

LE
PHYSIOLOGISTE RUSSE

RÉDIGÉ PAR

M. LÉON MOROKHOWETZ,

Professeur de physiologie à l'Université Impériale.

MOSCOU.

VOL. II.

11 AVRIL 1901.

N^o 31—35.

Zur Methodik der Gasanalyse.

Von Dr. A. Samojloff und Dr. A. Iudin.

Aus dem physiologischen Institute de K. Universität Moskau.

Wir geben in den folgenden Zeilen die Beschreibung einer gasometrischen Methode, die wir speciell zur Bestimmung der Kohlensäure und des Sauerstoffes in der ausgeathmeten Luft benutzten. Die Methode beruht nicht auf irgend einem neuen Principe, sondern stellt blos eine Modification des bekannten analytischen Verfahrens von Bunsen vor. Was bei uns neu ist, das ist eine Reihe von verschiedenen kleinen Neuerungen, ja man könnte sagen Kleinigkeiten, die aber in ihrer Gesamtheit diejenige Sicherheit, sowie Genauigkeit und Schnelligkeit der Arbeit gewähren, die wir uns von vornherein als Ziel stellten.

Wir werden zuerst den von uns gebrauchten Apparat selbst und dann die verschiedenen Acte der Analyse beschreiben.

Die äussere Form des Apparates ist dieselbe, welche Prof. Setschenoff bei seinen absorptiometrischen Versuchen gebraucht hat. Ein schmaler 1 m. langer parallelepipedischer mit Wasser gefüllter Zinkkasten, dessen vordere und hintere Wand aus planparallelem dickem Spiegelglas besteht, steht vertical auf einem festen Dreifuss aus Gusseisen (Fig. 1). In den Boden des Kastens sind zwei Glasröhren A und B, 1,2 cm. im Durchmesser eingesetzt; die Röhren sind fortlaufend durch Striche in Halbmillimeter eingetheilt. Als Fortsetzungen der Röhren A und B ausserhalb des Kastens erscheinen zwei Stahlröhren, die sich bald zu einer Röhre vereinigen; im Punkte der Vereinigung befindet sich ein stählerner Dreiweghahn D. Vom Hahn D geht eine Röhre nach unten und endet mit einer Ausflussöffnung. Kurz vor ihrem Ende wird die Röhre durch einen stählernen Dreiweghahn F unterbrochen; der eine Ast desselben

geht auf der rechten Seite in einen dickwandigen Gummischlauch mit dem Druckgefäß G über. Das ganze System der Röhren A, B, der Stahlröhren, der Hähne D und F, sowie des Kautschukschlauches ist mit Quecksilber gefüllt. Vermittelt der beiden Hähne D und F lassen sich folgende Combinationen zwischen den

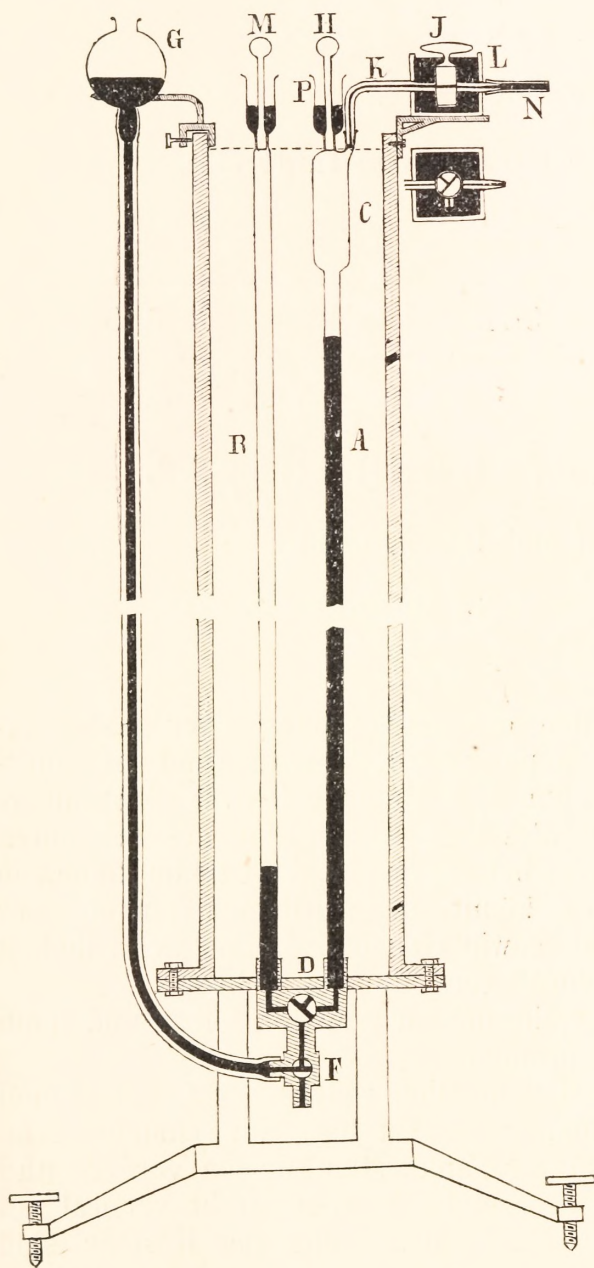


Fig. 1.

erwähnten Theilen erreichen: man kann 1) die Röhren A und B miteinander verbinden und gleichzeitig vom übrigen System absperrn, 2) die miteinander communicirenden Röhren mit der die Ausflussöffnung tragenden Röhre verbinden, 3) die mit einander in Verbindung stehenden Röhren A und B mit dem Druckgefäß verbinden und folglich durch Heben und Senken der Füllkugel G das Quecksilber in beiden Schenkeln gleichzeitig heben und senken; 4) dieselben Verbindungen, welche man mit den beiden miteinander verbundenen Röhren vornimmt, lassen sich auch mit jeder Röhre einzeln ausführen: es ist also möglich das Quecksilber bloß aus der Röhre A, resp. aus der Röhre B ausfließen zu lassen, oder in jeder einzelnen das Quecksilber zu heben und zu senken.

