III. Ueber ein neues Manometer zur Messung hoher Gasdrucke; von Hrn. V. Regnault.

(Arch. d. sciences phys. Avril 1871.)

Das beste Manometer zur Messung hoher Gasdrucke ist ohne Widerrede das Quecksilbermanometer mit freier Luft. Allein es kann nur aufgestellt werden in einem Gebäude, welches eine sehr hohe, lothrechte und freie Wand darbietet und überdies erfordert es specielle Vorrichtungen, um an allen Punkten der langen Glassäule, die aus hermetisch zusammengefügt Stücken besteht, das Quecksilberniveau beobachten zu können. Es ist also ein sehr kostspieliger Apparat und selten trifft man in einem Laboratorium die Bedingung, die zu seiner Errichtung nöthig sind.

Das Manometer mit comprimierter Luft, sey es nun aus Glasröhren zusammengesetzt oder sey es ganz metallen und beruhe auf Gestaltveränderungen, welche hohle Metallspiralen durch die Veränderungen der Spannkraft der darin eingeschlossenen Luft erleiden, sind nicht empfindlich genug. Ihre Anwendung ist gefährlich, weil sie häufig in Unordnung gerathen, was man selten entdeckt, wenn man nicht Mittel der Controle besitzt.

In den *Mém. de l'Acad. des Sciences*, T. XXXI, p. 580, habe ich ein neues Gasmanometer kurz beschrieben, welches gestattet, die höchsten Drucke mit großer Genauigkeit und constanter Empfindlichkeit zu beobachten. Dasselbe trägt in sich die nöthigen Mittel, um so oft man will die Genauigkeit zu prüfen; es ist wenig kostspielig und kann überall leicht aufgestellt werden. Da ich glaube, daß es den Physikern und Chemikern von großem Nutzen seyn kann, so halte ich es nicht für unnütz, dasselbe hier vollständig zu beschreiben.

Fig. 6 Taf. IV ist eine Abbildung desselben. Es besteht aus einem Messingrohr *AB* von 5^{mm} innerem Durch-

messer und starker Wandung, damit es sehr großen Drucken widerstehen könne, ohne seine Capacität merklich zu vergrößern. Es hat oben einen drei Mal durchbohrten Hahn *R* und darüber eine Tubulatur *C*, mittelst welcher es communicirt mit einem Behälter, der die auf ihre Spannkraft zu untersuchende Luft enthält. Der Hahn *R* communicirt durch eine seitliche Tubulatur mit einem zweiten Hahn *R'*, der durch eine zweite Tubulatur befestigt ist auf dem weiten Rohre *DE* eines Manometers *DEGF*, welches aus der Figur hinreichend verständlich ist.

Das Rohr *DE* hat einen inneren Durchmesser von 20^{mm}, das Rohr *FG* einen von 13 bis 15. Die beiden Rohre sind so gerade und so cylindrisch wie möglich ausgewählt; jedes ist in Millimeter getheilt. Sie communiciren durch einen drei Mal durchbohrten Hahn *R''*, in dessen gußeisernen Fassung sie mit Harzkitt befestigt sind, unter Bedingungen, die man leicht aus der Figur begreifen wird. Das Hahnstück *R''*, welches das Manometer trägt, ist mittelst Schrauben und eines Vorsprunges befestigt an der runden gußeisernen Platte *HJ*, die auf drei mit Stellschrauben versehenen Füßen ruht. Eine ringförmige Scheibe von Gußeisen *KL* kann mittelst Schrauben und eines Vorsprungs auf der Platte *HJ* befestigt werden. Diese Scheibe hat oben einen ringförmigen Kanal von 2 Centm. Tiefe und 2 bis 3 Centm. Breite zum Behufe der hermetischen Aufnahme eines gläsernen Stauchers. Zu dem Ende wird der Kanal mit geschmolzenem Harzkitt gefüllt und darauf der Glas-Staucher *MNN'M'* hineingetaucht. Die Scheibe *KL* mit ihrem Staucher darf nicht eher auf dem Dreifuß befestigt werden als bis der manometrische Apparat vollständig ajustirt ist.

Die Glasröhren des Manometers müssen vollkommen lothrecht seyn, was man bei der Einsetzung derselben leicht bewerkstelligt, so lange der Kitt noch weich ist in den Tubulaturen. Mittelst der Stellschrauben des Dreifußes berichtigt man hierauf die Lothrechttheit.

