

# Gasgesetz, Molmassenbestimmung und Stöchiometrie

Integriertes Praktikum

Verfasser:	Julian Krauß, Luca Nils Knödler, Emil Rauscher
Matrikelnummer:	3664757, 365222, 3659652
E-Mail-Adresse:	1234567@stud.uni-stuttgart.de
Assistentin:	Aysegül Demircan
Versuchsdatum:	12.12.2022
Abgabedatum:	15.12.2022

# 1 Inhalt

1	Theorie.....	2
1.1	Grundlagen der Stöchiometrie.....	2
1.1.1	Das Gesetz der konstanten Proportionen von Joseph Louis Proust .....	2
1.1.2	Das Gesetz der multiplen Proportion von John Dalton .....	2
1.1.3	Das Gesetz der äquivalenten Proportionen von Jeremias Benjamin Richter .....	2
1.1.4	Das chemische Volumengesetz von Joseph Louis Gay-Lussac .....	3
1.2	Die Stoffmenge .....	3
1.3	Das ideale Gas .....	4
2	Elektrolyse von Wasser und Herstellung von Wasser in der Brennstoffzelle. ....	5
2.1.1	Aufgabenstellung.....	5
2.1.2	Durchführung .....	5
2.1.3	Beobachtung und Auswertung.....	5
2.1.4	Auswertung .....	6
2.1.5	Reaktionsgleichungen .....	7
2.1.6	Fehlerbetrachtung.....	8
2.1.7	Zusammenfassung.....	8
2.2	Synthese von Wasser in einer Brennstoffzelle. ....	9
2.2.1	Aufgabenstellung.....	9
2.2.2	Durchführung .....	9
2.2.3	Beobachtung und Auswertung.....	9
2.2.4	Reaktionsgleichungen .....	10
2.2.5	Fehlerbetrachtung.....	10
2.2.6	Zusammenfassung.....	10
3.	Versuch 2: Bestimmung der molaren Masse von Calcium .....	11
3.1.1	Aufgabenstellung: .....	11
3.2	Aufbau und Durchführung: .....	11
3.3	Beobachtungen: .....	11
3.4	Auswertung: .....	11
3.5	Fehlerbetrachtung:.....	13
4.	Versuch 3: Molmassenbestimmung nach Victor-Meyer .....	14
4.1	Aufgabenstellung:.....	14
4.2	Aufbau und Durchführung: .....	14
4.3	Auswertung: .....	15
4.4	Fehlerbetrachtung:.....	16
5.	Quellen: .....	16

# 1 Theorie

## 1.1 Grundlagen der Stöchiometrie

Die stöchiometrischen Gesetze befassen sich mit dem Verhältnis der Massen und Teilchenzahlen, in dem Stoffe miteinander reagieren.

### 1.1.1 Das Gesetz der konstanten Proportionen von Joseph Louis Proust

Das Gesetz der konstanten Proportionen besagt, dass das Massenverhältnis zweier Stoffe, die zu einer Verbindung reagieren konstant ist. Werden die Stoffe ihre Bestandteile zerlegt, werden immer die gleichen Massenverhältnisse der einzelnen Bestandteile gefunden.

### 1.1.2 Das Gesetz der multiplen Proportion von John Dalton

Das Verhältnis der Massen von zwei Stoffen, die zu verschiedenen chemischen Verbindungen miteinander reagieren, ist ganzzahlig. Dieses Gesetz erweitert das Gesetz der konstanten Proportionen.

### 1.1.3 Das Gesetz der äquivalenten Proportionen von Jeremias Benjamin Richter

Zwei Elemente reagieren immer im Verhältnis bestimmter Äquivalenzmassen oder ganzzahligen Vielfachen dieser Massen. Es ist möglich die Massen von Elementen durch das Massenverhältnis dieser Stoffe zu einem dritten Stoff zu ersetzen. Als Beispiel kann bei der Reaktion von Sauerstoff mit Stickstoff das Massenverhältnis 0,571 zu 1 ersetzt werden durch die Massenverhältnisse der jeweiligen Stoffe zu Wasserstoff. Diese Äquivalenzmassen reagieren nun in ganzzahligen Verhältnissen zueinander.

### 1.1.4 Das chemische Volumengesetz von Joseph Louis Gay-Lussac

Das Volumenverhältnis von gasförmigen Stoffen, die an einer Reaktion beteiligt sind, lässt sich bei bekanntem Druck und bekannter Temperatur in ganzen Zahlen angeben.

