

548. Otto Bleier: Eine neue Methode der absoluten Gasmessung (Messen des reducirten Gasvolums).

[VII. Abhandlung über gasometrische Apparate¹⁾.]

(Eingegangen am 13. December.)

Die neuen Methoden der Gasmessung, welche ich in der letzten Abhandlung beschrieben habe, eignen sich in der dort gegebenen Form nur für eigentliche Gasanalysen, bei denen es sich nur um relative Volumbestimmungen handelt. Dagegen giebt es noch zahlreiche andere, gasometrische Bestimmungen, bei welchen eine absolute Quantitätsermittlung der Gase, d. h. die Messung des auf einen Normalzustand reducirten Volumens nothwendig ist.

Dazu gehört vor Allem die Bestimmung der Dampfdichte, und die Stickstoffbestimmung in der organischen Elementaranalyse nach Dumas, ferner alle gasvolumetrischen Analysen fester und flüssiger Körper, wie sie neuerdings vielfach zur Bestimmung von Harnstoff, Kohlenstoff, Chamäleonlösung, Wasserstoffsperoxyd, Salpetersäure, salpetriger Säure u. s. w. verwendet werden.

Bei derartigen Gasmessungen ist es nun sehr wünschenswerth, das auf den Normalzustand reducirte Gasvolum (oder sogar das Gewicht des betreffenden Gases), ohne eine Beobachtung der Temperatur und des Barometerstandes, direct ablesen zu können.

Einen Apparat, welcher dies ermöglicht, besitzen wir bereits in G. Lunge's Gasvolumeter²⁾. Aber Lunge selbst hat schon erkannt, dass ein Gasvolumeter am besten nach einem ähnlichen Princip zu construiren wäre, wie die Apparate von Pettersson³⁾, Pettersson und Palmqvist⁴⁾ und von Drehschmidt⁵⁾, und nur weil ihm dies nicht möglich schien, hat er sein Gasvolumeter in bekannter Weise aus der Verbindung seines Nitrometers mit einem Reductionsrohr hergestellt. Dies geht aus folgender Stelle seiner Abhandlung⁶⁾ hervor: »Man wendet hier am besten das . . . zuerst von Doyère 1848 aufgestellte Princip an, . . . und bietet namentlich der Apparat von Pettersson alle wünschenswerthe Genauigkeit und Bequemlichkeit in dieser Beziehung Dieses Princip ist aber nicht anwendbar (!) für die gasometrische Analyse fester und flüssiger Körper.«

Im Folgenden soll nun die Lösung des Problems, wie sie bereits von Lunge für wünschenswerth gehalten wurde, gezeigt werden.

¹⁾ Vergl. diese Berichte 28, 2423; 29, 260, 1761; 30, 697, 1210 u. 2753.

²⁾ Diese Berichte 23, 440; 24, 729; 25, 3157.

³⁾ Zeitschr. f. analyt. Chem. 25, 479.

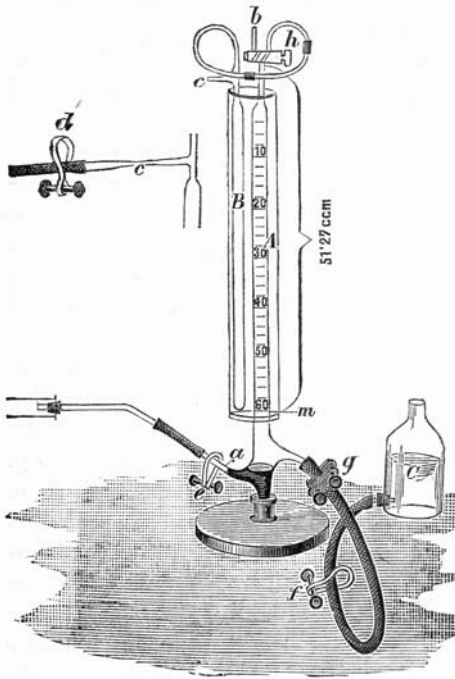
⁴⁾ Diese Berichte 20, 2129.