Soweit die Theile des Apparates, die wir fertig von Prof. Setschenoff erhielten. Speciell für unsere Zwecke wurden die anderen sofort zu beschreibenden Theile hinzugefügt. Die Röhre B geht oben in einen geschliffenen Hals über, der sich zu einem Trichter erweitert; in den Hals passt ein geschliffener Glasstöpsel M. Die Röhre A trägt oben eine Erweiterung C, welche 2 Oeffnungen besitzt. Die eine Oeffnung führt wie linkerseits ebenfalls in einen engen geschliffenen Hals, der weiter in einen Glastrichter übergeht. In den Hals passt ein sorgfältig geschliffener Stöpsel H; zur grösseren Sicherung des Verschlusses ist in die Schale etwas Quecksilber hineingegossen. Die andere Oeffnung führt ebenfalls in einen etwas seitlich angebrachten geschliffenen Hals, in welchen eine dickwandige Capillarröhre, 1 mm im Durchmesser, passt, die dann weiter unter rechtem Winkel in einen Dreiweghahn I übergeht. Der letzterwähnte Schliff hat keine principielle Bedeutung und dient

nur dazu, die Röhre A und den Hahn I auseinandernehmbar zu machen, denn sonst könnte man ja den Apparat nicht zusammenstellen: der Seitenmantel des Zinkkastens wird von oben her über die schon im Boden des Kastens befestigten Röhren A und B übergeschoben. Sind einmal die Theile im Schliche K zusammengebracht, so wird im weiteren Verlaufe vom Schlich K kein Gebrauch mehr gemacht, weshalb man auch zur Sicherung des Verschlusses die Ränder des Halses mit irgend einer Klebemischung z. B. einem Gemisch von Wachs mit Colophonium bestreichen kann. Der Dreiweghahn I befindet sich in einer kleinen Holzkiste, die oben offen steht und deren beide Seitenwände durch die beiden Röhren des Hahnes durchbohrt sind. Der dritte Ast des Hahnes ist kurz abgeschnitten und endet mit freier Oeffnung. Ausserhalb des kleinen Holzkastens wird auf das Glasrohr ein kurzes dickwandiges Gummirohr übergeschoben, welches dann zum Verbinden des Apparates mit anderen Theilen dient. Die Kiste L ist so weit mit Quecksilber gefüllt, dass nur der Hahngriff frei bleibt, wodurch freilich der Verschluss des Hahnes vollständig gesichert wird. Die Wege des Hahnes lassen sich mit Quecksilber von der Kiste L her und zwar durch den im Quecksilber frei endenden Ast füllen. Durch Drehungen des Hahnes I ist es möglich den rechten und linken Theil der Capillare sowohl gleichzeitig, sowie einen nach dem anderen mit dem Innenraum der Kiste communiciren zu lassen.

Das Vertreiben der Luft aus den Theilen A, C, K, I und N geschieht folgendermassen. Es wird die Füllkugel G mit A verbunden und der Hahn I nach dem Schema \perp gestellt. Durch Heben der Kugel G füllt man, soweit es geht, sämtliche Theile mit Quecksilber, bis schliesslich letzteres durch die Oeffnung des Gummischlauches N nach aussen ausfliesst. Man dreht nun den Hahn I nach dem Schema $-|$ und vertreibt somit die kleine Luftblase aus dem kurzen Weg des Hahnes nach aussen. Während nun das Quecksilber aus der Holzkiste nach aussen fliesst, wird in die Röhre N ein Glasstopfen eingeführt und darauf die Gummiröhre mittelst einer Schraubenklemme zusammengedrückt. Man stellt jetzt den Hahn I nach dem Schema \sphericalangle . Die zwei Aeste, die von der Erweiterung C nach oben abgehen, sind so gestellt, dass beim Einfüllen der Theile mit Quecksilber von unten her, unter dem Glasstopfen H eine kleine Luftblase stecken bleibt; um letztere zu vertreiben, lüftet man ein wenig den Stopfen im Schliche, ohne ihn aus dem Quecksilber in dem Trichter herauszuziehen. Man senkt nun die Füllkugel G und bildet ein Vakuum in C und in dessen Zweigen. Das Quecksilber stürzt sofort aus der Capillare. Um etwaige minimale Luftreste aus dem Hahne zu vertreiben, lässt man durch Drehen des Hahnes etwas Quecksilber aus der Kiste L durch die Capillare in C hineinfließen. Diese Procedur wird mehrere Mal wiederholt; zuletzt öffnet man sehr vorsichtig den Hahn, lässt das Hg sehr langsam aus dem Hahne in die Capillare treten und schliesst den Hahn so ab, dass der Quecksilbermeniscus irgendwo im horizontalen Theile der Capillare zu stehen kommt. Man hebt jetzt die Füllkugel. Sind Luftreste vorhanden, so haben wir jetzt eine Luftblase unter dem Stopfen und die andere an der Meniscusgrenze im horizontalen Theile der Capillare. Der Stopfen wird gelüftet, die Luftblase nach oben ausgetrieben, die Füllkugel nach unten gesenkt und darauf wiederum

