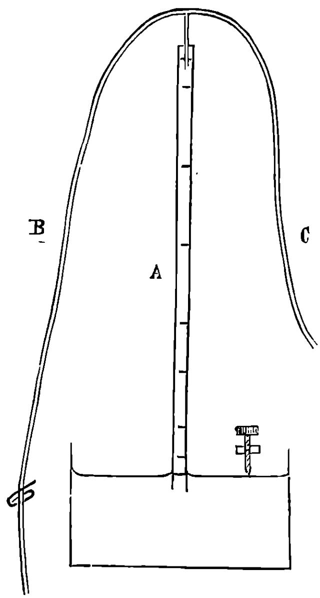
Versuche über Einströmung von Gasen.

Von dem w. M. **Viktor v. Lang.**

(Mit 1 Holzschnitt.)

Die nachfolgenden Versuche unterscheiden sich von denen, die Bunsen in den gasometrischen Methoden p. 217 u. ff. angibt, dadurch, dass der Druckunterschied dabei nicht constant erhalten wurde. Es konnte in Folge dessen auch der folgende einfachere Apparat angewendet werden. Die Glasröhre *A* ist beiläufig 90 Centimeter lang, ihr innerer Durchmesser überall 1·14 C.; dieselbe trägt eine Centimetertheilung von 0 bis 75 und steht vertikal so in einem grösseren Wasserreservoir, dass in der Röhre die Flüssigkeit gerade bis 0 reicht[1]. In das obere Ende der Röhre ist mit Kork und Siegellack ein messingenes T eingekittet und an den beiden Armen desselben sind



zwei nur 0·57 C. dicke Kautschukschläuche (*B, C*) befestigt. Der 140 C. lange Schlauch *B* ist durch einen Quetschhahn geschlossen, während der Schlauch *C* beiläufig 100 C. lang in die Vorrichtung endet, durch welche das Gas strömen soll, also etwa

[1] Der richtige Stand der Oberfläche im Wasserreservoir wurde wie bei Gefässbarometern durch eine gegen dieselbe gerichtete Spitze markirt, da es auf diese Weise leichter war, das durch Verdunstung verschwundene Wasser genau wieder zu ersetzen.

in ein kurzes Stück Glasrohr, das durch Platinblech geschlossen ist, in welches eine feine Öffnung gebohrt wurde. Die Beobachtung geschieht nun mit Hilfe von 7 Marken, als welche die Theilstriche 5, 10, 20, 30, 45, 60 und 70 gelten auf folgende Weise: Der Kautschukschlauch *C* wird mit den Fingern etwa luftdicht geklemmt, durch den Schlauch *B* aber die Luft aus der Glasröhre gesaugt, bis das Wasser in derselben über dem Theilstrich 75 steht. Hierauf wird durch den Quetschhahn auch der Schlauch *B* geschlossen und es darf sich jetzt der Stand des Wassers in der Röhre nicht ändern. Öffnet man nun den Schlauch *C*, so strömt Luft durch das Loch im Platinblech, gleichzeitig sinkt die Wasseroberfläche in der Röhre und sowie dieselbe eine der 7 Marken passirt, wird die Zeit mittelst einer Secundenuhr notirt. Will man mit einem anderen Gase, als atmosphärische Luft experimentiren, so muss man das Ende des Schlauches *C* in ein Gefäss tauchen lassen und in dasselbe einen genügenden Strom des zu untersuchenden Gases leiten. Natürlich geht aber das ganze Verfahren nur mit Gasen, die nicht zu rasch vom Wasser absorbirt werden.