Wird Wasser in seine einzelnen Atome zerlegt, so fällt auf, dass diese in einem Volumenverhältnis von  $\frac{1 \text{ Volumen Sauerstoff}}{2 \text{ Volumen Wasserstoff}}$  stehen. Auch zeigt ein Experiment, dass immer zwei Volumenteile Wasserstoff und ein Volumenteil Sauerstoff zu zwei Volumenteilen Wasser reagieren. Liegt von einem der beiden Stoffe mehr vor, so liegt dieser nach der Reaktion unverändert vor. Avogadro postulierte darauf, dass jedes Gas bei festgelegten Bedingungen immer das gleiche Volumen einnimmt.

### 1.2 Die Stoffmenge

Um die Stoffmenge zu bestimmen, wurde zuerst die Masse eines Atoms festgelegt. Hierfür legte die IUPAC fest, dass die relative Atommasse des Kohlenstoffisotops  $^{12}_6\text{C}$  12 g beträgt. 12 g  $^{12}_6\text{C}$  beinhalten die gleiche Teilchenanzahl, wie 18,998 g isotonenreines Fluor, diese Teilchenzahl wird ein Mol genannt und beträgt  $6,02214 \cdot 10^{23}$ . Daraus ergibt sich, dass  $6,02214 \cdot 10^{23}$   $^{12}_6\text{C}$  Kohlenstoffisotope die Masse 12 g haben, so beträgt die molare Masse  $12 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ . Die Zahl ein Mol wird als Avogadro-Konstante  $N_A$  bezeichnet. Ein Mol eines Gases hat bei 1,013 bar Druck und einer Temperatur von 298 K immer ein Volumen von 24,46 Litern.

### 1.3 Das ideale Gas

Ein ideales Gas ist ein Gas, bei welchem die Gasteilchen nicht miteinander wechselwirken und bei dem das Eigenvolumen der Gasteilchen gegenüber dem Gasvolumen zu vernachlässigen ist. Der Zustand dieses idealen Gases kann durch Angabe des Volumens  $V$ , der Temperatur  $T$  und dem Druck  $p$ . Ist die Temperatur konstant, so ist der Druck antiproportional zum Volumen. Ist das Volumen konstant, so ist der Druck proportional zur Temperatur. Aus diesen Beobachtungen ergibt sich das ideale Gasgesetz.

$$p \cdot V = n \cdot R \cdot T \quad (1)$$

Dabei steht  $n$  für die Stoffmenge und  $R$  für die allgemeine Gaskonstante  $8,31446 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}}$ . Die Stoffmenge  $n$  wird durch die Masse  $m$  und der Molmasse  $M$  berechnet.

$$n = \frac{m}{M} \quad (2)$$

Wird nun Gleichung (2) in Gleichung (1) eingesetzt und nach  $M$  aufgelöst, so entsteht:

$$M = \frac{m \cdot R \cdot T}{p \cdot V} \quad (3)$$

Nun ist es einfach möglich die Molmassen von Stoffen zu bestimmen, da  $R$  eine Konstante ist und Masse, Temperatur, Druck und Volumen einfach gemessen werden können.

## 2 Elektrolyse von Wasser und Herstellung von Wasser in der Brennstoffzelle.

### 2.1.1 Aufgabenstellung

Im ersten Versuchsteil soll durch die Elektrolyse die Zusammensetzung von Wasser ermittelt und das Verhältnis zwischen Wasserstoff und Sauerstoff im Wassermolekül bewiesen werden.

### 2.1.2 Durchführung

Die Elektrolysezelle wurde mit demineralisiertem Wasser gefüllt und dann an ein Netzgerät angeschlossen. Dort wurde eine Spannung von 1.8 Volt und eine Stromstärke von 1.02 Ampere eingestellt. Dann wurde vier Minuten lang elektrolysiert und alle 30 Sekunden der Gasfüllstand am Plus- und Minus-Pol abgelesen. Nach Ende der Elektrolyse wurde mit dem am Pluspol entstandenem Gas die Glühspanprobe und mit dem am Minuspol entstandenem Gas die Knallgasprobe durchgeführt.

