

III.

Ueber die Absorption der Wärme durch Gase und eine darauf beruhende Methode zur Bestimmung des Kohlensäuregehaltes der atmosphärischen Luft.

Von Heinrich Heine.

Hierzu Tafel I und II.

Bei der Untersuchung der Gase hinsichtlich ihrer Wärmeabsorption, wie solche vorzüglich in den letzten 20 Jahren angestellt sind *), hat ein besonderes Interesse die Kohlen-

*) Ich erwähne besonders die Arbeiten von :

Franz, Pogg. Ann. XLIV, S. 337.

Magnus, Pogg. Ann. CXII, S. 351 u. 497; CXIV, S. 635; CXVIII, S. 575; CXXI, S. 174 u. 186; CXXVII, S. 613; CXXX, S. 207. Berl. Monatsber. 1862, S. 569 u. 572.

Tyndall, Pogg. Ann. CXIII, S. 1; CXIV, S. 632; CXVI, S. 1 u. 289. Phil. Mag. (4) XXIII, S. 252; (4) XXV, S. 200; (4) XXVI, S. 30 u. 44; (4) XXVIII, S. 81, 438 u. 508. Proc. Roy. Soc. XXXI, S. 307, 1881.

Wild, Pogg. Ann. CXXIX, S. 57.

Neumann, Phil. Mag. (4) XXXI, S. 510.

Soret, Phil. Mag. (4) XXXII, S. 478; (4) XXXV, S. 469.

Garibaldi, Naturf. IV, S. 248 u. 261.

Hoorweg, Pogg. Ann. CLV, S. 385.

Buff, Pogg. Ann. CLVIII, S. 177.

Röntgen, Ber. d. Oberh. Ges. f. Natur- u. Heilk. XX, S. 52, 1881.

Lecher und Pernter, Wied. Ann. XII, S. 180.

Lecher, Wied. Ann. XII, S. 466.

säure, einmal weil sie überhaupt dunkle Wärmestrahlen verhältnißmäßig stark absorbirt, dann aber auch weil sie als Bestandtheil unserer Atmosphäre sicher einen großen Antheil an der Absorption der Sonnenwärme nimmt, worauf insbesondere in der neuesten Zeit hingewiesen wurde *). Durch Herrn Professor Röntgen, welcher im Winter 1880/81 die Absorption der Wärme durch Gase mittelst einer neuen, von ihm zuerst angewandten Methode untersuchte und unter anderem besonders darauf hinwies, daß schon ganz kleine Mengen von Kohlensäure in der atmosphärischen Luft genügten, um eine merkliche Wärmeabsorption hervorzurufen, während reine trockene atmosphärische Luft eine solche nicht erkennen liefs **), wurde ich aufgefordert, Untersuchungen über die Absorption der Wärme durch Gasmischungen, speciell durch Mischungen von Kohlensäure mit Luft und Kohlensäure mit Wasserstoff anzustellen. Bei diesen Untersuchungen ergab sich, wie von Professor Röntgen vermuthet war **), daß die erwähnte Methode angewendet werden kann, um den Kohlensäuregehalt der Atmosphäre zu bestimmen. — Die bei den Untersuchungen angewandten Apparate wurden zum Theil neu construirt und sollen im Folgenden zunächst besprochen werden.

§ 1. Beschreibung des Apparates.

Der benutzte Apparat besteht aus den folgenden vier Haupttheilen :

1) Die horizontal aufgestellte Röhre A (vgl. Fig. 1, 2 und 5) mit der Bestimmung, die zu untersuchenden Gase aufzunehmen; in ihr erfolgte die Absorption der Wärmestrahlen durch das betreffende Gas.

2) Die einerseits mit A, andererseits mit F verbundene Glasröhre E (vgl. Fig. 1 und 2), welche dazu diente, zwei

*) Röntgen, Ber. d. Oberh. Ges. f. Natur- u. Heilk. XX, S. 52, 1881.
Lecher, Wied. Ann. XII, S. 466.

***) Röntgen, Ber. d. Oberh. Ges. f. Natur- u. Heilk. XX, S. 52, 1881.

Gase wie Kohlensäure und Luft in verschiedenen, aber ganz bestimmten Verhältnissen mit einander zu mischen.

3) Der durch ein Glasstück mit A verbundene Knoll'sche Pantograph (vgl. Fig. 4 und 5), welcher den Zweck hatte, die in Folge der Wärmeabsorption in A auftretende Drucksteigerung zu messen.

4) Endlich der vor dem einen Ende des Rohrs A aufgestellte und als Wärmequelle dienende Bunsen'sche Brenner L mit seinem Schornstein R (vgl. Fig. 2 und 5).

Diese Theile sollen nun zunächst in Folgendem genauer beschrieben werden.

Die 70,27 mm lange, inwendig hoch polirte Messingröhre A (vgl. Fig. 1 und 2), welche einen inneren Durchmesser von 30,27 mm hat, und deren Wandstärke etwa 6 mm beträgt, ist an dem einen Ende luftdicht verschlossen durch eine ebenfalls polirte Messingplatte B, die mit einem leichtflüssigen, durch Zusammenschmelzen von Colofonium, gelbem Wachs und altem Kautschukschlauch erhaltenen Kitt aufgekittet und außerdem noch mittelst einer Ueberfangschraube fest gegen das Rohr A gedrückt wurde. Das andere Ende der Absorptionsröhre A ist abgeschlossen durch eine geschliffene und gut polirte, 5 mm dicke Steinsalzplatte C, die mit demselben vorher erwähnten Kitt ebenfalls luftdicht und sauber an A befestigt war. Zur Befestigung der beiden Platten wurde immer möglichst wenig Kitt genommen, und die Platten wurden, nachdem die Röhre A genügend vorgewärmt war, fest aufgedrückt. Nahe an den beiden Enden der Röhre A sind einander diametral gegenüber zwei durchbohrte Ansätze D und D₁ mit luftdicht schließenden Messinghähnen α_1 und α_2 angebracht; α_1 ist ein Dreiweghahn, ein Weg führt durch eine axiale Durchbohrung nach außen. Der Durchmesser der Durchbohrung von D beträgt 1,15 mm, der von D₁ dagegen 2,34 mm. Zum Drehen der Hähne α_1 und α_2 wurde ein Schlüssel mit Holzgriff benutzt, damit nicht die Temperatur des Apparates durch Berührung mit der Hand geändert werde. In den oberen Ansatz D ist ein Glasröhrchen H eingekittet, während an den unteren Ansatz

D_1 mittelst einer Ueberwurfsschraube eine Messinghülse angesetzt werden kann, in welche das Glasrohr E eingekittet ist; durch ein dünnes Lederscheibchen wurde auch hier zwischen D_1 und der Messinghülse an E ein luftdichter Schluß erreicht. Das Glasrohr E hat bei α_3 einen gut eingeschliffenen Dreiweghahn aus Glas, dessen Wege Fig. 3 zeigt; ungefähr 40 mm unter diesem Hahne erweitert sich das Glasrohr bis zu einem Durchmesser von circa 20 mm, während es sich noch tiefer bei b (vgl. Fig. 2) wieder bis auf ungefähr 1 mm verengt und dann abermals die Weite von 20 mm annimmt. An das untere Ende des Glasrohres E ist ein dickwandiger, mit Hanfeinlage versehener Kautschukschlauch J gesetzt, dessen anderes Ende mit dem Glasgefäße F verbunden ist. Dieses Gefäß F, welches wie der Kautschukschlauch J und ein Theil des Rohres E Quecksilber enthält, ist an einem Schlitten befestigt, der an dem Holzstative S_1 verschiebbar und in solcher Höhe durch eine Schraube festzuhalten ist, daß die Quecksilbersäule in E sich in bestimmter Höhe einstellt. Die Absorptionsröhre A ruht ebenfalls auf einem hölzernen Stative S; durch einen Holzklotz wird sie mittelst zweier Holzschrauben, welche an ihr seitlich vorbei in das Stativ S fassen, hinreichend festgehalten. Sowohl S als S_1 sind mit Zwingen an einer Tischplatte so befestigt, daß der Kautschukschlauch J, durch welchen E und F communiciren, frei vor der Tischplatte herunterhängt.

Die oben beschriebene Absorptionsröhre A kann nun weiter in Verbindung gesetzt werden mit einem Knoll'schen Pantographen und zwar auf folgende Weise: Ein TStück $G_1 G_2 G_3$ von Glas mit einem Dreiweghahn α_4 ist durch einen Schliff bei G_1 mit dem Glashahn α_3 verbunden (vgl. Fig. 3 und 5); die Länge dieses Schenkels G_1 beträgt 120 mm und sein innerer Durchmesser 2 mm. Der andere Schenkel G_3 dieses TStückes, welcher denselben inneren Durchmesser wie G_1 und eine Länge von 100 mm besitzt, führt zu dem Marey'schen Tambour des Pantographen, dessen Construction Fig. 4 und 5 veranschaulicht. Eine Metallkapsel K vom

Durchmesser 33 mm ist mit einer dünnen elastischen Kautschukmembran überzogen, so daß die Kapsel durch die Membran luftdicht verschlossen ist (die ursprünglich vom Mechaniker Rothe in Prag auf dem Tambour gespannte Membran aus grauem Kautschuk wurde ersetzt durch eine aus dünnem braunen Kautschuk, da es sich zeigte, daß letztere viel weniger leicht fehlerhafte Stellen als erstere bekam, und weil bei der rothen Membran die Elasticität sehr constant blieb). Auf der ziemlich stark gespannten Membran ruht, ohne an dieselbe festgekittet zu sein, wie dies ursprünglich bei dem neu bezogenen Apparat der Fall war, ein Metallblättchen M, welches durch einen kleinen, um den festen Punkt c drehbaren Stift mit dem einarmigen Hebel Q in Verbindung steht. Dieser aus leichtem Holz verfertigte Hebel Q ist um die in dem Metallstück V drehbare Axe d beweglich, so daß das mit einem feinen Stift versehene Ende e des Hebels sich hebt, sobald durch einen Ueberdruck in K die Membran ausgebaucht wird; der Hebelarm ec hat eine Länge von 90 mm, während die Entfernung der zwei Punkte c und d nur 3,5 mm beträgt, so daß eine kleine Drucksteigerung in K schon eine gut sichtbare Erhebung der Spitze e zur Folge hat. Das Metallstück V ist durch eine Feder mit dem Metallstück W und letzteres wieder durch eine Schraube fest mit dem Metallstabe XY verbunden; an diesem Stabe XY ist ebenfalls die Kapsel K durch den Arm U festgeschraubt. Der Stab XY selbst mit dem ganzen Tambour wird getragen von einer starken Feder N, welche mittelst der Hülse f an der runden Messingstange Z verschiebbar und durch die Schraube s_3 so festzuklemmen ist, daß die Spitze e in gewünschter Höhe die Trommel T berührt. Zur genaueren Höheneinstellung der Spitze dient noch die Schraube s_1 , während die Schraube s_2 , welche sich in einem festen an f angesetzten Arm g bewegt und auf die Feder N drückt, den Zweck hat, die Spitze mit einem leichten Druck an die Trommel T anzulegen. Mit der feinen Spitze bei e schreibt der Hebel seine Bewegung auf den mit berufstem Glanzpapier überzogenen hohlen Messing-

cylinder T auf, der einen Durchmesser von 100 mm hat und etwa in 50 Secunden mit genügend gleichmäßiger Geschwindigkeit einmal um seine Axe rotirt; diese Bewegung der Trommel T wird bewirkt durch ein Uhrwerk, welches sich in der Messingkapsel O befindet.

Um die Druckangaben des Pantographen auf Druck in Millimeter Wasser zu reduciren, wurde vorübergehend an die eine Oeffnung β des Tambours K (vgl. Fig. 5) ein Wassermanometer und an die andere, durch ein Hähnchen α_5 verschließbare Oeffnung ein Kautschukschlauch gesetzt; man liefs dann zunächst, ohne dafs ein Ueberdruck in K vorhanden war, durch die Spitze e des Hebels eine horizontale Linie, die Nullcurve, auf den Cylinder aufzeichnen. Hierauf wurden durch Erhöhung des Druckes der Luft im Tambour K, welche Drucksteigerung an dem Manometer mit Hülfe eines Kathetometers abgelesen wurde, verschiedene Erhebungen der Hebelspitze e hervorgebracht und mit diesen Stellungen des Hebels ebenfalls horizontale Linien parallel der Nullcurve hergestellt. Die Abstände der einzelnen so erhaltenen Curven von der Nullcurve wurden bestimmt, und es ergab sich aus zwei Reihen von Beobachtungen, dafs die Erhebungen des Hebels wenigstens nahezu proportional den Drucken waren, durch welche jene Erhebungen verursacht wurden. In den zunächst folgenden zwei Tabellen sind die hierher gehörigen Beobachtungen zusammengestellt; in denselben giebt die erste Columne die Höhen der Curven über der Nullcurve und die zweite die entsprechenden, am Manometer abgelesenen Drucke in Millimeter Wasser; die dritte Columne enthält die aus den zwei ersten sich ergebenden Drucke in Millimeter Wasser, die nothwendig sind, damit die Spitze des Hebels um 1 mm steigt.

Tabelle I.

<i>Höhe der Curve.</i>	<i>Druck in mm Wasser.</i>	<i>Druck zum Steigen um 1 mm.</i>
1,6 mm	2,1 mm	1,31 mm
3,1 "	5,2 "	1,59 "
7,0 "	10,6 "	1,51 "
12,0 "	17,5 "	1,46 "

<i>Höhe der Curve.</i>	<i>Druck in mm Wasser.</i>	<i>Druck zum Steigen um 1 mm.</i>
15,2 mm	22,1 mm	1,45 mm
19,3 "	27,4 "	1,42 "
21,8 "	31,0 "	1,42 "
23,7 "	34,5 "	1,46 "
27,0 "	38,6 "	1,43 "
30,5 "	44,0 "	1,44 "
34,2 "	50,0 "	1,46 "

Tabelle II.