Auf diese Art wurden zum Beispiel für die Einströmungszeiten der Luft durch eine feine Öffnung in Platinblech in vier aufeinanderfolgenden Versuchen folgende Zahlen gefunden:

Druckdifferenz	75	60	45	30	20	10	5
I.	0ˢ	13ˢ8	29ˢ8	49ˢ2	65ˢ8	87ˢ2	103ˢ6
II.	0	13·9	30·1	49·8	65·8	87·8	103·8
III.	0	—	29·6	49·0	65·7	87·5	103·1
IV.	0	13·8	29·7	49·6	65·7	87·6	103·5
Mittel	0	13·8	29·8	49·4	65·8	87·5	103·5

Die Übereinstimmung der einzelnen Versuche kann wohl sehr befriedigend genannt werden. Das Mittel derselben ist aber noch wegen des nicht vollkommen gleichen Querschnittes der Röhre zu corrigiren. Die angewendete Glasröhre wurde zwar ausgeschliffen, doch wurde damit nicht bis an die äusserste Grenze gegangen, da sich kleine Sprünge zu zeigen anfingen. Aus diesem Grunde wurde die ausgeschliffene Röhre inwendig auch nicht mehr polirt, und in der That traten nach und nach verschiedene Sprünge auf, welche um die ganze Röhre herumgehen, trotz derselben hält sie aber noch immer zusammen. Und auch die Richtigkeit des Volumens und der Theilung wurde durch diese Sprünge nicht alterirt, wie die Verifizirung der Theilung mit dem Kathetometer ergibt. Für das Volumen der Glasröhre aber wurde gefunden:

75—60	15·46 Kubikcentimeter
75—45	30·70
75—30	45·90
75—20	56·05
75—10	66·28
75— 5	71·41

Dividirt man die letzte Zahlenreihe durch $\frac{71·41}{70} = 1·02$, so wird dieselbe

15·16 30·10 44·99 54·95 64·98 70

und man sieht hieraus, dass die Volumina 75—60 und 75—45 verhältnissmässig zu gross, die Volumina 75—30, 75—20, 75—10 aber zu klein sind. Bedeutet daher n die Ausströmungszeit für das Volumen 75—60, so ist dieselbe in dem Verhältnisse $\frac{15·16}{15}$ zu gross; die richtige Ausströmungszeit ist daher:

$$n \frac{15}{15·16} = n - n \frac{0·16}{15·16} = n - 0·0106\, n.$$

Ist also n die beobachtete Ausströmungszeit, so ist die corrigirte Zeit

für	75—60,	$n - 0·0106n$
	75—45,	$n - 0·0033n$
	75—30,	$n + 0·0002n$
	75—20,	$n + 0·0009n$
	75—10,	$n + 0·0003n$
„	75— 5,	n.

Hiedurch gehen die früher angeführten Mittel über in

0 13·7 29·7 49·4 65·9 87·5 103·5.

Der Einfluss dieser Correction ist aber für die angewandte Röhre so gering, dass er in den meisten Fällen vernachlässigt werden könnte.

Zu bemerken ist noch, dass den letzten Zahlen nicht genau die Druckdifferenzen 75, 60, 45, 30, 20, 10, 5 entsprechen, da, wenn das Wasser in der Röhre sinkt, es im äusseren Reservoir etwas steigt, letzteres war aber so gross, dass die Niveauänderungen in demselben fast unbemerkbar waren.

Die Berechnung der Versuche geschieht auf folgende Weise:

Es sei

p die Höhe der Wassersäule in der Glasröhre, ausgedrückt in Centimetern, also die Druckdifferenz, durch welche das Einströmen des Gases bewirkt wird;

b der Barometerstand in Centimetern;

$s = 13{\cdot}596$ das specifische Gewicht des Quecksilbers, so dass bs den Barometerstand in Cent. Wasser gibt;

$\omega = 770$ das specifische Gewicht des Wassers mit Bezug auf die atmosphärische Luft;

σ das specifische Gewicht des einströmenden Gases;

$U = 109 + x$ das Volumen des Apparates in Kubikcent., d. i. das Volumen der Glasröhre, der beiden Kautschukschläuche und des Volumens x der Einströmungsvorrichtung;

$a = 1{\cdot}02$ das Volumen von 1 Cent. der Glasröhre;

q der Querschnitt der Einströmungsöffnung;

$g = 98{\cdot}09$ C. die Acceleration der Schwere;

t die Zeit in Secunden.