### 2.1.3 Beobachtung und Auswertung

Nach Anschalten des Netzgerätes war am Plus- und Minus-Pol der Elektrolysezelle eine Gasentwicklung zu beobachten. Alle 30 Sekunden wurde die entstandene Gasmenge am Plus- und Minus-Pol abgelesen und die Werte in eine Tabelle übertragen.

Tab. 1: Volumina der entstandenen Gase ( $O_2$  und  $H_2$ ) in ml bei der Elektrolyse im Zusammenhang mit der Zeit  $t$  in s.

Zeit in s	Volumen ( $O_2$ ) in ml am Pluspol	Volumen ( $H_2$ ) in ml am Minuspol
30	$\approx 0$	4
60	2,5	8
90	5	12
120	7	16
150	8	19
180	10	21
210	13	25
240	16	33

Es war zu beobachten, dass am Plus- und Minus-Pol der Elektrolysezelle das Wasser in den Gasauffangbehältern durch entstehendes Gas verdrängt wurde. Nach Ende der Elektrolyse war am Minuspol ungefähr doppelt so viel Gasvolumen im Gasauffangbehälter, wie am Pluspol. Die Glimmspanprobe mit dem Gas, welches am Pluspol entstand, verlief positiv, das Gas konnte so als Sauerstoff identifiziert werden. Die Knallgasprobe mit dem Gas, welches am Minuspol entstand, verlief positiv, das Gas konnte so als Wasserstoff identifiziert werden.

#### 2.1.4 Auswertung

Die Anzahl der bei der Elektrolyse gewonnenen Moleküle wird nach Gleichung (1) berechnet, die nach  $n$  umgeformt wurde. Daraus ergibt sich:

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

Nun werden die gemessenen Werte aus Tabelle 1 in die Gleichung eingesetzt, zusammen mit den gemessenen Laborbedingungen Druck  $p$  1015 hPa und einer Umgebungstemperatur von 20 °C.

Für die Teilchenzahl am Minuspol ergibt sich dann:

$$\frac{1015 \text{ hPa} \cdot 0.004 \text{ l}}{8,31556 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}} \cdot 294 \text{ K}} \cdot N_A = 0,009 \cdot 10^{23}$$

Für die Teilchenzahl am Pluspol ergibt sich dann:

$$\frac{1015 \text{ hPa} \cdot 0.0 \text{ l}}{8,31556 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}} \cdot 294 \text{ K}} \cdot N_A \approx 0,0 \cdot 10^{23}$$

Die Teilchenzahl für die anderen Messwerte wurde analog berechnet, dann wurde das Verhältnis der beiden Teilchenzahlen berechnet und von diesen Verhältnissen der Mittelwert gebildet. Die berechneten Ergebnisse wurden in Tabelle 2 dokumentiert.

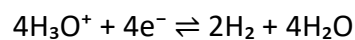
Tab. 2: Errechnete Teilchenmenge von O<sub>2</sub> und H<sub>2</sub> im Zusammenhang mit der Dauer der Elektrolyse und deren Mittelwert.

Dauer der Elektrolyse $t$ in Sekunden $s$	Teilchenmenge $n$ von Sauerstoff $\cdot 10^{23}$	Teilchenmenge $n$ von Wasserstoff $\cdot 10^{23}$	Verhältnis der Teilchenmengen $\frac{n_{H_2}}{n_{O_2}}$
30	$\approx 0$	0,009	-
60	0,006	0,020	3,33
90	0,012	0,030	2,50
120	0,017	0,040	2,35
150	0,020	0,047	2,35
180	0,025	0,052	2,08
210	0,032	0,063	1,96
240	0,040	0,083	2,07
Mittelwert:			2,38

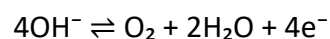
Es ist zu erkennen, dass sich nach einiger Zeit die Teilchenverhältnisse von Sauerstoff und Wasserstoff an zwei annähern. Daraus lässt sich schließen, dass das Verhältnis von Wasserstoff und Sauerstoff in Wasser  $\frac{2}{1}$  ist.

### 2.1.5 Reaktionsgleichungen

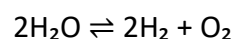
Reaktion am Minuspol:



Reaktion am Pluspol:



Gesamtreaktion:



Am Pluspol findet in diesem Fall eine Oxidation und am Minuspol eine Reduktion statt, so ist in diesem Fall der Pluspol die Anode und der Minuspol die Kathode.