<i>Höhe der Curve.</i>	<i>Druck in mm Wasser.</i>	<i>Druck zum Steigen um 1 mm.</i>
1,5 mm	2,2 mm	1,47 mm
3,5 "	5,3 "	1,51 "
5,0 "	7,3 "	1,46 "
7,2 "	11,0 "	1,53 "
9,2 "	12,8 "	1,39 "
12,0 "	17,8 "	1,48 "
16,2 "	24,3 "	1,50 "
20,6 "	30,4 "	1,48 "
24,2 "	34,8 "	1,44 "
28,5 "	40,9 "	1,44 "
34,3 "	49,9 "	1,44 "

Aus Tab. I ergibt sich als Mittelwerth 1,45 mm und aus Tab. II 1,47 mm, so daß man als Hauptmittel 1,46 mm Wasser erhält für den Druck, der ein Steigen der Spitze e um einen Millimeter bewirkt.

Der Bunsen'sche Brenner L, dessen Flamme als Wärmequelle dient, ist auf dem Tischchen P (vgl. Fig. 2) festgeschraubt, welches mittelst einer Schlittenvorrichtung an dem Stative S verschiebbar ist und in passender Höhe festgestellt werden kann. Auf dem Bunsen'schen Brenner steht ein Schornstein R, welcher der Steinsalzplatte gegenüber eine Oeffnung hat. Dieser Schornstein, bestehend aus einem verzinneten Eisenblechcylinder von ungefähr 40 mm Durchmesser, ist mit Ausnahme der Seite, welche er der Steinsalzplatte zukehrt, fast seiner ganzen Länge nach mit einem zweiten Cylinder umgeben; der Raum zwischen beiden Cylindern ist mit Wasser angefüllt, dessen Stand durch die Röhre r angegeben wird, und dessen Temperatur zu jeder Zeit durch ein Thermometer t bestimmt und durch eventuelles Ersetzen

des Wassers ziemlich constant erhalten werden kann. Die Innenseite des centralen Cylinders ist mit einer aus Schellack, Spiritus und Rufs hergestellten Schwärze angestrichen. Vor der Steinsalzplatte 5 mm von ihr entfernt befindet sich ein Schirm M' , bestehend aus einer polirten ebenen Messingplatte von etwa 160 mm Durchmesser, welche in der Mitte eine kreisförmige Oeffnung von demselben Radius wie das Rohr A besitzt; der Schirm läßt bloß die Strahlen der Flamme, welche durch die Steinsalzplatte in das Innere der Absorptionsröhre A hineingeschickt werden sollen, durchgehen, während alle anderen von ihm reflectirt werden. Durch vier Messingstreifen ist der Schirm mit einem Messingringe verbunden, der auf A geschraubt wird; zwischen ihm und der Steinsalzplatte kann die Luft noch frei circuliren. Dadurch daß der Tisch P mit seinem Brenner L an dem Stative S und der Schirm M' an dem Rohre A befestigt ist, welches wiederum auf dem Stative S ruht, wird erreicht, daß bei etwaigen Erschütterungen die gegenseitige Lage der einzelnen Theile des Apparates und zwar besonders die der Flamme zu dem Ende des Rohres A mit der Steinsalzplatte in keiner Weise geändert wird. Die Entfernung der Mitte der Flamme von der Steinsalzplatte beträgt etwa 36 mm, während die obere Oeffnung des Bunsen'schen Brenners ungefähr 30 mm tiefer als die Mitte der Steinsalzplatte liegt. Aus verschiedenen Versuchen hatte sich ergeben, daß dieses die günstigste Stellung war. Die Oeffnung des Schornsteins gegenüber der Steinsalzplatte ist so groß, daß möglichst viele Strahlen der Flamme in die Röhre A gelangen können. Der Bunsen'sche Brenner hat eine einfache Vorrichtung zum Weiterbrennen, die darin besteht, daß ein kleines Röhrrchen I, welches von dem Hauptrohre des Brenners vor dem Hahn desselben sich abzweigt und nach oben bis zur Mündung des Hauptrohres reicht, eine kleine, auch bei geschlossenem Hahne des Brenners L brennende Flamme speist; wird der Hahn des Brenners geöffnet, so wird auch augenblicklich der ganze Brenner durch das kleine Flämmchen angezündet.

Um den Gasdruck controliren und zugleich reguliren zu

können, wird das Leuchtgas von der Gasleitung zunächst in eine große Wulf'sche Flasche geleitet, an der sich ein Wassermanometer befindet; von dieser Flasche führt ein Kautschukschlauch zu einem auf einem Seitentische stehenden ähnlichen Brenner wie L, der vor jedem Versuch angezündet wird, um den Hahn des Leuchtgasrohres so zu stellen, daß der Druck des Leuchtgases in der Wulf'schen Flasche bei allen Versuchen 42 mm beträgt. Erst nachdem dieses geschehen ist, wird der Kautschukschlauch an den Brenner L angesetzt. Auf diese Weise wird auch vermieden, daß der Apparat und zwar besonders der Schornstein sich unnöthig erwärmt, indem erst unmittelbar vor jedem Versuche der Kautschukschlauch an den Brenner L gesetzt und dann das kleine Flämmchen angezündet wird.

§ 2. Herstellung von Gasmischungen.

Das Herstellen von Gasmischungen, z. B. von Luft und Kohlensäure, wurde nun mit den beschriebenen Vorkehrungen in der Weise gemacht, daß man zunächst Kohlensäure, welche aus Schwefelsäure und kohlensaurem Natron bereitet und mittelst Chlorcalcium und Phosphorsäure sorgfältig getrocknet war, durch G_2 α_4 G_1 α_3 und α_2 (vgl. Fig. 1 und 5) in den Apparat leitete; dabei waren die Hähne so gestellt, daß durch α_4 das Rohr G_2 nur mit G_1 und durch α_3 das Rohr G_1 nur mit dem Apparat A in Verbindung stand; der Hahn α_1 war ebenfalls geöffnet. Das bei α_1 austretende Gas wurde durch einen Kautschukschlauch mit angesetztem Glasrohr in Glycerin geleitet, um die Geschwindigkeit des Durchströmens, die immer eine sehr geringe war, controliren zu können; Wasser wurde deshalb nicht genommen, weil dabei zu befürchten gewesen wäre, daß Wasserdämpfe rückwärts in den Apparat diffundiren könnten. Durch Heben des Gefäßes F war vorher alle Luft aus E entfernt, so daß die Quecksilbersäule unmittelbar unter dem Hahne α_3 stand; es wurde aber, nachdem Kohlensäure etwa $1\frac{1}{2}$ Stunden durch den Apparat geströmt war, das Gefäß F wieder etwas gesenkt und durch den Hahn α_3 auch in das Glasrohr E etwas Kohlensäure

eingelassen. Dann wurde, während A und E durch α_3 communicirten, F so gestellt, daß der obere Rand des Schlittens eine Marke m erreichte, wodurch sich das Quecksilber in E genau bis zur Höhe a_1 einstellte; erst jetzt wurde der Apparat bei α_1 durch den Hahn abgeschlossen, so daß also das ganze Rohr A von α_1 bis a_1 mit reiner Kohlensäure gefüllt und der Druck dieser Kohlensäure im Apparat gleich dem Barometerstande war. Hierauf wurde in das Glasrohr H atmosphärische Luft, welche durch Kalilauge von Kohlensäure vollständig befreit und mittelst Chlorcalcium und Phosphorsäure gut getrocknet war, eingeleitet; diese Luft strömte aber zunächst durch die zweite Durchbohrung des Hahnes α_1 , somit nicht in den Apparat A, sondern in das Freie und entfernte dadurch die noch im Röhrchen H zurückgebliebene Kohlensäure. Um nun einen Theil der Kohlensäure im Rohre A durch Luft zu ersetzen, wurde das Gefäß F bis zu einer Marke n gesenkt, wodurch man erreichte, daß die Quecksilbersäule genau bei b sich einstellte und ein Theil der Kohlensäure aus A in E übertrat; der Hahn α_3 wurde hierauf unter 45° gestellt, so daß alle Wege dieses Hahnes abgeschlossen waren, und erst wenn F bis zur Marke m wieder gehoben war, wurde durch α_3 E und G_1 in Verbindung gesetzt, so daß die in E sich befindende Kohlensäure durch G_2 nach außen entfernt wurde, und das Quecksilber bei a_1 sich wieder einstellte. Nachdem jetzt der Hahn α_3 wieder unter 45° gestellt und F bis zu einer Marke p gesenkt war, wodurch das in dem kleinen Raum unter dem Hahne α_3 sich noch befindende Gas im Verhältniß der Volumina von A und A + E bis a_2 ausgedehnt und wodurch erreicht wurde, daß sowohl im Apparat A als auch in dem kleinen Raum unter dem Hahne α_3 das Gas denselben Druck hatte: wurde α_1 so gedreht, daß die Luft nicht mehr nach außen, sondern in den Apparat A strömte; dadurch würde das Quecksilber in E gefallen sein, wenn nicht durch allmähliches Heben des Gefäßes F bis zur Marke m dieses vermieden wäre. In dem Momente, wo der Rand des Schlittens die Marke m erreichte und das Quecksilber bei a_1 sich einstellte, wurde der Hahn α_1 ge-

schlossen, und es war jetzt der Apparat wiederum von α_1 bis α_1 mit Gas (Kohlensäure und Luft) unter Atmosphärendruck gefüllt. Um die zwei Gase jetzt gut mit einander zu mischen, wurde das Gefäß F einige Male gesenkt und gehoben, wodurch ein Theil des Gases aus A in E übertrat und wieder in A zurückgeführt wurde; dieses abwechselnde Hinüberführen eines Theiles des Gases aus A nach E und umgekehrt stellte eine gleichmäßige Mischung her. Auf ganz dieselbe Art wurde zum zweiten, dritten u. s. w. Male Luft zugelassen, nachdem jedesmal vorher ein Theil der Gas Mischung in der angegebenen Weise entfernt war; nach jedem Zulassen von Luft wurde die vollständige Mischung durch Heben und Senken von F bewirkt.

Um nach jedem Luftzusätze den Procentgehalt der Mischung an Kohlensäure zu bestimmen, war es nun nöthig, das Verhältniß des Volumens x des Apparates von dem Hahne α_1 bis zur Marke a_2 zu dem Volumen y des Glasrohres E von der Marke a_2 bis zur Marke b zu kennen. Nach dem ersten Zusetzen von Luft verhält sich nämlich das in dem Gemisch enthaltene Volumen Kohlensäure zu dem ganzen Gasvolumen wie x zu $x + y$. Bezeichnet man also die ursprüngliche Kohlensäuremenge durch 100, so hat man nach dem ersten Zulassen von Luft in dem Apparate

$$100 \cdot \frac{x}{x+y} \text{ Theile Kohlensäure und dazu } 100 \frac{y}{x+y} \text{ Theile Luft.}$$

Genau auf dieselbe Weise erhält man den Procentgehalt der Mischung an Kohlensäure nach dem zweiten Zulassen von Luft, indem man einfach wieder den Kohlensäuregehalt, den man vor dem Zulassen von Luft hatte, mit $\frac{x}{x+y}$ multiplicirt, d. h. nach dem zweiten Zulassen von Luft hat man noch $100 \left(\frac{x}{x+y} \right)^2$, und allgemein nach dem n ten Zulassen von Luft noch $100 \left(\frac{x}{x+y} \right)^n$ Proc. Kohlensäure in der Mischung. Kennt man also das Verhältniß von x zu y oder vielmehr das Ver-

hältnifs $\frac{x}{x+y}$, so kann man den Procentgehalt an Kohlen-
säure nach jedem Zusatze von Luft bestimmen.

Um dieses Verhältnifs $\frac{x}{x+y}$ zu bekommen, wurden die
Volumina x und y durch Messen bezw. durch Wägen be-
stimmt. Mit Hülfe einer Theilmaschine wurde die Länge
des vom Mechaniker Jung in Giefßen sorgfältig gearbeiteten
Rohres A, dann der Durchmesser desselben, ferner die Längen
der Ansätze D und D_1 , soweit diese in Betracht kamen, und
endlich die Durchmesser der Durchbohrungen dieser Ansätze
möglichst genau gemessen; das Volumen des Glasrohrstückes
bis zur Marke a_2 , welches zu dem aus den obigen Messungen
berechneten Volumen zu addiren ist um x zu erhalten, und
ebenso das Volumen y wurde durch Wägen mit Quecksilber
gefunden. Es ergaben sich bei diesen Bestimmungen die im
Folgenden zusammengestellten Werthe :

1) Für das Rohr A wurden gefunden als Länge L die
Werthe :

70,27 mm, 70,28 mm und 70,27 mm, also im Mittel
 $L = 70,27$ mm;

als Durchmesser d am Ende, wo sich der Ansatz D be-
findet :

30,30 mm, 30,27 mm, 30,27 mm und 30,30 mm, also
im Mittel $d = 30,29$ mm;

als Durchmesser d_1 am Ende, wo sich der Ansatz D_1
befindet :

30,23 mm, 30,24 mm, 30,28 mm und 30,24 mm, also
im Mittel $d_1 = 30,25$ mm.

Das Volumen des Rohres A ist mithin

$$v_1 = \frac{\pi L}{3} \left(\frac{d^2}{4} + \frac{d_1^2}{4} + \frac{d \cdot d_1}{4} \right) = 50569,1 \text{ cbmm.}$$

2) Für den Ansatz D wurden gefunden als Länge die
Werthe :

23,34 mm und 23,36 mm, also im Mittel $l = 23,35$ mm;

als Durchmesser δ : 1,15 mm, 1,16 mm, 1,14 mm und
1,14 mm, also im Mittel $\delta = 1,15$ mm.

Das Volumen der Durchbohrung dieses Ansatzes D ist mithin $v_2 = \frac{\delta^2}{4} \pi \cdot l = 24,253$ cbmm.