Für die Einströmungsgeschwindigkeit des Gases σ durch die Öffnung q in dünner Wand hat man nun bekanntlich den Ausdruck $\sqrt{2g\frac{p\omega}{\sigma}}$ und für das während der Zeit dt einströmende Gasvolumen vom Drucke b den Ausdruck:

$$dV = q\sqrt{2g\frac{p\omega}{\sigma}}\,dt. \tag{1}$$

Während der Zeit dt sinkt aber in der Glasröhre der Wasserstand von p auf $p-dp$. Um hieraus ebenfalls das Volumen des eingeströmten Gases zu finden, bemerken wir, dass bei der Druckdifferenz p das Gasvolumen $(U-ap)$ des Apparates unter dem Drucke $bs—p$ stand und daher auf den Druck bs reducirt, gleich

$$(U—ap)\frac{bs—p}{bs}$$

wird. Bei der Druckdifferenz $p—dp$ aber ist das Gasvolumen des Apparates $U—ap+adp$ geworden und steht nun unter dem Drucke $bs—p+dp$, so dass dasselbe auf den Druck bs reducirt

$$(U—ap+adp)\frac{bs—p+dp}{bs}$$

gibt. Subtrahirt man nun hiervon den letzten Ausdruck, so erhält man mit Vernachlässigung von Gliedern zweiter Ordnung der Kleinheit für das während dt eingeströmte Gasvolumen vom Drucke b

$$dV=\frac{abs+U—2ap}{bs}dp. \tag{2}$$

Gleichung (1) und (2) geben

$$\left(1—\frac{2a}{abs+U}p\right)\frac{dp}{\sqrt{p}}=—\frac{bs}{abs+U}q\sqrt{2g\frac{\omega p}{\sigma}}dt \tag{3}$$

woraus

$$\left(1—\frac{2}{3}\frac{ap}{abs+U}\right)\sqrt{p}=M—Nt \tag{I}$$

folgt, in welcher Gleichung M die Integrationsconstante und

$$N=\frac{bsq}{abs+U}\sqrt{2g\frac{\omega p}{\sigma}} \tag{4}$$

ist.

Für die früher mitgetheilten Beobachtungen wird, da $b=73·8$ war und diesem Falle nahezu $s=0$ also $U=109$ ist

$$\frac{2}{3}\frac{a}{abs+U}=0·0006007.$$

Berechnet man nun dieselben nach der Formel

$$(1—0·0006007\,p)\sqrt{p}=M—Nt$$

mit Hilfe der Methode der kleinsten Quadrate, so wird

$$M = 8{\cdot}2665$$
$$N = 0{\cdot}05843$$

woraus sich folgende gerechnete Werthe der früheren Beobachtungen ergeben:

p	75	60	45	30	20	10	5
t beobach.	0	13·8	29·8	49·4	65·8	78·5	103·5
t gerech.	—0·1	18·7	29·8	49·4	65·9	87·7	103·3
B—R	+0·1	0	—0·1	0	0	—0·2	+0·2

Für den Fall, dass das Gas durch einen porösen Körper einströmt, ist aber seine Geschwindigkeit nicht mehr proportional der Quadratwurzel aus der Druckdifferenz, sondern nach Bunsen und Andern proportional der ersten Potenz dieser Grösse, so dass in diesem Falle statt Gleichung (1)

$$dV = kpdt \tag{5}$$

zu setzen ist, wo k die betreffende Proportionalitäts-Constante bedeutet. Die Gleichungen (2) und (5) geben dann

$$\left(1 - \frac{2a}{abs + U}\right)\frac{dp}{p} = \frac{kbs}{abs + U}\,dt \tag{6}$$

woraus

$$\log\mathrm{nat}\,p - \frac{2ap}{abs + U} = M - \frac{kbst}{abs + U} \tag{7}$$

folgt. Durch Multiplication mit dem Modulus des briggischen Logarithmensystems (0·43429) gibt die letzte Gleichung

$$\log\mathrm{brigg}\,p - 0{\cdot}86858\,\frac{ap}{abs + U} = M - Nt \tag{II}$$

$$N = 0{\cdot}43429\,\frac{kbs}{abs + U}\,. \tag{8}$$

Versuche mit Loch in dünner Wand.