### 2.1.6 Fehlerbetrachtung

Eigentlich sollten Wasserstoff und Sauerstoff in ganzzahligen Verhältnissen zu Wasser reagieren, dies war bei der Elektrolyse von Wasser nicht der Fall. Eine mögliche Erklärung dafür wäre die Ungenauigkeit der Messskala. Auch war bei den Messwerten zu erkennen, dass sich das Verhältnis von Wasserstoff zu Sauerstoff immer näher an zwei annäherte. Bei längerer Laufzeit der Elektrolyse, wäre der Mittelwert der Verhältnisse vermutlich näher am eigentlichen Wert  $\frac{2}{1}$ .

### 2.1.7 Zusammenfassung

Ziel des Versuches war es, die Zusammensetzung von Wasser zu ermitteln und das Verhältnis dieser Bestandteile zueinander zu beweisen. Dies wurde durch die Elektrolyse ermöglicht, in der Wasser in seine Bestandteile zerteilt wurde. Die Teilchenanzahl von Wasserstoff und Sauerstoff wurden dann mit dem idealen Gasgesetz berechnet. Das Endergebnis war ein Verhältnis von Wasserstoff zu Sauerstoff von  $\frac{2,38}{1}$ . Das Verhältnis von Wasserstoff zu Sauerstoff konnte so ungefähr bewiesen werden.

## 2.2 Synthese von Wasser in einer Brennstoffzelle.

### 2.2.1 Aufgabenstellung

Bei diesem Versuch soll die Zusammensetzung von Wasser durch dessen Synthese verifiziert werden.

### 2.2.2 Durchführung

An die Elektrolysezelle wurde eine Brennstoffzelle angeschlossen und an diese Brennstoffzelle wurde ein Verbraucher, in diesem Fall ein Propeller, angeschlossen. Der Versuch wurde drei Mal mit unterschiedlichen Gasvolumina an den Polen der Elektrolysezelle durchgeführt. Bei der ersten Durchführung waren 20 ml Gas am Pluspol und 10 ml Gas am Minuspol. Bei der zweiten Durchführung war an beiden Polen 20 ml Gas und bei der dritten Durchführung waren 10 ml Gas am Pluspol und 20 ml Gas am Minuspol. Durch Öffnen der Klemmen an den Gasschläuchen wurde die Synthese gestartet. Nach fünf Minuten wurde die Synthese abgebrochen und das Endvolumen der Gase in den Gas auffangbehältern gemessen.

### 2.2.3 Beobachtung und Auswertung

Nach dem Aufdrehen der Gasschläuche strömte das Gas aus den Gas auffangbehältern in die Brennstoffzelle, der an die Brennstoffzelle angeschlossene Propeller drehte sich. Nach fünf Minuten wurde die Brennstoffzelle abgeschaltet und das Restgasvolumen in den Gas auffangbehältern abgelesen. In folgender Tabelle wurden die Gasvolumina in Millilitern vor Beginn und nach Ende der Synthese dokumentiert.

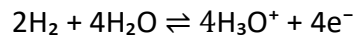
Tab. 3: Anfangs- und Endgasvolumina von  $O_2$  und  $H_2$  bei der Brennstoffzelle

Anfangsvolumen $O_2$ in ml	Anfangsvolumen $H_2$ in ml	Endvolumen $O_2$ in ml	Endvolumen $H_2$ in ml
20	10	0	0
20	20	0	0
10	20	0	0

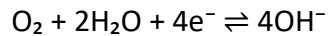
Bei diesem Versuch sollte eigentlich das oben ermittelte Ergebnis verifiziert werden, so wurde erwartet, dass bei einem Anfangsvolumen von 20 ml Sauerstoff und 10 ml Wasserstoff der ganze Wasserstoff verbraucht wird und 15 ml Sauerstoff im Gas auffangbehälter zurückbleiben. Bei der zweiten Durchführung wurde erwartet, dass wieder der komplette Wasserstoff verbraucht wird und diesmal 10 ml Sauerstoff zurückbleiben, nur bei der dritten Versuchsdurchführung wurde erwartet, dass nach Ende sowohl der Wasserstoff als auch der Sauerstoff vollständig verbraucht wurden.

## 2.2.4 Reaktionsgleichungen

Reaktion am Minuspol:



Reaktion am Pluspol:



In diesem Fall findet am Minuspol eine Oxidation und am Pluspol eine Reduktion statt, damit ist in diesem Fall der Minuspol die Anode und der Pluspol die Kathode.

