

Sitzungsberichte

der

königl. bayerischen Akademie der Wissenschaften

zu München.

Jahrgang 1860.

München.

Druck von J. G. Weiss, Universitätsbuchdrucker.

1860.

—
In Commission bei G. Franz.

482

5) Herr Jolly trug vor:

„über das specifische Gewicht des flüssigen Ammoniak.“

Eine Untersuchung über das Gesetz, nach welchem die Contractionen der Lösungen bei wachsender Verdünnung sich richten, machte es mir wahrscheinlich, dass das specifische Gewicht des flüssigen Ammoniak beiläufig um $\frac{1}{\%}$ kleiner sei als das von Hrn. Faraday angegebene. Nach H. Faraday wird dasselbe zu 0,73 bezeichnet. Die Temperatur, für welche die Bestimmung gültig ist, ist nicht beigefügt. Die folgenden Messungen wurden für die Temperatur Null des Ammoniak gemacht, und das specifische Gewicht ist auf Wasser von Null bezogen.

Herr v. Liebig hatte die Güte, die Anordnung zur Bereitung des flüssigen Ammoniak, so wie die Art der Trennung der, mit Ammoniak gefüllten, Röhre von der Entwicklungsröhre anzugeben, und Herr Dr. Seekamp, Assistent im Laboratorium des Herrn von Liebig, hatte die Güte, die ganze Technik zur Herstellung des Präparates zu übernehmen. Es war mit solcher Umsicht für Austrocknung des Gases und für Austreibung der Luft Sorge getragen, dass mit Sicherheit auf Reinheit des Präparates gerechnet werden konnte. Der Schluss der Operationen erlaubte, wie sich dies später zeigen wird, den einen und den andern Punkt noch einer besondern Prüfung zu unterwerfen.

Zur Verflüssigung des Ammoniak wurde in bekannter Weise der Druck des Gases selbst benützt. Die Röhre mit Chlorsilber-Ammoniak hatte eine passende Biegung, um beim Füllen mit Chlorsilber jedes Uebertreten über die gebogene Stelle um so sicherer auszuschliessen. Das umgebogene Stück war an einer Stelle stark eingezogen, und das untere Ende, in welchem das flüssige Ammoniak sich ansammelte, war mit einer willkürlichen Theilung versehen.

Nachdem durch Erwärmung das Ammoniak aus dem Chlorsilber-Ammoniak ausgetrieben und in dem andern, in tieferer Temperatur erhaltenen, Ende der Röhre condensirt war, wurde das Röhrenstück mit dem flüssigen Ammoniak in eine Kältemischung von fester Kohlensäure und Schwefeläther auf beiläufig 80° unter Null abgekühlt. Es konnte bei dieser Temperatur die Röhre gefahrlos an der eingezogenen Stelle abgeschnitten und an der Glasbläserlampe zugeschmolzen werden. Die geschlossene Röhre, die zum Theil mit flüssigem Ammoniak gefüllt war wurde in gestossenes Eis gestellt, und zur Vermeidung der Parallaxe

wurde mit einem Ableser die Stelle, bis zu welcher die Flüssigkeit an der Theilung reichte, bestimmt. Eine hierauf folgende Wägung ergab das Gewicht der Röhre sammt dem flüssigen Ammoniak und sammt den Ammoniakdämpfen, die über der Flüssigkeit sich befanden.

Nach einer weiteren Abkühlung in einer Kältemischung von Chlorkalium und Schnee, die eine Temperatur von -24° C. zeigte, wurde mit der Löthrohrflamme die Spitze des Glasröhrchens erweicht. Da bei dieser Temperatur die Spannung der Ammoniakdämpfe noch nicht 2 Atmosphären erreicht, so erfolgte das Oeffnen der erweichten Spitze durch den Druck der Dämpfe vollkommen gefahrlos, und begreiflich ohne jeden Substanzverlust an Glas. Die geöffnete Röhre wurde aus der Kältemischung von -24° C. in gestossenes Eis gebracht. Es trat ein lebhaftes Aufkochen ein. War dies zu Ende und war an einer vorgehaltenen Flamme kein Dampfstrom mehr zu bemerken, so wurde die Röhre wieder zugeschmolzen. Eine zweite Wägung gab nun das Gewicht des Dampfes von 0° .

