Größe des verdrängten Volumens eines Gases abhängig von der Temperatur, dem Druck und der Stoffmenge. Letztere setzt sich aus der Molaren Masse und der Masse der Substanz zusammen. Daraus ergibt sich die molare Masse der Probe.

$$M_P = \frac{m_P}{n_P} = \frac{m_P \cdot R \cdot T_Z}{p_L \cdot V_L} \quad (1)$$

Die Masse der Probesubstanz und das verdrängte Volumen können einfach bestimmt werden, ebenso die Temperatur des Wassers T_Z , durch welches die verdrängte Luft direkt durchtritt.

Zu Beginn der Messung ist der Druck p_L innerhalb der Apparatur gleich dem Luftdruck außerhalb und somit leicht zu bestimmen. Bei Durchtritt der verdrängten Luft durch das Wasser erhöht sich allerdings auch die Luftfeuchtigkeit. Außerdem übt auch die Gasphase der Wassersäule einen hydrostatischen Druck aus, sodass die Luft nach Durchtritt durch das Wasser einen höheren Druck ausübt.

Der hydrostatische Druck ist mithilfe der barometrischen Höhenformel zu beschreiben:

$$p_{\text{hyd}} = \delta_{\text{H}_2\text{O}} \cdot g \cdot h \quad (2)$$

Der Wasserdampfpartialdruck ist proportional zu der relativen Luftfeuchtigkeit r und dem Dampfdruck des Wassers bei gegebener Temperatur.

$$p_{\text{rel}} = r \cdot p_{\text{H}_2\text{O}}(T_Z) \quad (3)$$

Nach Durchtreten der Luft durch das Wasser ist der Wasserdampfdruck gesättigt, sodass sich für $r = 1$ ergibt. Der Druck ist nun höher als zuvor und muss somit um den neu hinzugekommenen Wert $1 - r$ korrigiert werden.

Das von der entstehenden Gasphase der Substanz verdrängte Volumen ist gleich dem aufgefangenen Volumen an Luft im Eudiometerrohr. Der Druck im Eudiometerrohr ist durch die mit Wasser gesättigte Luft allerdings größer. Somit muss der Atmosphärendruck p_B um die beiden Korrekturfaktoren reduziert werden.

$$p_L = P_B - p_{\text{hyd}} - ([1 - r] \cdot p_{\text{H}_2\text{O}}(T_Z)) \quad (4)$$

Der Druck und die Dichte des Wassers bei herrschender Temperatur werden einer Tabelle entnommen. Der vom Quecksilberbarometer angezeigte Atmosphärendruck wird mithilfe einer Korrekturtabelle in Torr und anschließend Pascal umgerechnet.

3 Fehlerrechnung

3.1 absolute Fehler

Die absoluten Fehler der Messgrößen ergeben sich aus der letzten Dezimalstelle. Der absolute Fehler des Atmosphärendrucks p_B errechnet sich aus dem Fehler der Kuppelhöhe und dem der Temperatur bei der Umrechnung in Torr. Die Fehler werden unten dargestellt.

| | |
|--------------------------------------|---|
| Δm | $= 0,001 \text{ g}$ |
| Δp_B | $= 0,07 \text{ Torr} = 9,3325 \text{ Pa}$ |
| $\Delta \delta_{\text{H}_2\text{O}}$ | $= 0,01 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ |
| Δr | $= 0,01$ |
| ΔV | $= 0,1 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$ |
| $\Delta p_{\text{H}_2\text{O}}(T_Z)$ | $= 0,1 \text{ Pa}$ |
| Δh | $= 0.005 \text{ m}$ |

3.2 Fehlerfortpflanzung

Nach der Gauß'schen Fehlerfortpflanzung

$$\Delta f = \sqrt{\sum_i \left(\frac{d}{dx_i} \right)^2 \cdot \Delta x_i^2} \quad (5)$$

ergibt sich für den hydrostatischen Druck Δp_{hyd} folgender Fehler:

$$\Delta p_{\text{hyd}} = \sqrt{(g \cdot h)^2 \cdot \Delta \delta_{\text{H}_2\text{O}}^2 + (\delta_{\text{H}_2\text{O}} \cdot g)^2 \cdot \Delta h^2} \quad (6)$$

Anschließend ergibt sich für den Fehler des Luftdruckes Δp_L :

$$\Delta p_L = \sqrt{\Delta p_B^2 + \Delta p_{\text{hyd}}^2 + p_{\text{H}_2\text{O}}(T_Z)^2 \cdot \Delta r^2 + (1 - r)^2 \cdot \Delta p_{\text{H}_2\text{O}}(T_Z)} \quad (7)$$