Diese Versuche wurden hauptsächlich unternommen, um an denselben die Brauchbarkeit der angewandten Methode für die folgenden Beobachtungen zu untersuchen. Sie wurden, wie schon erwähnt, mit einem Glasröhrchen angestellt, das durch Platinblech mit einem feinen Loche geschlossen war und das zu einem Apparat nach Bunsen gehört, mit welchem die Dichtigkeit der Gase durch ihre Ausströmungszeit gefunden wird. (Gasometrische Methoden p. 128.) Die erhaltenen Resultate sind befriedigend und bestätigen aufs neue den Satz, dass für diesen Fall die Ausströmungsgeschwindigkeit proportional der Quadratwurzel der Druckdifferenz ist, wenigstens bis zu einer Differenz von 75 Cent. Wasser oder 5·5 Cent. Quecksilber. Ich führe nur einige der angestellten Beobachtungen an, wobei die erste Zeile Datum, Barometerstand und Zimmertemperatur nach Celsius, die zweite Zeile den Namen des einströmenden Gases und die Anzahl der zur Berechnung der Mittel verwendeten Beobachtungen enthält. Diese Mittel, corrigirt wegen des ungleichen Volumens der Röhre, stehen in der dritten Zeile, darunter die Differenz zwischen Beobachtung und Rechnung, welche nach der zuletzt stehenden Formel ausgeführt wurde, deren Constanten nach der Methode der kleinsten Quadrate ermittelt sind.

9. Jänner 1871, 73·8 C., 21°5.

Luft, 4 Beobachtungen.

0	13·7	29·7	49·4	65·9	87·5	103·5
+0·1	0	—0·1	0	0	—0·2	+0·2

$$(1-0{\cdot}0006007\,p)\sqrt{p} = 8{\cdot}2665 - 0{\cdot}05843\,t.$$

Kohlensäure, 5 Beobachtungen.

0	17·0	37·0	61·2	81·6	108·6	128·2
0	0	+0·1	—0·1	0	—0·1	+0·1

$$(1-0{\cdot}0006007\,p)\sqrt{p} = 8{\cdot}2688 - 0{\cdot}04716\,t.$$

Da nach Gleichung (4) der Coëfficient von t verkehrt proportional der Quadratwurzel aus der Dichte des einströmenden Gases ist, so geben die zwei angeführten Beobachtungsreihen für die Dichte der Kohlensäure

$$\left(\frac{5843}{4716}\right)^2 = 1{\cdot}535$$

statt des richtigen Werthes 1·520. Ich habe nun die Versuche oft wiederholt, um in dieser Hinsicht eine bessere Übereinstimmung zu erhalten. Allein die Versuche mit Kohlensäure zeigten untereinander kleine Differenzen, deren Natur mir nicht klar wurde. Ich gab mir Mühe, die Entwickelung der Kohlensäure fast ohne Temperaturerhöhung mit einer Lösung von doppeltkohlensaurem Natron und Krystallen von Weinsteinsäure vorzunehmen. Ich habe auch wiederholt das Platinblech gereinigt und sogar ausgeglüht, aber gerade da schienen sich die grössten Differenzen zu ergeben. Vielleicht, dass doch die Verdichtung der Kohlensäure am Platinblech diese Differenz bewirkt. Ich führe nur noch zwei Versuche an, nach welchen durch die Reinigung die Öffnung im Platinbleche sonderbarer Weise immer enger wurde.

9. März, 75·5 C., 8°4.

Luft, 4 Beobachtungen.

0	16·1	34·5	57·1	76·0	101·0	119·4
—0·1	+0·1	0	0	0	—0·1	+0·2

$$(1-0{\cdot}0005882\,p)\,\sqrt{p} = 8{\cdot}2820 - 0{\cdot}05078\,t.$$

Kohlensäure, 5 Beobachtungen.

0	19·4	42·2	70·1	93·1	123·6	146·3
0	0	0	+0·1	—0·1	—0·4	+0·3

$$(1-0{\cdot}0005882\,p)\,\sqrt{p} = 8{\cdot}2775 - 0{\cdot}04142\,t.$$

Die Versuche ergeben für die Dichte der Kohlensäure

$$\left(\frac{5078}{4142}\right)^2 = 0{\cdot}503.$$

Versuche mit Schiesspapier.

