

änderung die Breiten der übereinanderstehenden Linien  $D_*$  und  $D_\beta$  möglichst gleich gemacht; will man also das Verhältniss der mechanischen Intensitäten, so muss man die Zahl 1,60 noch multipliciren mit dem Verhältniss der Breite von  $D_\beta$  zur Breite von  $D_*$ . Bis jetzt gelang es mir nicht, mit den mir zu Gebote stehenden Mitteln sicher einen Unterschied der Breiten zu constatiren; ich hoffe aber, in nächster Zeit mit verbesserten Instrumenten die Frage wieder aufnehmen zu können. Verschiedene Breiten der Spaltbilder von  $D_*$  und  $D_\beta$  (abgesehen von der Aenderung der Spaltbildbreite mit dem Brechungscoefficienten) würden darauf hinweisen, dass die eine der beiden Linien, oder beide, nicht homogenes Licht enthalten, sondern Strahlen verschiedener, wenn auch sehr wenig verschiedener Wellenlängen in ihnen vereinigt sind; genaue Messung der Breiten könnte näheren Aufschluss über diese Verhältnisse geben.

Eine eingehendere Untersuchung des Verhältnisses  $D_\beta/D_*$  für verschiedene Flammen und für verschiedene Stellen einer Flamme habe ich bereits in Angriff genommen, und gedenke meine Resultate in nicht zu ferner Zeit veröffentlichen zu können.  
Stuttgart, im December 1880.

### III. Ueber die Verdichtung von Gasen an Oberflächen in ihrer Abhängigkeit von Druck und Temperatur; von Heinrich Kayser.

Erster Theil.

§ 1. Die Beobachtung, dass die Gase durch feste Körper angezogen und an deren Oberfläche verdichtet werden, ist schon sehr alt. Naturgemäss fiel sie zuerst bei solchen Körpern in die Augen, bei welchen die Oberfläche im Verhältniss zum Volumen sehr gross ist, also an porösen Körpern, die in dieser Hinsicht zuerst von Saussure<sup>1)</sup> untersucht wurden. Ihm folgten dann, namentlich in der Untersuchung verschiedener Arten von Holzkohle, mehrere andere

1) Saussure, Gilb. Ann. 47. p. 113. 1812.

Beobachter, wie Smith und Hunter, die zum Theil die merkwürdigsten Gesetze dabei gefunden haben wollen.

Schon Saussure kannte die beiden für die Grösse der Adsorption massgebenden Factoren, den Druck und die Temperatur, da er Erniedrigung des Druckes oder Erhöhung der Temperatur zur Befreiung der porösen Körper von Gasen benutzte. Aber weder er noch seine Nachfolger haben untersucht, in welcher Weise diese beiden Factoren wirken, was doch die erste Bedingung zur Kenntniss dieser Vorgänge ist.

Wenn nun einerseits die Verdichtung durch solche Körper, wie Kohle, sehr bedeutend und daher leicht messbar ist, und ihre Benutzung sich empfiehlt, um die Gesetze der Adsorption im allgemeinen daran zu studiren, so ist doch andererseits die Beobachtung der Erscheinungen eine nur qualitative, da die Grösse der verdichtenden Oberfläche ganz unbekannt ist, und daher die Zahlen nur für das Stück des Körpers, an dem sie bestimmt sind, streng gültig sind. Practisch und theoretisch verwerthbar werden aber erst die Ergebnisse, in denen keine unbekannt Grösse mehr steckt, in denen man es also mit bekannten Oberflächen zu thun hat.

Dass auch schon an kleineren Oberflächen, wie solche Glas- und Metallplatten darbieten, die Verdichtung der Gase unter Umständen sehr bemerklich ist, haben zahlreiche Erscheinungen gezeigt, — ich erinnere nur an die Waidele'schen Versuche zur Erklärung der Moser'schen Hauchbilder<sup>1)</sup> — und niemand, der einmal versucht hat, eine Geissler'sche Röhre herzustellen und die Schwierigkeiten kennen gelernt hat, welche die Entfernung der an den Wänden haftenden fremden Gase bereitet, wird das Vorhandensein der Verdichtung leugnen. Wenn aber auch die Verdichtung sich häufig bemerklich macht, so hat man es doch mit ungemein kleinen Grössen zu thun, und an eine Messung kann man nur denken, wenn es gelungen ist, im Vergleich zum Volumen sehr grosse Oberflächen herzustellen. Den

---

1) Waidele, Pogg. Ann. 59. p. 255. 1843.