In Fig. 6 befindet sich die metallene Röhre AB in der Ebene der beiden Manometerröhren. Man wähle diese Einrichtung, um den Apparat leicht verständlich zu machen; allein in Wirklichkeit steht die Röhre AB hinter dem Manometer. Die metallischen Fassungen der Hähne sind also winkelrecht gegen die in der Figur abgebildeten Richtung.

Die Gebrauchsweise dieses Apparats ist nun folgende. Der Staucher wird mit Wasser von der umgebenden Temperatur gefüllt. Ein Thermometer giebt seine constante Temperatur an. Die Hähne R und R' sind in der in Fig. 6 abgebildeten Lage. Man gießt Quecksilber in die Röhre FG bis die Röhre DE vollständig damit gefüllt ist, d. h. bis das Quecksilber durch die Tubulatur O abfließt.

In der Lage (Fig. 6) des Hahnes R enthält die Röhre AB trockne Luft von der Temperatur t und unter demselben Druck wie der Behälter. Nun giebt man dem Hahn R die in Fig. 7 Taf. IV abgebildete Lage. Die Luft der Röhre AB ist dadurch isolirt, und wenn man nun den Hahn R dreht, um ihn langsam in die in Fig. 7 dargestellte Lage zu bringen, so stürzt sich die Luft der Röhre AB in die weite Röhre DE . Gleichzeitig öffnet man den Hahn R'' , um das Quecksilber abfließen zu lassen und zu verhindern, daß der Druck in der Röhre DE zu stark werde.

Man führt die Quecksilbersäulen in den beiden Zweigen des Manometers auf nahe dasselbe Niveau und merkt sich die Theilstriche der Röhren, an welchen die Kuppen stehen bleiben. Diese einfache Operation ist hinreichend, wenn man zuvor die Röhre DE genau geaicht hat.

Es seyen nun: H der Barometerstand, reducirt auf 0° ; h die Niveaudifferenz der beiden Quecksilbersäulen des Manometers, ebenfalls reducirt auf 0° ; t die constante Temperatur des Wassers im Staucher; V das als constant vorausgesetzte Volum der Röhre AB ; W das am Ende des Versuchs von der Luft in der Röhre DE eingenommene Volum; d das Gewicht eines Liter trockner Luft bei 0° und unter dem Druck 760^{mm} ; x die unbekannte Spannkraft der Luft in dem großen Behälter.

Zu Anfange des Versuchs ist die metallene Röhre AB gefüllt mit trockner Luft von der Temperatur t und unter dem gesuchten Druck x .

Ihr Gewicht wird ausgedrückt durch:

$$Vd \frac{1}{1+\alpha t} \cdot \frac{x}{760}.$$

Am Ende des Versuchs hat diese Luft, bei gleichgebliebener Temperatur t das Volum $V+W$ angenommen, aber ihre Spannkraft ist dann $H+h$. Ihr Gewicht ist also

$$(V+W)d \frac{1}{1+\alpha t} \cdot \frac{H+h}{760}.$$

Diese beiden Gewichte müssen einander gleich seyn; man hat also

$$Vd \frac{1}{1+\alpha t} \cdot \frac{x}{760} = (V+W)d \frac{1}{1+\alpha t} \cdot \frac{H+h}{760}$$

oder einfach

$$Vx = (V+W)(H+h)$$

woraus

$$x = \frac{V+W}{V}(H+h).$$

Man muß aber die Volume V und W sehr genau kennen. Ich begann damit, die Volume W zu bestimmen, welche den verschiedenen Abtheilungen der Röhre DE entsprechen. Zu dem Ende nahm ich, als das Manometer bis zum Ausflufs aus der Tubulatur O vollständig mit Quecksilber gefüllt war, diese Tubulatur fort, um das darin enthaltene Quecksilber zu entfernen, welches nicht in Rechnung gezogen werden darf; dann drehte ich den Hahn R'' allmählig bis in die in Fig. 8 Taf. IV abgebildete Lage. Das sonach allein aus der Röhre DE bis zu einer gewissen Abtheilung n ausgeflossene Quecksilber fange ich in einer Flasche auf, die darauf bei Seite gestellt wird. Dann sammle ich in einer zweiten Flasche das Quecksilber, welches bis zu einer Abtheilung n' , sehr wenig verschieden von $2n$, ausfließt, und so fort bis der Quecksilberspiegel an einer der unteren Abtheilungen der Röhre stehen bleibt.