⁵⁾ Diese Berichte 21, 3242.

⁶⁾ Diese Berichte 23, 440.

I. Ein Apparat zur Stickstoffbestimmung in organischen Elementaranalysen.

Die Messröhre *A*, die in einen schweren gusseisernen Fuss eingesetzt ist, und die »Compensationsröhre« *B* sind von einem gemeinschaftlichen Wassermantel umgeben. — Die Messröhre ist unten durch etwas Quecksilber abgesperrt, welches das untere Ende derselben und



Figur 1.

einen Theil des Röhrchens *a* erfüllt. Letzteres wird durch einen mit Quetschhahn *e* versehenen Gummischlauch mit dem aus der Verbrennungsröhre tretenden Gasableitungsrohr verbunden. Wenig höher befindet sich eine zweite Tubulatur, welche durch einen starken Gummischlauch mit der mit etwa 40-procentiger Kalilauge gefüllten Flasche *C* in Verbindung steht. An dem Verbindungsschlauch befinden sich ein Quetschhahn *f* und eine Klemmschraube *g*. Das obere Ende der Messröhre wird gebildet durch einen Zweigegehahn von Greiner & Friedrichs, *h*¹⁾, welcher durch ein kurzes offenes Röhrchen *b* die Verbindung mit der äusseren Luft, oder

in der abgebildeten Stellung mit einer gebogenen Capillarröhre herstellt, welche zum Compensator führt und als Differentialmanometer dient, indem ein in ihr befindlicher Flüssigkeitstropfen (Quecksilber, Petroleum, worin Azobenzol gelöst ist, oder auch Kalilauge im vorliegenden Fall) jede Druckdifferenz zwischen dem Compensator und der Messröhre durch seine verschiedene Stellung anzeigt. Dort, wo sich der Flüssigkeitstropfen befindet, also in dem wagerechten Theile, ist die Capillare ziemlich weit. Dagegen verengt sie sich an den beiden aufsteigenden Seiten zu einer sehr engen Capillare, wie man sie zu Thermometern benutzt. Dadurch erreicht man den Vortheil

¹⁾ Nur der Deutlichkeit halber so gezeichnet, als ob seine Achse in der Ebene des Papiers läge.

dass ein Herausschleudern des Flüssigkeitstropfens durch eine grössere Druckdifferenz bei zu raschem Oeffnen des Hahnes *h* verhindert wird, da sich die Flüssigkeit in Folge der Reibung in dem engen Theil der Capillare nicht so rasch bewegen kann. Dieselbe Einrichtung am Differentialmanometer ist auch an dem in der letzten Abhandlung, Fig. 1, abgebildeten Apparat und an dem weiter unten zu beschreibenden Gasvolumeter, Fig. 2, anzubringen, und auch für die Apparate von Pettersson, Pettersson und Palmqvist und Drehschmidt zu empfehlen.

Von dem Zweiweghahn *h* bis zur Marke *m* fasst die Messröhre 51.27 ccm, das ist nämlich das Volumen, welches 60 mg Stickstoff bei 18° und 760 mm Quecksilberdruck im trocknen Zustand einnehmen¹⁾. Dieser Raum ist in 60 Theile mit Unterabtheilung in $\frac{1}{6}$ getheilt (sodass man die Zehntel noch ganz gut schätzen kann). Soll der Apparat noch andern Zwecken dienen ausser zur Stickstoffbestimmung, so befindet sich neben dieser Theilung noch eine zweite in Cubikcentimeter und deren Fünftel.

