

Messung von molaren Massen

Protokoll zum Versuch Nummer W4 vom 4. Mai 2015

Frederik Edens, Dennis Eckermann

Gruppe 6mo

f_eden01@uni-muenster.de

dennis.eckermann@gmx.de

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	1
2. Versuchsteil	1
2.1. Messung der molaren Masse anhand von Dampfdichte	1
2.1.1. Auswertung	2
3. Diskussion	3
3.1. Messung anhand von Dampfdichte	3
A. Anhang	5
A.1. Fehlerrechnung	5

1. Einleitung

$$M = m \frac{V_m p_0}{V p} \frac{T}{T_0} \quad (1.1)$$

2. Versuchsteil

2.1. Messung der molaren Masse anhand von Dampfdichte

Im ersten Versuchsteil wird die molare Masse von Ethanol und Cyclohexan bestimmt. Dazu wird genutzt, dass das molare Volumen von idealen Gasen eine konstante ist und sowohl Ethanol als auch Cyclohexan nur geringfügig von diesem Wert abweichen.

Es werden geringe Probenmengen von etwa 0,1 mL bei Ethanol und 0,2 mL bei Cyclohexan mit einer Spritze in einen Glaskolben injiziert. Durch wiegen der Spritze vorm Injizieren und danach wird die Masse des injizierten Stoffes bestimmt. Die Temperatur des Kolbens wird durch ein kochendes Wasserbad konstant auf etwa 100 °C gehalten. Da die Siedepunkte von Ethanol und Cyclohexan, wie Tabelle 3 entnommen werden kann, deutlich darunter liegen, gehen diese im Kolben in die gasförmige Phase über. Das so verdrängte Volumen kann abgelesen werden und zusammen mit der Probenmasse die Molmasse bestimmt werden. Durch fünf Messungen pro Stoff wird die Unsicherheit verringert.

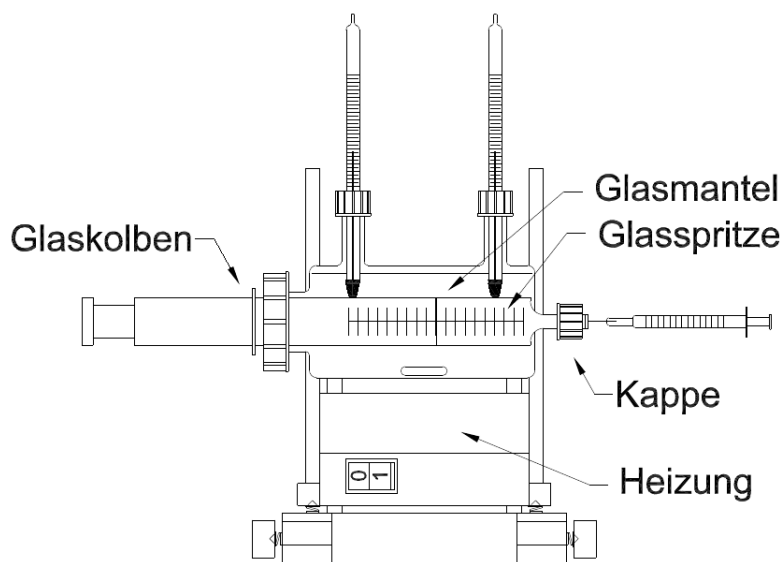


Abbildung 1 – Versuchsaapparatur (Quelle: [1])

2.1.1. Auswertung

Mit (1.1) lässt sich aus den erfassten Messwerten die molare Masse bestimmen. Da die Formel nur aus linearen und antiproportionalen Zusammenhängen besteht, lässt sich Fehlerformel (A.1) verwenden. Der Innendruck des Kolbens passt sich dem Umgebungsdruck an. Daher entspricht p dem gemessenen Umgebungsdruck $p = (1001,9 \pm 0,1) \text{ hPa}$. Die Innentemperatur T war über die Dauer des Experimentes konstant und wurde an beiden Enden gemessen. Die mittlere Temperatur ist $T = (102,5 \pm 0,8) ^\circ\text{C}$. Als molares Volumen wird das molare Volumen des idealen Gases von $V_m = (22,413\,996 \pm 0,000\,039) \text{ mol l}^{-1}$ angenommen. Dieses gilt bei Normalbedingungen von $p_0 = 1013,25 \text{ hPa}$ und $T_0 = 0 ^\circ\text{C}$. Die damit bestimmten Ergebnisse sind in den Tabellen 1 und 2 zu finden. Die Mittelwerte der molaren Massen betragen $(48,3 \pm 11,7) \text{ g mol}^{-1}$ für Ethanol und $(91,9 \pm 15,0) \text{ g mol}^{-1}$ für Cyclohexan.