Ich wäge das Quecksilber dieser Flaschen und kenne sonach die Gewichte $P, P', P'' \dots$ des Quecksilbers, welche den oberen Theil der Röhre DE füllen, wenn sein Niveau an den Abtheilungen n, n', n'' steht. Ich construire eine Curve, worin die Zahlen $n, n', n'' \dots$ in Millimetern als Abscissen und die Gewichte $P, P', P'' \dots$ des Quecksilbers als Ordinaten genommen sind. Mittelst dieser Curve bestimme ich dann das Quecksilbergewicht, welches einer jeden Anzahl N von Abtheilungen der metrischen Scale des Rohres DE entspricht und das Volum W , ausgedrückt in Quecksilbergewicht, anzeigt. Offenbar kann man die Curve durch eine nach ihr entworfene numerische Tafel ersetzen.

Man hat jetzt die Capacität V des metallenen Rohres AB zu bestimmen, ebenfalls ausgedrückt durch das Gewicht des darin enthaltenen Quecksilbers.

Das Manometer ist vollständig mit Quecksilber gefüllt, das metallene Rohr AB mit Luft von der Temperatur t und bei dem auf 0° reducirten Barometerstand H . Die Hähne R und R' sind in der Lage, welche Fig. 6 Taf. IV zeigt. Ich drehe diese Hähne in die Lage der Fig. 7 und lasse durch den Hahn R'' Quecksilber abfließen, bis sein Niveau nach unten hin in der Röhre FG stehen bleibt. Ich notire alsdann die Abtheilungen, bei welchen die Quecksilberkuppen in den Zweigen des Manometers stehen bleiben und ermittle dadurch zugleich das Volum W und die Quecksilber-Depression h . Ich habe dann:

$$V d \cdot \frac{1}{1 + \alpha t} \cdot \frac{H}{760} = (V + W) d \frac{1}{4 \alpha t} \frac{H - h}{760}$$

woraus

$$V = W \frac{H - h}{h}.$$

Man kann diesen Versuch beliebig oft wiederholen und aus so gefundenen Werthen für V das Mittel nehmen.

Bei einer zweiten Versuchsreihe füllt man nicht allein die metallene Röhre AB , sondern auch ein bekanntes Volum v der Röhre DE mit trockner Luft unter dem atmo-

sphärischen Druck; man hat dann ein Gewicht Luft ausgedrückt durch

$$(V + W) d \frac{1}{1 + \alpha t} \cdot \frac{H}{760}.$$

Nun treibe man durch Einfüllung von Quecksilber in die Röhre *FG* eine Portion Luft in die metallene Röhre *AB*, bis dieselbe in der Röhre *DE* nur noch ein kleines Volum *v'* einnimmt, das jedoch den Druck-Ueberschufs *h'* zu messen erlaubt. Das Gewicht der Luft wird dann ausgedrückt durch

$$(V + v') d \cdot \frac{1}{1 + \alpha t} \cdot \frac{H + h'}{760}$$

woraus

$$V = \frac{vH - v'(H + h')}{h'}.$$

Die Drucküberschüsse *h'*, welche man erhalten kann, sind durch die Höhe der Röhre *FG* begrenzt. Diese zweite Versuchsreihe giebt neue Werthe von *V*, welche man mit denen der ersten Reihe vergleichen, und somit zur Feststellung der Genauigkeit des Instrumentes anwenden kann.

Die metrischen Scalen der beiden getheilten Röhren des Manometers sind unabhängig von einander; man muß also den Höhenunterschied der Nullpunkte beider Scalen aufsuchen. Diefs geschieht leicht, indem man das Manometer, wenn beide Röhren unter dem Druck der Atmosphäre stehen, bis zu verschiedenen Höhen mit Quecksilber füllt und die entsprechenden Theilstriche notirt, bei welchen die Quecksilberkuppen stehen bleiben. Man verificirt auch dadurch die relative Genauigkeit beider Scalen, ihren vollkommenen Parallelismus und hat nöthigenfalls das Mittel den aus einem unvollkommenen Parallelismus entspringenden Fehler zu berichtigen.

Ich habe hier die Abweichung der atmosphärischen Luft vom Mariotte'schen Gesetz vernachlässigt, allein es ist leicht die dafür nöthige Berichtigung mittelst den von mir gegebenen Tafeln (*Mém. de l'Acad. des Sciences*, T. XXI p. 420) anzubringen.