Der Compensator *B*, welcher einige Tropfen 40-procentiger Kalilauge enthält, ist im Uebrigen erfüllt von einer derartigen Quantität Luft, dass dieselbe bei einer Temperatur von 18° im trocknen Zustand einen Druck von 760 mm Quecksilber ausüben würde. Dies wird in folgender Weise erreicht: Man sperrt ein beliebiges, möglichst grosses Luftvolum in der Messröhre *A* ein, beobachtet die herrschende Temperatur und den Barometerstand möglichst genau, und berechnet mit Hilfe bekannter Formeln, welches Volumen dieses eingeschlossene, mit dem Dampf einer 40-procentigen Kalilauge gesättigte Luftquantum bei 18° und 760 mm Druck in getrocknetem Zustande einnehmen würde, und bringt es dann durch Heben oder Senken der Druckflasche *C* thatsächlich auf das berechnete Volumen. Man denke sich nun, dass das Correctionsrohr *B* noch nicht bei *c* zugeschmolzen ist; vielmehr befindet sich jetzt noch dort ein offenes Röhrchen, auf welches ein mit dem Quetschhahn *d* versehener Kautschukschlauch aufgesteckt ist, wie dies aus der seitlichen Abbildung ersichtlich ist. Bei *c* ist dieses Röhrchen verengt und zum Abschmelzen vorbereitet. Durch den Schlauch wird nun soviel Luft in das Correctionsrohr hineingedrückt resp. abgesaugt, dass jetzt darin derselbe Druck herrscht, wie in der Messröhre *A*, was man mit Hilfe des Differentialmanometers leicht erkennen kann, (wenn durch *h* die Communication mit der Messröhre hergestellt ist). Sobald dies der Fall, schliesst man den Quetschhahn *d* und schmilzt das Röhrchen bei *c* ab, sodass es die aus der Hauptfigur ersichtliche Form erhält. Man hat jetzt nur noch zu bestimmen, welche Ruhelage der Flüssigkeitstropfen ein-

¹⁾ Nach Rayleigh.

nehmen soll, indem man nochmals ein beliebiges Gasvolumen in *A* abmisst, und auf das wie oben berechnete Normalvolumen bringt. Besser ist es aber, den Durchschnitt aus mehreren derartigen Bestimmungen zu nehmen. Der Compensator kann nun unverändert für eine theoretisch unbegrenzte Anzahl von Stickstoffbestimmungen verwendet werden.

Dieselben werden folgendermaassen ausgeführt: Zum Beginne der Operation öffnet man *e*, *f* und *g*, stellt durch den Hahn *h* die Verbindung mit dem Lufröhrchen *b* her, und hebt *C* bis die Kalilauge in *A* bis an den Hahn *h* kommt; nun schliesst man *h* und führt die Verbrennung ganz wie gewöhnlich aus, wobei, wie immer, die zuerst durch die Kohlensäure verdrängte Luft durch kurzes Oeffnen des Hahnes entfernt wird; dann erst beginnt die eigentliche Verbrennung der Substanz. Zuletzt schliesst man den Quetschhahn *e* und wartet noch 20–25 Minuten, bis sich die Temperatur von *A* und *B* vollständig ausgeglichen hat; inzwischen ist auch der letzte Rest der Kohlensäure absorbiert worden und die an den Wänden haftende Kalilauge herabgeflossen. Dann hebt man *C* so weit, bis der Flüssigkeitstropfen im Differentialmanometer seine normale Ruhestellung ungefähr erreicht hat, schliesst den Quetschhahn *f* und besorgt die feinere Einstellung mit Hilfe der Klemmschraube *g*. Man kann nun ohne alle Rechnung, und ohne sich um Barometerstand und Temperatur zu kümmern, den entwickelten Stickstoff direct in Milligrammen und deren Zehnteln ablesen, und zwar mit grosser Genauigkeit.