Schiesspapier, d. i. Papier nach Art der Schiessbaumwolle bereitet, wurde auf die Öffnung eines kleinen Glastrichters geklebt, die Röhre des letzteren aber an den Kautschukschlauch C befestigt. Die freie kreisförmige Oberfläche des Schiesspapieres beträgt so beiläufig 16·6 Quadratcent., der Inhalt des Trichters aber 19 Kubikcent., so dass für diese Versuche $U = 109 + 19 = 128$ zu setzen ist. Die Dicke des Papieres ist beiläufig 0·014 Mm. und das Gewicht von 1 Quadratcent. gleich 0·0124 Grm. Die folgenden Versuche wurden natürlich nach der Formel II für poröse Einströmungsöffnungen berechnet, mit welcher sie gut stimmen.

30. Jänner, 75·2 C., 15°

Luft, 4 Beobachtungen.

0	2·0	4·7	8·5	12·4	19·5	26·5
0	+0·2	0	—0·1	—0 1	0	0

$$\log p - 0{\cdot}000757\,p = 1{\cdot}8168 - 0{\cdot}04238\,t.$$

Nach diesem Versuche wurde auf dem Schiesspapier ein Sector von 60° mit einer Siegellacklösung bestrichen, so dass jetzt die Einströmung nur durch $^2/_3$ der früheren Fläche stattfinden konnte; so wurde erhalten:

Luft, 4 Beobachtungen.

0	3·3	7·3	13·2	19·3	30·0	41·2
0	+0·2	0	—0·1	—0·1	—0·2	+0·2

$$\log p - 0{\cdot}000757\,p = 1{\cdot}8184 - 0{\cdot}02739\,t.$$

Es wurde nun noch ein Sector von 120° bestrichen, so dass die Einströmungsfläche nur mehr nahezu ein Drittel der ursprünglichen betrug. Folgende Resultate wurden erhalten:

Luft, 3 Beobachtungen.

0	6·2	14·6	26·3	38·1	59·1	81·2
—0·1	—0·1	+0·2	+0·1	—0·2	—0·3	+0·5

$$\log p - 0{\cdot}00075\,p = 1{\cdot}8202 - 0{\cdot}01394\,t.$$

Kohlensäure, 3 Beobachtungen.

0	5·9	13·6	24·7	36·5	56·5	77·5
—0·1	0	—0·1	—0·3	0	—0·1	+0·6

$$\log p - 0{\cdot}000757\,p = 1{\cdot}8194 - 0{\cdot}01461\,t.$$

Die drei mit Kohlensäure angestellten Beobachtungen stimmten fast vollkommen miteinander überein; sie geben das interessante Resultat, dass Kohlensäure schneller durch Schiesspapier geht als Luft. Es wurde nun noch ein Versuch mit Leuchtgas angestellt.

31. Jänner, 75·9, 20°6.

Leuchtgas, 3 Beobachtungen.

0	4·2	9·3	16·9	24·8	38·7	52·8
0	+0·2	0	—0·2	—0·2	0	+0·1

$$\log p - 0\cdot000751\, p = 1\cdot8182 - 0\cdot02132\, t.$$

Versuche mit Thonzellen.

Die Thonzellen wurden hiebei mit Siegellack auf eine Messingplatte gekittet, welche in der Mitte ein Loch hat. Über dieses Loch ist ein conisches Messingrohr gelöthet, das an den Kautschukschlauch befestigt wurde.

Die Zelle D hat innen und aussen die Gestalt eines Cylinders; ihr innerer Durchmesser ist 3·45, ihr äusserer 4·15 Cent., die Länge des innern Cylinders ist 7·35, die des äusseren 7·68 Cent. Ihr inneres Volumen beträgt 71 Kubikcent., so dass für die folgenden Versuche $U = 104 + 71 = 180$ ist.

10. Jänner, 73·6 C., 16°

Luft, 3 Beobachtungen.

0	9·5	21·6	39·6	57·9	89·5	121·5
—0·2	+0·1	—0·1	+0·1	+0·2	0	—0·1

$$\log p - 0\cdot000741\, p = 1\cdot8181 - 0\cdot009232\, t.$$

Kohlensäure, 4 Beobachtungen.