3) Für den Ansatz D₁ wurden gefunden als Länge die Werthe :

34,13 mm, 34,12 mm und 34,13 mm, also im Mittel $l_1 = 34,13$ mm ;

als Durchmesser δ_1 : 2,37 mm, 2,32 mm und 2,32 mm, also im Mittel $\delta_1 = 2,34$ mm.

Das Volumen der Durchbohrung dieses Ansatzes ist demnach $v_3 = \frac{\delta_1^2}{4} \pi l_1 = 146,777$ mm.

4) Das Gewicht des Quecksilbers, welches das Glasrohr E bis zur Marke a₂ anfüllte, betrug 11,47 g bei einer Temperatur von 23 C., so dafs also $v_4 = \frac{11470}{13,596(1 - 0,0001815 \cdot 23)}$
 $= 847,163$ cbmm. Darnach ist $x = v_1 + v_2 + v_3 + v_4 = 51587,293$ cbmm.

5) Das Gewicht des Quecksilbers, welches das Glasrohr E von a₂ bis b anfüllte, betrug 318,72 g bei 23° C., so dafs also $y = \frac{318720}{13,596(1 - 0,000815 \cdot 23)} = 23540,5$ cbmm.

Die erhaltenen Werthe von x und y geben nun weiter :

$$\frac{x}{x + y} = 0,6867.$$

Das Verhältnifs $\frac{x}{x + y}$ wurde auch mit Hülfe des Mariotte'schen Gesetzes gefunden. Nachdem dazu der Apparat A mit trockener atmosphärischer Luft gefüllt und die Quecksilberkuppe in E bei a₂ eingestellt war, wobei durch a₃ der Apparat A und die Röhre E communicirten, wurde der Hahn a₁ geschlossen, so dafs also der Druck der Luft in dem Apparat A gleich war dem äufseren Atmosphärendruck. Hierauf wurde das Gefäfs F bis zur Marke n heruntergelassen, so dafs die Quecksilbersäule in E genau bei b stand; dieser Stand des Quecksilbers in E sowie der in F wurde mit einem Kathetometer abgelesen, und es ergaben sich für die Differenz

der Höhen beider Quecksilbersäulen die Werthe : 232,9 mm, 233,0 mm, 232,7 mm, 232,9 mm, 232,8 mm und 232,8 mm, also im Mittel $h = 232,85$ mm.

Zu dieser Differenz mußte noch die in der engen Röhre bei b stattfindende Capillardepression addirt werden; fünf Versuche ergaben für diese Depression γ die Werthe : 4,4 mm, 4,2 mm, 4,2 mm, 4,2 mm und 3,9 mm, also im Mittel $\gamma = 4,2$ mm.

Nach dem Mariotte'schen Gesetz ist nun

$$x \cdot b = (x + y)\{b - (h + \gamma)\},$$

und hieraus ergibt sich für den beobachteten Barometerstand $b = 756,2$ mm das Verhältniß :

$$\frac{x}{x + y} = \frac{b - h - \gamma}{b} = 0,6865.$$

Nimmt man aus den zwei Werthen für $\frac{x}{x + y}$ das Mittel, so erhält man

$$\frac{x}{x + y} = 0,6866;$$

für den Procentgehalt der einzelnen Mischungen an Kohlensäure ergibt diese Zahl die Werthe, welche in Tabelle III zusammengestellt sind.

Tabelle III.

1. Nach unmittelbarer Füllung des Apparates mit CO_2 : 100 Proc. CO_2 .						
2.	Nach dem	1.	Zulassen von Luft :	100 .	0,6866	= 68,660 "
3.	"	2.	" " "	100 .	0,6866 ²	= 47,142 "
4.	"	3.	" " "	100 .	0,6866 ³	= 32,368 "
5.	"	4.	" " "	100 .	0,6866 ⁴	= 22,223 "
6.	"	5.	" " "	100 .	0,6866 ⁵	= 15,259 "
7.	"	6.	" " "	100 .	0,6866 ⁶	= 10,477 "
8.	"	7.	" " "	100 .	0,6866 ⁷	= 7,194 "
9.	"	8.	" " "	100 .	0,6866 ⁸	= 4,939 "
10.	"	9.	" " "	100 .	0,6866 ⁹	= 3,391 "
11.	"	10.	" " "	100 .	0,6866 ¹⁰	= 2,328 "
12.	"	11.	" " "	100 .	0,6866 ¹¹	= 1,599 "
13.	"	12.	" " "	100 .	0,6866 ¹²	= 1,098 "
14.	"	13.	" " "	100 .	0,6866 ¹³	= 0,754 "
15.	"	14.	" " "	100 .	0,6866 ¹⁴	= 0,517 "
16.	"	15.	" " "	100 .	0,6866 ¹⁵	= 0,355 "
17.	"	16.	" " "	100 .	0,6866 ¹⁶	= 0,244 "
18.	"	17.	" " "	100 .	0,6866 ¹⁷	= 0,167 "

19.	Nach dem	18.	Zulassen	von	Luft	:	100 . 0,6866 ¹⁸	=	0,115	Proc. CO ₂ .
20.	"	"	19.	"	"	"	100 . 0,6866 ¹⁹	=	0,079	"
21.	"	"	20.	"	"	"	100 . 0,6866 ²⁰	=	0,054	"
22.	"	"	21.	"	"	"	100 . 0,6866 ²¹	=	0,037	"
23.	"	"	22.	"	"	"	100 . 0,6866 ²²	=	0,026	"
24.	"	"	23.	"	"	"	100 . 0,6866 ²³	=	0,018	"
25.	"	"	24.	"	"	"	100 . 0,6866 ²⁴	=	0,012	"

Genau dasselbe Verfahren wurde bei der Herstellung von Mischungen aus Kohlensäure und Wasserstoff befolgt.

§ 3. Methode der Absorptionsversuche.

Hatte man durch die Hähne α_2 , α_3 und α_4 das Innere des mit der zu untersuchenden Mischung gefüllten Apparates A mit dem Tambour K verbunden, während alle nach außen führenden Oeffnungen abgeschlossen waren, und man stellte dann die Bestrahlung des Gases durch Oeffnen des Hahnes am Bunsen'schen Brenner L her, so wurden von dem Gase in A die Strahlen mehr oder weniger stark absorbiert, wodurch sich das Gas selbst erwärmte und der Druck desselben sich vergrößerte; diese Druckzunahme wurde dann mit Hülfe des Tambours gemessen. Bevor die Bestrahlung eintrat, welche in der Regel 20 bis 25 Secunden dauerte, liefs man den Cylinder T erst einmal um seine Axe rotiren und die Hebelspitze e bei geöffnetem Hahne α_5 des Tambours eine horizontale Linie, die Nullcurve, aufzeichnen; sobald dann die Bestrahlung nach Schließung des Hahnes α_5 eintritt, erhebt sich die von der Spitze e des Hebels beschriebene Curve, wenn das Gas überhaupt Wärme absorbiert, anfangs ziemlich steil ansteigend über die Nullcurve, während nach einiger Zeit, wo die von dem Gase absorbierte Wärmemenge gleich ist der Menge Wärme, welche dasselbe an die Wand des Messingrohres A abgiebt, die Curve nur noch wenig ansteigt und nahezu parallel zur Nullcurve verläuft (vgl. Fig. 7, 8, 9 und 10). Wird durch Schließen des Hahnes am Bunsen'schen Brenner die Bestrahlung unterbrochen, so sinkt die Curve ziemlich plötzlich auf die Nullcurve zurück, erreicht diese aber nicht vollständig. Dieses Nichtwiedererreichen der Nullcurve sowie das vorhin erwähnte nicht vollständige Pa-

rallelsein der Curve mit der Nullcurve kommt daher, daß die Gefäßwand des Rohres A sowie die Steinsalzplatte während der Bestrahlung sich auch etwas erwärmt; dadurch aber, daß die Messingwände der Absorptionsröhre A verhältnißmäßig dick genommen wurden (6 mm) und die Steinsalzplatte wenig Wärme absorhirt, konnte der Betrag dieser Erwärmung auf ein Minimum reducirt werden, so daß z. B. die Curve nach Unterbrechung der Bestrahlung nur etwa 0,5 mm über der Nullcurve verlief.

Es kam nun darauf an, die durch Absorption entstandene Erwärmung und Druckzunahme des in A eingeschlossenen Gases zu bestimmen, und hierfür hat man in dem Abstände der Absorptionscurve von der Nullcurve ein directes Maß. Um diesen Abstand zu bestimmen, wurde das Curvenblatt von der Trommel entfernt und die Zeichnung mittelst Schellacklösung fixirt und nun so verfahren, daß man zunächst bei allen Curven dieselbe möglichst große Länge c von dem Anfangspunkte der Absorptionscurve aus auf der Nullcurve abtrug, und dann für den so erhaltenen Punkt den Abstand der zu messenden Curve von der Nullcurve bestimmte. Anfangs wurde zu dieser Messung eine Theilmaschine benutzt; allein da sich ergab, daß die Bestimmung der Höhen nur bis auf 0,1 mm zweckmäßig war, und daß eine größere Genauigkeit den durch verschiedene Ursachen entstehenden Fehlern nicht entsprechen würde, so wurden die Abstände mit Hilfe eines in halbe Millimeter getheilten Maßstabes unter Benutzung einer Lupe gemessen. Von den auf diese Weise erhaltenen Zahlen wurde die oben erwähnte Erhebung der Curve, welche nicht eine Folge der Wärmeabsorption des Gases war, sondern durch die Erwärmung des Apparates hervorgerufen wurde, und welche in der Entfernung c vom Anfangspunkte der Absorptionscurve 0,4 mm betrug, subtrahirt, und die so erhaltene Größe als Höhe der Curve bezeichnet.

Absorbirte das der Bestrahlung ausgesetzte Gas durchaus keine Wärme, wie sich dieses bei getrockneter, von Kohlensäure vollständig befreiter atmosphärischer Luft und bei

reinem getrockneten Wasserstoff ergab, so erschien die Absorptioncurve in Form einer vollständig geraden Linie, welche aber in Folge der erwähnten Erwärmung der Röhre A nicht mit der Nullcurve zusammenfiel, sondern schwach gegen dieselbe geneigt verlief und zwar so, daß sie in der Entfernung c von ihrem Anfangspunkte um 0,4 mm über der Nullcurve lag. (Vgl. Curve 16 in Fig. 7, Curve 11 in Fig. 8 und Curve 1 in Fig. 9.)

Ich will hier noch erwähnen, daß es ein Leichtes gewesen wäre, die Erhebung der Curven um ein Beträchtliches zu vergrößern und zwar durch Anbringen eines Reflectors an der Hinterwand des inneren Schornsteincylinders; allein dieses hätte gewisse Nachtheile zur Folge haben können, und deshalb wurde auch davon abgesehen.

§ 4. Untersuchung der Fehlerquellen.

Es ist zunächst nöthig, festzustellen, wie weit der Werth für das Verhältnifs $\frac{x}{x+y}$ als genau angenommen werden kann.

Bei der ersten Methode zur Bestimmung dieses Verhältnisses beträgt die größte Abweichung der einzelnen für die Dimensionen des Rohres A und der Ansätze D und D₁ erhaltenen Werthe $\varepsilon = 0,05$ mm, während die durch Wägung mit Quecksilber erhaltenen Zahlen sicher bis auf $\varepsilon_1 = 0,05$ g genau sind, da die benutzte Wage für 0,02 g einen Ausschlag von einem Skalentheile gab. Addirt man nun überall zu den durch Messen erhaltenen Mittelwerthen für Länge und Durchmesser den Werth $+\varepsilon$, zu dem Gewichte des Glasrohrs E mit Quecksilber den Werth $+\varepsilon_1$ und zu dem Gewichte des leeren Glasrohrs den Werth $-\varepsilon_1$, d. h. bringt man überall bei der Bestimmung von x und y die Fehler ε und ε_1 so in Rechnung, daß die dadurch erhaltenen Werthe x_1 und y_1 möglichst von x und y abweichen, so erhält man $x_1 = 51806,4$ cbmm und $y_1 = 23548,4$ cbmm. Weiter ist noch zu beachten, daß in Folge der Befestigung der Steinsalzplatte sowie der Messingplatte vor den Enden der Röhre A zwischen dem Rohrende und den betreffenden Platten sich eine wenn auch sehr dünne Kittschicht befand, so daß also

ein zu kleines Volumen x gemessen werden konnte; wir wollen deshalb in abgerundeten Zahlen setzen für die Abweichungen von x und y $\Delta = 300$ cbmm und $\Delta' = 100$ cbmm und bei der Bestimmung von $\frac{x}{x+y}$ diese Größen Δ und Δ' so in Rechnung ziehen, daß auch hier die Abweichung ein Maximum wird. Zu diesem Zwecke berechnen wir also statt $\frac{x}{x+y}$ das Verhältniß $\frac{x + \Delta}{x + \Delta + y - \Delta'}$ und erhalten den Werth 0,6888, der also um 0,0021 von dem früher gefundenen abweicht.

Bei der zweiten Methode zur Bestimmung des Verhältnisses $\frac{x}{x+y}$ ist die größte Abweichung der einzelnen für δ erhaltenen Zahlen $\Delta_1 = 0,5$ mm, wogegen die für h gefundenen Größen höchstens eine Differenz von $\Delta_1' = 0,3$ mm zeigen. Da nun beim Ablesen des Barometerstandes der Fehler höchstens $\Delta_1'' = 0,1$ mm betragen konnte, so hätten wir, um auch hier den Einfluß, welchen die Fehler Δ_1 , Δ_1' und Δ_1'' im ungünstigsten Falle auf das Verhältniß $\frac{x}{x+y}$ haben können, festzustellen, den Werth von $\frac{b + \Delta_1'' - (h - \Delta_1') - (\delta - \Delta')}{b + \Delta_1''}$ zu berechnen; für dieses Verhältniß ergibt sich die Zahl 0,6876, welche um 0,0011 von der früher gefundenen abweicht.