## 2.2.5 Fehlerbetrachtung

Wie bereits in der Auswertung angesprochen, waren bei den Endgasvolumina andere Werte zu erwarten. Es wäre möglich, dass das nicht verbrauchte Gas nicht im zugehörigen Zylinder verblieb, sondern den freien Platz in den Schläuchen einnahm. Dadurch schien es als wäre das Gas verbraucht worden. Es wäre ebenfalls möglich, dass die Schläuche nicht ganz gasdicht angeschlossen waren, da sie nur übergestülpt und nicht zusätzlich fixiert wurden.

## 2.2.6 Zusammenfassung

Ziel des Versuches war es das in Teilversuch 1 erhaltene Ergebnis zu verifizieren und zu zeigen, dass bei der Rückreaktion der Elektrolyse in der Brennstoffzelle Energie frei wird. Es wurde nicht geschafft erneut zu belegen, dass immer zwei Teile Wasserstoff und ein Teil Sauerstoff zu zwei Teilen Wasser reagieren, jedoch konnte bewiesen werden, dass bei dieser Reaktion Energie frei wurde, da sich der Propeller drehte.

### 3. Versuch 2: Bestimmung der molaren Masse von Calcium

#### 3.1.1 Aufgabenstellung:

Ziel des Versuches war es die Molmasse des Calciums zu bestimmen. Dazu wurde seine Masse, das Volumen des entstehenden Wasserstoffs und die Formel für das ideale Gas verwendet.

#### 3.2 Aufbau und Durchführung:

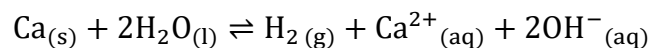
Eine Kristallisierschale wurde zu drei Viertel mit Wasser gefüllt. Ein Standzylinder wurde mit Wasser gefüllt und mit Hilfe eines Uhrglases umgedreht in die Schale gehängt, damit ein entstehendes Gas einfließen kann und die Menge des verdrängten Wassers zur Volumenbestimmung verwendet werden kann. Der Füllstand des Messzylinders wurde dokumentiert. Danach wurde eine Probe Calcium gewogen und, mit Hilfe eines Löffelspatels, unter den Zylinder gehalten. Sobald das Calcium vollständig reagiert hatte, wurde der Füllstand des Zylinders erneut dokumentiert und der Zylinder aus der Schale gehoben. Abschließend wurde Phenolphthalein in die Lösung in der Schale gegeben. Alle Apparaturen wurden gewaschen und der Versuch wurde wiederholt, jedoch ohne das Phenolphthalein.

#### 3.3 Beobachtungen:

Sobald das Calcium in Kontakt mit dem Wasser kam, bildeten sich Bläschen und es begann sich aufzulösen. Bei Zugabe von Phenolphthalein, verfärbte sich die Lösung violett.

#### 3.4 Auswertung:

Bei der Reaktion von Calcium und Wasser entsteht Wasserstoff und Calciumhydroxid. Letzteres dissoziiert in Wasser sofort zu  $\text{Ca}^{2+}$ -Ionen und Hydroxidionen und verschiebt so die Lösung ins Basische, was der Farbumschlag des Indikators bestätigt. Es handelt sich um eine Redoxreaktion.



Aus der Reaktionsgleichung lässt sich ableiten, dass Calcium und Wasserstoff in einem 1:1 Verhältnis reagieren. Die entstehende Stoffmenge Wasserstoff gleicht also der verwendeten Stoffmenge an Calcium.

Es wurden die Volumina des Wasserstoffs gemessen und zusammen mit der verwendeten Menge Calcium in eine Tabelle (2) eingetragen.

Tab. 2: Gemessen Masse  $m$  des Calciums und Volumina  $V$  des Wasserstoffs.

Messung	Masse $m$ Calcium in g	Volumen $V$ Wasserstoff in $10^{-6}\text{m}^3$
1	0,038	13,5
2	0,056	27

Das Umstellen der idealen Gasgleichung nach  $n$  um ergibt sich diese die Gleichung:

$$n = \frac{p \cdot V}{R \cdot T} \quad (4)$$

Ersetzt  $n$  mit  $\frac{m}{M}$  und stellt die ideale Gasgleichung um, ergibt sich folgende Gleichung zur Berechnung der Molmasse ( $M$ ), mit der Masse  $m$ , der allgemeinen Gaskonstante  $R$ , der Temperatur  $T$ , dem Gasdruck  $p$  und dem Gasvolumen  $V$ :

$$M = \frac{m \cdot R \cdot T}{p \cdot V} \quad (3)$$

Einsetzen der Werte aus Tabelle (2) in die Gleichung (4) und Gleichung (3), liefert die Stoffmenge  $n$  des Wasserstoffs und die Molmasse  $M$  des Calciums.