0	10·3	23·7	43·2	63·1	97·7	133·5
—0·1	+0·1	—0·1	0	—0·1	—0·3	+0·2

$$\log p - 0\cdot000741\, p = 1\cdot8168 - 0\cdot008416\, t.$$

Andere Versuche wurden mit der Zelle C angestellt, welche verhältnissmässig sehr dünn ist, und die Gestalt eines Cylinders mit aufgesetzter Halbkugel hat. Die Wandstärke ist überall nahezu 0·18 Cent. und das innere Volumen 74 Kubikcent., so dass $U = 109 + 74 = 183$ zu setzen ist.

10. Jänner, 73·6 C., 16°

Luft, 3 Beobachtungen.

0	3·0	6·9	12·3	18·0	28·0	38·0
—0·1	0	+0·1	—0·1	—0·1	0	0

$$\log p - 0\cdot000741\,p = 1\cdot8213 - 0\cdot02963\,t.$$

Kohlensäure, 5 Beobachtungen.

0	3·0	7·0	12·7	18·4	28·4	38·8
—0·1	0	+0·1	+0·1	0	—0·1	—0·1

$$\log p - 0\cdot000741\,p = 1\cdot8213 - 0\cdot02906\,t.$$

Man sieht, dass während bei der Zelle *D* die Kohlensäure beiläufig um $^1/_{10}$ mehr Zeit zum Einströmen als die Luft brauchte, für die Zelle *C* dieser Unterschied fast ganz verschwindet. Während bei den zwei Zellen *C* und *D* die einzelnen Beobachtungen unter sich und mit der Rechnung sehr gut stimmten, gab eine conisch geformte Zelle in den einzelnen Versuchen sehr variable Werthe. So stieg die ganze Einströmungszeit für Kohlensäure in sechs aufeinanderfolgenden Versuchen von 139 auf 176 Secunden, während hierauf für Luft die Zahlen 165, 167 und 169·5 gefunden wurden.

Versuche mit Gyps.

In ein kurzes Stück einer weiten Messingröhre wurde an einer Seite eine bei 100° getrocknete Gypsscheibe gekittet, an der andern Seite aber ein Glasrohr, wodurch diese Einströmungsvorrichtung an den Kautschukschlauch *C* befestigt wurde. Das Volumen desselben betrug beiläufig 14 C., also $U = 107 + 14 = 121$, die Oberfläche der Gypsscheibe war beiläufig 8 Quadratcent., ihre Dicke 0·79 Cent.

29. März, 74·6 C., 10°

Luft, 4 Beobachtungen.

0	11·9	27·6	50·3	73·5	113·5	154·9
—0·5	—0·3	—0·1	0	+0·2	0	+0·7

$$\log p - 0\cdot000766\,p = 1\cdot8210 - 0\cdot007299\,t.$$

Kohlensäure; vier aufeinanderfolgende Beobachtungen gaben für die ganze Einströmungszeit die Werthe 147·3, 145·5, 145·0, 144·5 Secunden, dieselbe wurde also immer kürzer; das Mittel der drei letzten Beobachtungen gibt corrigirt:

0	11·0	25·5	46·6	68·2	105·5	145·0
+0·1	+0·1	0	—0·1	—0·2	—0·7	+0·6

$$\log p - 0\cdot000766\,p = 1\cdot8165 - 0\cdot007763\,t.$$

Also auch hier strömt Kohlensäure rascher als Luft ein. Als wieder letztere einströmen gelassen wurde, ergaben sich für die ganze Einströmungszeit die Zahlen 152·3, 153·7, 154·0.

Versuche mit gläsernen Capillarröhren.