Aus diesen Betrachtungen sowie aus der nahen Uebereinstimmung der zwei nach ganz verschiedenen Methoden berechneten Werthe von $\frac{x}{x+y}$ folgt, daß bei dem Mittelwerthe $\frac{x}{x+y} = 0,6866$ die dritte Decimalstelle als genau angesehen werden kann. Eine Aenderung des Verhältnisses $\frac{x}{x+y}$ um fünf Einheiten in der vierten Decimale würde aber für die in Tabelle III gegebenen Procentgehalte der Mischungen an Kohlensäure zur Folge haben, daß beispielsweise der Werth 11) um 0,02, der Werth 15) um 0,004 sich änderte, während

bei den Werthen 22) bis 25) eine solche Aenderung ohne Einfluß sein würde.

Weiter ist zu untersuchen, welchen Einfluß die Temperatur und der Druck des Gases auf die durch Absorption entstandene Drucksteigerung hat. Dafs ein derartiger Einfluß sich erwarten läßt, geht aus folgender Betrachtung hervor : Ist b der Barometerstand und T die Temperatur des Gases vor Eintritt der Bestrahlung, wird ferner durch δ die Druckzunahme, durch τ die mittlere Temperaturzunahme des Gases in Folge der Bestrahlung bezeichnet, und nimmt man endlich an, dafs τ für verschiedene T und b denselben Werth habe, so ist nach dem Gay-Lussac'schen Gesetz $\frac{b + \delta}{b} = \frac{T + \tau}{T}$

d. h. $\delta = \tau \cdot \frac{b}{T}$; die Drucksteigerung in Folge der Wärmeabsorption des Gases ist demnach proportional dem Barometerstande und umgekehrt proportional der Temperatur des Gases vor der Bestrahlung. Außerdem ist aber hier auch noch zu beachten, dafs mit Erhöhung der Temperatur des Gases sich die Beweglichkeit desselben ebenfalls erhöht und umgekehrt; wird aber die Beweglichkeit eine gröfsere, so hat dieses zur Folge, dafs die Wärme, welche das Gas absorbiert, schneller an die Wand des Rohres A abgegeben und so der Zustand, wo die vom Gase in der Zeiteinheit absorbierte Wärmemenge gleich ist derjenigen Menge von Wärme, welche das Gas in der Zeiteinheit an die Wand des Gefäßes abgibt, früher erreicht wird, als wenn die Beweglichkeit nicht so grofs wäre, woraus wiederum folgt, dafs die durch Absorption entstandene Druckzunahme bei höherer Temperatur kleiner sein mufs als bei niedriger.

Um nun diesen Einfluß zunächst für die Temperatur experimentell zu bestimmen, wurde, nachdem der Apparat mit Kohlensäure oder irgend einer Mischung von Kohlensäure und Luft gefüllt war, nach einiger Zeit an einem Thermometer t_1 , welches mit seiner Kugel unmittelbar auf dem Rohre A stand und so die Temperatur des Gases in A angab, diese Temperatur abgelesen und gleich darauf eine Curve

gemacht. Hierauf wurde das Zimmer möglichst schnell und stark geheizt, wobei sich auch das Gas im Apparat A erwärmte, und bei dieser höheren Temperatur desselben wurde ebenfalls eine Curve gemacht, nachdem man natürlich kurz vorher durch momentanes Oeffnen des Hahnes α_1 den Ueberdruck des im Apparate eingeschlossenen Gases, der durch die Erhöhung der Temperatur desselben entstanden war, entfernt hatte.

Aus der Höhendifferenz beider Curven und aus dem Unterschiede der zugehörigen Temperaturen konnte dann der Einfluß der letzteren bestimmt werden. Eine Reihe von Bestimmungen, bei welchen die Temperaturen zwischen 15° und 28° C. lagen, ergab als Mittelwerth einen Einfluß der Temperatur auf die Höhe der Curven von 1,0 Proc., d. h. die Curve, welche bei der höheren Temperatur beispielsweise 100 mm über der Nullcurve liegen würde, liegt bei der um einen Grad niedrigeren Temperatur 101 mm über derselben. Nun war doch nach dem Gay-Lussac'schen Gesetz $\delta = \tau \cdot \frac{b}{T}$, während man für die Temperatur $T+1$ erhalten würde $\delta - x = \tau \cdot \frac{b}{T+1}$; aus diesen zwei Gleichungen ergibt sich $x = \frac{\delta}{T+1}$. Da aber nach den Tabellen I und II die Erhebungen der Curve über die Nullcurve und die Drucksteigerungen, welche diese Erhebungen verursachen, proportional sind, so ist auch $\Delta h = \frac{h}{T+1}$, wenn man mit Δh die Gröfse bezeichuet, um welche die Curve niedriger liegt bei einer Anfangstemperatur $T+1$ des Gases statt T . Für $h = 100$ und $t = 22^{\circ}$ C. ergibt sich $\Delta h = \frac{100}{296,6} = 0,34$, d. h. nach dem Gay-Lussac'schen Gesetz würde der Einfluß der Temperatur nur 0,34 Proc. betragen. Der gröfsere Werth, welcher experimentell gefunden wurde, hat wohl darin seinen Grund, dafs die Annahme, τ sei unabhängig von T und b , nur annähernd richtig ist, und dafs mit der Aenderung der

Temperatur T des Gases auch dessen Beweglichkeit und in Folge davon die Höhe der Absorptionscurve eine andere werden muß.

Der Einfluß des Barometerstandes würde sich ganz ähnlich wie der Einfluß der Temperatur nach dem Gay-Lussac'schen Gesetz aus den zwei Gleichungen $\delta = \tau \frac{b}{T}$ und

$\delta + x_1 = \tau \frac{b+1}{T}$ ergeben; hiernach ist nämlich $x_1 = \frac{\delta}{b}$,

und da Höhe und Drucksteigerung proportional sind, so ist auch $\Delta_1 h = \frac{h}{b}$. Für $h = 100$ und $b = 760$ erhält man

$\Delta_1 h = \frac{100}{760} = 0,13$, d. h. nach dem Gay-Lussac'schen Gesetz

würde der Einfluß des Barometerstandes auf die Höhen der Curven 0,13 Proc. betragen. Nun zeigt aber die weiter unten in Tabelle IV mitgetheilte Beobachtungsreihe kaum einen Einfluß des Barometerstandes, obgleich derselbe sich von Versuch zu Versuch verhältnißmäßig stark änderte. Dasselbe Resultat ergaben andere besonders zu diesem Zweck angestellte Versuche. In Folge hiervon und mit Rücksicht darauf, daß während jeder einzelnen Reihe von Beobachtungen über die Absorption der Barometerstand sich nur äußerst wenig änderte, wurde von der Berücksichtigung des Barometerstandes bei den gemessenen Höhen der Curven abgesehen. Ich unterlasse es eine Erklärung für dieses Verhalten der Gase zu geben und bemerke nur noch, daß starke Schwankungen des Barometerstandes, wie solche z. B. bei starkem Sturm vorkommen, ein Arbeiten mit dem Apparate unmöglich machen, weil die Hebelspitze des Tambours in Folge der beständigen Aenderung des Luftdruckes auf die Membran nicht zur vollständigen Ruhe gelangen kann.

Eine andere Untersuchung betraf den Einfluß des Leuchtgasdruckes auf die Höhe der Curve, obgleich dieses weniger in Betracht kam, da man zu allen Absorptionsversuchen, wie schon früher bemerkt wurde, immer einen Gasdruck von 42 mm Wasser anwandte. Es ergab sich bei dieser Unter-

suchung, daß für kleine Aenderungen in der Höhe des Druckes von 42 mm eine merkliche Höhendifferenz der Curven nicht auftrat, und eben deshalb wurde für alle Versuche dieser Druck von 42 mm benutzt. Erst wenn die Differenzen des Gasdruckes ziemlich bedeutend waren, traten auch Aenderungen in der Höhe der Curven ein; so fiel z. B. die Curve von 26 mm auf 25,2 mm, wenn der Gasdruck von 52 mm auf 32 mm Wasser erniedrigt wurde. — Wenn auf den ersten Blick die Anwendung eines Bunsen'schen Brenners als Strahlenquelle vielleicht unzuweckmäsig erscheinen und die Constanz der Flamme desselben angezweifelt werden könnte, so sei dagegen bemerkt, daß verschiedene in dieser Richtung angestellte Versuche, wie z. B. die in der zunächst folgenden Tabelle IV zusammengestellten, als Resultat ergaben, daß niemals eine merkliche Verschiedenheit des Strahlungsvermögens der Flamme beobachtet werden konnte.

Um festzustellen, in wie weit die Eigenschaften der Steinsalzplatte und das Strahlungsvermögen der Flamme des Bunsen'schen Brenners mit der Zeit unverändert blieben, um sich ferner zu vergewissern, daß die Functionsfähigkeit der Apparate überhaupt auf die Dauer sich constant erhielt, und insbesondere um sich eine Vorstellung und ein Maß für den Grad der Genauigkeit der durch das beschriebene Verfahren erhaltenen Resultate zu verschaffen: wurden mehrere Absorptionsversuche gemacht, bei denen der Apparat immer dieselbe Füllung hatte, bestehend aus ungetrockneter und von Kohlensäure nicht befreiter Zimmerluft. Alles Fett war vermieden und als Hahnschmiere nur eine Spur Glycerin angewandt, da die Fettdämpfe, wie wir später sehen werden, bei längerem Stehen des Apparates mit seiner Füllung von störendem Einfluß waren. In der folgenden Tabelle ist eine hierher gehörige Versuchsreihe so zusammengestellt, daß die erste Columne die Zeit angiebt, zu welcher der betreffende Versuch gemacht wurde; die zweite Columne enthält die Höhe der Curve über der Nullcurve; in der dritten Columne sind die an dem Thermometer t_1 abgelesenen Temperaturen zusammengestellt, mit Hülfe deren nach den vorhin beschrie-

benen Versuchen über den Einfluß der Temperatur auf die Höhen der Curven die in der zweiten Columnne enthaltenen Gröfsen auf eine und dieselbe mittlere Temperatur von 21° C. reducirt wurden, so dafs man die in der vierten Columnne gegebenen Zahlen bekam; die letzte Columnne endlich giebt die zugehörigen Barometerstände auf 0° reducirt.

Tabelle IV.

	<i>Zeit.</i>		<i>Höhen.</i>	<i>Temperatur.</i>	<i>Höhe reduc.</i> <i>auf 21°.</i>	<i>Barometer-</i> <i>stand bei 0°.</i>
1.	27/7. 81.	2 ^h 30' Nachm.	11,8 mm	24 ^o C.	12,1 mm	729,7 mm
2.	"	3 ^h 30'	11,9 "	24 ^o "	12,2 "	729,3 "
3.	"	4 ^h 30'	11,8 "	25 ^o "	12,2 "	731,7 "
4.	"	5 ^h 30'	12,3 "	23 ^o "	12,5 " (?)	732,5 "
5.	"	6 ^h 30'	12,0 "	22,5 ^o "	12,2 "	735,1 "
6.	28/7. 81.	9 ^h Morg.	11,9 "	21,5 ^o "	12,0 "	743,1 "
7.	"	10 ^h "	12,1 "	21,5 ^o "	12,2 "	743,5 "
8.	"	11 ^h "	12,0 "	21,5 ^o "	12,1 "	744,0 "
9.	"	12 ^h "	12,1 "	21,6 ^o "	12,2 "	744,1 "
10.	"	3 ^h Nachm.	11,9 "	23,5 ^o "	12,2 "	744,6 "
11.	"	4 ^h "	12,0 "	23,5 ^o "	12,3 "	744,8 "
12.	"	5 ^h "	12,0 "	23 ^o "	12,2 "	746,7 "
13.	"	6 ^h "	11,8 "	22,8 ^o "	12,0 "	746,7 "
14.	29/7. 81.	8 ^h Morg.	12,0 "	21 ^o "	12,0 "	751,9 "
15.	"	9 ^h "	11,5 "	21,6 ^o "	12,6 " (?)	752,0 "
16.	"	11 ^h "	11,9 "	21,5 ^o "	12,0 "	754,3 "
17.	"	11 ^h 45'	11,9 "	21,6 ^o "	12,0 "	754,4 "
18.	"	12 ^h 30' Nachm.	12,0 "	21,8 ^o "	12,1 "	754,6 "
19.	"	1 ^h 45'	11,4 "	26,5 ^o "	12,0 "	754,6 "
20.	"	2 ^h 30'	11,8 "	24 ^o "	12,1 "	754,5 "
21.	"	3 ^h 15'	11,7 "	24 ^o "	12,0 "	754,6 "
22.	"	3 ^h 45'	11,8 "	24,3 ^o "	12,1 "	754,0 "
23.	"	4 ^h 15'	11,8 "	24,4 ^o "	12,1 "	753,8 "

Diese Tabelle IV zeigt nun, wenn man die zwei mit einem Fragezeichen versehenen Werthe ausnimmt, als Maximaldifferenz 0,3 mm bei einer Curvenhöhe von 12 mm, woraus zu entnehmen ist, dafs die Methode als eine zuverlässige und gut brauchbare zu bezeichnen und die Messung der Curvenhöhe bis auf 0,1 mm einerseits berechtigt, anderseits aber auch genügend genau ist. Weiter geht aus der Tabelle IV hervor, dafs der Apparat mit genügender Sicherheit und Constanz functionirt, indem die erhaltenen Resultate bis auf

einige Zehntel Millimeter mit einander übereinstimmen, obwohl der erste und letzte Versuch der Zeit nach ziemlich weit auseinander liegen. Endlich ergibt sich auch noch für die Steinsalzplatte und das Strahlungsvermögen der Flamme aus den mitgetheilten Versuchen eine Constanz und Unveränderlichkeit, wie man besonders bei der Steinsalzplatte eine solche von vorn herein nicht erwartet hatte. Gleich nachdem die Steinsalzplatte frisch polirt vor das Rohr A gesetzt war, bildete sich allerdings ein zarter matt aussehender Ueberzug auf ihr, dann aber blieb sie lange Zeit, oft wochenlang unverändert. Alle diese aus der Tabelle IV gezogenen Folgerungen ergeben sich auch aus den weiter unten in Tabelle VIII mitgetheilten und zu einem anderen Zweck angestellten Versuchen, deren Resultate recht gut mit einander stimmen, obgleich der erste und letzte Versuch acht Tage auseinander lagen. Außerdem wurden auch zu demselben Zweck, zu welchem die in Tabelle IV enthaltenen Versuche gemacht waren, noch einige andere Versuchsreihen angestellt, welche alle dasselbe Resultat ergeben. Von allen diesen Reihen wurde die obige deshalb als Beispiel hier mitgetheilt, weil eben bei ihr bedeutende Aenderungen des Barometerstandes von Versuch zu Versuch auftraten; obwohl dieselben hier verhältnißmäßig groß sind, so ist doch ein Einfluß derselben auf die Curvenhöhe nicht zu erkennen.