Wenn die Messröhre *A* auch mit einer Cubikcentimeter-Theilung versehen ist, kann dieser Apparat ganz unverändert auch in allen jenen Fällen Verwendung finden, in denen das Gasvolumeter von Lunge anwendbar ist, also um die bei der V. Meyer'schen Dampfdichtebestimmung entweichende Luft zu messen, ferner für gasvolumetrische Bestimmungen fester und flüssiger Körper und auch für eigentliche Gasanalysen. In allen diesen Fällen lässt man das zu messende Gas nicht, wie bei der organischen Stickstoffbestimmung, von unten durch das Röhrchen *a*, sondern von oben durch *b* eintreten. Die Kalilauge muss natürlicher Weise in vielen Fällen durch ein anderes Sperrmittel ersetzt werden. Dabei ist aber zu beachten, dass sich im Compensator etwas Kalilauge befindet, durch deren Dampfspannung nur Gase, welche mit Kalilaugegedämpfen gesättigt sind, vollständig compensirt werden können. Für Gasanalysen hat das keine weitere Bedeutung, weil es sich nur um relative Messungen handelt. Bei absoluten Gasmessungen muss aber eine kleine Correction angebracht werden, wenn in der Messröhre an Stelle der Kalilauge Wasser oder Quecksilber als Sperrflüssigkeit verwendet wird.

Bei allen absoluten Gasmessungen darf man ferner nicht vergessen, dass ich das zu messende Gas nicht, wie gewöhnlich, auf 0° und 760 mm, sondern auf 18° und 760 mm reducire. Die Rechnung wird dadurch gar nicht complicirter, wenn man sich das Gewicht von 1 ccm der in Betracht kommenden Gase bei diesem Normalzustande ein für allemal ausgerechnet und in einer Tabelle zusammengestellt hat. Wenn z. B. die bei einer V. Meyer'schen Dampfdichtebestimmung verdrängte Luft, in vorliegendem Apparate gemessen, v ccm beträgt, so ist die auf Luft bezogene Dampfdichte

$$D = \frac{S}{v \cdot p},$$

wobei S das Gewicht der Substanz, und p das Gewicht von 1 ccm Luft von 18° und 760 mm Druck bedeutet.

Der Grund, warum ich die Gase auf 18° und nicht auf 0° reducire, liegt darin, dass man in letzterem Falle bei hoher Zimmertemperatur und niedrigem Barometerstande oft in die Lage käme, das Druckgefäß C ziemlich hoch heben zu müssen, um das Gas auf das Normalvolumen zusammendrücken, wodurch das Arbeiten mit diesen Gasvolumetern unbequem würde. Wenn man aber 18° als Normaltemperatur annimmt, genügt auch unter den ungünstigsten Verhältnissen ein geringes Heben oder Senken von C , um das »Normalvolumen« herzustellen.

Obwohl also der vorliegende Apparat, wie gezeigt wurde, auch andern Zwecken dienstbar gemacht werden kann, so ist er doch in erster Linie nur für die organische Stickstoffbestimmung construirt, und ausserdem noch zum absoluten Messen von Gasen, für welche Kalilauge als Sperrmittel dienen kann (Stickstoff, Sauerstoff, Wasserstoff, Kohlenwasserstoffe, Luft) mit Vortheil zu gebrauchen; in allen anderen Fällen, besonders aber für eigentliche Gasanalysen, ist das in Fig. 2 abgebildete Gasvolumeter bedeutend vorzuziehen.

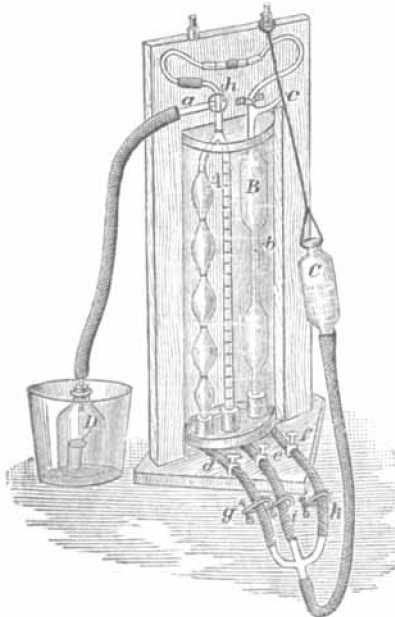
2. Ein Apparat, der nicht nur das Gasvolumeter von Lunge in allen Fällen mit Vortheil ersetzen, sondern auch bei exacten Gasanalysen an die Stelle der Apparate von Pettersson, Pettersson und Palmqvist und Drehschmidt treten kann, ist in Fig. 2 dargestellt: In einem cylindrischen Wassergefäss, in welchem mit Hilfe eines Rührers eine gleichmässige Temperatur hergestellt werden kann, befindet sich der Compensator B und das im IV. Theil der letzten Abhandlung von mir beschriebene zweischenklige Messgefäss A . Bei letzterem ist zu bemerken, dass sich unterhalb der untersten Marke des einen Schenkels noch eine kleine Erweiterung befinden muss, welche in der Abbildung der letzten Abhandlung (Fig. 3 l. c.) irrthümlicher Weise nicht ersichtlich gemacht ist. Das Messgefäss endigt oben in einen Dreiweghahn h , durch welchen es einerseits mit dem Differentialmanometer verbunden