gehoben: die Luftblase am Meniscus ist jetzt bedeutend kleiner. Es ist klar, dass wir hier in den Theilen G, F, D, A, C, H, K einen Apparat haben, welcher nach dem Principe der gewöhnlichen Quecksilberpumpe zu arbeiten im Stande ist. Durch Wiederholen der beschriebenen Manipulationen gelingt es sehr leicht das Evacuiren so weit zu bringen, dass man bald an der Stelle, wo der Meniscus sich befand keine Luftblase mehr bemerkt; dass aber dennoch irgend ein, freilich nicht in Betracht kommendes, minimales Bläschen dort vorhanden sein muss, kann man daraus schliessen, dass beim Senken der Kugel G, das Hg in der Capillare gerade an demjenigen Punkte reisst, wo man von Anfang an den Meniscus still stehen liess. Stellt man das Vacuum her und verschiebt ein wenig durch eine leichte Drehung des Hahnes den Meniscus, so reisst jetzt, wenn man aufs Neue das Vacuum herstellt, das Hg an der neuen Stelle.

Auf diese Weise ist man im Stande den Quecksilberfaden im beliebigen Punkte der Capillare reissen zu lassen. Das ist sehr bequem für das Calibriren des Eudiometers. An der Capillare, im horizontalen Theile desselben, befindet sich ein Strich. Das Volum der Capillare von diesem Strich bis zum Ende der Capillare, d. h. bis zur Oeffnung im Schriff K wird vorher, bevor noch der ganze Apparat zusammengestellt ist, durch Quecksilberwägung bestimmt. Später, wenn man die Röhre A calibriren will, so stellt man vorher den Meniscus gerade an demjenigen Punct, wo sich der Strich befindet. Darauf werden sämmtliche Theile des Eudiometers in der vorhin erwähnten Weise gefüllt. Um nun das Eudiometer zu calibriren, braucht man nur durch entsprechende Drehungen der Hähne D und E das Quecksilber aus dem Eudiometer in ein untergestelltes Gefäss fließen zu lassen; man calibriert zunächst bis dicht unter der Erweiterung und dann weiter in üblicher Weise. Man erhält somit Calibrirungszahlen, die das Volumen der Eudiometertheile vom Strich im horizontalen Theil der Capillare angeben. Es ist aber bedeutend bequemer, wenn man bei der Analyse die Volumina von der unteren Mündung der Capillare rechnet. Das hat folgenden Sinn. In allen Fällen, wo im Eudiometer sich das zu analysirende Gas befindet, ist es sehr leicht den Quecksilberfaden gerade an der unteren Mündung der Capillare reissen zu lassen: dazu braucht man nur den Hahn I so zu drehen, dass Quecksilber aus der Schale L in C fließen kann; dreht man im beliebigen Moment den Hahn zu, so reisst der Quecksilberfaden an der nöthigen Stelle und man braucht nicht mehr irgend welche Einstellungen des Meniscus vorzunehmen. Um den erwähnten Punct der Capillare als obere Grenze für die Calibrirungswerthe benutzen zu können, muss man von den früher erhaltenen Werten das Volumen der Capillare vom Strich bis zur unteren Mündung, das vorher bestimmt wird, abziehen. Für die Genauigkeit der Volumbestimmung ist es wichtig, dass der Meniscus in der Capillare seine Stellen nicht wechsle. Es ist klar, dass der Meniscus des Quecksilberfadens nur dann bei allen Manipulationen, die eine Dehnung oder Compression des eingeschlossenen Gases bewirken, auf derselben Stelle der Capillare unverrückt bleiben muss, wenn in dem das Gas einschliessenden System sich keine elastischen Körper befinden. Deshalb bemühten wir uns erstens alle Gasspuren im Quecksilber der Capillare zu vertreiben und zweitens von der

Anwendung von Kautschukröhren vollständig Abstand zu nehmen. Das ist auch der Grund, weshalb wir zwischen der Glascapillare und dem Gummischlauch N den Glashahn I einführten.

Der Barometerstand lässt sich in sehr bequemer Weise am Apparate selbst ablesen. Die Art und Weise, wie man das Vacuum im Eudiometer herstellt, ist vorhin beschrieben. Um einen Tropfen Wasser in das Eudiometer einzuführen, stellt man den Quecksilberspiegel im Druckgefäß G auf gleicher Höhe mit dem in der Schale P, verbindet durch die Hähne D und F das Druckgefäß mit dem Eudiometer, zieht den Stopfen H heraus, benetzt ihn mit destillirtem Wasser und setzt ihn wiederum in den Schliff hinein. Man kann auch anders verfahren. Man gießt in den Trichter P, auf das Quecksilber etwas Wasser hinein; dann braucht man, um den Stopfen nass zu machen, ihn bloß oberhalb des Quecksilberspiegels zu heben. Will man sich später überzeugen, dass im Eudiometer in der That Wasser vorhanden ist, so stellt man das Vacuum her und lüftet ein wenig den Stopfen H; es fließt dann etwas Quecksilber aus dem Trichter P ins Eudiometer und reisst das Wasser von der unteren Fläche des Stopfens mit sich, was man am Thau an der Quecksilberfläche des Eudiometers erkennt. Man zieht nun den Stopfen M heraus, verbindet den Druckschlauch mit den Röhren A und B, senkt die Kugel G so weit, bis im Eudiometer das Quecksilber unter der Erweiterung C zu stehen kommt, dreht den Hahn F zu und liest die Höhendifferenz in A und B ab; die erhaltene Zahl + Dampftension bei gegebener T° ergibt den Barometerstand.