Um weitere Fehlerquellen so viel wie irgend möglich auszuschließen, wurden im Laufe der Untersuchung mancherlei Veränderungen an den Apparaten vorgenommen, so daß die bisher beschriebenen Einrichtungen derselben keineswegs die ursprünglichen waren, sondern sich zum großen Theil erst während der Untersuchung als nothwendig oder doch wenigstens als sehr zweckentsprechend herausstellten. So war ursprünglich der Glashahn α_3 einfach durch einen Kautschukschlauch mit dem Tambour K verbunden. Nun zeigte sich aber bald, daß Kohlensäure so stark durch die Membran des Tambours und den Schlauch diffundirte, daß die Curve beim Unterbrechen der Bestrahlung sogar unter die Nullcurve herabsank; in Folge dessen wurde der Schlauch

durch das oben beschriebene TStück aus Glas mit dem Dreiweghahn α_4 ersetzt, und gleichzeitig wurden die Verbindungsschläuche, welche sowohl die Trockenröhren untereinander als auch mit dem Apparate A und den Gasreservoirs verbanden, ziemlich dickwandig und so kurz als möglich genommen. Mit Hülfe des TStückes aus Glas war es nun einmal möglich, die Kohlensäure aus dem Tambour fern zu halten, indem dieselbe durch den Schenkel G_2 einresp. ausgelassen wurde, so daß also der Tambour K immer nur mit Luft gefüllt war, welche dieselben Bestandtheile hatte, wie die äußere Atmosphäre, wodurch eine Diffusion durch die Membran wegfiel; dann war auch nicht zu befürchten, daß während eines Versuches, besonders während der Herstellung der Mischungen von Kohlensäure und Luft, dadurch, daß die Kohlensäure durch den Kautschukschlauch diffundirte, der Procentgehalt der Mischung an Kohlensäure geändert wurde. Befand sich nämlich in dem Apparate A irgend eine Mischung von Luft und Kohlensäure und es wurde dieselbe der Bestrahlung ausgesetzt, so trat doch jedesmal ein Theil dieser Mischung in Folge der Ausdehnung des Gases aus dem Apparate A in das Verbindungsstück von α_3 mit dem Tambour K; war nun dieses Verbindungsstück ein Kautschukschlauch, so diffundirte Kohlensäure hindurch während der Bestrahlung, und wenn die Bestrahlung unterbrochen wurde und das Gas sich auf die Anfangstemperatur abkühlte, trat eine an Kohlensäure ärmere Mischung in den Apparat A zurück, so daß, wenn man aus der Füllung eine neue Mischung herstellte, der Procentgehalt derselben an Kohlensäure nothwendig geringer sein mußte, als wie ihn die Tabelle III angiebt. Dasselbe was hier von Kohlensäure und von Mischungen aus Kohlensäure und Luft gesagt ist, gilt auch in höherem Mafse für Wasserstoff und Mischungen aus Wasserstoff und Kohlensäure, da auch Wasserstoff sehr stark durch Kautschuk diffundirt.

Weiter ist hier zu erwähnen, daß der Bunsen'sche Brenner L ursprünglich keinen Schornstein besaß; da aber in Folge des beständigen Flackerns der Flamme, welches noch

erhöht wurde durch die kleinsten Luftbewegungen im Zimmer, die Curven allerlei Unregelmäßigkeiten zeigten, so wurde zunächst ein einfacher Schornstein aus schwarzem Eisenblech angewandt. — Zur Benutzung des oben beschriebenen Schornsteins mit Kühlvorrichtung und zum Theil auch zur Anwendung des T Stückes aus Glas sowie zu mancherlei anderen Einrichtungen und Vorkehrungen war dann Hauptveranlassung eine Erscheinung, welche zunächst bei reiner getrockneter Kohlensäure, nachher auch bei anderen Gasen beobachtet wurde, und welche darin bestand, daß die Curve am Morgen, wenn der Apparat über Nacht etwa 12 Stunden mit seiner Füllung gestanden hatte, regelmäßig einige Millimeter höher lag als am vorhergehenden Abend, und zwar sowohl in dem Theile, der während der Bestrahlung, als auch in dem, der nach Unterbrechung der Bestrahlung von der Spitze e des Hebels beschrieben wurde. Nachdem dann ungefähr 6 mal das Gas der Bestrahlung ausgesetzt worden war, wobei nach jeder Bestrahlung die Curve etwas tiefer lag, war die ursprüngliche Curvenhöhe vom Abend vorher wieder erreicht. Anfangs wurde nun vermuthet, diese Erscheinung habe ihren Grund in der Diffusion von Kohlensäure durch Kautschuk, wodurch etwas Luft in den Apparat gelangen konnte und so an Stelle reiner Kohlensäure eine Mischung von Kohlensäure und wenig Luft der Bestrahlung ausgesetzt wurde. Hatte man nämlich den Apparat mit reiner Kohlensäure gefüllt und man machte eine Curve, so trat, wie schon vorhin bemerkt, ein Theil der Kohlensäure in das Verbindungsstück von α_3 mit dem Tambour K; dadurch, daß dann durch den Kautschuk Kohlensäure diffundirte, mußte das Gas in A, sobald es sich nach der Bestrahlung auf die ursprüngliche Temperatur abgekühlt hatte, einen niedrigeren Druck besitzen, als wie der äußere Barometerstand betrug, wie auch jedesmal beobachtet wurde. Wollte man also am anderen Morgen mit derselben Füllung wieder eine Curve herstellen, so mußte man zunächst durch Oeffnen des Hahnes α_5 am Tambour den Druck des Gases in A gleich machen dem äußeren Luftdruck, und so kam also statt Kohlensäure ein

kleiner Theil Luft resp. ein kleiner Theil Kohlensäure gemischt mit Luft in das Rohr A. Von vornherein war es nun nicht unmöglich, daß bei der Füllung des Apparates mit reiner Kohlensäure die Druckzunahme in Folge der Wärmeabsorption geringer ausfiel, als wenn die Kohlensäure mit ganz wenig atmosphärischer Luft gemischt war. Allein diese Erscheinung des Höherliegens der Curve zeigte sich auch, als man das beschriebene T Stück aus Glas anwandte und so die Diffusion vermieden wurde; weiter konnte durch Beimischen von Luft in ganz kleinen Mengen eine Erhöhung der Curve nicht erreicht werden, und endlich wurde die Erscheinung auch bei gewöhnlicher gut getrockneter atmosphärischer Luft, welche von Kohlensäure nicht befreit war, beobachtet.

Es wurde deshalb weiter geprüft, ob nicht etwa der Kohlensäuregehalt der Atmosphäre der Grund der erwähnten Eigenthümlichkeit sei. War nämlich der Kohlensäuregehalt der Zimmerluft zu verschiedenen Zeiten verschieden, so mußte auch die zwischen Wärmequelle und Steinsalzplatte sich befindende Luftschicht zu verschiedenen Zeiten verschiedene Mengen derjenigen Strahlen absorbiren, welche von dem Gase im Apparat ebenfalls absorbirt wurden. Allein es trat kein bemerkbarer Unterschied in der Höhe der Curve hervor, sei es, daß man vorher aus dem Kohlensäuregefäß ziemlich viel Kohlensäure in das Zimmer hatte strömen lassen, oder sei es, daß man vorher das Zimmer durch Oeffnen der Thüren und Fenster mit kohlendünnerer Luft gefüllt hatte. Wahrscheinlich sind die hier in Betracht kommenden Differenzen des Kohlensäuregehalts der Zimmerluft zu gering, um bei einer so dünnen Schicht von Luft, wie die zwischen Steinsalzplatte und Wärmequelle war, einen merklichen Einfluß hervorzurufen.

Ferner konnte die Erhöhung der Curve ihren Grund haben in einer Aenderung der Elasticität der Kautschukmembran des Tambours; es war nämlich nicht unmöglich, daß die Membran durch dieselbe Drucksteigerung nach längerer Ruhe derselben stärker ausgedehnt wurde, als wenn dieselbe erst kurz vorher einigemal in größere Spannung

versetzt worden war. Allein es wurde beobachtet, daß, wenn man durch Einpressen von Luft den Druck im Tambour K abwechselnd vermehrte oder verminderte und dadurch die Membran in stärkere und schwächere Spannung versetzte, sowohl vor als nach einer solchen Operation die Curve auf derselben Höhe lag.

Da weiter die Aenderungen des Abstandes der Flamme von der Steinsalzplatte in Folge von Temperaturdifferenzen der Zimmerluft von Einfluß sein konnten und als Grund der erwähnten Erscheinung vermuthet wurden, so wurden auch in Bezug hierauf Untersuchungen angestellt. Jedoch durch das stärkste und das gewaltsamste Biegen des Statives S wurden kaum halb so große Aenderungen in der Höhe der Curven erreicht, als wie solche durch längeres Stehen des Gases im Apparat hervorgerufen wurden.

Daß das Gas nicht etwa nach längerem Verweilen in Ruhe eine andere Wärmeabsorptionsfähigkeit besaß, als wenn es unmittelbar vorher in Bewegung sich befunden hatte, wurde dadurch geprüft und festgestellt, daß nach etwa 12stündigem Stehen des Apparates mit seiner Füllung die Curve regelmäßig höher lag, mochte man kurz vorher das Gas durch Heben und Senken des Gefäßes F und durch kurzes Bestrahlen desselben mittelst der Flamme stark in Bewegung gesetzt haben oder nicht.

Das Höherliegen der Curve nach längerem Stehen des Gases im Apparate wurde auch dann noch beobachtet, wenn die Steinsalzplatte ersetzt wurde durch eine ganz dünne Glasplatte; hieraus kann man schließen, daß die Höhendifferenz der Curven nicht etwa ihren Grund hatte in besonderen Eigenschaftsänderungen der Steinsalzplatte.

Nachdem so verschiedene Vermuthungen als Grund für das Höherliegen der Curven aufgestellt, untersucht und als falsch erkannt waren, ergab sich endlich, daß der Hauptgrund erstens in der Erwärmung und zweitens in einer damit in Verbindung stehenden, etwa durch Oxydation erzeugten Aenderung des Reflexionsvermögens des Schornsteins lag. Die Erwärmung des Gases im Rohre A rührte nämlich

zum größten Theil her von denjenigen Strahlen der Flamme, welche direct in den Apparat fielen; dazu kamen zweitens die von der Wand des Schornsteins reflectirten und so ebenfalls in die Röhre A tretenden Strahlen, und endlich sandte der durch die Flamme erwärmte Schornstein selbst Strahlen in den Apparat. Sollte nun die Curve ihre Höhe nicht ändern, so war es nöthig, daß alle drei Wärmequellen bei den einzelnen Versuchen mit derselben Intensität wirkten. Die Flamme des Bunsen'schen Brenners wurde, wie erwähnt, dadurch constant erhalten, daß man bei jedem Versuche durch Stellen des Gashahnes den Leuchtgasdruck von 42 mm Wasser herstellte und die Reflexion der Schornsteinwand blieb ungeändert in Folge des oben erwähnten schwarzen Anstrichs desselben. So kam es nur noch darauf an, die dritte Quelle, nämlich die erwärmte Schornsteinwand selbst, auf derselben Temperatur zu erhalten und dieses geschah durch Anwendung des oben beschriebenen doppelten, mit Wasser gefüllten Schornsteins aus verzinnem Eisenblech. Sobald dieser Schornstein mit seiner Kühlvorrichtung benutzt wurde, fiel die früher beobachtete Höhendifferenz der Curven weg. Einen weiteren Beweis dafür, daß das Höherliegen der Curven nach längerem Stehen des Apparates mit seiner Füllung ihren Grund in der Erwärmung und Aenderung des Reflexionsvermögens des Schornsteins hatte, gab folgender Versuch: Wurde die Bestrahlung nicht dadurch unterbrochen, daß man den Hahn des Bunsen'schen Brenners L einfach schloß, sondern dadurch, daß man zugleich noch einen polirten Messingschirm zwischen Flamme und Steinsalzplatte schob, so zeigte auch bei Anwendung des ersten einfachen Schornsteins der Theil der Curve, welchen die Hebelspitze e nach Unterbrechung der Bestrahlung beschrieb, niemals eine Abweichung, speciell kein Höherliegen der Curven; entfernte man aber den Messingschirm, so stieg die Curve augenblicklich wieder eine Kleinigkeit, so daß sie dann mit der Curve vom Abend vorher die alte Differenz bildete. Es geht daraus hervor, daß wirklich der erwärmte Schornstein das Höherliegen der Curven hervorrief. Diese Einrichtung, die Bestrahlung durch Entfernen und Hin-

bringen eines Schirmes zwischen Flamme und Apparat zu unterbrechen resp. herzustellen, wurde aber einmal deshalb nicht benutzt, weil dadurch nur theilweise der Uebelstand beseitigt worden wäre, indem eben der während Bestrahlung von e beschriebene Haupttheil der Curve seine Unregelmäßigkeit des Höherliegens für den Fall des längeren Stehens des Apparates behalten hätte; dann wäre diese Einrichtung aber auch deshalb unzweckmäßig gewesen, weil es sehr leicht möglich war, daß durch die Bewegung des Schirmes der ganze Apparat erschüttert wurde, wodurch dann neue Unregelmäßigkeiten entstanden wären.