wird, andererseits mit der Capillare *a*, welche in dem speciellen Fall, der in der Zeichnung dargestellt ist, durch einen Schlauch mit einem Zersetzungsgefäss *D* verbunden ist, welches in einem Kühlgefäss steht.

Der Compensator *B* enthält eine derartige Quantität von Luft, welche durch einen über dem als Sperrflüssigkeit dienenden Quecksilber befindlichen Wassertropfen in feuchtem Zustande erhalten wird, dass dieselbe bei einer Temperatur von 18° im trocknen Zustande einen Druck von 760 mm ausüben würde, wenn das Quecksilber auf die Marke *b* eingestellt ist. Wie der Compensator gefüllt wird, habe ich bereits an Fig. 1 beschrieben, das zugeschmolzene Röhrchen ist auch hier mit *c* bezeichnet.

Der Compensator und die beiden Schenkel des Messgefässes durchbohren den Boden des Wassergefässes und sind mit drei Schlauchstücken verbunden, von denen jedes mit einer Klemmschraube (*d*, *e* und *f*) und mit einem Quetschhahn (*g*, *i*, *k*) versehen ist. Dieselben vereinigen sich in einem

gläsernen Gabelrohr zu einem einzigen Schlauch, welcher zu dem gemeinsamen Druckgefäss *C* führt. Mit Hilfe der Klemmschrauben und Quetschhähne kann das als Sperrflüssigkeit dienende Quecksilber im Compensator und in jedem Schenkel von *A* getrennt in bekannter Weise an einer beliebigen Stelle festgestellt werden.



Figur 2.

Der ganze Apparat ist schon in der abgebildeten Form leicht tragbar; noch bequemer transportabel wird er, wenn über ihn ein parallelepipedischer, mit einem Handgriff versehener Holzkasten übergestülpt und festgeschraubt wird.

a) Handhabung des Apparates bei absoluten Gasmessungen. Als Beispiel hierfür möge die gasvolumetrische Bestimmung einer Wasserstoffsperoxydlösung dienen: Man giebt dem Dreiweghahn *h* die in Fig. 2 abgebildete Stellung, füllt das Messgefäss durch Heben von *C* bis an den Hahn mit dem als Sperrflüssigkeit dienenden Quecksilber und schliesst die Quetschhähne *g* und *i*. In den äusseren Theil der Entwicklungsflasche *D* pipettirt

