

spiralen eine Verzögerung um $41,72 - 4,08 = 37,64^\circ$ eingetreten. Die Zeit zu 300 Umläufen betrug nach den Zahlen der zweiten Columne 131,23 Sec.; einer Verzögerung um $37,64^\circ$ entspricht also ein Zeitraum von 0,04573 Sec.

Bei der eben beschriebenen Versuchsreihe waren die Pole des grossen Hufeisens frei; in einem folgenden Versuche wurden dieselben jeder mit einem sogenannten Halbanker (Eisenstück von 230^{mm} Länge, 111,8^{mm} Breite und 47,0^{mm} Höhe) bedeckt, und die einander zugewandten etwas konisch verjüngten Enden dieser Eisenstücke bis auf einen geringen Abstand einander genähert. Durch diesen Umstand stieg, unter sonst gleichen Bedingungen, die Verzögerung von 0,04573 Sec. auf 0,06334 Sec.

Diese Versuche lehren deutlich, wie alle Messungen über die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Electricität bei Anwendung von Drähten, die spiralförmig gewunden sind und Eisenkerne enthalten, durchaus unbrauchbar sind.

Die bisher behandelten Fälle werden genügen, um die mannigfache Verwendung des beschriebenen Apparates darzulegen; die Mittheilung der Resultate anderer damit ausgeführter Versuchsreihen behalte ich einer späteren Mittheilung vor.

VI. *Untersuchungen über die Dichtigkeit des Ozons; von Hrn. J. L. Soret.*

(*Compt rend. T. LXI, p. 941 et T. LXIV, p. 904.*)

Erster Artikel.

Was man gegenwärtig über die volumetrischen Relationen des Ozons weiss¹⁾ läßt sich folgendermassen zusammenfassen:

1. Gewöhnlicher Sauerstoff verringert sein Volum wenn man ihn ozonisiert, d. h. theilweis in Ozon verwandelt, z. B. durch Elektrisieren.

1) Siehe Ann. Bd. CXXI, S. 268.

2. Behandelt man den mit Ozon beladenen Sauerstoff mit Jodkalium oder einem anderen oxydirbaren Körper, so verschwindet das Ozon, ohne dass man eine Volumveränderung des Gases wahrnimmt.

3. Unter Wirkung der Wärme erleidet der mit Ozon beladene Sauerstoff eine Ausdehnung, im Volume gleich der Sauerstoffmenge, welche das Gas im Stande wäre an das Jodkalium abzutreten.

Diese Thatsachen führen zu der Annahme, dass das Ozon ein allotropischer Zustand des Sauerstoffs sey, bestehend in einer molecularen Gruppierung mehrerer Atome dieses Körpers. Die eine der Hypothesen, die einfachste in dieser Beziehung, ist die früher von mir angegebene¹⁾, dass das Molekül gewöhnlichen Sauerstoffs aus 2 Atomen OO gebildet sey, und das Molekül Ozon aus 3 Atomen OO, O . Alsdann enthielte das Ozon sein gleiches Volum an gewöhnlichem Sauerstoff; behandelt mit Jodkalium verlöre es ein Atom O ohne Volumveränderung; zerlegt durch Wärme erlitte es eine Ausdehnung um die Hälfte seines Volums. Seine theoretische Dichte wäre in diesem Fall die anderthalbfache von der des Sauerstoffs, nämlich 1,658.

Allein die bisher bekannten Thatsachen sind auch verträglich mit Hypothesen, die eine andere moleculare Gruppierung annehmen, als die eben genannte. Um die Frage zu entscheiden, war es also wichtig, die Dichte des Ozons experimentell zu bestimmen.

Durch directe Wägungen gelangt man nicht dahin, weil man das Ozon nicht im Zustand der Reinheit darstellen kann, sondern immer nur Gemenge erhält, von denen es einen kleinen Theil ausmacht. Andreerseits können die oxydirbaren Körper, wie Jodkalium, arsenige Säure usw., keine Angabe über den Werth der Dichte des Ozons liefern, weil sie es ohne Volumveränderung zersetzen.

Wenn man aber einen Körper fände, der das Ozon ohne Zersetzung absorbirte und zugleich den Sauerstoff nicht absorbirte, so könnte man die Volumverringernng, welche

1) Siehe Ann. Bd. CXXI, S. 268.

eine mit diesem Körper behandelte Portion des Gases erlitte, vergleichen mit der Sauerstoffmenge, welche eine andere Portion des Gases dem Jodkalium abträte, oder mit der durch Wärme erzeugten Volumvergrößerung.

