

Atommassenbestimmung von Magnesium bzw. der Ladung des Magnesiumions

Autor: Florian KLUIBENSCHEDL

Bericht verfasst am: 27. Februar 2019

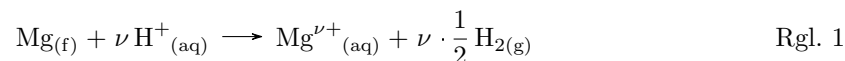
Versuchsdurchführung am: 04. März 2019
Gruppe, Matrikelnummer: 3, 11805747
Assistent: Professor Smith

Zusammenfassung

1 Theoretische Grundlagen

1.1 Motivation

Bei Magnesium handelt es sich um ein unedles Metall ($E^0 = -2.36V$ [1, S. 881]) und damit um ein gutes Reduktionsmittel, das mit Salzsäure unter Wasserstoffentwicklung reagiert.



Angenommen, es sei bekannt, dass Magnesium als zweifach positiv geladenes Ion vorkommt ($\nu = 2$ in 1). Damit ist die Stöchiometrie der obigen Gleichung bekannt und man kann durch Messung der entstehenden Menge an Wasserstoff auf die an der Reaktion beteiligte Stoffmenge an Magnesium schließen. Ist zudem die zu Beginn eingesetzte Masse an Magnesium bekannt, errechnet sich daraus direkt die Molmasse. Nimmt man nun umgekehrt die molare Masse des Magnesiums als bekannt an, kann auf die stöchiometrischen Faktoren und damit die Ionenladung geschlossen werden.

Beide Größen gleichzeitig zu bestimmen ist mit der beschriebenen Methode nicht möglich, wobei durch einen Blick auf das Periodensystem getrost die Annahme getroffen werden kann, dass $\nu = 2$.

1.2 Ziel des Experiments

Auf Basis der obigen Überlegungen ist das Ziel, eine möglichst exakte Bestimmung der Molmasse von Magnesium durchzuführen.

2 Experimenteller Teil

2.1 Verwendete Materialien

Tabelle 1: Auflistung der verwendeten Geräte und Chemikalien

Geräte	Hersteller	Chemikalie	Hersteller
600 ml Becherglas		metallisches Mg	
(25.000 ± 0.075) ml Bürette		4 M HCl	
(10.00 ± 0.05) ml Vollpipette		deionisiertes H ₂ O	
(10.0 ± 0.1) ml Messzylinder			
Thermometer			
Stativ mit Klammern			
14 cm Geodreieck			

2.2 Versuchsdurchführung

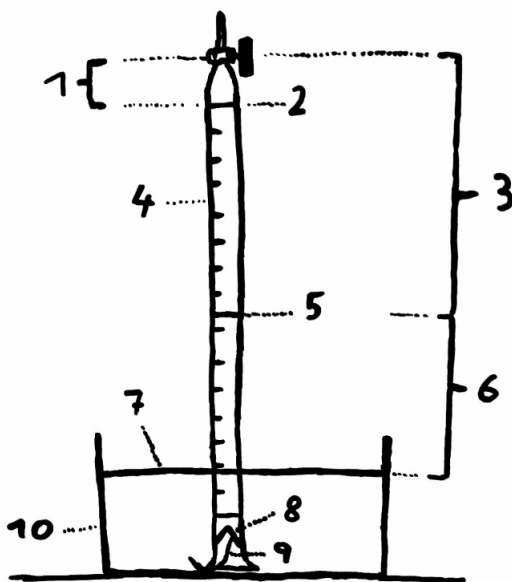


Abbildung 1: schematische Versuchsanordnung: (1) Totvolumen, (2) 25 ml Marke, (3) Gasraum - gefüllt mit H₂ und H₂O Dampf, (4) Bürette - mit Klammern an einem Stativ befestigt, (5) Wasserstand in der Bürette, (6) Wassersäule, (7) Flüssigkeitsstand im Becherglas, (8) V-förmig geknickter Magnesiumstreifen, (9) Bindfaden, (10) 600 ml Becherglas

Zu Beginn wurde das Totvolumen der Bürette bestimmt. Dazu wurde diese mit destilliertem Wasser bis zur 25 ml Marke aufgefüllt und anschließend das Wasser in einen 25 ml Messzylinder bis

zum Hahn abgelassen. Diese Prozedur wurde 3 mal wiederholt.