man eine gemessene Menge der Wasserstoffsperoxydlösung, in den inneren Cylinder einen Ueberschuss einer stark angesäuerten Lösung von übermangansaurem Kalium; dann verschliesst man die Entwicklungsflasche *D* mit dem einfach durchbohrten Stopfen und stellt in *B* denselben Druck her wie in *D*, indem man das Quecksilberniveau in *B* (nicht auf die Marke *b*, sondern) derart einstellt, dass der Flüssigkeitstropfen seine Ruhestellung in der Mitte des Differentialmanometers einnimmt, und ändert vorläufig nichts mehr am Compensator. Nun giebt man dem Hahn *h* eine solche Stellung, dass nur *A* und *D* mit einander verbunden sind, öffnet wieder die Quetschhähne *g* und *i*, nimmt die Zersetzungsflasche *D* aus dem Kühlgefäss heraus und beginnt die Flüssigkeiten durch Neigen von *D* zu mischen, während der unter Erwärmung frei werdende Sauerstoff sich im Messgefäss *A* ansammelt. Wenn dann die Sauerstoffentwicklung beendet ist, setzt man *D* wieder in das Kühlgefäss ein, giebt dem Dreiweghahn wieder die aus der Zeichnung ersichtliche Stellung und stellt das Quecksilberniveau im Messgefäss so ein, dass in *A* und *D* derselbe Druck herrscht wie in *B* (also auch wie anfangs in *D*). (Die Handhabung des Messgefässes habe ich bereits in der letzten Abhandlung beschrieben.) Wenn dann der Flüssigkeitstropfen im Differentialmanometer in Ruhe bleibt, so ist das ein Beweis, dass in *D* nicht nur der Anfangsdruck herrscht, sondern dass *D* auch die Temperatur des Kühlwassers wieder angenommen hat. Es ist nun klar, dass das jetzt in *A* befindliche Gasvolumen genau gleich ist der Menge des entwickelten Sauerstoffs. Man schreitet jetzt zur Ableseung, indem man den Dreiweghahn *h* eine solche Stellung giebt, dass er nur *A* und *B* mit einander verbindet, das Quecksilberniveau in *B* auf die Marke *b* einstellt, und in *A* denselben Druck herstellt. Die Menge des Wasserstoffsperoxyds ergibt sich aus einer einfachen Multiplication, indem 1 ccm des entwickelten Sauerstoffs bei 18° und 760 mm Druck 0.00142 g Wasserstoffsperoxyd entspricht.

Ein kleiner Fehler kann dadurch entstehen, dass die Temperaturschwankungen im Kühlgefäss für *D* und im grossen Wassercylinder nicht ganz in gleicher Weise vor sich gehen. Es ist deshalb zur Erzielung sehr grosser Genauigkeit besser, das Zersetzungsgefäss ebenso wie beim W. Knop'schen Azotometer in demselben Wassercylinder unterzubringen wie die Messapparate. Es erhält dann am besten die von F. Soxhlet¹⁾ angegebene Form. In ganz analoger Weise verfährt man auch bei dem V. Meyer'schen Luftverdrängungsverfahren.

¹⁾ F. Soxhlet, Zeitschr. f. analyt. Chemie 16, 82; Cl. Winkler, Industriegase S. 89.

b) Handhabung des Apparates bei relativen Gasmessungen (bei eigentlichen Gasanalysen). Es giebt dreierlei Arten, um genau 100 ccm (resp. 100 Theile) des zu analysirenden Gases abzumessen:

1. Man stellt zunächst im Compensator den Druck der äusseren Atmosphäre her und füllt auch das Messgefäss mit Gas von Atmosphärendruck, indem man in bekannter Weise zunächst einen Ueberschuss einsaugt, dann genau auf 100 einstellt und den Ueberschuss durch kurzes Oeffnen von h nach aussen entweichen lässt.

2. Man saugt in A ungefähr 100 ccm ein, dreht h auf Verbindung von A und B , und stellt die Quecksilberniveaus in A auf 100 und in B so, dass derselbe Druck herrscht wie in A .

3. Man stellt das Quecksilberniveau in B auf die Marke b , führt in A einen Ueberschuss des zu untersuchenden Gases ein, stellt die Sperrflüssigkeit auf 100 und lässt den Ueberschuss vorsichtig derart entweichen, dass nun in A derselbe Druck herrscht wie in B .

In jedem Fall darf nach der ersten Messung am Compensator nichts mehr geändert werden; in allen 3 Fällen wird das Resultat direct in Volumprocenten abgelesen. Im 3. Fall sind die Messungen nicht nur relative, sondern zugleich auch absolute, was aber für Gasanalysen keine besondere Bedeutung hat.

Ueber Absorption und Verbrennung der einzelnen Gasbestandtheile ist hier nichts Neues zu sagen.