Nach Osann soll eine Lösung von Bleiglätte in Aetzkali die Eigenschaft besitzen, Ozon unter Volumverringerng verschwinden zu machen. Ich habe einige Bestimmungen mit diesem Reagens gemacht, und in der That eine kleine Volumverringerng beobachtet; allein die Resultate dieser Versuche waren nicht übereinstimmend. Ich glaube, daß dieser, schlecht definirte, Körper eine verwickelte Wirkung auf das Ozon ausübt, daß er wirklich einen Theil Ozon unzersetzt absorbirt, daß aber zugleich das Kali, welches als Lösemittel dient, eine gewisse Portion Ozon zerstört. Das Kali wirkt aber auf das Ozon fast wie die Wärme, d. h. bewirkt eine Volumvergrößerung¹⁾.

Ich habe zwei andere Körper aufgefunden, die sich viel besser zu diesen Bestimmungen eignen, nämlich Terpenthinöl und Zimmtöl.

Behandelt man ozonisirten Sauerstoff mit Terpenthinöl, so verschwindet das Ozon und es bilden sich dicke Dämpfe in solcher Fülle, daß sie in einem Ballon von $\frac{1}{4}$ Liter das directe Sonnenlicht vollständig auffangen. Läßt man den Ballon ruhig stehen, so senkt sich bald der Rauch allmählich; der obere Theil des Ballons klärt sich zunächst und an der Gränze der Rauchsicht gewahrt man beim Hindurchsehen schöne Regenbogenfarben; das Zimmtöl erzeugt auch Dämpfe, aber weniger reichliche.

Mißt man das Volum des Gases vor und nach der Wirkung eines dieser ätherischen Oele, so findet man, daß es sich bedeutend verringert hat. Es ist daher natürlich anzunehmen, daß das Ozon gänzlich absorbirt worden sey.

Bei einer ersten Versuchsreihe verglich ich diese Volumverringerng, gemessen in einem Ballon von 250 Kubikcentimeter, der mit einem durch Elektrolyse erhaltenen ozonisirten Sauerstoff gefüllt war, mit der Sauerstoffmenge,

1) Ann. Bd. CXXI, S. 279.

welche in einem anderen, eben so großen und mit demselben Gase gefüllten Ballon an Jodkalium abgetreten ward¹⁾. Diese Methode hat einige Uebelstände. Die Analyse durch Jodkalium giebt das Gewicht des absorbirten Sauerstoffs; man muß also das Volum berechnen, welches dieß Gewicht bei der Temperatur und unter dem Druck einnahm, unter welchem das gemessene Gas sich in dem anderen Ballon befindet. Diese Berechnung bietet aber einige Unsicherheit dar, weil das Gas ein Gemenge von Wasser- und Terpenthinöl-Dampf enthält. Ueberdies erlaubte der Apparat nicht, die Volumverringerng ohne eine Druckveränderung zu messen, woraus abermals eine unsichere Correction entsprang. Wie dem auch sey, so findet man doch durch diese Methode, daß das vom Oel absorbirte Volum beinahe das Doppelte desjenigen Volumens ist, welches der vom Jodkalium absorbirte Sauerstoff einnehmen würde, was übereinstimmt mit der Hypothese von einer Dichte des Ozons gleich dem Anderthalbfachen der Dichte des Sauerstoffs.

Die folgende Tafel giebt die Resultate der Versuche. Die erste Spalte nennt das als Absorbens angewandte Oel; die zweite enthält die durch dieses Oel bewirkte Volumverringerng; die dritte die Hälfte dieser Volumverringerng (oder das vom Jodkalium absorbirbare Sauerstoffvolum, berechnet in der zu controlirenden Hypothese); die vierte das absorbirte Sauerstoffvolum zufolge der Analyse, und die fünfte den Unterschied:

	Volumverringerng	Volum des vom Jodkalium absorbirten Sauerstoffs		
		berechnet	beobachtet	Unterschied
Terpenthinöl	9,4 CC.	4,7 CC.	3,87 CC.	-0,83 CC.
do.	8,0	4,0	3,42	-0,58
do.	7,6	3,8	2,89	-0,91
do.	6,8	3,4	3,06	-0,34
Zimmtöl	7,4	3,7	3,10	-0,60

Die Unterschiede zwischen berechneten und beobachteten Resultaten sind ziemlich beträchtlich; ich glaube jedoch,

1) Nach der Methode in Bd. CXXI, S. 268.

dafs man sie den vielen Mangelhaftigkeiten des Verfahrens zuschreiben kann.