Es folgen beispielhafte Berechnungen für die Stoffmenge ( $n$ ) des Wasserstoffs und die Molmasse ( $M$ ) des Calciums, aus der ersten Messung mit dem Volumen  $V$  des Wasserstoffs und der Masse  $m$  des Calciums. Dazu verwendet wurden die im Labor gemessene Temperatur  $T$  (293,15 K), der dort herrschende Atmosphärendruck  $p$  (101500 Pa) und die allgemeine Gaskonstante  $R$  ( $8,31446 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}}$ ). Die Masse des Calciums und das Volumen des Wasserstoffs sind der Tabelle 2 zu entnehmen.

$$n = \frac{101500 \text{ Pa} \cdot 13,5 \cdot 10^{-6} \text{m}^3}{8,31446 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}} \cdot 293,15 \text{ K}} = 0,562 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

$$M = \frac{0,038 \text{ g} \cdot 8,31446 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}} \cdot 293,15 \text{ K}}{101500 \text{ Pa} \cdot 13,5 \cdot 10^{-6} \text{m}^3} = 67,59 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$$

Die Stoffmenge des Wasserstoffs und Molmasse des Calciums wurden analog zur Beispielrechnung berechnet.

Tabelle 3: Berechnete Stoffmenge des Wasserstoffs und Molmasse des Calciums.

Messung	Stoffmenge $n$ von $H_2$ in $10^{-3} \text{ mol}$	Molmasse $M$ Ca in $\frac{\text{g}}{\text{mol}}$
1	0,562	67,59
2	1,124	49,81
Mittelwert	0,834	58,7

Der Literaturwert der molaren Masse von Calcium beträgt  $40,08 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$ .<sup>[2]</sup>

Eine prozentuale Abweichung vom Literaturwert wird errechnet aus dem Mittelwert der beiden Messungen (Tabelle (3)) und dem Literaturwert:

$$\frac{58,7 \frac{\text{g}}{\text{mol}} - 40,08 \frac{\text{g}}{\text{mol}}}{40,08 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} \cdot 100\% = 46,46\%$$

### 3.5 Fehlerbetrachtung:

Das gesamte Volumen an Wasserstoff konnte nicht aufgefangen werden, da das Calcium bei dem ersten Kontakt mit Wasser zu reagieren begann. Außerdem wäre es möglich, dass es sich bei dem Gas im Zylinder nicht um reinen Wasserstoff handelt. Zum Beispiel sorgt die Hitzeentwicklung bei der Reaktion dafür, dass Wasserdampf im Zylinder die Messwerte verfälscht könnte. Auch die Temperatur des Wasserstoffgases selbst kann sich verändert haben, da es sich um eine exotherme Reaktion handelt. Auch ist die Messskala des Zylinders schwer abzulesen und nicht punktgenau.

## 4. Versuch 3: Molmassenbestimmung nach Victor-Meyer

### 4.1 Aufgabenstellung:

Ziel des Versuches war es mit Hilfe des Victor-Meyer Verfahrens die Molmasse einer unbekannten Probe, hier Probe 50, zu bestimmen und damit die Probe zu identifizieren.

### 4.2 Aufbau und Durchführung:

Ein Versuchsaufbau zur Bestimmung der molaren Masse nach Victor-Meyer.