Probenmasse [g]	Gasvolumen [l]	Molvolumen [g mol^{-1}]
$0,10 \pm 0,02$	$0,0625 \pm 0,0005$	$49,9 \pm 10,0$
$0,13 \pm 0,02$	$0,0825 \pm 0,0005$	$49,1 \pm 7,6$
$0,09 \pm 0,02$	$0,0635 \pm 0,0005$	$44,2 \pm 9,9$
$0,08 \pm 0,02$	$0,0520 \pm 0,0005$	$48,0 \pm 12,0$
$0,13 \pm 0,02$	$0,0805 \pm 0,0005$	$50,3 \pm 7,8$

Tabelle 1 – Ergebnisse vom ersten Versuch mit Ethanol

Probenmasse [g]	Gasvolumen [l]	Molmasse [g mol^{-1}]
$0,24 \pm 0,02$	$0,0765 \pm 0,0005$	$97,8 \pm 8,2$
$0,25 \pm 0,02$	$0,0870 \pm 0,0005$	$89,6 \pm 7,2$
$0,22 \pm 0,02$	$0,0785 \pm 0,0005$	$87,4 \pm 8,0$
$0,14 \pm 0,02$	$0,0510 \pm 0,0005$	$85,6 \pm 12,3$
$0,17 \pm 0,02$	$0,0535 \pm 0,0005$	$99,1 \pm 11,7$

Tabelle 2 – Ergebnisse vom ersten Versuch mit Cyclohexan

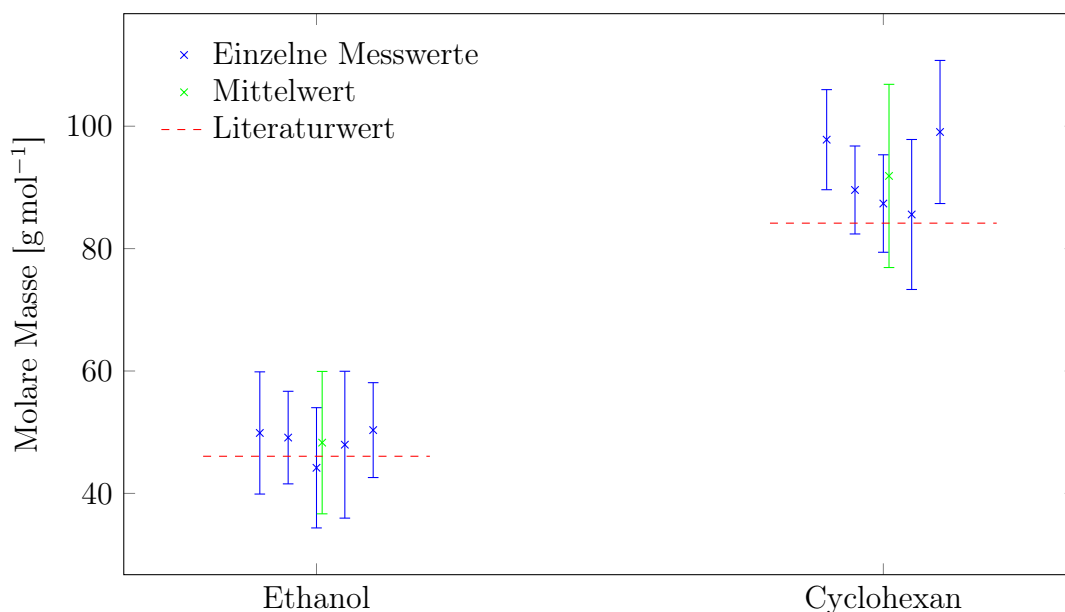


Abbildung 2 – Grafische Darstellung, Quelle Literaturwerte: [2, 3]

	Siedepunkt	Molare Masse	Dichte
Ethanol	78,32 °C	46,07 g mol ⁻¹	0,7893 g cm ⁻³
Cyclohexan	81 °C	84,16 g mol ⁻¹	0,78 g cm ⁻³