Es lässt sich auch mittelst des beschriebenen Apparates das Barometer nach dem Geppert'schen Principe ausschliessen. Man verbindet zu diesem Zwecke das Druckgefäß mit der Röhre B und stellt durch mehrmaliges Senken und Heben der Füllkugel und Lüften des Stöpels M in der Röhre B das Vacuum her; darauf führt man mittelst des Stopfens M einen Wassertropfen in das Vacuum hinein. Befindet sich im Eudiometer irgend ein Gas und sind die Röhren A und B miteinander verbunden, so ist die Höhendifferenz der Quecksilbersäule in B und in A der Druck, unter dem das Gas in A steht. Es sei hier erwähnt, dass wir der Sicherheit wegen in den Fällen, wo wir vom Geppert'schen Princip Gebrauch machten, den Versuch immer damit begannen, dass wir zunächst das Vacuum in den beiden Schenkeln A und B herstellten, dieselben miteinander in Communication brachten und den Quecksilberstand in beiden notirten; das Vacuum wurde als genügend angesehen, wenn die Quecksilbersäulen in verschiedenen Höhepunkten der Röhren sich auf gleichem Niveau hielten. Diese Probe diente uns als Beweis dafür, dass wir im Eudiometer keine in Betracht kommenden Luftspuren hatten, dass beide Röhren mit Dampf gesättigt waren und dass man also das Einführen des zu analysirenden Gases beginnen durfte.

Zum Aufbewahren der zu analysirenden Gase, sowie zur Absorption u. dgl. benutzten wir Gaspipetten von einem und demselben Typus (Fig. 2).

Unsere Gaspipette bestand aus einer Glasröhre (R) von ungefähr 100 ccm Inhalt, die nach oben sich in ein dickwandiges Capillarrohr fortsetzt. Die Capillare, unterbrochen durch den Hahn V, biegt unter rechtem Winkel nach rechts und ist an ihrem Ende etwas verjüngt; das Ende der Capillare dient

zur Verbindung vermittelt des Kaustschukschlauches N (Fig. 1) mit dem vorhin beschriebenen Apparate. Der Hahn V ist ein Dreiweghahn nach Winkler; er besitzt eine einfache Längsbohrung und eine einfache Querbohrung. Das Hahnkücken mit der Längsbohrung ist mit einem Gummischlauch und Druckgefäß W verbunden. Vermittelt des Hahnes V lässt sich das Druckgefäß absperrn und der obere Theil der Capillare mit dem unteren verbinden oder aber

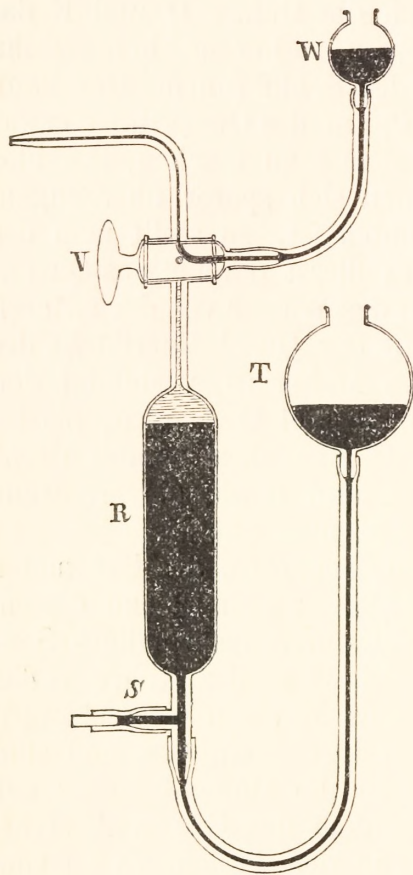


Fig. 2.

das Druckgefäß mit dem oberen resp. unteren Theil der Capillare in Communication bringen. Die Röhre R ist unten verjüngt, giebt einen Zweig S, der durch ein Stück Gummischlauch mit Glasstopfen verschlossen ist, zur Seite ab und geht weiter in einen dickwandigen Gummischlauch mit der Füllkugel T über.

Von Anfang an sind sämtliche Theile der Pipette mit Quecksilber gefüllt. Wünscht man irgend ein Gas in die Pipette hineinführen, z. B. Atmosphärenluft, so wird durch Drehung des Hahnes V die Kugel W abgeschlossen und werden die beiden Capillarentheile miteinander verbunden. Man senkt nun die Kugel T und saugt das zu analysirende Gas. Hat man eine genügende Quantität eingeführt, so dreht man den Hahn V so, dass das Druckgefäß W mit dem oberen Theil der Capillare in Verbindung stehe, füllt die Capillare mit Quecksilber und dreht den Hahn zu. Es sei hier bemerkt, dass der Querweg des Hahnes dabei nicht Quecksilber, sondern Gas enthält, das schadet aber weiter nicht; wir kommen noch weiter darauf zu sprechen. Will man nun einen Theil des in der Pipette eingeschlossenen Gases in das Eudiometer zur Analyse überführen, so verfährt man folgendermaassen.