Einen grofsen Theil der Fehlerquellen des Verfahrens vermeidet man, wenn man folgendermafsen operirt. Zwei graduirte, langhalsige Ballone von etwa 230 Kubikcentimeter Räumlichkeit füllt man mit ozonisirtem Sauerstoff von gleicher Bereitung, und misst das Gasvolum in beiden Ballonen über Wasser. Nun läfst man das Oel auf einen dieser Ballone wirken, während man in dem andern das Ozon durch Wärme zerstört. Man misst abermals das Gasvolum bei derselben Temperatur und demselben Druck wie zuvor. Die Zunahme des Gasvolums in dem zweiten Ballon erfordert keine Berichtigung; allein die Abnahme des Volums in dem ersten muß für die Wirkung des Oels berichtigt werden (Dampfspannung, Capillarität usw.). Um diese Berichtigung zu bestimmen, behandelt man den zweiten Ballon, dessen Ozon durch Wärme zerstört wurde, auch mit Oel, und beobachtet die kleine Volumveränderung, die er durch diese Operation erleidet.

Die Resultate, welche ich durch diese zweite Methode erhielt, sind in folgender Tafel zusammengestellt, die wie die frühere eingerichtet ist.

Absorbirender Körper	Volum verringert durch das Oel	Ausdehnung durch Wärme		
		Berechnet	Beobachtet	Unterschied
Terpenthinöl	6,8 CC.	3,40 CC.	3,77 CC.	+0,37 CC.
do.	5,7	2,85	3,20	+0,35
Zimmtöl	5,8	2,90	3,14	+0,24
Terpenthinöl	5,6	2,80	3,32	+0,32
do.	6,7	3,35	3,30	-0,05
Zimmtöl	6,9	3,45	3,45	0,00
do.	5,7	2,85	2,72	-0,13

Diese Resultate, besonders die der drei letzten Versuche, welche mir am meisten Vertrauen einflößen, stimmen, wie man sieht, sehr gut mit der angenommenen Hypothese überein. Die Dichte des Ozons wäre also die anderthalbfache von der des Sauerstoffs.

Durch meine früheren Versuche hatte ich gefunden, daß die Dichte des Ozons anderthalbmal so groß wie die des Sauerstoffs ist. Diefes Resultat habe ich zu controliren gesucht durch ein Verfahren, welches auf dem Princip der, nach ihrer Dichte, ungleichen Diffusionsgeschwindigkeit der Gase beruht ¹⁾.

Gesetzt man habe zwei Gefäße, eins auf dem anderen, getrennt durch eine Wand mit einem einfachen Loch, welches man nach Belieben öffnen oder verschließen kann; anfangs enthalte das untere ein Gemenge von Sauerstoff und Chlor in bestimmtem Verhältnisse und der obere nur Sauerstoff. Klar ist, daß wenn zwischen den beiden Gefäßen Communication hergestellt ist, das Chlor durch die Oeffnung diffundiren und nach Ablauf einer gewissen Zeit eine meßbare Menge desselben in das obere Gefäß eingedrungen seyn wird. Wiederholt man nun den Versuch in der Weise, daß man in das untere Gefäß eine Gemenge von Sauerstoff und Ozon bringt, von gleichem Verhältniß wie das frühere von Sauerstoff und Chlor, so wird, bei Gleichheit aller übrigen Umstände, eine gewisse Menge Ozon in das obere Gefäß diffundiren. Ist diese Menge größer als die des diffundirten Chlors, so schließt man, daß das Ozon weniger dicht sey als das Chlor. Wenn die Zeit, während welcher die Communication zwischen beiden Gefäßen hergestellt ist, sehr kurz wäre, so würden die diffundirten Mengen von Chlor und Ozon, nach dem Gesetze, genau im umgekehrten Verhältnisse der Quadratwurzeln aus den Dichtigkeiten dieser Gase stehen. In Praxis muß man die Diffusion eine gewisse Zeit lang wirken lassen; allein, wenn die Zeit nicht zu lang ist, wird das gefundene Resultat nicht viel von dem theoretischen abweichen; es wird bloß der Einheit etwas näher kommen.

Die Construction eines Apparates zur Verwirklichung dieser Versuche hat einige Schwierigkeiten. Man kann das

1) Graham, *Phil. Mag.* 1863, Dec. (Ann. Bd. CXX, S. 415).