Der Versuch wurde wie in Abbildung dargestellt aufgebaut. Die Bürette wurde mit 20 ml HCl (4 M) gefüllt. Anschließend wurde mit destilliertem Wasser bis zum Bürettenrand aufgefüllt¹ und ein Magnesiumstreifen bekannter Masse ca. 3 cm in das Wasser eingetaucht. Um ein Absinken zu verhindern, hat man den Streifen V-förmig abgelenkt (um ihn zwischen den Bürettenwänden einzuklemmen) und an einem Bindfaden befestigt. Nach dem Versenken des Magnesiumstreifens wurde die Bürette bei Bedarf wieder mit destilliertem Wasser bis zum Rand aufgefüllt.

Die Reaktion wurde nun gestartet, indem die Bürette mit dem Daumen so fest wie möglich verschlossen² und verkehrt in das Becherglas getaucht wurde, wie in Abbildung gezeigt. Aufgrund der größeren Dichte von Salzsäure (1.19 g cm^{-3} bei 20°C für eine 37 %-ige Salzsäure [2]) im Vergleich zu destilliertem Wasser (0.997 g cm^{-3} bei 20°C) diffundierte diese nach unten und reagierte mit dem Magnesiumstreifen unter Wasserstoffentwicklung.

Das Ende der Reaktion war erreicht, wenn das gesamte Magnesium reagiert hat³, optisch erkennbar durch ein vollständiges Auflösen. Mithilfe eines Lineals wurde der Abstand zwischen Flüssigkeitsstand in der Bürette und dem Flüssigkeitsstand des Becherglases bestimmt. Durch Ablesen der Markierung in der Bürette konnte unter Berücksichtigung des Totvolumens der Bürette das Volumen an entstandenem Wasserstoff bestimmt werden. Die Temperatur des Wassers wurde mit einem Badthermometer bestimmt. Die gesuchte Temperatur des Wasserstoff entspricht aufgrund seiner hohen Wärmeleitfähigkeit ($\lambda_{\text{H}_2} = 0.181 \text{ W m}^{-1} \text{ K}$ im Vergleich zu $\lambda_{\text{Luft}} = 0.026 \text{ W m}^{-1} \text{ K}$ bei 25°C [3]) annähernd der gemessenen Wassertemperatur.

2.3 Auswertung

Im Folgenden wird eine Beziehung hergeleitet, mit der die gebildete Stoffmenge mit den gemessenen Daten berechnet werden kann. Das oben skizzierte System erreicht seinen Gleichgewichtszustand, wenn der Innendruck gleich dem Aussendruck ist.

$$p_{\text{innen}} = p_{\text{außen}} \quad (1)$$

Der Innendruck (3) setzt sich zusammen aus dem Dampfdruck des Wassers $p_{\text{H}_2\text{O}}$, dem Druck des Wasserstoffs p_{H_2} und dem hydrostatischen Druck p_h (2), der vom verbleibenden Wasser in der Bürette ausgeht. Der Außendruck entspricht dem Atmosphärendruck p_{Atm} .

$$p_h = \rho * g * h \quad (2)$$

$$p_{\text{innen}} = p_{\text{H}_2} + p_{\text{H}_2\text{O}} + p_h \quad (3)$$

Wasserstoff verhält sich bei den gegebenen Bedingungen wie ein ideales Gas, weswegen die Stoffmenge an Wasserstoff mit der idealen Gasgleichung berechnet werden kann.

$$n_{\text{H}_2} = \frac{p_{\text{H}_2} * V_{\text{Gas}}}{R * T} \quad (4)$$

¹beim Auffüllen wurde darauf geachtet, dass es zu einer möglichst geringen Aufwirbelung der Salzsäure kommt, um einen frühzeitigen Reaktionsstart vorzubeugen