Weg, der hier wohl der zweckmässigste ist, hat Magnus<sup>1)</sup> eingeschlagen: er wandte das zu untersuchende Material, — bei ihm Glas — in der Form von Fäden an, deren Länge und Durchmesser, und daher auch deren Oberfläche er kannte. Der gleichen Methode bedienten sich dann Fr. Weber und P. Chappuis.<sup>2)</sup> Ihre Zahlen sind aber noch durchaus keine absoluten Zahlen; sie geben nur die Gasmenge, die sich zwischen 0° und 100°, resp. 180° und bei einem ziemlich constanten Drucke von den Wänden loslöst, nicht aber die gesammte, bei diesen Temperaturen und Drucken adsorbirte Gasmenge. Vor allen Dingen aber erstrecken sich die Versuche nicht auf verschiedene Temperaturen und Drucke, sodass man für Temperaturen, die zwischen den oben angegebenen liegen, zu Hypothesen über den Verlauf der Adsorption greifen musste, etwa, dass sie umgekehrt proportional der Temperatur sei, was nach meinen Versuchen falsch gewesen wäre.

Da nun die Kenntniss der Verdichtung von fundamentaler Wichtigkeit ist für sämtliche Untersuchungen, bei welchen man es mit Gasen zu thun hat, da durch sie die Wärmeausdehnungscoefficienten und die Verhältnisse der Compressibilität der Gase zum Theil gar nicht unerheblich modificirt werden können, so schien es mir dringend wünschenswerth, die Untersuchung dieser Vorgänge in einem solchen Umfange auszuführen, dass es möglich sei, für jeden Druck und jede Temperatur die per Quadratcentimeter Fläche verschwundene Gasmenge anzugeben, die verdichtete Menge also als Function von Temperatur und Druck darzustellen.

Da bei porösen Körpern die Erscheinungen so viel auffallender sind, auch die Untersuchung im Hinblick auf das Volumenometer, welches ja hauptsächlich für poröse oder pulverförmige Körper angewandt wird, nicht ohne practisches Interesse erschien, so beabsichtigte ich zunächst für eine möglichst gut definirbare Art von Holzkohle, als welche ich Buchsbaumkohle wählte, die Verdichtung in dem oben an-

---

1) Magnus, Pogg. Ann. 89. p. 604. 1853.

2) Chappuis, Wied. Ann. 8. p. 1. 1879.

gegebenen Umfange festzustellen. Während ich noch damit beschäftigt war, wurde mir bekannt, dass Hr. Joulin in Toulouse im Frühjahr dieselbe Untersuchung durchgeführt hat<sup>1)</sup>; da unsere Resultate über den Einfluss der Temperatur und des Druckes gut übereinstimmten, habe ich die vollständige Durchführung der Aufgabe für Kohle fallen gelassen und mich zu dem weit interessanteren Theile der Untersuchung, zu den Oberflächen von bekannter Grösse gewandt.

Im folgenden Paragraphen soll eine Beschreibung des angewandten Apparates und der Versuchsmethode folgen. Daran schliessen sich dann die mit Kohle erhaltenen Resultate, unter denen die Versuche mit Luft am weitesten ausgedehnt sind, während Joulin Luft gar nicht untersucht hat. Es sollen dann in einem späteren Theile der Arbeit die Verdichtungen an bekannten Oberflächen von Glas und einigen anderen wichtigen Stoffen folgen.

§ 2. Die Apparate, mit denen ich gearbeitet habe, waren, mit kleinen Unterschieden, wie der auf Taf. V Fig. 1 abgebildete gebaut. *A* ist der die adsorbirenden Körper aufnehmende Glasballon, der mit einem Schliffstück endigt; er kann dadurch leicht vom übrigen Apparat abgenommen, gefüllt, entleert oder gereinigt werden. Es schliesst sich daran das gebogene Glasrohr *B* mit Glashahn *C* und einem zweiten Schliff. Dieser passt in das etwa 1 m lange Rohr *D*, an welchem sich zwei Ansätze mit Glashähnen *E* und *F* befinden. Mit *D* ist mittelst des Schlauches *G* das verschiebbare Rohr *H* verbunden, welches dazu dient, den Druck im Apparat beliebig zu verändern. Das Rohr *D* ist in Centimeter getheilt und genau calibriert bis an die Hähne *C*, *E* und *F*. Der Hahn *E* ist durch eine Glasfeder mit der Quecksilberpumpe, Hahn *F* durch eine Glasröhre und ganz kurze Schlauchstücke mit dem Gasometer verbunden. Das ganze Adsorptiometer war an einem festen Holzgestell angeschraubt.

Die Versuche wurden folgendermassen ausgeführt: Nachdem *A* mit der adsorbirenden Substanz gefüllt und am Apparat befestigt war, wurde, während Hahn *F* geschlossen

1) Joulin, Mém. de l'acad. de Toulouse 1880. Vol. 2. 36 pp. Beibl. 4. p. 762.