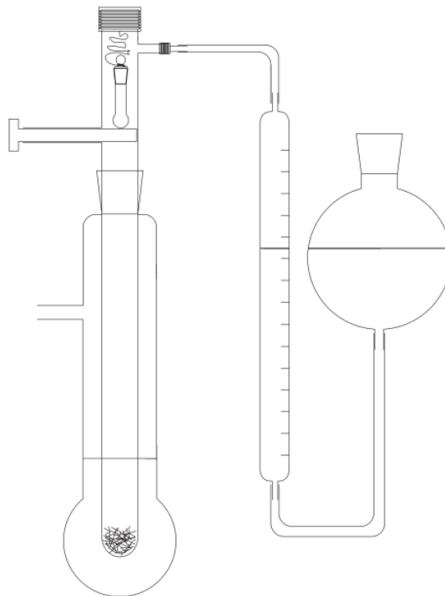


Abb. 1: Die Apparatur zur Bestimmung der Molmasse nach Victor-Meyer bestand aus einem Rohrgefäß, umschlossen von einem Wasserbad. Das Rohrgefäß besitzt am oberen Ende einen verschiebbaren Glasstab und einen Schraubverschluss, an welchen der Stopfen eines Kolbens durch einen Faden gebunden ist. Der Kolben ruht auf dem Glasstab. Das Rohrgefäß ist über einen Schlauch mit einer Gasbürette verbunden, welche wiederum mit einem Wasserreservoir verbunden ist.<sup>[1]</sup>

Eine gewogene Menge der Stoffprobe wurde in einen kleinen Kolben gefüllt, mit dem Stopfen verschlossen und auf dem Glasstab abgelegt. Der Deckel wurde festgeschraubt. Es wurde gewartet, bis sich das System stabilisiert hat und der Füllstand der Gasbürette sich nicht mehr veränderte. Der Füllstand wurde dokumentiert. Danach wurde der Glasstab so weit herausgezogen, bis der Kolben herunterfiel und auf der Glaswolle landete. Der Füllstand der Gasbürette wurde periodisch überprüft. Sobald sich dieser nicht mehr änderte, wurde er dokumentiert. Der Kolben wurde entfernt und der Versuch wurde noch zweimal wiederholt.

### 4.3 Auswertung:

Bei allen drei Durchläufen wurde die Masse und das verdrängte Volumen Wasser in der Bürette durch die Probe gemessen und dokumentiert.

Tab. 4: Gemessene Masse  $m$  der Probe und das verdrängte Volumen  $V$  des Wassers in der Bürette.

Durchlauf	Masse $m$ in g	Verdrängtes Volumen $V$ in $10^{-6}\text{m}^3$
1	0,058	10,4
2	0,056	11,0
3	0,055	10,0

Mit Hilfe der Gleichung (3) wurde die Molmasse der Probe berechnet.

Hier eine Beispielrechnung mit den ersten Messwerten. Für diese wurden die im Labor gemessene Temperatur  $T$  (293,15 K), der dort herrschende Atmosphärendruck  $p$  (101500 Pa) und die allgemeine Gaskonstante  $R$  ( $8,31446 \frac{\text{J}}{\text{mol}\cdot\text{K}}$ ) verwendet.:

$$M = \frac{0,058 \text{ g} \cdot 8,31446 \frac{\text{J}}{\text{mol}\cdot\text{K}} \cdot 293,15 \text{ K}}{101500 \text{ Pa} \cdot 10,4 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3} = 133,92 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$$

Die Molmasse für die anderen Durchläufe sind analog berechnet worden.

Tab. 5: Molmassen in  $\frac{\text{g}}{\text{mol}}$  berechnet mit Hilfe der Gleichung (3) und den Messwerten aus Tabelle (4). Zudem wurde der Mittelwert der Molmassen errechnet.

Durchlauf	Molmasse $M$ der Probe in $\frac{\text{g}}{\text{mol}}$
1	133,92
2	122,25
3	132,07
Mittelwert	129,41

Der Mittelwert der berechneten Molmassen, mit  $129,41 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$ , entspricht von den möglichen Proben am ehesten dem Literaturwert von Diisopropylether, mit  $102,18 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$  [3], überein.



#### 4.4 Fehlerbetrachtung:

Bereits auf der Waage verflüchtigte sich die Probe, erkennbar an der abnehmenden Masse, also liegt die Überlegung nahe, dass entweder beim Wiegen, Transport oder Stabilisieren des Systems bereits Probe entwichen ist und das Ergebnis verfälscht wurde. Auch sind Messungenauigkeiten möglich.

#### 5. Quellen:

[1] I. Hartenbach IP-Skript Stuttgart Wintersemester 2022/2023

[2] <https://gestis.dguv.de/data?name=008160> abgerufen am 13.12.22, Uhrzeit: 16.30

[3] <https://gestis.dguv.de/data?name=030570> abgerufen am 13.12.22, Uhrzeit: 17.15