In dieser Phase des Versuchs war es leicht sich zu überzeugen, ob auch nur eine Spur von Wasser in dem flüssigen Ammoniak enthalten war. Das Wasser wäre bei der Temperatur Null überhaupt nicht zum Verdampfen gekommen, oder wenn man annehmen wollte, es wäre mechanisch durch das stark aufkochende Ammoniak mit fortgerissen worden, so würde das zurückgebliebene Ammoniakgas von Null Grad doch immer Wasserdampf von Null enthalten haben. Eine Abkühlung der Röhre auf -24° C. würde also sicher eine Condensation zum Erfolge haben. Es war aber bei solcher Abkühlung der, mit Gas von Null gefüllten, Röhre in keinem der Versuche auch nur der leiseste Hauch einer Condensation zu bemerken. Also war das Ammoniak auch vollkommen wasserfrei.

Die mit Dampf von Null gefüllte Röhre wurde in ein Bad von beiläufig 20° C. gebracht, oder auch nur mit der Hand erwärmt, und die Spitze derselben wurde nun zum zweiten Male mit der Löthrohrflamme erweicht. Der Druck des Gases war in dieser Temperatur ausreichend, um die Röhre wieder zu öffnen. Wurde sofort die Röhre mit dem offenen Ende unter Wasser gebracht, so füllte sich dieselbe vollständig mit Wasser an. Es war also die Röhre vollkommen luftfrei.

Das entleerte und vollkommen ausgetrocknete Gläschen gab in einer darauf folgenden Wägung das Gewicht des leeren Glases.

Nach all diesen Operationen wurde das Gläschen mit Wasser von

0° gefüllt und gewogen, und hiermit der cubische Inhalt des Gläschens bestimmt. Endlich wurde das Gläschen successiv bis zu verschiedenen Theilstrichen mit Wasser von Null Grad gefüllt, um aus den entsprechenden Wägungen den cubischen Werth von Theilstrich zu Theilstrich zu erhalten.

Der Gang der Rechnung wird sich am einfachsten im Anschluss an das Zahlenergebniss der Versuche erläutern.

Erster Versuch.

Das flüssige Ammoniak tangirt bei Null Grad in der, genau vertikal gestellten, Röhre den Theilstrich 52.

Gewicht der Glasröhre mit Ammoniak	9,6609 Grm.
Gewicht der Röhre mit Ammoniak-Gas von 0°. gewogen in Luft von 7° C. und bei einem Baro- meterstand von 715 ^{mm}	8,7916 Grm.
Gewicht der leeren Röhre	8,7926 Grm.
Gewicht der Röhre mit Wasser von 0°	11,5800 Grm.
Gewicht des Wassers von 4°, welches die Röhre bei der Temperatur von 0° fasst,	2,7877 Grm.
Gewicht des Wassers von 0° bei Füllung der Röhre bis zum Theilstrich 51	1,3654 Grm.
Gewicht bei der Füllung bis 47,5	1,2872 Grm.
Gewicht des Wassers für 3,5 Theilstrich	0,0782 Grm.
Und für einen Theilstrich	0,0283 Grm.
Daher Gewicht bei der Füllung bis 52	1,3877 Grm.

Da das scheinbare Gewicht des flüssigen Ammoniak, welches bis zum Theilstrich 52 die Röhre füllt, $9,6609 - 8,7926 = 0,8683$, und das des Wassers von gleichem Volumen 1,3877, so ist uncorrectirt das specifische Gewicht des flüssigen Ammoniak von 0°, und auf Wasser von 0° bezogen, gleich $\frac{8683}{13877} = 0,625$.

Die Correcturen beziehen sich einerseits auf die Reduction der Gewichte im leeren Raum, und andererseits auf die Elimination des Gewichts des stark comprimirtten Gases, das sich über dem Ammoniak befindet. Beide Correcturen sind voraussichtlich nur von sehr geringem Betrag, und werden erst in der dritten Decimale sich von Einfluss zeigen. Da aber ein Theil der Rechnungen ohnedies für die Bestimmung des specifischen Gewichts des Ammoniakgases ausgeführt werden müsste, so sollen sie gleich hier folgen.