war, mittelst einer Töpler-Hagen'schen Quecksilberluftpumpe<sup>1)</sup> bis auf etwa 0,001 mm evacuirt. Gleichzeitig wurde *A* in ein Oelbad von über 300° gebracht und darin, je nach der adsorbirenden Substanz 6 bis 24 Stunden gelassen, während von Zeit zu Zeit einige Pumpenzüge das losgelöste Gas entfernten. Die angegebene Temperatur und Druckerniedrigung genügen zweifellos, um das anhaftende Gas bis auf die letzten Spuren zu beseitigen. Dann wurde *E* und *C* geschlossen und der Ballon *A* in Eis oder ein Bad von der gewünschten Temperatur gebracht. Nun liess ich durch *F* Gas ein, entleerte wieder durch *E*, liess wieder ein u. s. w., und wiederholte dies etwa sechsmal; das geschah in der Absicht, in das Verbindungsstück zwischen *F* und dem Gasometer etwa eingedrungene Luft zu beseitigen. Schliesslich war die Röhre *D* mit Gas gefüllt, und die drei Hähne waren geschlossen. Es wurde nun an der Theilung von *D* das eingelassene Gasvolumen bis auf etwa 0,1 ccm genau abgelesen, ebenso dessen Temperatur durch ein an *D* anliegendes, in Fünftelgrade getheiltes Normalthermometer und endlich der Druck bestimmt durch ein im Zimmer befindliches Barometer und durch Messung der Höhendifferenz der Quecksilberniveaus in *D* und *H* mittelst eines Kathetometers. Dann wurde *C* geöffnet und gewartet, bis die Adsorption vollendet war, d. h. bis der Druck in *D* sich nicht mehr änderte, was bei Kohle und SO<sub>2</sub>, z. B. vier bis fünf Tage dauerte. Schliesslich wurde wieder das Volumen des Gases in *D* bis *C*, der Druck und die Temperatur abgelesen. Daraus liess sich berechnen, wie viel sich vom eingelassenen Gase im Ballon *A* bis zum Hahne *C* befand, also auch wenn man noch den in diesem Theile von der adsorbirenden Substanz freien Raum kannte, wie viel bei der betreffenden Temperatur und dem Druck verdichtet war. Nun wurde wieder *C* geschlossen und neues Gas mehrere mal in *D* eingelassen und ausgepumpt, das zuletzt eingelassene Volumen mit Druck und Temperatur bestimmt, dann *C* geöffnet. Die im Apparat befindliche Gasmenge ist gleich der zuerst eingelassenen Menge, plus der zum zweiten mal eingelassenen, minus der nach der ersten Adsorption

1) Hagen, Wied. Ann. 12. p. 425. 1881.

noch in *D* befindlichen Menge; man kennt also wieder die ganze bis jetzt eingelassene Gasmenge und kann nach Vollen- dung der Adsorption bestimmen, wie viel bei dem höheren Drucke verdichtet ist. So wurde fortgefahren, immer neue Gas- mengen einzulassen, bis schliesslich der Druck etwa zwei Atmosphären betrug; dann wurde der Apparat durch Er- hitzen und Auspumpen von Gasen wieder entleert und zu einer neuen Beobachtungsreihe geschritten.

Um die Bäder, in welche *A* getaucht wurde, auf beliebiger Temperatur lange Zeit constant zu halten, benutzte ich einen Reichardt'schen Regulator für den Gaszufluss des Brenners, der zwar schon alt ist, aber vielleicht noch nicht allgemein bekannt, und den ich seiner ausserordentlichen Zweckmässigkeit wegen in Taf. V Fig. 2 schematisch abbilde. Er besteht im wesent- lichen aus einem oben offenen Thermometer mit grossem Gefäss *A* und zwei Ansatzröhren *B* und *C*. Oberhalb *B* er- weitert sich die Thermometerröhre, und es ist in ihrem obersten Theil das *T*-Stück *D* eingeschliffen, welches bei *E* und *F* offen ist. Das Seitenrohr *B* ist durch eine Metall- kappe mit hindurchgehender Schraube geschlossen. Das Gas wird bei *E* eingeleitet, strömt durch *F* in den oberen Theil des Thermometers und dann von *C* zum Brenner. Steigt die Temperatur, so verschliesst das steigende Quecksilber die Oeffnung *F* immer mehr, die Flamme wird kleiner. Damit sie nicht ganz ausgehen kann, ist bei *G* ein kleines Loch, wel- ches dem Gase einen zweiten Ausweg gestattet, angebracht, sodass man stets ein ganz kleines Flämmchen behält. Ist die Schraube bei *B* ganz hineingeschraubt, so wird das Queck- silber schon bei einer niedrigen Temperatur *F* verschliessen; schraubt man sie weiter heraus, so füllt das steigende Queck- silber zunächst *B*, die Temperatur muss viel höher steigen, ehe *F* verschlossen und die Flamme verkleinert wird. Man kann dadurch das Instrument für beliebige Temperaturen zwischen  $0^{\circ}$  und  $300^{\circ}$  gebrauchen; es ist merkwürdig, wie constant es die Temperatur erhält; ich habe wochenlang das Bad ohne grössere Schwankungen als höchstens  $0,4^{\circ}$  erhalten, während die Zimmertemperatur sich häufig um  $10^{\circ}$  änderte, und der Gasdruck erheblich schwankte.

§ 3. Ich wende mich nun zur speciellen Angabe der Versuche mit Kohle.