Der Apparat Fig. 1 ist vollständig mit Quecksilber gefüllt; an den unteren Flächen der Glasstopfen H und M befindet sich je ein Tropfen Wasser. Man entfernt den Stöpsel und die Schraubenklemme von N, dreht den Hahn I nach dem Schema \neg und lässt somit das Quecksilber aus dem Kästchen L durch N in ein untergestelltes Gefäß fließen. Während das Quecksilber noch fließt, führt man das Ende der Pipettencapillare in den Schlauch N hinein und stellt den Hahn I nach dem Schema \perp , d. h. man verbindet den Inhalt der Capillaren der Pipette und des Eudiometers miteinander. Nun stellt man die Quecksilberspiegel in T und in R (Fig. 2) auf gleiches Niveau und den Quecksilberspiegel G (Fig. 1) etwas unterhalb des horizontalen Theils der Capillare des Eudiometers. So wie man nun den Hahn V so stellt, dass die beiden Capillarentheile der Pipette miteinander verbunden sind, so ist sofort eine freie Communication sämtlicher Theile des Apparates von der Kugel T durch

die Pipette und das Eudiometer bis zur Kugel G hergestellt. Das Quecksilberniveau sinkt in T und steigt in G, das Gas wird in das Eudiometer übergeführt; die Ueberführung der Gase kann auf diese Weise bei einem Druck, der nur sehr wenig höher als der Luftdruck ist, geschehen. Hat man die gewünschte Menge eingeführt, so dreht man den Hahn V so, dass das Druckgefäß W mit dem oberen Theil der Capillare communicirt und füllt die Capillare der Pipette, den Schlauch N und die Capillare des Eudiometers mit Quecksilber. Während das Quecksilber aus der Mündung der Capillare in die Erweiterung C hineinfließt, dreht man den Hahn V zu und stellt I nach dem Schema $-|$. Jetzt wird die Pipette entfernt, und während das Quecksilber aus dem Kästchen L aus der Mündung von N fließt, legt man an den Kautschukschlauch N eine Schraubenklemme und führt einen Glasstöpsel ein. Durch Senkung der Kugel G wird jetzt in C ein negativer Druck erzeugt und der Hahn I mehrere Mal nacheinander von der Stellung $-|$ in die Stellung \perp übergeführt. Durch diese Manipulation gelingt es irgend welche Gasbläschen, die im linken Theile der Capillare und im Hahn I möglicherweise geblieben sind, in das Eudiometer zu vertreiben. Man dreht zuletzt den Hahn nach dem Schema $|-$, lässt also Quecksilber aus L durch die rechte Hälfte der Capillare hindurchfließen und schliesst den Hahn zu. Hierdurch ist die Ueberführung des zu analysirenden Gases in das Eudiometer beendet. Man bringt nun die Theile A, B und G in Verbindung und senkt die Kugel G, bis das Quecksilber im Eudiometer unterhalb der Erweiterung C zu stehen kommt, bringt den Hahn D in Stellung \perp , notirt die T° des Wassers im Zinkkasten und liest im Fernrohr den Quecksilberstand in A und in B ab. Wie früher auseinandergesetzt wurde, befindet sich das Quecksilber in B entweder unter Luftdruck und steht dann tiefer als in A (der Stöpsel M wird in diesem Falle entfernt), oder es wird der Einfluss des Luftdrucks vollständig beseitigt, und man hat dann oberhalb des Quecksilbers in B das Vacuum. Hat man eine Ablesung gemacht und will man eine zweite bei geändertem Volum und Druck anstellen, so verbindet man den Druckschlauch mit den in Verbindung stehenden A und B, ändert den Quecksilberstand in beiden Röhren und hebt die Verbindung mit dem Druckschlauch auf. Wie genau die bei verschiedenen Ablesungen erhaltenen auf 0° und 1 m. reducirten Volumina miteinander übereinstimmen, sieht man beispielsweise aus folgenden Zahlen:

I.	V bei 0° und 1 m. Druck	53,579 ccm.
		53,565 >
		53,573 >
II.	>	12,617 >
		12,624 >
		12,622 >
III.	>	8,1402 >
		8,1396 >
IV.	>	3,175 >
		3,173 >

Das Gas wird, wie ersichtlich, bei relativ geringem Drucke gemessen. Die Erweiterung C ist angebracht, um grössere Gasmengen, 50 bis 100 ccm., analysiren zu können. Nimmt man sehr kleine Gasmengen, z. B. 3,0 ccm. und noch weniger, zur Analyse, so wird die Erweiterung störend; man muss dann das Gas zu stark dehnen; hierbei reisst der Quecksilberfaden im horizontalen Theil der Capillare und man muss den Meniscus bis zum früher erwähnten Strich verschieben und das Gasvolum vom Strich an rechnen.