Als letzte Fehlerquelle ist noch die folgende anzugeben: Bei längerem Stehen des Apparates verbreiteten sich Fettdämpfe in demselben, welche von der Hahnschmiere und von dem Fett, mit welchem ursprünglich die Messingplatte B aufgesetzt war, herrührten; der Versuch zeigte, daß dadurch die Absorption vergrößert wurde, insbesondere dann, wenn kein stark absorbirendes Gas, wie z. B. gewöhnliche trockene atmosphärische Luft, sich im Apparat befand. Dieser Einfluß der Fettdämpfe, welcher allerdings nur dann in Betracht kam, wenn das zu untersuchende Gas längere Zeit in dem Apparate gestanden hatte, zeigte sich darin, daß der Theil der Absorptionscurve, welcher während der Bestrahlung von der Hebelspitze e aufgezeichnet wurde, nicht aber der zweite nach Unterbrechung der Bestrahlung beschriebene Theil der Curve, jedesmal höher lag; diese Erhöhung betrug beispielsweise für nicht getrocknete und von Kohlensäure nicht befreite Luft:

nach 13 stündigem Stehen des Gases im Apparate	23 Proc.
" 6 " " " " " "	6 "
" 5 " " " " " "	5 "
" 3 ¹ / ₂ " " " " " "	4 "

Daß diese Höhendifferenzen wirklich von den Fettdämpfen herrührten, konnte man schon daraus schliessen, daß, wie obige Zahlen zeigen, die Höhe der Curve mit der Zeit zunahm; es wurde dieses aber auch direct dadurch nachgewiesen, daß sowohl dann, wenn alles Fett und jede Schmiere vermieden und die Schlüsse der einzelnen Theile und Höhen des

Apparates nur durch Druck resp. durch den oben erwähnten Kitt ermöglicht wurden, als auch dann, wenn statt Fett eine Spur Glycerin angewandt ward, die Curve ihre Höhe nicht änderte, mochte die Füllung längere oder kürzere Zeit oder gar nicht im Apparate gestanden haben; ein Beispiel hierfür giebt die weiter oben mitgetheilte Tabelle IV. Bei den eigentlichen Versuchen über die Wärmeabsorption der Gase konnte man das Fett nicht gänzlich entbehren, da bei dem nothwendigen öfteren Verstellen der Hähne weder ohne alle Schmiere noch mit Hülfe von Glycerin ein vollständiges Schliessen der Hähne möglich war; ausserdem enthielt auch Glycerin stets mehr oder weniger Wasser, so dafs es also beim Schmieren der Hähne mit Glycerin unmöglich gewesen wäre, vollständig trockene Gase im Apparate zu untersuchen; nachdem aber die Platte B nicht mehr mit Fett, sondern mit dem erwähnten Kitt aufgesetzt wurde, war die so lästige Bildung von Fettdämpfen zum grofsen Theil vermieden, und es ist wohl zu bemerken, dafs der Einflufs der Fettdämpfe bei den eigentlichen Versuchen über Wärmeabsorption nicht in Betracht kommt, da ein längeres Stehen des Apparates mit seiner Füllung niemals nöthig war. Das zuerst gebrauchte Fett bestand aus Wachs und Klauenöl; das später angewandte war reines Schweineschmalz und wurde dem ersteren vorgezogen seiner geringeren Dampfbildung wegen.

§ 5. Resultate.

I. *Absorption durch künstlich hergestellte Gasmischungen.*

In der jetzt folgenden Tabelle V werden die Resultate einer Beobachtungsreihe von 16 Versuchen über die Absorption in verschiedenen Mischungen aus Luft und Kohlensäure, die unmittelbar hinter einander gemacht wurden, zusammengestellt; Fig. 7 giebt die mit dem Pantographen erhaltenen 16 Curven wieder. In der ersten Columne stehen die Procentgehalte an Kohlensäure; die zweite Columne giebt die Temperatur des Gases, wie sie am Thermometer t_1 abgelesen wurde; in der dritten Columne sind die Höhen der

Curven in Millimeter angegeben; die vierte Columne enthält diese Höhen auf eine mittlere Temperatur von 22° C. reducirt; in der fünften Columne stehen die durch Absorption verursachten Ueberdrucke in Millimeter Wasser und die letzte Columne enthält die zugehörigen, auf 0° reducirten Barometerstände.

Tabelle V.

<i>CO₂-Gehalt.</i>	<i>Temperatur.</i>	<i>Höhe d. Curve.</i>	<i>Höhe reduc. auf 22° C.</i>	<i>Ueberdruck in mm Wasser.</i>	<i>Barometerstand bei 0°.</i>
1. 100 Proc.	22,6° C.	33,7 mm	33,9 mm	49,5 mm	755,0 mm
2. 68,660 "	22,8° "	30,9 "	31,1 "	45,4 "	755,1 "
3. 47,142 "	22,8° "	29,0 "	29,2 "	42,6 "	755,1 "
4. 32,368 "	23,0° "	27,6 "	27,9 "	40,7 "	755,1 "
5. 22,223 "	23,0° "	26,2 "	26,5 "	38,7 "	755,1 "
6. 10,477 "	23,1° "	24,4 "	24,7 "	36,1 "	755,2 "
7. 4,939 "	23,1° "	23,0 "	23,3 "	34,0 "	755,2 "
8. 2,328 "	23,2° "	20,9 "	21,2 "	31,0 "	755,2 "
9. 1,098 "	23,4° "	17,8 "	18,0 "	26,3 "	755,3 "
10. 0,517 "	23,4° "	14,2 "	14,4 "	21,0 "	755,3 "
11. 0,244 "	23,5° "	10,3 "	10,5 "	15,3 "	755,3 "
12. 0,115 "	23,5° "	7,3 "	7,4 "	10,8 "	755,4 "
13. 0,054 "	23,6° "	4,8 "	4,9 "	7,2 "	755,4 "
14. 0,026 "	23,7° "	3,0 "	3,1 "	4,5 "	755,4 "
15. 0,012 "	23,8° "	1,7 "	1,7 "	2,5 "	755,4 "
16. 0,000 "	23,8° "	0,0 "	0,0 "	0,0 "	755,4 "

Diese Versuche mit Kohlensäure und Luft ergeben also als Resultat, daß die durch Absorption der Wärmestrahlen entstandene Druckerhöhung, wie zu erwarten war, mit abnehmendem Kohlensäuregehalt der Mischung ebenfalls abnimmt; aber es sind beide Abnahmen durchaus nicht proportional. Fig. 6 giebt in Nr. I eine graphische Darstellung der in Tabelle V, Columne 1 und 4 enthaltenen Resultate; als Abscissen sind die Procentgehalte, als Ordinaten die Höhen der Curven aufgetragen. Die auf diese Weise erhaltene Curve zeigt, wie bei gleichmäßiger Abnahme des Kohlensäuregehaltes der Mischung die Druckerhöhung anfangs bis etwa zu 5 Proc. nur wenig, zuletzt aber sehr rasch abnimmt, bis sie bei kohlenstoffreier getrockneter atmosphärischer Luft Null wird. Eine einfache Beziehung zwischen Druckerhöhung und Procentgehalt an Kohlensäure läßt sich

aus der Zeichnung nicht erkennen, was auch von vornherein zu erwarten war, da die Druckerhöhung nicht nur von der Absorptionsfähigkeit, sondern auch von der Leichtigkeit, mit welcher das betreffende Gas Wärme an die Umgebung abgibt, sowie von der specifischen Wärme desselben abhängt. Die Thatsache, daß die Aenderung der Druckerhöhung mit abnehmendem Kohlensäuregehalt besonders stark ist für Gehalte zwischen 0 Proc. und etwa 5 Proc. ist von besonderer Wichtigkeit mit Rücksicht auf die im letzten Abschnitt dieser Abhandlung mitgetheilte Untersuchung.

Wie die vorhergehende Tabelle erkennen läßt, wurde nicht mit jeder Mischung, die wie früher beschrieben hergestellt worden war, eine Curve gemacht, weil dieses einmal unnöthige Zeit gekostet haben würde, und weil dann auch die Curven auf der Trommel T zu nahe aneinander gerückt wären, was die Uebersicht und das Messen erschwert haben würde. Aus den in obiger Weise angestellten Versuchen ist das Verhalten von Mischungen aus Kohlensäure und Luft in Anbetracht ihrer Wärmeabsorption genügend ersichtlich.

Aehnliche Beobachtungsreihen wie die in Tabelle V mitgetheilte wurden noch ziemlich viele gemacht; alle zeigten dieselben charakteristischen Eigenschaften, und kleinere Differenzen haben ihren Grund darin, daß die Apparate nicht selten auseinandergenommen werden mußten, sei es, um die Steinsalzplatte und das Innere der Röhre A frisch zu poliren, oder sei es, um irgend eine nothwendige Aenderung in der Anordnung der Theile vorzunehmen.

Auf ganz dieselbe Weise wie Kohlensäure und Luft wurden ferner Kohlensäure und Wasserstoff mit einander gemischt und die erhaltenen Mischungen in Bezug auf ihre Wärmeabsorption untersucht, nur mit der einen Abweichung, daß hier nicht allein die Mischungen, welche man erhielt, indem zuerst der Apparat mit Kohlensäure gefüllt und dann nach und nach Wasserstoff zugesetzt wurde, bereitet und zur Herstellung von Curven benutzt wurden, sondern umgekehrt auch die, welche man bekam, wenn der Apparat erst mit Wasserstoff gefüllt und dann Kohlensäure nach und nach

zugelassen wurde. Das Wasserstoffgas wurde aus reinem Zink und reiner Schwefelsäure bereitet, mittelst Silberlösung gereinigt und durch Chlorecalcium und Phosphorsäure getrocknet; ganz reiner und gut getrockneter Wasserstoff zeigte gerade wie reine Luft keinerlei Absorption der Wärme. Die folgenden Tabellen geben die Resultate zweier Versuchsreihen; die Bedeutung der einzelnen Columnen ist dieselbe wie in der Tabelle V.

Tabelle VI.

<i>CO₂-Gehalt.</i>	<i>Temperatur.</i>	<i>Höhe d. Curve.</i>	<i>Höhe reduc. auf 22° C.</i>	<i>Druck in mm Wasser.</i>	<i>Barometerstand bei 0°.</i>
1. 100 Proc.	24,7° C.	33,4 mm	34,3 mm	50,1 mm	756,6 mm
2. 68,660 "	24,7° "	16,7 "	17,2 "	25,1 "	756,5 "
3. 47,142 "	24,8° "	11,7 "	12,0 "	17,5 "	756,5 "
4. 32,368 "	24,8° "	8,9 "	9,1 "	13,3 "	756,5 "
5. 22,223 "	24,8° "	7,1 "	7,3 "	10,7 "	756,4 "
6. 15,259 "	25,0° "	6,1 "	6,3 "	9,2 "	756,4 "
7. 10,477 "	25,0° "	5,4 "	5,6 "	8,2 "	756,3 "
8. 4,939 "	25,0° "	4,8 "	4,9 "	7,2 "	756,3 "
9. 2,328 "	25,1° "	4,1 "	4,2 "	6,1 "	756,3 "
10. 0,517 "	25,2° "	2,7 "	2,8 "	4,1 "	756,2 "
11. 0,000 "	25,2° "	0,0 "	0,0 "	0,0 "	756,2 "

Tabelle VII.

<i>CO₂-Gehalt.</i>	<i>Temperatur.</i>	<i>Höhe d. Curve.</i>	<i>Höhe reduc. auf 22° C.</i>	<i>Druck in mm Wasser.</i>	<i>Barometerstand bei 0°.</i>
1. 0,000 Proc.	24,0° C.	0,0 mm	0,0 mm	0,0 "	756,8 mm
2. 31,340 "	24,2° "	8,7 "	8,9 "	13,0 "	756,8 "
3. 52,858 "	24,2° "	12,6 "	12,9 "	18,8 "	756,8 "
4. 67,632 "	24,4° "	16,4 "	16,8 "	24,5 "	756,8 "
5. 77,777 "	24,4° "	19,7 "	20,2 "	29,5 "	756,8 "
6. 84,741 "	24,5° "	22,8 "	23,3 "	34,0 "	756,7 "
7. 89,523 "	24,5° "	25,1 "	25,7 "	37,5 "	756,7 "
8. 92,806 "	24,6° "	27,2 "	27,9 "	40,7 "	756,7 "
9. 95,061 "	24,6° "	29,1 "	29,9 "	43,7 "	756,7 "
10. 96,609 "	24,7° "	30,0 "	30,8 "	45,0 "	756,6 "
11. 100 "	24,7° "	33,3 "	34,2 "	49,9 "	756,6 "

Wie ersichtlich, wurde die Reihe in Tabelle VI erhalten, indem man nach der Füllung des Apparates mit Kohlensäure Wasserstoff zusetzte; die Reihe in Tabelle VII enthält die

durch die umgekehrte Operation hergestellten Mischungen und deren Verhalten in Bezug auf die Absorption der Wärme. In Fig. 8 und 9 sind die für die Mischungen der Tabelle VI und VII erhaltenen Absorptioncurven wiedergegeben. In Nr. II giebt Fig. 6 ebenfalls eine graphische Darstellung der in Tabelle VI und VII enthaltenen Resultate; es sind wieder die Procente an Kohlensäure als Abscissen und die Höhen als Ordinaten aufgetragen. Wie man sieht, stimmen die Versuche von Tabelle VI sehr gut mit denen von Tabelle VII überein. Auch hier nimmt mit dem Kohlensäuregehalt zugleich die Druckerhöhung ab; allein hier ist die Abnahme der durch Absorption hervorgerufenen Druck- resp. Temperatursteigerung mit abnehmendem Kohlensäuregehalt anfangs viel größer als bei Kohlensäure und Luft, und die Curve Nr. II liegt auf ihrer ganzen Länge tiefer als die Curve Nr. I. Dieses hat offenbar seinen Grund in der bekannten großen Leitungsfähigkeit für Wärme verbunden mit der großen Beweglichkeit des Wasserstoffs, wodurch eine raschere Abgabe von Wärme an die Umgebung stattfindet.