Modificationen: Die wichtigsten Modificationen betreffen die im I. und II. Theil der letzten Abhandlung beschriebenen Principien der Gasabmessung, welche sämmtlich auf den vorliegenden Apparat anwendbar sind. Eine nähere Erörterung ist, wie ich glaube, nicht mehr nöthig.

Speciell für Gasanalysen ist der in der letzten Abhandlung in Fig. 1 abgebildete Vierweghahn h_1 dem hier verwendeten Dreiweghahn h vorzuziehen ¹⁾. Dieser Hahn eignet sich jedoch weniger gut für die absolute Messung von Gasen, welche in dem Zersetzungsgefäss D entwickelt werden, und für das Luftverdrängungsverfahren, denn man ist bei Verwendung desselben gezwungen, die Druckconstanz in der V. Meyer'schen Birne, resp. im Zersetzungsgefäss D dadurch herzustellen, dass man das Niveau im Druckgefäss C in gleiche Höhe bringt mit dem Quecksilberniveau im Messgefäss, ein Verfahren, welches in Bezug auf die Genauigkeit der Druckmessung mit Hilfe des Differentialmanometers weit nachsteht, für das Luftverdrängungs-

¹⁾ Ueber den Grund vergleiche die 5. Abhandlung, diese Berichte 30, 1210; nur darf die Absorptionsflüssigkeit hier nicht in den Hahn-schlüssel selbst hineingeführt werden, sondern nur bis zu demselben.

verfahren aber immerhin genügt wegen der sonstigen Fehler bei der Dampfdichtebestimmung. Bei der Messung von Gasen, welche aus flüssigen Körpern entwickelt werden, kann diese Ungenauigkeit vermieden werden, wenn man die Gase in einem Zersetzungsgefäss entwickelt, welches gar keine Luft enthält, z. B. in einem Nitrometer von Lunge¹⁾, aus welchem das entwickelte Gas zum Zwecke der Messung vollständig in das Messgefäss übergeführt werden kann.

Das Gleiche gilt auch dann, wenn der Compensator von unveränderlichem Volumen ist, wie bei Fig. 1 (nur wird er natürlicher Weise nicht Kalilauge, sondern einige Wassertropfen enthalten). Die Gasabmessung bei Gasanalysen muss dann in der dritten der oben angegebenen Arten erfolgen, die freilich am wenigsten bequem ist, oder derart, dass man nicht genau 100 Theile abmisst, und die abgelesenen Resultate jedesmal durch eine einfache Proportion in Volumprocente umrechnet.

Als Sperrflüssigkeit kann man im vorliegenden Fall, wo eine gemeinsame Druckflasche für das Messgefäss und den Compensator dient, nur Quecksilber verwenden, weil sonst das im Compensator befindliche Luftquantum nicht auf die Dauer constant bleiben würde. Man kann aber zwei Druckflaschen verwenden, eine grössere, mit Wasser gefüllte für das Messgefäss, und eine kleinere, mit Quecksilber gefüllte für den Compensator. Bei Verwendung von Wasser als Sperrflüssigkeit für das Messgefäss soll dasselbe so eingerichtet sein, dass eine automatische Gasabmessung möglich ist²⁾.

Wien, im December 1897.

549. Emil Fischer: Ueber die angebliche Synthese des Xanthins aus Cyanwasserstoff.

[Aus dem I. Berliner Universitätslaboratorium.]

(Eingegangen am 22. December.)

Vor 13 Jahren hat Hr. A. Gautier durch Erhitzen von verdünnter Blausäure mit Essigsäure in kleiner Menge ein Product erhalten, welches er nach seinen Eigenschaften und dem Resultat der Analyse als ein Gemenge von Xanthin und Methylxanthin ansah³⁾. Für den Vergleich mit dem Xanthin musste er sich auf die damals bekannten Reactionen beschränken. Er prüfte insbesondere das Verhalten gegen Silbernitrat, ammoniakalische Silberlösung, Salpetersäure,

¹⁾ Diese Berichte 11, 434.

²⁾ Vergl. diese Berichte 28, 2423; 29, 260.

³⁾ Bull. soc. chim. Paris 42, 142 (1884).