Zur Bestimmung der Kohlensäure wird das Gas in eine Pipette von der geschilderten Form übergeführt und die CO_2 hier absorbiert. Die Pipette wird folgendermassen vorbereitet. Durch entsprechende Drehung des Hahnes V wird W abgesperrt und werden die beiden Capillartheile miteinander verbunden. Man senkt die Kugel T soweit, bis das Quecksilber in der Pipette sich dicht unterhalb des Zweigabganges S befindet. Dann führt man durch S hindurch etwa 5,0 ccm. einer starken Kali- oder Natronlauge ein und schliesst den Gummischlauch zu. Man hebt jetzt die Kugel T in die Höhe und sucht, möglichst vorsichtig arbeitend, die Lauge gerade bis zum Anfang des Hahnweges steigen zu lassen. Ist das geschehen, so füllt man durch entsprechende Drehung des Hahnes V den oberen Theil der Capillare bis zur Mündung mit Quecksilber. So vorbereitet ist auch die Capillare in Fig. 2 abgebildet. Nun verbindet man die Pipette mit dem Eudiometer und führt das Gas aus dem Eudiometer in die Pipette über. Es ist nicht möglich ohne Weiteres die ganze Gasmenge aus dem Eudiometer auszutreiben, weil, wie oben erwähnt wurde, unter dem Stöpsel eine Gasblase stecken bleibt. Allerdings könnte man die Gasblase in die Pipette überführen und dabei in ähnlicher Weise verfahren, wie beim Entfernen der Luftblase in der Capillare zwischen Hahn und Schliß K im Beginn jedes Versuches, es ist aber überflüssig. Wir verfahren folgendermassen. Nachdem das Gas in die Pipette fast ganz übergeführt ist, und das Quecksilber schon in der Eudiometercapillare erscheint, lassen wir das Gas aus der Pipette wiederum ins Eudiometer treten; hierbei wird die Gasblase unter dem Stöpsel mit dem Gase, welches aus der Pipette kommt, vermischt; man führt jetzt das Gas aus dem Eudiometer in die Pipette zurück, wiederholt dasselbe 2—4 Mal, je nachdem wie gross die zu analysirende Gasmenge ist. Es ist klar, dass man auf diese Weise die sämmtliche Kohlensäure der Gasblase unter dem Stöpsel in die Pipette überführen kann. Nach der Absorption kommt das Gas in das Eudiometer. Die Vorsichtsmassregeln bei der Ueberführung sind bereits beschrieben worden. Es sei hier bemerkt, dass im Querweg des Hahnes V eine geringe Gasmenge nachbleibt; das bringt aber keine Fehler mit sich, denn auch vor der Absorption befand sich im Quergang dieselbe CO_2 -freie Gasmenge. Andererseits bietet aber die im Quergang befindliche, in allen Versuchen genau gleich grosse Gasmenge einen ungemein grossen Vortheil, denn man ist dank diesem Umstande vollständig sicher, dass eine Verunreinigung des Quecksilbers durch Lauge nicht auftreten kann.

Wir führen jetzt einige CO_2 -Bestimmungen in der ausgeathmeten Luft an.

V e r s u c h I.

	Beobachtetes Volum in ccm.	T ^o	Druck bei 0 ^o in mm.	Volum bei 0 ^o und 1000 mm. Druck in ccm.
1-te Gasportion.				
Zur Analyse genommen.	98,4741	16,2	624,12	58,020
	95,1162	16,2	646,25	58,029
Nach der Absorp- tion.	92,1265	16,4	633,33	55,043
	94,8087	16,4	615,77	55,075
100 Gasvolumen enthalten 5,11 Vol. CO ₂ .				

2-te Gasportion.

Zur Analyse genommen.	93,8493	16,5	624,26	55,250
	91,6222	16,5	639,03	55,216
Nach der Absorp- tion.	92,5693	16,7	600,75	52,408
	89,6665	16,7	619,99	52,391
100 Gasvolumen enthalten 5,13 Vol. CO ₂ .				

V e r s u c h II.

1-te Gasportion.

Zur Analyse genommen.	95,3868	15,1	653,12	59,037
	92,0896	15,1	675,97	58,991
Nach der Absorp- tion.	93,0129	15,3	641,40	56,495
	90,4291	15,3	659,55	56,480
100 Gasvolumen enthalten 4,31 Vol. CO ₂ .				

2-te Gasportion.

Zur Analyse genommen.	98,1420	15,4	637,49	59,227
	94,6857	15,4	660,74	59,225
Nach der Absorp- tion.	96,4692	15,6	620,88	56,661
	94,2306	15,6	635,74	56,671
100 Gasvolumen enthalten 4,32 Vol. CO ₂ .				

V e r s u c h III.

1-te Portion.

Zur Analyse genommen.	95,1531	16,5	658,64	59,104
	93,7755	16,5	668,01	59,076
Nach der Absorp- tion.	93,2097	16,6	644,29	56,615
	90,9872	16,7	659,35	56,557
100 Gasvolumen enthalten 4,24 Vol. CO ₂ .				

2-te Gasportion.

Zur Analyse	90,5152	15,9	243,00	20,786
genommen.	93,1480	15,9	236,42	20,811
Nach der Absorp-	95,6697	16,2	220,60	19,924
tion.	92,4832	16,2	228,11	19,916
	100 Gasvolumen enthalten 4,22 Vol. CO ₂ .			

3-te Gasportion.