II. *Absorption durch Kohlensäure in der Atmosphäre und Bestimmung des Kohlensäuregehaltes der Atmosphäre.*

Die bei den vorigen Untersuchungen benutzte Methode giebt nun noch ein einfaches und sicheres Mittel, auf physikalischem Wege den Kohlensäuregehalt der atmosphärischen Luft zu bestimmen. Bei den vorigen Versuchen wurde die Druckerhöhung gemessen, welche in einer Mischung aus Kohlensäure und Luft von *bekannter* Zusammensetzung dadurch eintritt, daß dieselbe einer bei allen Versuchen constant bleibenden Strahlung ausgesetzt wird; wenn man nun irgend eine andere Mischung von Kohlensäure und Luft, deren Zusammensetzung nicht bekannt ist, derselben Strahlung aussetzt, so kann man offenbar auch umgekehrt aus der eintretenden Druckerhöhung und einem Vergleich derselben mit der bei obigen Versuchen erhaltenen Druckänderung auf den Kohlensäuregehalt der Mischung schließen.

Nach den bis jetzt auf chemischem Wege gemachten Untersuchungen schwankt bekanntlich der Kohlensäuregehalt der Luft zwischen ungefähr 0,02 und 0,05 Procent; um deshalb obige Methode für die Bestimmung des Kohlensäuregehaltes der Atmosphäre zu benutzen, ist es nur nöthig, daß man den Theil der Curve Nr. I in Fig. 6, welcher dem Intervall von 0,02 bis 0,05 Procent Kohlensäure entspricht, möglichst genau und vergrößert zeichnet. Zu diesem Zweck wurden die vier Mischungen 19, 21, 23 und 25 der Tabelle III, welche einem Kohlensäuregehalt von 0,115 Proc., 0,054 Proc., 0,026 Proc. und 0,012 Proc. entsprechen, mehrere Male hergestellt und ihre Absorption untersucht; die Resultate aus vier gut übereinstimmenden Beobachtungsreihen, von denen zwei vor und zwei nach Untersuchung der atmosphärischen Luft gemacht wurden, verwendete man dazu, den entsprechenden Theil der Curve Nr. I, Fig. 6 zu zeichnen. Hatte man diesen Theil der Curve, welcher dem Intervalle von 0,012 bis 0,115 Procent Kohlensäure entsprach, so brauchte man bloß die Höhen der Absorptioncurven, welche man erhielt, wenn in dem Apparate A getrocknete aber von Kohlensäure nicht befreite atmosphärische Luft gebracht war (vgl. als Beispiel Fig 10), auf die Ordinatenaxe vom Nullpunkte aus aufzutragen, durch den erhaltenen Punkt eine Parallele zu der Abscissenaxe zu ziehen und durch den Schnittpunkt dieser Parallele mit der Curve eine zweite Gerade parallel zur Ordinatenaxe zu legen, so gab der Schnittpunkt der letzten Geraden mit der Abscissenaxe den Kohlensäuregehalt der untersuchten Luft.

Die folgende Tabelle enthält die oben erwähnten vier Beobachtungsreihen; die einzelnen Columnen haben die schon von den früheren Tabellen her bekannte Bedeutung.

Tabelle VIII.

	<i>CO₂-Gehalt.</i>	<i>Temperatur.</i>	<i>Höhen d. Curven.</i>	<i>Höhe reduc. auf 22° C.</i>	<i>Barometer- stand bei 0°.</i>
1)	0,115 Proc.	23,6° C.	7,2 mm	7,3 mm	751,4 mm
	0,054 "	23,8° "	4,9 "	5,0 "	751,4 "
	0,026 "	23,8° "	3,0 "	3,1 "	751,4 "
	0,012 "	24,0° "	1,7 "	1,7 "	751,4 "
2)	0,115 "	25,0° "	7,2 "	7,4 "	751,5 "
	0,054 "	25,0° "	4,9 "	5,0 "	751,5 "
	0,026 "	25,2° "	3,1 "	3,2 "	751,5 "
	0,012 "	25,4° "	1,7 "	1,8 "	751,5 "
3)	0,115 "	21,8° "	7,3 "	7,3 "	755,2 "
	0,054 "	21,9° "	5,1 "	5,1 "	755,2 "
	0,026 "	22,0° "	3,2 "	3,2 "	755,3 "
	0,012 "	22,0° "	1,7 "	1,7 "	755,3 "
4)	0,115 "	23,5° "	7,3 "	7,4 "	755,4 "
	0,054 "	23,6° "	4,8 "	4,9 "	755,4 "
	0,026 "	23,8° "	3,1 "	3,2 "	755,4 "
	0,012 "	23,8° "	1,7 "	1,7 "	755,4 "

Nimmt man aus den in der vierten Columne enthaltenen auf 22° C. reducirten Höhen das Mittel, so ergeben sich die für das Curvenstück in Betracht kommenden und in Folgendem zusammengestellten Größen :

Der Höhe	7,4 mm	entspricht ein	CO ₂ -Gehalt von	0,115 Proc.
" "	5,0 "	" "	" "	0,054 "
" "	3,2 "	" "	" "	0,026 "
" "	1,7 "	" "	" "	0,012 "

Die Zeichnung für das sich aus diesen Zahlen ergebende Curvenstück der Curve I wird hier nicht wiedergegeben.

Die Luft, deren Kohlensäuregehalt bestimmt werden sollte, wurde anfangs in Kautschukballons aufgefangen und dann mittelst Chlorcalcium und Phosphorsäure getrocknet in den Apparat A gebracht; allein da zu befürchten war, daß Kohlensäure durch die Wände des Ballons diffundirte, und man in Folge dessen falsche Resultate erhalten würde, so wurde die zu untersuchende Luft in Flaschen über Oel eingeschlossen. Jedoch zeigte sich hier ein anderer Uebelstand, der die Resultate ebenfalls beeinflusste; mit der Luft ge-

langten nämlich zugleich Dämpfe des Oeles in den Apparat, wodurch die Absorptionsfähigkeit beträchtlich erhöht wurde; so gab z. B. atmosphärische Luft über Oel aufgefangen eine Curve von 4,4 mm Höhe, während Luft zu derselben Zeit über Quecksilber abgeschlossen eine Curve von nur 3,3 mm Höhe ergab. Bei den nachher mitzutheilenden Luftanalysen wurde deshalb stets die zu untersuchende Luft über Quecksilber aufgefangen, und zwar geschah dieses ganz bequem mit Hülfe einer Jolly'schen Quecksilberluftpumpe. Bei derselben theilte sich nämlich das an den oberen Theil der Pumpenkugel sich ansetzende Rohr aus Stahl in zwei Schenkel, von denen der eine seitlich, der andere oben im Recipiententeller der Pumpe mündete; in dem Verzweigungspunkte dieser zwei Schenkel befand sich ein Vierweghahn, so daß man das Innere der Pumpenkugel sowohl mit dem einen als dem andern Schenkel des Stahlstückes und außerdem noch durch eine Längsdurchbohrung des Hahnes mit der äußeren Atmosphäre in Verbindung setzen konnte; außerdem hatte der seitlich mündende Schenkel nochmals einen Hahn für sich allein. In dem im Recipiententeller mündenden Schenkel war ein Stahlstück geschraubt, von dem ein Schlauch durch den durchbohrten Fensterrahmen nach außen führte und ungefähr zwei Meter von dem Hause und etwa vier Meter über dem Boden im Freien endete; der andere Schenkel, welcher nach der Seite ging, führte zu den Trockenröhren. Durch Senken und Heben des Quecksilbergefäßes der Pumpe wurde bei geeigneter Stellung der Hähne in dem Stahlstück das Einfüllen der Luft in die Pumpenkugel und das Herauspressen derselben durch die Trockenröhren in den Apparat A bewerkstelligt.

Daß nicht etwa Quecksilberdämpfe durch Absorption von Wärmestrahlen auch hier das Resultat ungenau machten, davon überzeugte man sich, indem man zunächst den Apparat mit getrockneter Luft, die in einem Kautschukballon aufgefangen war, füllte und, ohne daß dieselbe vorher in Berührung mit Quecksilber gekommen war, zur Herstellung einer Curve benutzte; hierauf brachte man diese Luft mit

Quecksilber in Berührung und zwar einfach in der Weise, daß durch den Hahn α_3 der Apparat A und das mit Quecksilber gefüllte Glasrohr E in Communication gesetzt und durch Senken des Gefäßes F die Luft in das Rohr E gezogen wurde; nach mehrmaligem Wiederholen dieser Operation wurde mit derselben Füllung wiederum eine Curve gemacht, deren Höhe dann jedesmal genau mit der jener erst erhaltenen Curve übereinstimmte.

Die angegebene Methode, den Kohlensäuregehalt der Atmosphäre zu bestimmen, setzt natürlich voraus, daß in der der Strahlung ausgesetzten Luft keine anderen absorbirenden Gase in merklicher Quantität vorhanden sind als Kohlensäure; dieses ist nun wohl der Fall, da der Wasserdampf durch die Trockenapparate und das eventuell vorhandene Ammoniakgas durch die Phosphorsäure absorbirt wird. Die früheren Versuche hatten gezeigt, daß atmosphärische Luft, welche durch die Trockenapparate *und* durch Kalilauge gegangen war, keine Strahlen absorbirte.

Nach diesen Bemerkungen gebe ich in der folgenden Tabelle IX die Resultate von 50 Luftanalysen; das Laboratorium, in welchem die Versuche gemacht wurden, liegt außerhalb der Stadt auf einer Wiese. Die Bedeutung der einzelnen Columnen ist nach dem Früheren klar.

Tabelle IX.

<i>Zeit der Füllung.</i>			<i>Temperatur.</i>	<i>Höhe d. Curve.</i>	<i>Höhe red. auf 22° C.</i>	<i>Barometerstand bei 0°.</i>	<i>CO₂-Gehalt.</i>
				mm	mm	mm	Proc.
1.	7/7. 81.	10 ^h 15' Vorm.	23,0 ^o C.	3,3	3,3	749,4	0,027
2.	"	10 ^h 45'	23,7 ^o "	3,1	3,2	749,4	0,026
3.	"	11 ^h 15'	24,0 ^o "	3,0	3,1	749,3	0,025
4.	"	12 ^h	24,2 ^o "	3,0	3,1	749,3	0,025
5.	"	2 ^h 15' Nachm.	25,0 ^o "	3,2	3,2	748,8	0,027
6.	"	2 ^h 45'	25,0 ^o "	3,1	3,2	748,8	0,026
7.	"	3 ^h 30'	25,2 ^o "	2,9	3,0	748,6	0,023
8.	"	4 ^h 15'	25,3 ^o "	2,8	2,9	748,8	0,022
9.	"	4 ^h 45'	25,5 ^o "	2,9	3,0	748,8	0,023
10.	"	5 ^h 30'	25,5 ^o "	3,1	3,2	748,8	0,026
11.	"	6 ^h 15'	25,3 ^o "	3,1	3,2	748,8	0,026

<i>Zeit der Füllung.</i>				<i>Tempe- ratur.</i>	<i>Höhe d. Curve.</i>	<i>Höhe red. auf 22° C.</i>	<i>Barometer- stand bei 0°.</i>	<i>CO₂- Gehalt.</i>
					mm	mm	mm	Proc.
12.	8/7. 81.	8h	Vorm.	22,0 ⁰ C.	2,7	2,7	749,6	0,020
13.	"	9h	"	22,2 ⁰ "	3,2	3,2	749,2	0,026
14.	"	10h	"	22,6 ⁰ "	3,2	3,2	748,8	0,026
15.	"	11h	"	23,0 ⁰ "	3,1	3,1	748,5	0,025
16.	"	12h	"	23,0 ⁰ "	3,2	3,2	748,0	0,026
17.	"	2h30'	Nachm.	24,0 ⁰ "	3,3	3,4	746,9	0,027
18.	"	3h15'	"	24,2 ⁰ "	3,1	3,2	746,9	0,026
19.	"	4h	"	24,5 ⁰ "	2,8	2,9	746,4	0,022
20.	"	5h	"	23,8 ⁰ "	3,1	3,2	746,1	0,026
21.	"	6h	"	23,8 ⁰ "	3,1	3,2	745,6	0,026
22.	"	7h	"	23,7 ⁰ "	3,3	3,4	745,6	0,028
23.	"	9h	"	24,0 ⁰ "	3,4	3,5	745,3	0,030
24.	"	10h	"	24,5 ⁰ "	3,6	3,7	745,3	0,032
25.	"	11h	"	25,0 ⁰ "	3,5	3,6	745,1	0,031
26.	"	12h	"	25,0 ⁰ "	3,6	3,7	744,7	0,032
27.	9/7. 81.	1h	Vorm.	25,0 ⁰ "	3,4	3,5	744,4	0,030
28.	"	2h	"	24,8 ⁰ "	3,5	3,6	744,4	0,031
29.	"	3h	"	24,8 ⁰ "	3,7	3,8	744,4	0,034
30.	"	10h15'	"	24,0 ⁰ "	3,0	3,1	744,3	0,025
31.	"	10h45'	"	24,3 ⁰ "	3,1	3,2	748,6	0,026
32.	"	11h30'	"	24,5 ⁰ "	3,0	3,1	746,0	0,025
33.	"	12h15'	Nachm.	24,5 ⁰ "	3,1	3,2	746,0	0,026
34.	"	2h30'	"	24,5 ⁰ "	3,3	3,4	746,8	0,028
35.	"	3h15'	"	24,5 ⁰ "	3,2	3,3	746,9	0,027
36.	"	4h	"	24,5 ⁰ "	3,1	3,2	747,0	0,026
37.	"	5h	"	25,0 ⁰ "	3,1	3,2	747,2	0,026
38.	"	5h45'	"	25,0 ⁰ "	3,1	3,2	747,2	0,026
39.	"	8h45'	"	24,8 ⁰ "	3,0	3,1	748,5	0,025
40.	"	9h45'	"	25,3 ⁰ "	2,8	2,9	748,6	0,022
41.	"	10h15'	"	25,6 ⁰ "	2,8	2,9	748,6	0,022
42.	"	10h45'	"	26,0 ⁰ "	2,9	3,0	748,6	0,023
43.	"	11h45'	"	26,0 ⁰ "	3,0	3,1	748,6	0,025
44.	10/7. 81.	12h15'	Vorm.	25,8 ⁰ "	3,1	3,2	748,7	0,026
45.	"	12h45'	"	25,8 ⁰ "	3,0	3,1	748,7	0,025
46.	"	8h	"	23,8 ⁰ "	3,2	3,3	748,2	0,027
47.	"	8h30'	"	23,8 ⁰ "	3,3	3,4	747,8	0,028
48.	"	9h15'	"	23,5 ⁰ "	3,2	3,2	747,9	0,026
49.	"	9h45'	"	23,5 ⁰ "	3,2	3,2	747,9	0,026
50.	"	10h15'	"	23,5 ⁰ "	3,2	3,2	747,9	0,026