Wie schon gesagt, habe ich Buchsbaumkohle benutzt; etwa 1 cm dicke, quer gegen die Fasern geschnittene Holzplatten wurden im Sandbade in Kohle verwandelt und dann in Stäbchen von etwa 4 qmm Querschnitt zerschnitten. Um die Kohlen von Gasen zu befreien, wurden sie stets wenigstens 24 Stunden im Oelbade gelassen. Merkwürdig ist namentlich die erhebliche Menge Wasser, welche dabei von den Kohlen ausgegeben wird: aus etwa 50 ccm Kohle entwickelten sich immer mehrere Cubikcentimeter Wasser.

Die Bestimmung des Volumens und specifischen Gewichtes der Kohle geschah am Ende der Beobachtungsreihen auf folgende Weise: das Gefäss mit Kohle wurde sorgfältig von Gasen entleert, Hahn *C* geschlossen und Theil *A* und *B* zusammen luftleer gewogen. Um dies zu können, war das zweite Schlifstück zwischen den Hähnen *C* und *E* angebracht. Dann wurde *A* und *B* wieder an *D* angesetzt, *D* ausgepumpt und *C* geöffnet; durch Heben von *H* liess ich nun Quecksilber nach *A* überliessen und füllte schliesslich so viel Quecksilber in *H* nach, bis das Quecksilber in *A* unter einem Druck von zwei Atmosphären stand. Es drang dabei tief in die luftleeren Poren der Kohle ein, wie man daraus erkennen konnte, dass bei nachherigem Erhitzen der Kohle reichliche Mengen Quecksilber aus ihr herausdestillirten. Ob es aber die Poren ganz erfüllt hat, das specifische Gewicht also für die reine Kohlensubstanz bestimmt ist, das kann ich freilich nicht sagen. Es wurde dann wieder Hahn *C* geschlossen und *A* mit *B* gewogen. Ausserdem war vor dem Einfüllen der Kohle das Volumen des Gefässes *A* + *B* bestimmt.

War die Kohle einmal mit Quecksilber in Berührung gekommen, so wurde sie natürlich fortgeworfen und zu den weiteren Versuchen neue Kohle benutzt.

Untersucht wurde die Adsorption von  $H$ ,  $SO_2$ ,  $CO_2$ , und Luft. Die Adsorption von  $O$  zu bestimmen, wie es Herr Joulin gethan hat, ist mir nicht gelungen, da dieselbe selbst nach 14tägigem Warten noch nicht ihr Ende erreicht hatte.

Saussure hat dieselbe Beobachtung gemacht und gefunden, dass sogar nach einem Jahre die Adsorption scheinbar noch nicht vollendet ist; es bildet sich nämlich fortwährend  $\text{CO}_2$ , welche von der Kohle adsorbirt wird, sodass es eine eigentliche Sauerstoffadsorption der Kohle nicht giebt.

Bei Luft und H wurde nach jedem Einlassen 24 Stunden bis zur Ablesung gewartet, während die Adsorption in einigen Stunden vollendet schien; bei  $\text{SO}_2$  und  $\text{CO}_2$  jedoch dauerte sie etwa vier Tage, und so sind die Ablesungen stets vier oder fünf Tage nach dem Einlassen von Gas gemacht.

Was die Darstellung der Gase betrifft, so wurde H aus Zink und Schwefelsäure,  $\text{CO}_2$  aus Marmor und Salzsäure in der bekannten Weise hergestellt. Die Luft wurde aus dem Zimmer genommen, die Kohlensäure daraus nicht entfernt; die  $\text{SO}_2$  endlich wurde aus zwei Syphons, welche Hr. Raoul Pictet mit flüssiger  $\text{SO}_2$  gefüllt an Hrn. Geheimrath Helmholtz geschickt hatte, entnommen. Getrocknet wurden die Gase, indem sie in einzelnen Blasen durch mehrere Gefässe mit concentrirter Schwefelsäure hindurchgingen.

1) Kohlensäure. Mit Kohlensäure wurden zwei Versuchsreihen gemacht, die eine bei  $19^\circ$ , die andere bei  $12^\circ$ . Die folgende Tabelle I enthält die Zahlen für die Reihe bei  $19^\circ$ . Columne 1 gibt die Drucke in mm Quecksilber an, Columne 2 die adsorbirten Gasmengen in Cubikcentimetern, Columne 3 die pro Cubikcentimeter Kohle verdichtete Menge. Dabei ist Folgendes hervorzuheben: die adsorbirten Gasmengen sind angegeben, wie sie bei den betreffenden Drucken und Temperaturen vorhanden sind, nicht aber auf 760 mm und  $0^\circ$  reducirt, wie bei den Angaben von Joulin. Die Tabelle sagt also z. B., dass bei  $19^\circ$  und 50 mm Druck jeder Cubikcentimeter Kohle adsorbirt 45,46 ccm Kohlensäure von der Dichtigkeit, welche diese bei 50 mm hat, dagegen bei 100 mm 43,10 ccm von 100 mm. Während also die adsorbirte Masse des Gases mit dem Drucke zunimmt, nehmen bei mir die adsorbirten Volumina ab, da die Dichtigkeit des Gases abnimmt. Die adsorbirte Gasmenge der Masse nach angegeben, würde vielleicht für manchen den Verlauf

der Erscheinungen übersichtlicher gemacht haben; ich habe indess meine Darstellungsweise vorgezogen, weil bei jeder praktischen Anwendung die Zahlen in dieser Form nöthig sind.