Zur Analyse genommen.	90,2323	16,9	190,49	16,187
Nach der Absorption.	90,3553	17,0	182,22	15,500
	100 Gasvolumen enthalten 4,24 Vol. CO ₂ .			

V e r s u c h IV.

1-te Gasportion.

Zur Analyse genommen.	92,1634	15,0	185,09	16,171
Nach der Absorption.	92,4832	15,1	176,00	15,425
	100 Gasvolumen enthalten 4,61 Vol. CO ₂ .			

2-te Gasportion.

Zur Analyse genommen.	92,1880	15,2	192,18	16,783
Nach der Absorption.	91,6960	15,2	184,32	16,011
	100 Gasvolumen enthalten 4,60 Vol. CO ₂ .			

V e r s u c h V.

1-te Gasportion.

Zur Analyse genommen.	90,6628	15,3	154,01	13,222
Nach der Absorption.	89,6665	15,3	148,62	12,620
	100 Gasvolumen enthalten 4,55 Vol. CO ₂ .			

2-te Gasportion.

Zur Analyse genommen.	90,1585	15,4	170,99	14,594
Nach der Absorption.	89,2237	15,4	164,90	13,928
	100 Gasvolumen 4,56 Vol. CO ₂ .			

V e r s u c h VI.

1-te Gasportion.

Zur Analyse	84,7219	15,2	78,69	6,3155
genommen.	83,1721	15,2	80,34	6,3299
Nach der Absorp-	85,2000	15,4	74,10	5,9765
tion.	83,4919	15,4	75,69	5,9823
	100 Gasvolumen enthalten 5,43 Vol. CO ₂ .			

2-te Gasportion.

Zur Analyse genommen.	86,0363	16,3	70,673	5,7382
Nach der Absorption.	85,5919	16,4	67,205	5,4266
100 Gasvolumen enthalten 5,43 Vol. CO ₂ .				

Das im Eudiometer befindliche CO₂-freie Gas wird dann sofort nach der CO₂-bestimmung ohne jegliche Ueberführung des Gases, in demselben Eudiometer auf seinen Sauerstoffgehalt durch Verpuffen mit Wasserstoff analysirt. Das Wasserstoffgas wurde durch Einwirken von Zink auf Schwefelsäure in der Weise, wie es von Dr. Schaternikoff und Prof. Setschenoff ¹⁾ beschrieben ist, entwickelt. Wir führten Wasserstoff in das Eudiometer mittelst der beschriebenen Pipette ein und entnahmen dem Generator in jedem Versuche nur die zum Verpuffen des zu analysirenden Gases nöthige Wasserstoffmenge. Unser Apparat gestattet uns eine grosse Vereinfachung in der Beziehung, dass wir in das Eudiometer keine Platindrähte einzuschmelzen brauchen. Das zu analysirende Gas + Wasserstoff befinden sich zwischen 2 Quecksilbermassen,—man braucht dieselben nur durch Drähte mit den Polen des Inductoriums zu verbinden. Der eine Pol wurde zum Quecksilber in dem Kästchen I abgeleitet, der andere mit irgend einem Punkte des metallenen Zinkkastens verbunden. Lässt man nun durch Drehung des Hahnes I Quecksilber aus L in das Eudiometer fließen und gleichzeitig für einen Moment den Hammer des Inductoriums spielen, so springen zwischen den Tropfen des Quecksilberstrahles Funken über. Merkwürdiger Weise erhält man Funken auch dann, wenn man Quecksilber bloß tropfenweise fallen lässt. Während des Verpuffens muss A entweder mit B oder mit G verbunden sein.

Wir führen hier einige Sauerstoffbestimmungen der atmosphärischen Luft an.

	Beobachtetes Volum in ccm.	T ⁰	Druck bei 0 ⁰ in mm.	Volum bei 0 ⁰ und 1000 mm. Druck. in ccm.
I.				
Zur Analyse genommen.	86,6284	16,4	90,98	7,4342
Nach dem Einführen von H ₂ .	87,4710	16,5	165,14	13,6220
Nach der Explosion.	86,5423	16,55	109,61	8,9437
100 Gasvolumen enthalten 20,97 Vol. O ₂ .				
II.				
Zur Analyse genommen.	86,7637	16,5	151,06	12,360
Nach dem Einführen von H ₂ .	86,3086	16,55	261,26	21,261
Nach der Explosion.	86,6407	16,6	165,08	13,484
100 Gasvolumen enthalten 20,97 Vol. O ₂ .				

¹⁾ Schaternikoff und Setschenoff. Zeitschr. f. physik. Chemie, B. XVIII, 1895, p. 563.

III.

Zur Analyse genommen.	86,4868	16,15	158,18	12,917
Nach dem Einführen von H ₂ .	86,6161	16,3	300,85	24,592
Nach der Explosion.	86,7022	16,35	201,30	16,468
100 Gasvolumen enthalten 20,96 Vol. O ₂ .				

IV.

Zur Analyse genommen.	86,5915	15,8	145,13	11,880
Nach dem Einführen von H ₂ .	86,5300	15,8	294,43	24,084
Nach der Explosion.	86,3332	15,8	203,37	16,598
100 Gasvolumen enthalten 21,00 Vol. O ₂ .				

V.