Diese Versuche, nach Formel (II) berechnet, gaben Abweichungen, die viel grösser sind, als dass sie durch Beobachtungsfehler erklärt werden könnten. Es scheint fast, als ob diese Störungen von dem Einflusse der Röhrenwandungen auf die durchströmenden Gase herrührten, indem auch die einzelnen Beobachtungen sich meist continuirlich änderten. Ich will daher für einige der angestellten Versuche die einzelnen Beobachtungen selbst angeben, und dann erst das Mittel aus den am besten harmonirenden Beobachtungen[1] mit Formel (II) vergleichen, in welcher hier $U = 109$ zu setzen ist. Ich führe zuerst die Beobachtungen an, die mit einem Rohr von elliptischem Querschnitt angestellt wurden. Die beiden Axen der Ellipse wurden mit Hilfe des Mikroskopes zu 0·7112 und 0·2015 Mm. bestimmt, so dass der Querschnitt beiläufig 0·1125 Quadratmillim. beträgt. Die Länge des Rohres, das an den Schlauch C befestigt wurde, war 17·2 C.

12. März 75·5 C., 9°

Luft:

*I.	0	22·7	52·0	93·4	135·6	206·9	281·9
II.	0	21·8	50·2	90·9	132·3	202·8	277·0
III.	0	21·9	50·2	90·8	132·2	203·0	276·8
	0	21·6	50·0	90·8	132·3	202·9	276·9
	—0·8	—0·2	+0·2	+0·6	+0·7	—0·8	+0·2

$$\log p - 0\cdot000766\,p = 1\cdot8211 - 0\cdot00407\,t.$$

[1] Die nicht zur Berechnung der Mittel verwendeten Beobachtungen sind mit einem Sternchen bezeichnet.

Es wurde nun ein Stück der Röhre abgebrochen, so dass die Länge des übrigbleibenden Stückes 7·92 Cent. betrug.

Dieses gab:

13 März, 75·0 C., 9°

Luft:

*I.	0	20·9	24·4	43·9	63·6	97·4	132·4
II.	0	—	24·3	43·5	63·3	96·9	131·9
III.	0	10·7	24·2	43·7	63·4	97·0	132·0
IV.	0	10·5	24·2	43·4	63·6	97·2	131·9
V.	0	10·9	—	43·6	63·3	97·1	132·0
VI.	0	10·9	24·4				
VII.	0	10·7	24·3				
VIII.	0	10·5	24·2				
IX.	0	10·7	24·3				
	0	10·6	24·2	43·7	63·4	97·3	131·9
	—0·6	—0·1	+0·2	+0·5	+0·4	+0·1	—0·3

$$\log p - 0{\cdot}000771\,p = 1{\cdot}8229 - 0{\cdot}008529\,t.$$

Kohlensäure:

*I.	0	9·3	20·9	32·1	53·4	81·4	110·5
II.	0	9·0	20·5	36·7	52·9	81·0	109·8
III.	0	9·0	20·5	36·7	52·8	80·6	109·3
IV.	0	9·0	20·4	36·5	52·6	80·4	109·0
V.	0	9·1	20·9	36·7	53·0	80·8	109·3
	0	8·9	20·5	36·6	52·8	80·7	109·3
	—0·8	—0·1	+0·4	+0·6	+0·4	—0·1	—0·4

$$\log p - 0{\cdot}000771\,p = 1{\cdot}8254 - 0{\cdot}010305\,t.$$

Die Erscheinung, dass Kohlensäure schneller durch das Capillarrohr geht als Luft, wiederholte sich auch bei dem zweiten benutzten Rohr, das einen nahezu kreisförmigen Querschnitt von 0·2547 Mm. Durchmesser und 0·0509 Quadratmillim. Fläche hatte; auch hatte dasselbe durchaus das gleiche Volumen. Ein 12·85 C. langes Stück dieses Rohres gab, nachdem zur Reinigung wiederholt Quecksilber durchgeleitet worden war, folgende Zahlen:

29. Jänner 74·6 C., 15°

Luft.

*I.	0	38	88	165	244	382	525
II.	0	50	113	204	298	—	—
III.	0	52	115	205	300	460	—
IV.	0	49	112	—	297	457	625
	0	49·8	113·0	204·6	298·6	458·6	625·0
	—2·8	—0·2	+0·2	+0·8	+1·6	—0·8	+1·2

$$\log p - 0\cdot000775 p = 1\cdot8226 - 0\cdot001808 t.$$

Nachdem das Rohr bis auf 3·55 C. Länge abgebrochen worden war, fand man:

Luft.