Tabelle I. CO<sub>2</sub> bei 19°.

50	1866,37	45,46	48,06	-2,60	671	799,90	19,48	20,16	-0,68
100	1769,12	43,10	40,43	+2,67	738	760,19	18,52	19,14	-0,62
178	1504,24	36,62	34,42	+2,20	917	674,04	16,42	16,81	-0,39
285	1223,01	29,79	29,75	+0,04	1121	591,03	14,40	14,65	-0,25
370	1093,69	26,64	26,56	+0,08	1295	550,77	13,42	13,10	+0,32
484	963,30	23,46	23,67	-0,20	1446	513,22	12,50	11,92	+0,58
549	876,13	21,34	22,32	-0,98	—	—	—	—	—

Es befanden sich bei dieser Beobachtungsreihe im Adsorptiometer 41,05 ccm Kohle vom specifischen Gewicht 0,504.

Ich habe mich bemüht, die gefundenen Resultate durch eine Gleichung auszudrücken. Von den durchprobirten Formeln passte noch am besten die folgende:

$$v = a + b \lg p,$$

wo  $v$  das pro Cubikcentimeter Kohle adsorbirte Volumen in Cubikcentimetern,  $p$  den Druck in Millimetern bedeutet,  $a$  und  $b$  Constante sind, die von der Temperatur abhängen. Mit Ausnahme der niedrigsten Drucke stimmen die berechneten Werthe mit den gefundenen bis auf einige Procente überein. Die Constanten  $a$  und  $b$  sind mittelst der Methode der kleinsten Quadrate bestimmt. Für die vorliegende Reihe ergab sich:

$$v = 90,08 - 24,73 \lg p.$$

Danach sind die Werthe in Columne 4 berechnet, während Columne 5 die Differenzen angibt.

Bei den übrigen Versuchsreihen werde ich nur die pro Cubikcentimeter Kohle adsorbirten Gasvolumina angeben.

Tabelle II. CO<sub>2</sub> bei 12°.

Druck: $p$ :86	222	312	447	586	638	772	811	982	1087
Ads. Vol. $v$ :46,60	37,60	35,15	29,17	24,31	24,90	21,53	22,12	18,50	17,68

Es ist dies gefunden aus 12,50 ccm Kohle vom spec. Gewicht 0,570. Die Zahlen lassen sich darstellen durch die Gleichung:

$$v = 100,70 - 27,20 \lg p.$$

Diese beiden Beobachtungsreihen, ebenso wie die übrigen, sind auf Tafel V Fig. 3 angegeben, wobei indessen für CO<sub>2</sub> und SO<sub>2</sub> die  $v$  verzehnfacht sind, also die von 10 ccm

Kohle adsorbirten Volumina angegeben sind, während die  $v$  für H und Luft ver Hundertfach sind.

2) Luft. Mit Luft habe ich vier Versuchsreihen ausgeführt, deren Resultate die folgende Tabelle enthält.

Tabelle III. Luft.

Bei 0°:	$p$ : 119	249	393	523	661	732						
	$v$ : 5,17	4,28	3,93	3,76	3,60	3,48						
Bei 18°:	$p$ : 233	428	542	631	732	831	977					
	$v$ : 3,25	2,88	2,89	2,73	3,02	2,97	2,85					
Bei 22°:	$p$ : 118	235	329	412	492	555	650	750	855	950	1068	1378
	$v$ : 3,40	2,99	2,97	2,60	2,63	2,68	2,59	2,58	2,51	2,47	2,46	2,32
Bei 44°:	$p$ : 480	725										
	$v$ : 0,39	0,27										

Die Volumina und specifischen Gewichte der Kohlen waren in den vier Reihen resp.:

Volumina	54,28	41,05	51,62	54,26
Spec. Gew.	0,52	0,504	0,504	0,52

und die sich ergebenden Gleichungen sind:

$$\begin{aligned} \text{bei } 0^\circ: v &= 9,262 - 2,02 \lg p; & \text{bei } 18^\circ: v &= 4,260 - 0,478 \lg p \\ \text{bei } 22^\circ: v &= 5,285 - 0,949 \lg p; & \text{bei } 44^\circ: v &= 1,940 - 0,580 \lg p. \end{aligned}$$

Diese vier Reihen zeigen ausser dem Einflusse des Druckes auch den der Temperatur, und es lässt sich für constanten Druck die adsorbirte Gasmenge durch eine Gleichung von der Form:  $v = A + Bt$  annähernd darstellen. Dass diese lineare Gleichung bei Berücksichtigung höherer Temperaturen übrigens immer weniger gilt, zeigen die Resultate von Joulin, der bis zu 250° gegangen ist. Man erkennt aber jedenfalls, wie ungemein bedeutend der Einfluss der Temperatur ist: bei 50° würde schon kaum eine Spur von Luft durch Buchsbaumkohle verdichtet werden.