Die Zahl 0,8683 bezeichnet das scheinbare Gewicht des flüssigen Ammoniak und des, über der Flüssigkeit stehenden, auf 4,4 Atm. comprimierten Gases. Um das wahre Gewicht zu erhalten, ist das Gewicht der verdrängten Luft zu addiren, und um das Gewicht des flüssigen Ammoniak für sich zu erhalten, ist schliesslich das Gewicht des, über der Flüssigkeit befindlichen, Gases zu subtrahiren. Der cubische Inhalt des gewogenen Ammoniak, des flüssigen und gasförmigen, oder — was dasselbe ist — der cubische Inhalt der Röhre beträgt 2,7877 Cub. Cent.; und der cubische Inhalt der Gewichtstücke (es waren Messingstücke von specifischem Gewicht 8,4) beträgt 0,3318 Cub. Cent. Der Volumen-Unterschied ist daher 2,4549 Cub. Cent. Das Gewicht der verdrängten Luft von 715^{mm} und 7° C. ist hiernach

$$2,4559. \quad 0,001293. \quad \frac{715}{760} \frac{1}{1 + 0,003665. 7} = 0,00291.$$

Das wahre Gewicht des flüssigen Ammoniak sammt dem Gewicht des Ammoniakgases ist daher 0,8712 Grm.

Das specifische Gewicht des Ammoniakgases ist, wenn Luft von gleicher Temperatur und gleicher Spannung zur Einheit genommen wird, 0,58. Es wiegt also ein Cub. Cent. Gas von 0° und 760^{mm} Druck 0,001293 . 0,58. und Gas von 0° und 4,4 Atm. Druck wiegt 0,001293 . 0,58 . 4,4 = 0,003299. Der Raum, den das Gas einnimmt, ist 2,7877—1,3878 = 1,3999 Cub. Cent., und das Gewicht dieses Gases beträgt 0,003299 . 1,3999 = 0,0046 Grm,

Man erhält hiernach schliesslich für das Gewicht des flüssigen Ammoniak im leeren Raum 0,8712—0,0046 = 0,8666 Grm. Das Gewicht eines gleichen Volumen Wassers, ebenfalls auf den leeren Raum reducirt, ist 1,3891. Das specifische Gewicht des flüssigen Ammoniak bei 0° und auf Wasser von 0° bezogen ist daher

$$\frac{8666}{13891} = 0,6239.$$

Die ausgeführten Wägungen erlauben ferner das specifische Gewicht des Ammoniakgases zu berechnen. Nur muss man sich gleich erinnern, dass, auch bei der grössten Sorgfalt der Wägungen, das Endresultat auf keine grössere Genauigkeit Anspruch machen kann als die, in der Wägung so kleiner Gasmengen, erreichbare Genauigkeit selbst ist.

Es ergab sich, dass das Gewicht der mit Gas von 9° und 415^{mm} Druck gefüllten Röhre, in Luft von 7° C, und 715^{mm} Barometerstand gewogen, 8,7916 Grm. beträgt. Der cubische Inhalt dieses Gläschens ist

2-7877 Cub. Cent. Das Gewicht der durch dieses Gas verdrängten Luft wurde schon oben unter Abzug der, durch die Gewichtsstücke verdrängten, Luft zu 0,00291 gefunden. Das wahre Gewicht des Ammoniakgases von 0° und von 716^{mm} Druck berechnet sich hiernach zu

$$8,7916 + 0,0029 - 8,7926 = 0,0019 \text{ Grm.}$$

Der Gewichtsverlust des Glases bleibt ausser Rechnung, weil das leere und das mit Gas gefüllte Glas bei gleichem Barometerstand und gleichem Thermometerstand gewogen waren.