Tabelle 3 – Stoffeigenschaften von Ethanol und Cyclohexan (Quellen: [2, 3])

3. Diskussion

3.1. Messung anhand von Dampfdichte

Zunächst fällt auf, dass die von uns bestimmten molaren Massen innerhalb ihrer jeweiligen Fehler mit den Literaturwerten aus Tabelle 3 übereinstimmen. Insbesondere bei der Messung mit Ethanol liegen alle Einzelmessungen und auch der Mittelwert nah am Literaturwert. Beim Cyclohexan dagegen liegt bei zwei der Messungen der Literaturwert nicht im Vertrauensintervall. Dies unterstreicht auch die Wichtigkeit mehrerer Messungen. Die drei anderen Messwerte liegen dagegen deutlich näher an der Referenz.

Eine Auffälligkeit der Fehler ist, dass alle bis auf einen Wert zu hoch sind. Als Fehlerursache kommen mit Blick auf die (1.1) eine zu große Masse oder Temperatur oder ein zu kleines Volumen oder zu kleiner Druck in Frage. Da die Temperatur in der Grö-

ßenordnung 375 K liegt und relativ dazu sehr genau bestimmt werden kann, kann diese nur einen geringen Beitrag zum Fehler haben. Entsprechendes gilt auch für den Druck. Also ist der Fehler auf Masse und Volumen zurück zu führen. Wahrscheinlich ist bei den Messungen ein Teil der Probe nicht weit genug in den Kolben injiziert worden, so dass diese sich nicht, oder nur langsam erwärmt hat. Dadurch wird ein zu geringes Volumen gemessen und somit eine zu große molare Masse berechnet. Die Probenmasse wurde zwar systematisch falsch gemessen, da der Auftrieb vernachlässigt wurde, jedoch liegt die Dichte von Luft mit $\rho_L = 1,293 \text{ kg m}^{-3} = 0,001\,293 \text{ g cm}^{-3}$ (Quelle: [4]) zwei Größenordnungen unter der von Ethanol und Cyclohexan (siehe Tabelle 3) und kann gegenüber der Messgenauigkeit der verwendeten Waage vernachlässigt werden. Möchte man eine genauere Messung erreichen sollte man zwei weitere Dinge beachten. Zum einen sollte das oben beschriebene Problem berücksichtigt werden, und sichergestellt werden, dass die gesamte Probe verdampft. Dies kann geschehen indem man sich mit dem Versuch mehr Zeit lässt, oder man die Einfüllvorrichtung optimiert. Zum anderen sollte man die Masse der Probe genauer bestimmen. Rechnet man die Messergebnisse unter Vernachlässigung des Fehlers der Masse aus, so verringert sich der systematische Fehler auf $0,4 \text{ g mol}^{-1}$ für Ethanol und $0,8 \text{ g mol}^{-1}$ für Cyclohexan. Aber auch die Erhöhung der Messgenauigkeit um nur eine Größenordnung senkt den Fehler um fast eine Größenordnung.

A. Anhang

A.1. Fehlerrechnung

In diesem Versuch werden alle Messgrößen linear oder anti-proportional berechnet. Daher ist der Fehler aller vorkommenden Größen $y(x_1, \dots, x_n)$ gegeben durch

$$\Delta y = \sqrt{\sum_{i=1}^n \left(y \frac{\Delta x_i}{x_i} \right)^2} = |y| \sqrt{\sum_{i=1}^n \left(\frac{\Delta x_i}{x_i} \right)^2} \quad (\text{A.1})$$

Literatur

- [1] Markus Donath und Anke Schmidt, Hrsg. *Anleitung zu den Experimentellen Übungen zur Optik, Wärmelehre und Atomphysik*. Auflage 2015. Stand 10. April 2015. Physikalisches Institut, 2015.
- [2] Wikipedia. *Cyclohexan* — *Wikipedia, Die freie Enzyklopädie*. [Online; Stand 5. Mai 2015]. 2015. URL: <http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Cyclohexan&oldid=139366293>.
- [3] Wikipedia. *Ethanol* — *Wikipedia, Die freie Enzyklopädie*. [Online; Stand 5. Mai 2015]. 2015. URL: <http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Ethanol&oldid=141513771>.
- [4] Wikipedia. *Luft* — *Wikipedia, Die freie Enzyklopädie*. [Online; Stand 10. Mai 2015]. 2015. URL: <http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Luft&oldid=141823630>.