Mit Rücksicht auf das Volumenometer in seiner Anwendung auf pulverförmige Körper ist Luft das wichtigste Gas. Es zeigt sich deutlich, dass das Volumenometer für solche Körper zur Bestimmung des specifischen Gewichts unbrauchbar ist, solange man nicht für den betreffenden Körper die Adsorptionsgleichung für die Versuchstemperatur

kennt. Und selbst dann wird man nur angenäherte Resultate erhalten, da noch der augenblickliche Feuchtigkeitsgehalt zu berücksichtigen wäre, ebenso wie die Zeit, die zwischen Druckänderung und Messung vergangen ist. — Uebrigens sind vielleicht 90 Proc. der Adsorption in wenigen Secunden vollendet, sodass es mir nicht möglich gewesen ist, den zeitlichen Verlauf der Adsorption festzustellen.

3) Schweflige Säure. Für  $\text{SO}_2$  habe ich nur eine Versuchsreihe bei  $19^\circ$  angestellt. Es ergab sich:

Tabelle IV.  $\text{SO}_2$  bei  $19^\circ$ 

$p$ : 112	247	379	488	597	690	840	931	993	1037
$v$ : 19,76	16,22	14,24	12,33	11,48	10,89	9,69	9,25	9,30	9,83

bestimmt aus 50,97 ccm Kohle vom specifischen Gewicht 0,51. Die zugehörige Gleichung ist:  $v = 42,614 - 11,133 \lg p$ . Auch für

4) Wasserstoff liegt nur eine Reihe bei  $14^\circ$  vor.

Tabelle V. H bei  $14^\circ$ 

$p$ : 100	200	360	418	529	602	711	881	1102	1303
$v$ : 2,76	3,06	2,23	2,10	1,83	1,73	1,79	1,58	1,47	1,41

bestimmt aus 50,97 ccm Kohle vom specifischen Gewicht 0,51. Die Adsorptionsgleichung lautet:  $v = 6,036 - 1,500 \lg p$ .

Als ich Hrn. Joulin's Arbeit kennen lernte, waren meine Untersuchungen bis zu diesem Punkte vorgeschritten; ich habe sie damals abgebrochen, obgleich sie ja keineswegs vollendet waren, namentlich der Einfluss der Temperatur für die Gase, ausser Luft, nicht bestimmt war, — theils weil Joulin diesen Theil der Aufgabe grösstentheils bereits durchgeführt hat, theils weil die Untersuchungen für Kohle wenig physikalisches Interesse haben, wenn der Verlauf der Erscheinungen erst bei einem Gase, der Luft, soweit bekannt ist.

Der nächste Theil dieser Abhandlung soll nun die Verdichtung der Gase auf Glasflächen behandeln.

Berlin, Januar 1881.

---

Nachtrag. Nach Absendung meiner Arbeit zum Druck, wird mir durch die Güte des Hrn. G. Wiedemann noch eine im Februarheft dieser Annalen erscheinende Untersuchung von

Chappuis<sup>1)</sup> über die Adsorption von CO<sub>2</sub> durch Holzkohle bekannt. Hr. Chappuis hat den Einfluss des Druckes bei 0° ungemein sorgfältig untersucht, dagegen lässt sich der Einfluss der Temperatur nicht ohne weiteres aus seinen Versuchen entnehmen, sondern nur „unter der Annahme, dass die Zunahme der Absorption mit dem Druck bei jeder Temperatur zwischen 0° und 83° derjenigen bei 0° proportional ist.“ Diese Annahme ist, wie Joulin's Versuche zeigen, nicht richtig. Zutreffender ist die Annahme, dass die adsorbirten Volumina bei einer Temperatur aus denen für eine andere Temperatur erhalten werden, indem man die gleiche Zahl addirt oder subtrahirt. Im übrigen stimmen auch diese Versuche mit denen von Joulin und mir vortrefflich überein, was den Einfluss des Druckes betrifft. Es zeigt sich sehr auffallend die verschiedene Grösse der Adsorption bei verschiedenen Holzarten. Während Joulin Erle (*Rhamnus frangula*) benutzt, habe ich Buchsbaumholz, Chappuis Pfaffenhutholz (*Euvonymus europaeus*) angewandt. Trotzdem die beiden letzten Holzarten in ihrem Aussehen und ihrer Structur sich ungemein ähnlich sind, daher auch in der Technik zu gleichen Zwecken verwandt werden, ist ihr Adsorptionsvermögen ein ausserordentlich verschiedenes, während Erle in der Mitte steht. Um diese Unterschiede deutlich zu machen, habe ich nach meiner Tabelle I für CO<sub>2</sub> berechnet die bei 19° von 15 ccm Kohle adsorbirte Gasmenge, diese genommen bei 0° und 760 mm; ferner habe ich Joulin's Angaben auf 15 ccm, endlich Chappuis' Angaben für die Adsorption bei 19° nach der oben gemachten Annahme umgerechnet. Die folgende Tabelle enthält diese Zahlen in abgerundeter Form, sie gibt also die Adsorption durch 15 ccm der betreffenden Kohle bei 19°.