Ich habe auch angenommen, daß die Veränderungen des inneren Drucks keine wahrnehmbare Veränderung in der

Capacität des metallenen Rohres AB hervorbringen. Wirklich kann man in den meisten Fällen diese Veränderung vernachlässigen. Will man sie aber berücksichtigen, so muß man zuvor den Compressibilitäts-Coëfficienten an der Röhre AB selbst oder an einem Stücke dieser Röhre nach der von mir beschriebenen Methode (*Mém. de l'Acad. T. XXI p. 435*) bestimmen.

Ich habe vorausgesetzt, der innere Durchmesser der metallenen Röhre AB sey 5^{mm} und der der Messröhre DE 20^{mm} . Das Verhältniß der Querschnitte beider Röhren ist also $\frac{25}{400}$ d. h. $\frac{1}{16}$. Giebt man also der Röhre AB dieselbe Länge wie der Röhre DE , so wird die erstere AB Luft von 16 Atmosphären enthalten können, welche sich in der Messröhre ausdehnt, um sich mit dem Druck der äußeren Luft in Gleichgewicht zu setzen. Das Manometer wird also unter diesen Bedingungen bis 16 Atmosphären angeben können; es wird es bis 32 Atmosphären thun, wenn man die Luft im Manometer sich nur bis 2 Atmosphären ausdehnen läßt, was immer leicht ist, wenn man der Röhre FG ihre gewöhnliche Länge von 1 Meter bewahrt.

Verringert man endlich die Länge oder den Querschnitt des metallenen Rohres AB , so kann man sich des Manometers zur Messung der stärksten Drucke bedienen. In diesem Falle ist es nützlich, die höchste Sorgfalt auf die Bestimmung der Capacität V zu verwenden. Man erhält eine größere Genauigkeit, wenn man die Röhre AB mit trockener Luft von 4 bis 5 Atmosphären Druck füllt, vorausgesetzt, daß man diesen Druck mit einem in jedem Laboratorium für so schwache Drucke leicht aufzustellenden Manometer mit freier Luft sehr genau messen könne, und man diese Luft sich in der Messröhre bis zum einfachen Atmosphärendruck ausdehnen lasse.

Das eben beschriebene Manometer kann im Laboratorium zu anderen Untersuchungen benutzt werden, namentlich zur Bestimmung des Gesetzes der Elasticität von Gasen, die bei verschiedenen Temperaturen und bei Spannkraften, die von den schwächsten bis zu 2 oder 3 Atmosphären gehen,

leicht liqueficirbar sind. Es wäre wünschenswerth, daß die Chemiker solche Bestimmungen an neuen, von ihnen aufgefundenen, sehr flüchtigen Substanzen machen wollten.
Genf, 20. März 1871.

IV. *Untersuchung über die elektromotorischen Kräfte beim Contact verschiedener Metalle und über die Veränderung dieser Kräfte durch Wärme; von E. Edlund.*

(Vorgetragen in der K. Akad. der Wiss. zu Stockholm den 15. December 1870, und mitgetheilt vom Hrn. Verf.)

§. 1.

Um die Entstehung des galvanischen Stromes zu erklären, haben sich zwei wesentlich von einander verschiedene Ansichten geltend gemacht. Volta selbst, der Erfinder der galvanischen Säule, nahm an, daß die Berührung zweier heterogenen Metalle, auch wenn diese Körper keine chemische Wirkung aufeinander ausübten, allein hinreichend wäre, eine Elektricitäts-Entwicklung hervor zu bringen. Die chemische Verwandtschaft der Körper, durch deren gegenseitige Berührung der Strom entstand, hatte, seiner Ansicht nach, keine oder eine nur höchst untergeordnete Bedeutung in elektromotorischer Hinsicht. Diese seine Annahme gründete Volta hauptsächlich auf seine so genannten Fundamental-Versuche, durch welche er zeigen wollte, daß zwei in chemischer Hinsicht zu einander indifferente Metalle beim gegenseitigen Contacte eine elektrische Vertheilung hervorbringen, so daß das eine positiv und das andere negativ elektrisch werde. Diefs ist die sogenannte Contact-Theorie, welche ziemlich unverändert bis auf unsere Zeit von Vielen als die richtige angenommen ist.