Und anschließend für den Fehler der Molaren Masse:

$$\Delta M = \sqrt{\left(\frac{R \cdot T}{p \cdot V}\right)^2 \cdot \Delta m^2 + \left(\frac{m \cdot R}{p \cdot V}\right)^2 \cdot \Delta T^2 + \left(-\frac{m \cdot R \cdot T}{p^2 \cdot V}\right)^2 \cdot \Delta p^2 + \left(-\frac{m \cdot R \cdot T}{p \cdot V^2}\right)^2 \cdot \Delta V^2} \quad (8)$$

Mit $p = p_L$ ergeben sich damit folgende Fehler:

| Fehler | Messung 1 | Messung 2 |
|-----------------------------------|------------------|------------------|
| Δp_{hyd} in Pa | 48,95 | 48,95 |
| Δp_L in Pa | 1344 | 1344 |
| ΔM in g mol ⁻¹ | 1,72 \approx 2 | 1,74 \approx 2 |

3.3 Vergleich mit Literaturwerten

Der Literaturwert der Substanz liegt bei $M_S = 84 \text{ g mol}^{-1}$

Aus den Messungen ergeben sich folgende Werte:

| Werte | Messung 1 | Messung 2 |
|----------------------------|-----------|-----------|
| p_{hyd} in Pa | 3612 | 3710 |
| p_L in Pa | 94936 | 94838 |
| M in g mol ⁻¹ | 86 | 88 |

Die gemessenen Werte liegen sehr nah an den Literaturwerten, wodurch sich zeigt, dass die Messung sehr genau ist, soweit sich keine Fehler gegenseitig auslöschen. Dennoch liegt der gemessene Wert der zweiten Messung nicht innerhalb der Fehlergrenzen, sodass noch systematische Fehler vorliegen müssen.

3.4 Diskussion systematischer Fehler

Zur Errechnung der molaren Masse wird das ideale Gasgesetz verwandt und somit davon ausgegangen, dass sich die verdampfte Substanz und ebenso auch die Luft wie ein ideales Gas verhalten. Da die gemessene Molmasse größer als die des Literaturwertes ist, muss das gemessene Volumen kleiner sein als das eines idealen Gases und somit eine anziehende Wirkung zwischen den Molekülen herrschen, die Substanz ist wahrscheinlich polar.

Auch wenn sich die Gasphase der verdampften Substanz wie ein ideales Gas verhielte,

würde immer noch das Gemisch der Luft zusammen ein reales Gas ergeben. Da die Werte von dem Literaturwert abweichen ist es unwahrscheinlich, dass die Abweichungen der Volumina beider Gase sich gegenseitig aufheben und wie ein ideales Gas verhalten.

Wäre die Substanz ein Gemisch aus zwei sich abstoßenden Stoffen, so wäre die Abweichung vom Literaturwert geringer. Allerdings würde die Messung dann auch keinen Sinn mehr ergeben, weil die Molmasse nur bei einer Substanz bestimmt werden kann. Das Gas einer einzigen Substanz kann sich nicht abstoßen, sondern höchstens annähernd ideal verhalten. Da sich das Luft-Gemisch allerdings immer anziehen und somit ein kleineres Volumen vorliegen wird, werden die errechneten Molmassen immer positiv vom Literaturwert abweichen.

Eine Verbesserungsmöglichkeit wäre, einmal ein näherungsweise ideales Gas und einmal ein Gasgemisch mit einer positiven Abweichung vom idealen Verhalten (stößt sich gegenseitig ab) anstatt von Luft in den Kolben zu füllen um zu schauen, wie ideal sich das Gas der Substanz verhält. Außerdem wäre die Abweichung vom Literaturwert geringer, besonders wenn sich die beiden Abhebungen genau aufhieben.

Da der Druck bei solch einer Messung schwer zu bestimmen wäre(es könnte nicht davon ausgegangen werden dass das Gas nach dem Durchtritt durch das Wasser im Eudiometerrohr gesättigt ist etc.), käme diese Option eher nicht in Frage.

Um eine bessere Näherung in der durchgeführten Messung zu erhalten, müsste eine Virialentwicklung mit einbezogen werden.

Da die Abweichung vom Literaturwert relativ gering ist, werden andere systematische Fehlerquellen die beispielsweise beim Abwiegen der Substanz entstehen könnten oder der Temperatur- und Höhenmessung etc. vernachlässigbar klein sein.

4 Literaturverzeichnis

- 1 Gerd Wedler: *Lehrbuch der physikalischen Chemie*, 5. Aufl., WILEY-VCH Verlag GmbH Co. KGaA, Weinheim, **2004**.
- 2 Götz, Eckold: *Skriptum zur Einführung in die physikalische Chemie*, Institut für physikalische Chemie, Uni Göttingen, **2015**.
- 3 *Skriptum für das Praktikum zur Einführung in die Physikalische Chemie*, Institut für physikalische Chemie, Uni Göttingen, **2015**.