Das Gewicht der Luft von 2,7877 Cub. Cent. und von 0° und 715^{mm} Druck ist

$$2,7877 \cdot 0,001293 \cdot \frac{715}{766} = 0,00341 \text{ Grm.}$$

Das specifische Gewicht des Ammoniakgases ist daher

$$\frac{19}{34} = 0,558$$

Zweiter Versuch.

Das flüssige Ammoniak tangirt in der, genau vertikal gestellten, Röhre den Theilstrich 55.

Gewicht der Glasröhre mit Ammoniak 9,9046 Grm.

Gewicht der Röhre mit Ammoniakgas von 0° u.

715^{mm} Druck, gewogen in Luft von 8° C.

und 715^{mm} 9,0676 Grm.

Das Gewicht der leeren Röhre 9,0686 Grm.

Gewicht des Wassers von 4°, welches die Röhre

bei der Temperatur 0° fasst, 2,5401 Grm.

Gewicht des Wassers von 0° bei Füllung der

Röhre bis zum Theilstrich 54,4 1,3172 Grm.

Gewicht bei der Füllung bis 49,9 1,2133 Grm.

Werth eines Theilstrichs 0,0231 Grm.

Werth von 0,6 0,0138 Grm.

Daher Gewicht bei Füllung bis 55 1,3310 Grm.

Das scheinbare Gewicht des flüssigen Ammoniak ist hiernach 0,8360, und das scheinbare Gewicht des Wassers von gleichem Volumen ist 1,3310. Das nicht corrigirte specifische Gewicht berechnet sich daher zu

$$0,628$$

Führt man die Correcturen wie im ersten Versuch aus, so findet man für das wahre Gewicht des flüssigen Ammoniak 0,8346, und für das

wahre Gewicht des Wassers von gleichem Volumen und gleicher Temperatur 1,2323. Das specifische Gewicht ist daher

$$0,626.$$

Ebenso findet man für das Gewicht des Ammoniakgases von 0° und 715^{mm} und vom Volumen 2,5401 Cub. Cent. gleich 0,0017 Grm. während das Gewicht eines gleichen Luftvolumens bei gleicher Temperatur und gleichem Druck 0,00295 ist. Das specifische Gewicht des Gases berechnet sich hiernach zu

$$0.576.$$

Dritter Versuch.

Das flüssige Ammoniak tangirt in der vertikal gestellten Röhre den Theilstrich 71.

Gewicht der Glasröhre mit Ammoniak 9,0297 Grm.

Gewicht der Röhre mit Ammoniakgas von 0° u.

720^{mm} Druck, gewogen in Luft von 10° C.

und 720^{mm} 7,6074 Grm.

Gewicht der leeren Röhre 7,6084 Grm.

Gewicht des Wassers von 4° C., welches die Röhre

bei 0° fasst, 3,7724 Grm.

Gewicht des Wassers bei einer Füllung bis zum

Theilstrich 71 2,2945 Grm.

Das uncorrigirte specifische Gewicht des flüssigen Ammoniak berechnet sich hiernach zu

$$\frac{14213}{52945} = 0,6195.$$

Führt man die Correcturen wie im ersten Versuch aus, so erhält man für das wahre Gewicht des flüssigen Ammoniak 1,4225, und für das wahre Gewicht des gleichen Volumens Wasser 2,2968, daher für das specifische Gewicht

$$\frac{14225}{22\ 68} = 0,6193.$$

Die Correctur hat also in diesem Fall so gut wie keinen Einfluss. Es rührt dies daher, weil bei der grösseren Menge des flüssigen Ammoniak der Raum, der das comprimirte Gas enthielt, kleiner und von solcher Grösse war, dass das Gewicht dieses Gases noch etwas kleiner ausfiel, als das Gewicht der im Ganzen verdrängten Luft.

Zur Bestimmung des specifischen Gewichts des Ammoniakgases geben die Wägungen folgende Anhaltspunkte. Das Gewicht des Gases von 0° und 720^{mm} Druck und vom Volumen 3,7724 ist 0,0026 Grm, während das Gewicht eines gleichen Volumen Luft von gleicher Temperatur und gleichem Druck sich zu 0,0046 berechnet. Das specifische Gewicht des Gases ist daher

0,565.