²dabei wurde darauf geachtet, die Entstehung von Luftblasen zu vermeiden

³anzumerken ist, dass die HCl in einem Überschuss zugegeben wurde, um eine möglichst vollständige Reaktion zu ermöglichen

Durch Umformen von (3) und einsetzen in (4) erhält man zusammen mit (2) und (1) einen Ausdruck, mit dem sich die Stoffmenge von Wasserstoff auf Basis der Messdaten berechnen lässt.

$$n_{\text{H}_2} = \frac{V_{\text{Gas}}}{R * T} * (p_{\text{Atm.}} - \rho * g * h - p_{\text{H}_2\text{O}}) \quad (5)$$

2.3.1 Berechnung der molaren Masse von Magnesium

Um die molare Masse von Magnesium berechnen zu können, wird die Ladung des Magnesiumions als bekannt vorausgesetzt (wie in 1.1 bereits erläutert). Es wird angenommen, dass Magnesium als zweifach positives geladenes Ion auftritt ($\nu = 2$). Das Stoffmengenverhältnis von Magnesium und Wasserstoff in Reaktionsgleichung 1 ist demnach 1:1. Die gesuchte molare Masse lässt sich also wie in (6) dargestellt berechnen.

$$M_{\text{Mg}} = \frac{m_{\text{Mg}}}{n_{\text{H}_2}} \quad (6)$$

2.3.2 Berechnung der Ionenladung von Magnesium

Es wird vorausgesetzt, dass die molare Masse von Magnesium bekannt ist. Diese wurde der Literatur entnommen. Die Stoffmenge von Magnesium kann also berechnet werden gemäß 7. Da zudem die Stoffmenge von Wasserstoff nach 5 bekannt ist, lässt sich über das Verhältnis der beiden der gesuchte stöchiometrische Faktor ν und damit die Ionenladung bestimmen.

$$n_{\text{Mg}} = \frac{m_{\text{Mg}}}{M_{\text{Mg}}} \quad (7)$$

$$\nu = \frac{2 * n_{\text{H}_2}}{n_{\text{Mg}}} = \frac{2 * n_{\text{H}_2} * M_{\text{Mg}}}{m_{\text{Mg}}} \quad (8)$$

2.4 Messergebnisse und Literaturwerte

In Tabelle 2 sind alle Messwerte, die im Rahmen der Versuchsdurchführung wie in 2.2 beschrieben, gemessen wurden. Ebenso sind die verwendeten Literaturwerte derjenigen Messgrößen aufgelistet, die für die Berechnungen notwendig waren.

Tabelle 2: Mess- und Literaturdaten

Messgröße	Messwert	Größe bzw. Konstante	Wert
m_{Mg}		R	$8.314 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$
V_{Gas}			
$p_{\text{Atm.}}$			
T_{Wasser}			
h			
$V_{\text{Tot.}}$			

3 Ergebnisse und Diskussion

Reaktionsverzeichnis

Reaktion Rgl. 1	1
---------------------------	---

Literaturverzeichnis

- [1] James Keeler Peter Atkins Julio de Paula. *Physical Chemistry*. 11th. Oxford, United Kingdom: Oxford University Press, 2018 (siehe S. 1).
- [2] internetchemie.info, Hrsg. *Dichtetabelle Salzsäure* (März 2019). URL: <https://www.internetchemie.info/chemie-lexikon/daten/s/salzsaeure-dichtetabelle.php> (siehe S. 3).
- [3] schweizer-fn.de, Hrsg. *Wärmeleitfähigkeit von Gasen in Abhängigkeit der Temperatur* (März 2019). URL: https://www.schweizer-fn.de/stoff/wleit_gase/wleit_gase.php (siehe S. 3).

Abbildungsverzeichnis

1 schematische Versuchsanordnung, Quelle: Autor	2
---	---

Tabellenverzeichnis

1 Materialienliste, Quelle: Autor	2
2 Mess- und Literaturdaten, Quelle: Autor	4