Ozon und das Chlor weder über Wasser, noch über Quecksilber handhaben; man muß concentrirte Schwefelsäure anwenden, da diese keine merkliche Einwirkung auf diese Gase ausübt. Andreerseits werden organische Substanzen und Metalle vom Ozon und Chlor angegriffen; alle Theile der Gefäße, welche mit diesen Gasen in Contact gesetzt werden, müssen also von Glas gebildet seyn. Ich begnüge mich, die wesentlichen Einrichtungen des von mir angewandten Apparats anzugeben.

Als Diffusionsgefäße dienten zwei weite Glasröhren (von etwa 45 Mllm. innerem Durchmesser), deren Enden durch Glasstöpsel verschlossen waren. Jedes dieser Gefäße faßte etwa 250 Cubikcentimeter. Die Stöpsel waren geformt aus länglichen, rechteckigen Glasplatten, die ein Loch von zweckmäßiger Größe und Lage hatten. Verschloß man die Enden der Diffusionsgefäße durch den vollen Theil der Glasplatten, so war der Verschluss vollständig; verschob man dagegen die Platten so, daß das Loch mit dem Innern der Gefäße communicirte, so war der Verschluss nur theilweise und man konnte durch diese Löcher die Gase austreten oder diffundiren lassen.

Um die Diffusionsgefäße handhaben und verrücken zu können, mußten die Stöpsel beständig gegen die Enden der Gefäße gedrückt werden. Diefes geschah mittelst Springfedern, theils von Messing, theils von Platin, welche das Abfallen der Stöpsel, aber nicht das Gleiten derselben verhinderten.

Um den Verschluss hermetisch zu machen, benetzte ich die Platten mit einem Tropfen Schwefelsäure; ich fand, daß alsdann kein Gas entwich, so lange der Ueberschuss des inneren Drucks über den äußeren gewisse Gränzen nicht überstieg, die bei den Versuchen nicht erreicht wurden.

Nachdem das eine Gefäß mit reinem Sauerstoff und das andere mit einem Gemenge von Sauerstoff und etwas Chlor oder mit ozonisirtem Sauerstoff gefüllt worden, setzte man das erste auf das zweite. Sie waren getrennt durch die beiden in Contact stehenden Glasplatten, zwischen welche man einen

Tropfen Schwefelsäure gebracht hatte. Hierauf stellte man eine Communication zwischen beiden Gefäßen her, indem man die beiden einander berührenden Platten solchergestalt verschob, daß das Loch der einen auf das der anderen zu stehen kam. Alsdann begann die Diffusion. Das Loch, durch welches sie stattfand, hielt 5 Millm. im Durchmesser; man ließ sie 45 Minuten wirken und verschloß darauf die beiden Gefäße durch Verschieben der Platten.

Um nach Beendigung des Versuchs das Verhältniß von Chlor und Ozon in jedem Gefäße nach der Bunsen'schen Methode zu bestimmen, mußte man die Gase durch Lösungen von Jodkalium hindurchgehen lassen. Zu dem Ende war der Stöpsel, der jedes Gefäß oben verschloß, gebildet aus einer dicken (6 Millm.) Glasplatte und diese versehen mit einem konischen Loch, in welches man das konische und sorgfältig eingeriebene Ende einer dünnen, leichten und zweckmäßig gekrümmten Abzugsröhre stecken konnte. Wenn man nach der Diffusion die Gefäße geschlossen hatte, brachte man jedes derselben über eine mit Schwefelsäure gefüllte Wanne, und taucht es, immer durch den Stöpsel unten verschlossen, 2 bis 3 Centimeter tief in die Säure. Dann steckte man in den oberen Stöpsel die Abzugsröhre, und verschob ihn so, daß diese Röhre mit einem ihrer Enden mit dem Innern des Gefäßes communicirte, während ihr anderes Ende in eine Jodkalium-Lösung tauchte. Hierauf verschob man mit einem Glasstab, unter Schwefelsäure, den unteren Stöpsel so, daß das Gefäß unten geöffnet ward, und ließ nun einen Luftstrom eintreten, welcher das Gas durch die Jodkalium-Lösung trieb.

Die Bestimmung der in dieser Lösung ausgeschiedenen Jodmenge geschah nach der Bunsen'schen Methode.