Die drei Versuche geben für das specifische Gewicht des flüssigen Ammoniak von 0° bezogen auf Wasser von 0°

0,6239

0,620

0,6193

Mittel

0,623

Für das specifische Gewicht des Gases bezogen auf Luft gleicher Temperatur und gleicher Spannung wurde erhalten

0,568

0,576

0,565.

Diese Zahlen weichen schon in der 2ten Decimale ab. Die Versuche erläutern zur Genüge warum eine grössere Genauigkeit hier nicht zu erwarten und zu erreichen ist. Die gewogene Gasmengen hatten ein Volumen von nur beiläufig 3 Cub. Cent., und dem entsprechend nur Gewichte von kaum mehr als 2 Milligrammen. Die Versuche waren aber auch gar nicht darauf hin angeordnet das specifische Gewicht des Gases zu bestimmen, es wurde diese Bestimmung nur nebenher wie eine Art Kontrolle über die Genauigkeit der Wägungen ausgeführt.

Ein anderer Punkt wurde ebenso nur gelegentlich mit in Betrachtung genommen, der Ausdehnungscoefficient des flüssigen Ammoniak. Es ergab sich, dass eine Temperaturzunahme von 0° auf 11° C. eine Ausdehnung des flüssigen Ammoniak in der ersten Röhre von einem Theilstrich also von 52 auf 53 bewirkt. Nun war aber der cubische Inhalt bis zum Theilstrich 52 gefunden zu 1,3891 Cub. Cent., und der Werth eines Theilstrichs zu 0,0223 Cub. Cent. Der Ausdehnungscoefficient α berechnet sich hiernach zu

$$\alpha = \frac{0,0223}{1,3891 \cdot 11} = 0,00146.$$

Für die zweite Röhre ergab sich, dass bei einer Temperaturerhöhung von 10,4° C. eine Ausdehnung im Betrag des Werthes eines Theilstrichs

eintrat. Da der Werth eines Theilstrichs zu 0,0231 gefunden ist, und da das Volumen bis zum Theilstrich 55 zu 1,3323 Cub. Cent. sich berechnet, so erhält man

$$\alpha = \frac{0,0231}{1,3310 \cdot 10,4} = 0,00166.$$

Im dritten Gläschen bewirkte eine Temperaturerhöhung von 10° C. ein Steigen der Flüssigkeit um 1,2 Theilstrichen. Da der cubische Inhalt bis zum Theilstrich 71 zu 2,2968 gefunden wurde und da der Werth eines Theilstriches, der zwischen 70 und 80 liegenden Theilpunkte, sich zu 2,2963 berechnete, so erhält man für

$$\alpha = \frac{0,0291 \cdot 1,2}{2,2968 \cdot 10} = 0,00152.$$

Es können diese Werthbestimmungen auf grosse Genauigkeit nicht Anspruch machen, wie dies auch die erhaltenen Zahlenwerthe gleich erkennen lassen. Die grössere Fehlerquelle liegt hier offenbar in der nicht ausreichend genauen Werthbestimmung des cubischen Inhalts der einzelnen Theilstriche. Für die Bestimmung des specifischen Gewichts des Ammoniak war dies der Natur der Aufgabe nach von keinem Einfluss. Hier bei dem Ausdehnungscoefficienten wird schon die zweite Zahl oder die vierte Stelle nach dem Komma von einer fehlerhaften Bestimmung des kalibrischen Werthes der einzelnen Theilstriche ergriffen. Ich zweifle nicht, dass unter Anwendung der gleichen Technik des Versuches, aber unter möglichst scharfer Ermittlung des cubischen Werthes von Theilstrich zu Theilstrich, eine Genauigkeit erreicht werden kann, die gerade um eine Decimale, also zehn mal weiter reicht. Lässt man die erhaltenen Zahlen einstweilen auch nur als annähernd richtig gelten, so würde dem flüssigen Ammoniak ein Ausdehnungs-Coefficient zukommen, der zwischen 0° und 10° nahezu die Hälfte von dem der Luft ist.