Die in vorhergehender Tabelle mitgetheilten Versuche sollen hauptsächlich dazu dienen, die Anwendbarkeit der be-

schriebenen Methode auf die Bestimmung des Kohlensäuregehaltes der Atmosphäre zu zeigen; gleichwohl ergibt sich, da nach den früheren Betrachtungen die Höhenmessungen der Curven bis auf 0,1 mm, mithin die in Tabelle IX enthaltenen Procentgehalte der Luft an Kohlensäure bis auf eine oder zwei Einheiten der dritten Decimale als genau angenommen werden können, aus der Tabelle IX noch Folgendes: Das Mittel aus den einzelnen Beobachtungen beträgt für den ersten Tag 0,025 Proc., für den zweiten 0,025 Proc., für den dritten 0,026 Proc. und für den vierten 0,027 Proc., wobei die größten Aenderungen des Kohlensäuregehaltes während der einzelnen Tage der Reihe nach betragen 0,005 Proc., 0,007 Proc., 0,003 Proc. und 0,002 Proc. Für die erste Nacht erhält man als Mittelwerth 0,031 Proc. und für die zweite 0,024 Proc., während hier die Maximaländerungen 0,006 Proc. resp. 0,002 Proc. betragen; die erste Nacht zeigt eine Zunahme um 0,006 Proc., die zweite dagegen eine kleine Abnahme von 0,002 Proc. gegen den jedesmal vorhergehenden Tag.

Abgesehen davon, daß es ohne Zweifel von Interesse ist, die früher auf chemischem Wege erhaltenen Resultate für den Kohlensäuregehalt der Luft auch durch physikalische Versuche bestätigt zu finden, bestehen die Vorzüge dieser neuen Methode hauptsächlich darin, daß bei ihr einmal nur verhältnißmäfsig kleine Quantitäten von Luft (1 bis 2 Liter) nöthig sind, daß ferner hier nur ganz einfache Operationen verwendet werden, und daß endlich jeder einzelne Versuch blofs ganz kurze Zeit in Anspruch nimmt; es war mir nämlich ganz gut möglich, in einer halben Stunde eine Untersuchung der Luft auf ihren Kohlensäuregehalt vollständig zu Ende zu bringen, wie ja auch hierfür die Tabelle IX einige Beispiele giebt.

Im Folgenden führe ich zum Vergleich eine Reihe von früheren, durch andere Beobachter gemachten Bestimmungen an:

- 1) Saussure 0,0415 Proc.;
- 2) Thenard 0,04 Proc.;

- 3) Boussingault 0,04 Proc. (Mém. de l'Acad. X);
- 4) Gilm 0,0382 Proc. bis 0,0458 Proc.;
- 5) Thorpe 0,03086 Proc. (Berl. Ber. II, S. 986);
- 6) Schulze 0,0292 Proc. (Naturf. IV, S. 359);
- 7) Henneberg 0,0332 Proc.;
- 8) Verver 0,0315 Proc. bis 0,041 Proc. (Berzelius' Jahrb. XXII, S. 45);
- 9) Truchot 0,04 Proc. (Compt. rend. LXXVII, S. 675);
- 10) Zittel 0,025 Proc. bis 0,050 Proc. (Wüstenluft) (Zeitsch. d. östreich. Gesellsch. f. Metereol. X, S. 175);
- 11) J. v. Fodor 0,038 Proc. (Naturf. 1875, S. 225);
- 12) Fittbogen und Hasselbach 0,034 Proc. (Gaea XII, S. 54);
- 13) Clason 0,0279 Proc. (Ber. d. deutsch. chem. Ges. IX, S. 176);
- 14) Reiset 0,0294 Proc. bis 0,0341 Proc. (Compt. rend. LXXXVIII, S. 1007);
- 15) Armstrong 0,0296 Proc. bis 0,036 Proc. (Proc. of the Roy. Soc. XXX, S. 343);
- 16) Levy 0,022 Proc. bis 0,036 Proc. (Compt. rend. XC, S. 32);
- 17) Müntz und Aubin 0,0288 Proc. bis 0,0422 Proc. (Compt. rend. XCII, S. 1229).

Unter diesen erwähnen besonders Reiset, Armstrong und Truchot, bei Nacht sei der Kohlensäuregehalt etwas größer als am Tage, was auch aus den von mir mitgetheilten Zahlen gefolgert werden kann.

Zum Schluß mache ich noch darauf aufmerksam, daß die beschriebene, zur Bestimmung des Kohlensäuregehaltes der Atmosphäre angewandte Methode vielleicht mit demselben Erfolge zur Bestimmung des Wasserdampfes der Luft

benutzt werden kann; man braucht nur Luft, die zu derselben Zeit aufgefangen ist, einmal getrocknet und einmal ungetrocknet in den Apparat zu bringen, und man erhält dann im ersten Fall die Curvenhöhe in Folge der Wärmeabsorption durch die Kohlensäure allein, im zweiten Falle dagegen bekommt man die Höhe in Folge der Absorption durch Kohlensäure und Wasserdampf; aus der Differenz der beiden Höhen könnte man dann auf den Gehalt an Wasserdampf schließen, wenn die Absorptionsverhältnisse des Wasserdampfes durch vorhergehende Versuche bekannt sind.

Physikalisches Laboratorium der Universität Gießen.

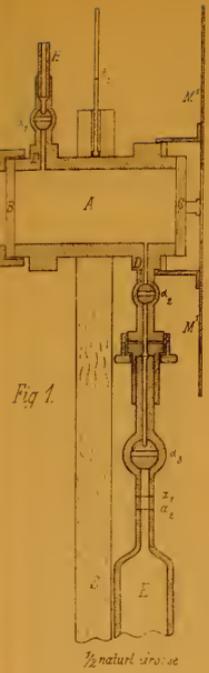


Fig. 1.

1/2 natürl. Grösse

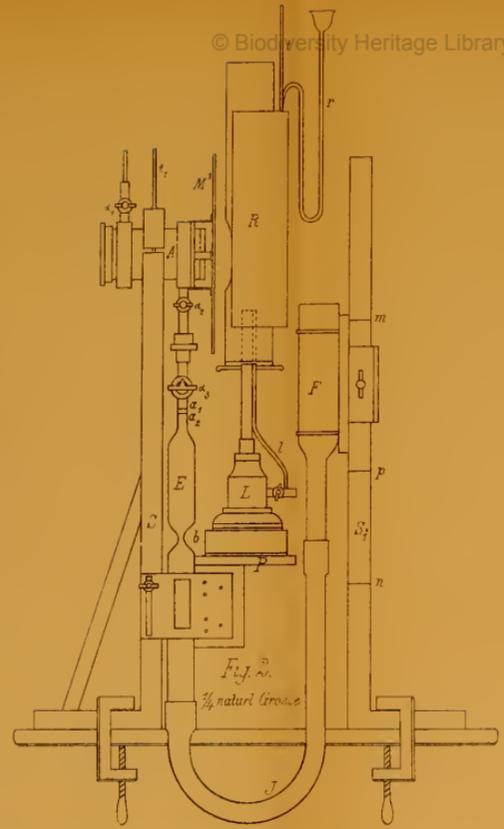


Fig. 2.

1/2 natürl. Grösse

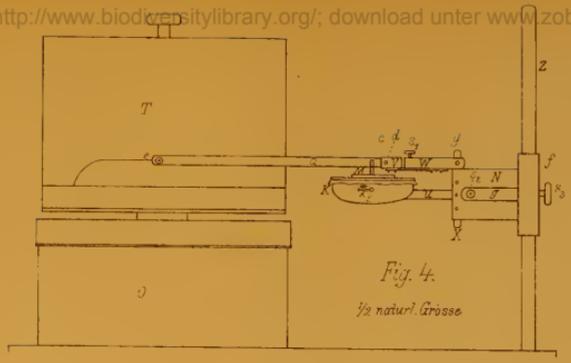


Fig. 4.

1/2 natürl. Grösse

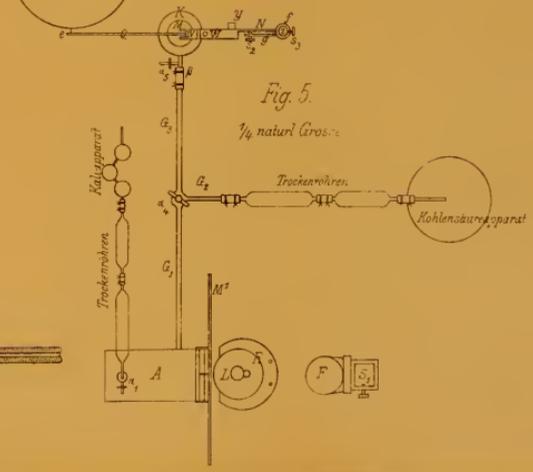


Fig. 5.

1/4 natürl. Grösse

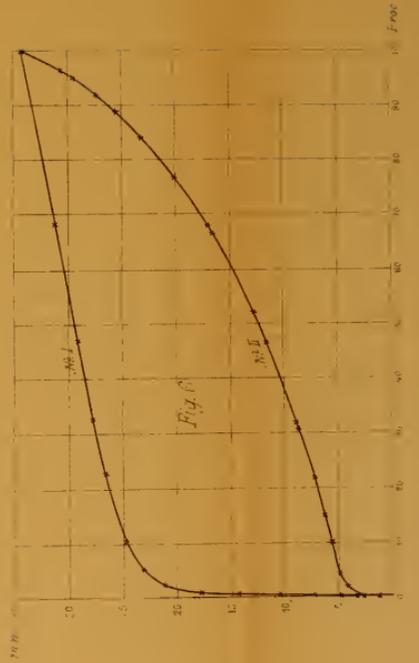


Fig. 6.



Fig. 3.

1/2 natürl. Grösse

Fig. 7.

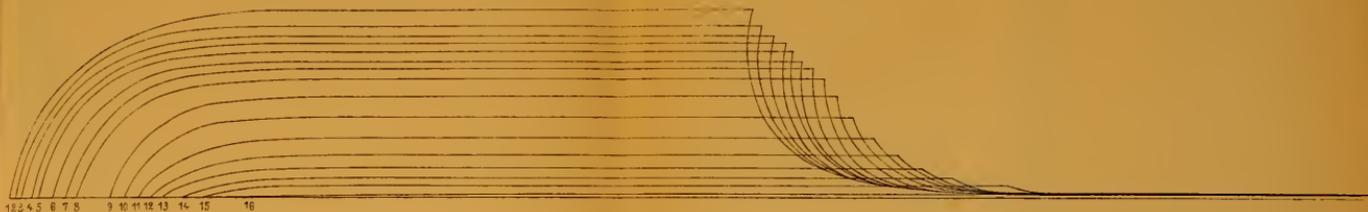


Fig. 8.

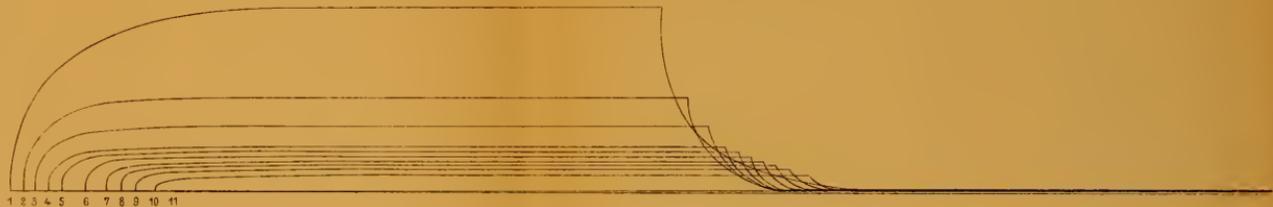
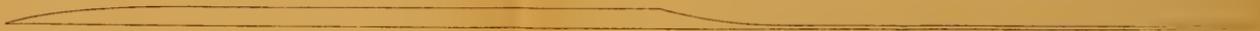


Fig. 9.



Fig. 10.



ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Bericht der Oberhessischen Gesellschaft für Natur- und Heilkunde](#)

Jahr/Year: 1882

Band/Volume: [21](#)

Autor(en)/Author(s): Heine Heinrich

Artikel/Article: [Ueber die Absorption der Wärme durch Gase und eine darauf beruhende Methode zur Bestimmung des Kohlensäuregehaltes der atmosphärischen Luft. 17-59](#)