Druck	K.	J.	Ch.	Druck	K.	J.	Ch.
100	80	180	250	500	210	580	760
200	130	400	450	600	230	630	820
300	160	460	580	700	250	680	870
400	190	520	680	—	—	—	—

Berlin, den 30. Januar 1881.

1) Chappuis, Wied. Ann. 12. p. 161. 1880.

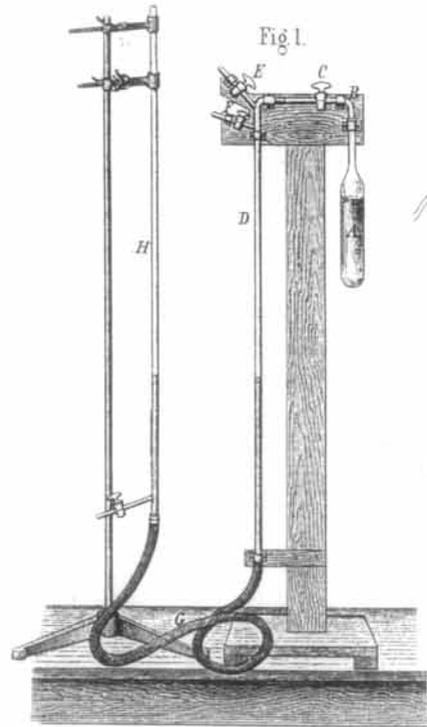


Fig. 1.

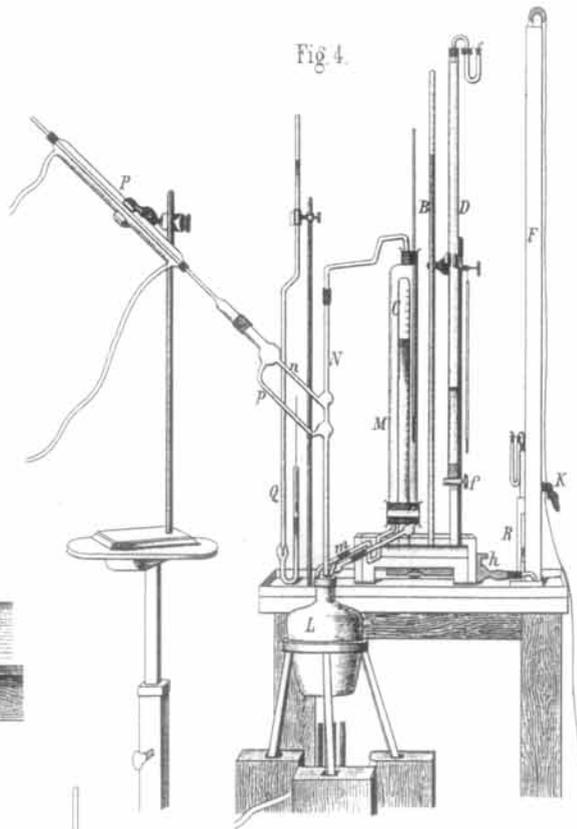


Fig. 4.

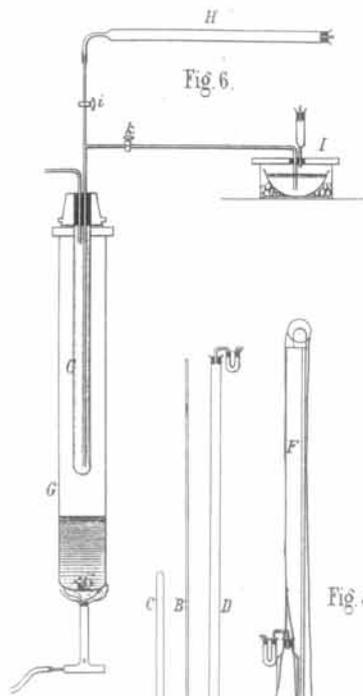


Fig. 6.