Die Summe der in den beiden Gefäßen gefundenen Mengen von Chlor oder Ozon gab die Menge dieses Gases, welche zu Anfange des Versuchs in dem unteren Gefäß enthalten war. Die in dem oberen Gefäß gefundene Menge war die durch Diffusion in dasselbe eingedrungene.

Auf diese Weise mit Gemengen von Chlor und Sauer-

stoff verfahren, erhielt ich die in folgender Tafel angegebenen Resultate:

Diffusion des Chlors.

Quantität des Chlors		Verhältniß $\frac{v}{V}$	Unterschied zwischen dem beobachteten Werth von v und dem aus d. Mittel d. Versuche berechneten d
dem Sauerstoff im unteren Gefäß vor dem Versuche beigemischt V	durch Diffusion nach 45 Minuten in das obere Gefäß eingetreten v		
3,10 CC.	0,74 CC.	0,2387	+ 0,04 CC.
4,27	1,01	0,2365	+ 0,04
6,64	1,48	0,2230	- 0,03
10,34	2,34	0,2263	- 0,01
11,18	2,51	0,2245	- 0,025
17,91	4,05	0,2261	- 0,015
<u>53,44</u>	<u>12,13</u>	Mittel: 0,2270	

Die Constanz des Verhältnisses $\frac{v}{V}$ und besonders die Kleinheit der Unterschiede in der vierten Spalte dieser Tafel beweisen, daß die diffundirte Chlormenge proportional ist der Chlormenge, die dem Sauerstoff im unteren Gefäß zu Anfange des Versuches beigemischt war.

Als mit direct durch Elektrolyse erhaltenen Gemengen von Sauerstoff und Ozon eben so verfahren wurde, ergaben sich nachfolgende Resultate¹⁾.

V	v	$\frac{v}{V}$	d
4,68 CC.	1,29 CC.	0,2756	+ 0,02 CC.
9,13	2,45	0,2683	- 0,02
9,49	2,53	0,2660	- 0,04
10,89	3,03	0,2782	+ 0,08
12,71	3,40	0,2675	- 0,04
<u>46,90</u>	<u>12,70</u>	Mittel: 0,2708	

1) Die Ozonvolumen sind in der Annahme berechnet, daß das Ozonvolumen doppelt so groß sey wie das Volumen des absorbirten Sauerstoffs (siehe den ersten Theil dieser Untersuchung) d. h. in der Annahme, daß die Dichte des Ozons 1,658 sey. Uebrigens wird, wie auch die Hypothese sey, das Verhältniß $\frac{v}{V}$ nicht geändert.

Man sieht, dafs hier, wie beim Chlor, die diffundirte Menge proportional ist der Ozonmasse, die zu Anfange des Versuchs in dem unteren Gefäfs enthalten war. Allein die Diffusion des Ozons ist rascher als die des Chlors, und daraus darf man schliessen, dafs die Dichte des Ozons geringer ist als die des Chlors.

Für jedes Cubikcentimeter Chlor, das anfangs im unteren Gefäfs enthalten war, dringen in 45 Minuten 0,227 C.C. in das obere Gefäfs, während in derselben Zeit für jedes im unteren Gefäfs enthaltene Kubikcentimeter Ozon 0,271 C.C. in das obere eintreten. Das Verhältnifs dieser beiden Gröfsen $\frac{0,227}{0,271} = 0,8382$ nähert sich sehr dem umgekehrten der Quadratwurzel aus den Dichtigkeiten, wenn man annimmt, dafs die Dichtigkeit des Ozons die anderthalbfache von der des Sauerstoffs sey; denn hat man

$$\frac{\sqrt{1,658}}{\sqrt{2,44}} = 0,8243$$

Das gefundene Verhältnifs nähert sich der Einheit mehr als der theoretische, wie es auch seyn mufs. Daraus mufs man schliessen, dafs die Dichte des Ozons wirklich 1,658 ist.

Die Gesammtheit dieser Versuche, und andre analoge, mit Kohlensäure gemachte Versuche bestätigen also meine früheren Schlüsse, *dafs die Dichte des elektrolytischen Ozons die anderthalbfache von der des Sauerstoffs ist.*

VII. Ueber eine Longitudinalwellenmaschine; von E. Mach.

Die Vorgänge an der gewöhnlichen Stofsmaschine haben bekanntlich eine grofse Aehnlichkeit mit jenen, welche bei der Fortpflanzung des Schalles stattfinden. Ich habe nun die Stofsmaschine so modificirt, dafs diese Aehnlichkeit noch deutlicher hervortritt.