Zur Analyse genommen.	86,6714	15,9	148,10	12,130
Nach dem Einführen von H ₂ .	86,4008	15,95	295,75	24,144
Nach der Explosion.	86,3332	15,95	202,34	16,505
100 Gasvolumen enthalten 20,99 Vol. O ₂ .				

VI.

Zur Analyse genommen.	86,3824	15,2	151,80	12,422
Nach dem Einführen von H ₂ .	86,2840	15,3	301,93	24,670
Nach der Explosion.	86,3578	15,3	206,03	16,849
100 Gasvolumen enthalten 20,99 Vol. O ₂ .				

VII.

Zur Analyse genommen.	86,3701	16,65	152,08	12,381
Nach dem Einführen von H ₂ .	86,4931	16,65	352,00	28,698
Nach der Explosion.	86,3332	16,7	256,74	20,889
100 Gasvolumen enthalten 21,01 Vol. O ₂ .				

VIII.

Zur Analyse genommen.	86,4070	15,4	134,16	10,974
Nach dem Einführen von H ₂ .	86,4070	15,4	277,54	22,702
Nach der Explosion.	86,3024	15,4	193,30	15,792
100 Gasvolumen enthalten 20,99 Vol. O ₂ .				

IX.

Zur Analyse genommen.	86,2840	15,7	139,81	11,408
Nach dem Einführen von H ₂ .	86,3824	15,7	389,63	31,828
Nach der Explosion.	86,3578	15,8	301,99	24,654
100 Gasvolumen enthalten 20,96 Vol. O ₂ .				

X.

Zur Analyse genommen.	86,4623	16,3	138,66	11,314
Nach dem Einführen von H ₂ .	86,4070	16,35	372,71	30,386
Nach der Explosion.	86,2717	16,35	286,06	23,286
100 Gasvolumen enthalten 20,92 Vol. O ₂ .				

XI.

Zur Analyse genommen.	86,3086	16,5	141,46	11,514
Nach dem Einführen von H ₂ .	86,2963	16,5	383,35	31,198
Nach der Explosion.	86,2225	16,5	294,62	23,956
100 Gasvolumen enthalten 20,97 Vol. O ₂ .				

XII.

Zur Analyse genommen.	86,3701	16,4	147,83	12,045
Nach dem Einführen von H ₂ .	86,3393	16,45	372,89	30,367
Nach der Explosion.	86,3086	16,45	279,91	22,787
100 Gasvolumen enthalten 20,98 Vol. O ₂ .				

Der beschriebene Apparat gestattet, wie es ohne Weiteres klar ist, die Sauerstoffbestimmung in sehr bequemer Weise auch durch Absorption mit Pyrogallussäure auszuführen. Ein bestimmtes Gasvolumen wird nach der Messung im Eudiometer in die oben beschriebene Pipette mit Pyrogallussäure übergeführt. Die Pipette wird dann vom Apparat durch Abziehen vom Schlauch N abgenommen und energisch geschüttelt. Im Uebrigen werden hier dieselben Manipulationen wiederholt, die wir bezüglich der CO₂-Absorption oben besprochen haben.

Wir führen hier zwei derartige Analysen (die einzigen, die von uns gemacht wurden) an.

I.

	Beobachtetes Volum in ccm.	T ⁰	Druck bei 0 ⁰ in mm.	Volum bei 0 ⁰ und 1000 mm. Druck. in ccm.
Zur Analyse genommen.	117,7359	18,4	328,47	31,230
Nach der Absorption.	111,2261	18,6	275,12	28,651
100 Gasvolumen enthalten 20,91 Vol. O ₂ .				

II.

Zur Analyse	122,5821	18,65	361,72	42,187
genommen.	122,4222	18,65	368,02	42,166
Nach der Absorp- tion.	115,4235	18,75	308,50	33,314
	115,2267	18,75	309,10	33,324
100 Gasvolumen enthalten 21,00 Vol. O ₂ .				

Wir lassen hier noch eine vollständige Analyse der ausgeathmeten Luft folgen. Die ganze Analyse mit zweifacher Ablesung bei geändertem Volum und Druck dauert weniger als eine halbe Stunde, gewöhnlich etwa 20—25 Minuten.

1-te Gasportion.

Zur Analyse	93,3942	17,9	129,8	11,377
genommen.	93,1728	17,9	130,1	11,377
Nach der Absorption	92,9145	17,9	127,5	11,118
von CO ₂ .	92,6800	17,9	127,7	11,108
Nach dem Einführen	104,8885	18,0	225,76	22,216
von H ₂ .	104,7840	18,0	226,56	22,272
Nach der Ex- plosion.	98,5725	18,0	171,98	15,905
	98,0067	18,0	172,83	15,892
100 Gasvolumen enthalten 2,32 Vol. CO ₂ und 18,61 Vol. O ₂ .				

2-te Gasportion.

Zur Analyse	94,1445	18,1	137,23	12,117
genommen.	93,8687	18,1	137,53	12,108
Nach der Absorption	93,7755	18,2	134,48	11,823
von CO ₂ .	93,6218	18,2	134,85	11,835
Nach dem Einführen	106,2661	18,3	235,44	23,448
von H ₂ .	106,0017	18,3	235,94	23,440
Nach der Ex- plosion.	99,3351	18,3	179,04	16,668
	99,1506	18,3	179,34	16,665
100 Gasvolumen enthalten 2,34 Vol. CO ₂ und 18,65 Vol. O ₂ .				