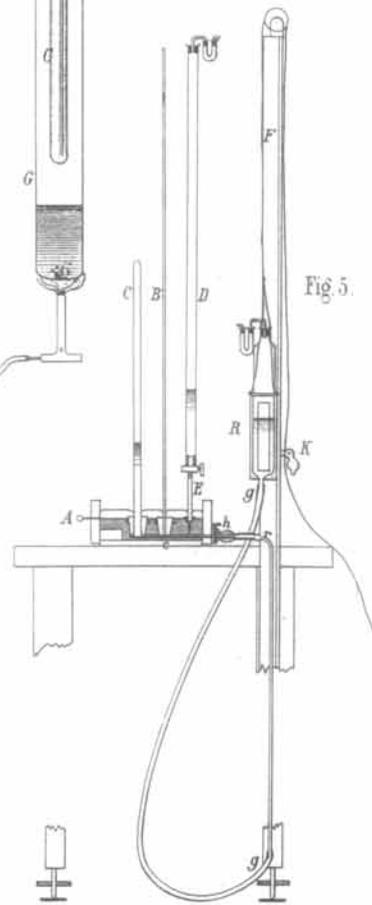


Fig. 5.

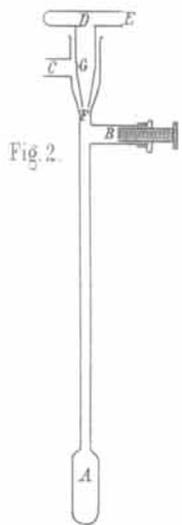


Fig. 2.

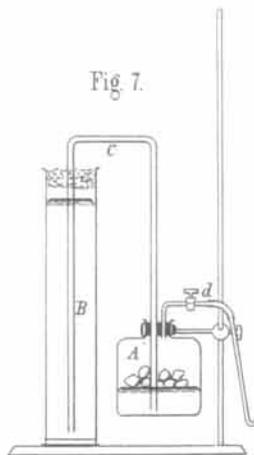


Fig. 7.

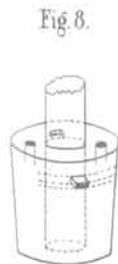


Fig. 8.



Fig. 9.

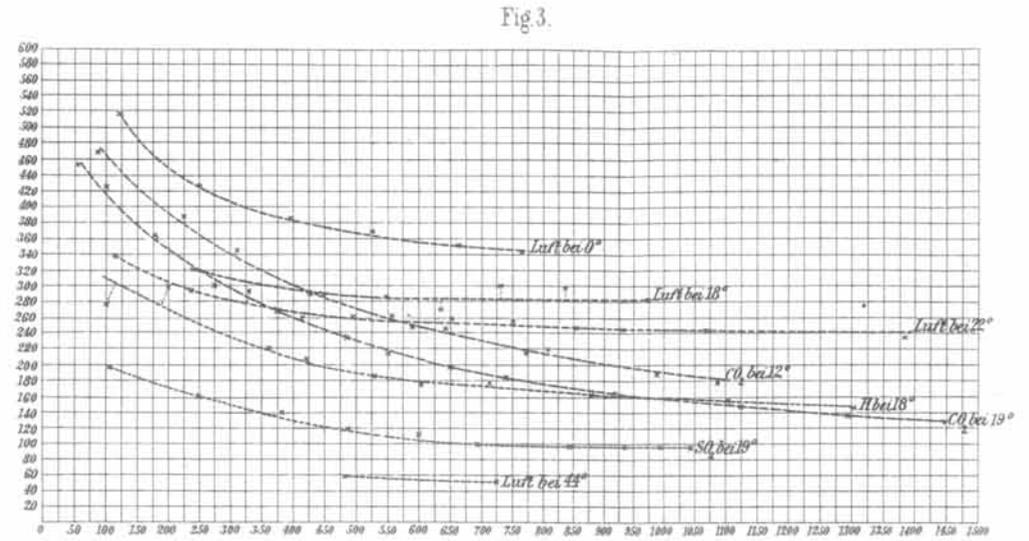


Fig. 3.

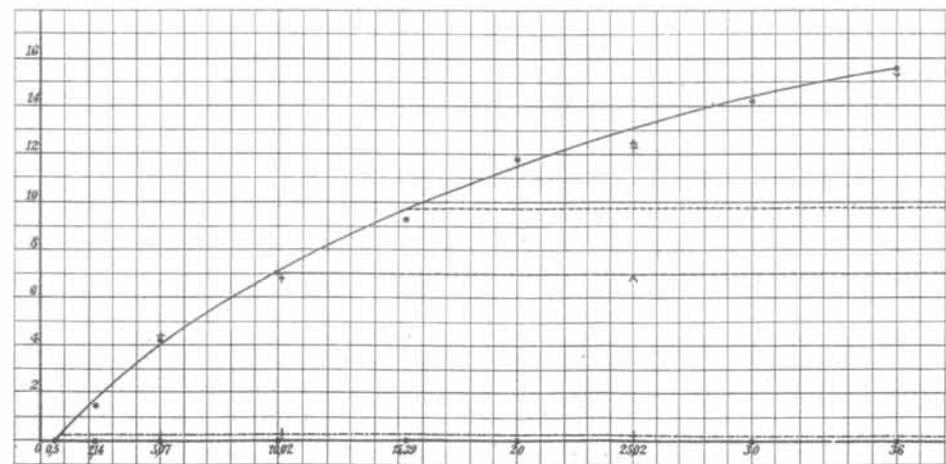


Fig. 10.