*I.	0	15·3	35·0	62·6	90·1	136·6	185·4
II.	0	15·0	34·0	61·0	88·5	134·5	182·0
III.	0	15·4	34·4	61·4	88·6	134·4	182·4
	0	15·0	34·1	61·2	88·6	134·5	182·2
	—1·5	—0·3	+0·5	+1·0	+1·2	—0·2	—0·5

$$\log p - 0\cdot0000775 p = 1\cdot8309 - 0\cdot007219 t$$

Kohlensäure.

*I.	0	13·9	31·4	55·5	79·5	119·5	161·5
*II.	0	13·5	30·5	54·2	77·7	116·9	157·7
III.	0	13·5	30·2	53·7	76·7	116·2	156·7
	0	13·4	30·1	53·7	76·8	116·2	156·7
	—1·8	—0·3	+0·5	+1·5	+1·2	—0·1	—0·9

$$\log p - 0\cdot000775 p = 1\cdot8309 - 0\cdot007219 t.$$

Als wieder Luft einströmen gelassen wurde, so hielt man für die ganze Einströmungsdauer 181, 180·8 Secunden, am nächsten Tage 180 und 180 Secunden ($b = 75\cdot2$). Ein Stück das von der 12·85 langen Röhre abgebrochen worden war, und 5·9 Cent. mass, gab:

8. März, 75·2 C., 8°2.

Luft.

*I.	0	24·2	55·1	98·5	141·7	214·2	287·7
II.	0	23·2	52·5	94·3	136·4	207·7	281·2
III.	0	22·6	52·0	93·6	135·8	207·2	280·8
IV.	0	22·4	51·8	93·3	135·5	206·9	279·7
	0	22·5	52·1	93·4	136·0	207·3	280·6
	—1·7	—0·5	+0·9	+1·1	+1·7	—0·2	—1·1

$$\log p - 0\cdot000769 p = 1\cdot8243 - 0\cdot003890 t.$$

Ein anderes Stück dieses Capillarrohres, 4·09 C. lang, gab successive folgende Zahlen:

15. Jänner 74·6 C., 15°2.

Luft:

*I.	0	17·0	38·7	69·7	100·7	153·7	207·7
II.	0	17·0	39·3	70·4	102·0	155·7	209·8
III.	0	17·4	39·6	70·7	102·2	155·6	210·6
IV.	0	17·2	39·2	70·4	102·0	155·2	210·0
	0	17·0	39·3	70·5	102·0	155·5	210·1
	—1·5	—0·4	+0·7	+1·2	+1·2	0	—1·0

$$\log p - 0\cdot000775\,p = 1\cdot8258 - 0\cdot005360\,t.$$

Kohlensäure.

*I.	0	16·0	36·1	64·4	92·4	140·0	189·1
II.	0	15·6	35·9	64·0	91·6	138·8	186·6
III.	0	16·0	36·0	63·7	91·6	138·6	186·6
IV.	0	15·8	35·9	63·8	91·8	138·8	186·8
	0	15·7	35·8	64·0	91·8	138·8	186·7
	—2·1	—0·5	+0·8	+1·7	+1·6	—0·1	—1·4

$$\log p - 0\cdot000775\,p = 1\cdot8300 - 0\cdot006033\,t.$$

Luft.

*I.	0	19·1	42·8	76·6	109·6	165·6	221·6
II.	0	18·5	41·5	74·5	107·5	162·7	218·5
III.	0	18·0	41·2	74·2	107·0	162·2	218·7
	0	18·0	41·2	74·4	107·3	162·5	218·7
	—2·0	—0·6	+0·5	+1·7	+1·9	0	—1·6

$$\log p - 0\cdot000775\,p = 1\cdot8278 - 0\cdot005142\,t.$$

17. Jänner, 73·5 C., 14°8.

Leuchtgas.

I.	0	12·2	28·0	50·0	72·0	110·7	149·0
II.	0	12·4	28·3	50·3	73·0	110·3	149·4
	0	12·2	28·1	50·2	72·6	111·6	149·2
	—1·2	—0·3	+0·5	+0·7	+0·7	+0·7	—1·2

$$\log p - 0\cdot000785\,p = 1\cdot8252 - 0\cdot007513\,t.$$