Untersuchungen über die elektrische Ozonerzeugung und über die Influenz-Elektricität auf Nicht-Leitern

von

G. Meissner.

Vorgelegt in der Kön. Ges. d. Wiss. am 6. Mai 1871.

Es ist eine sehr allgemein verbreitete Annahme, dass es zur Erzeugung des Ozons mit Hülfe der Elektricität der durch den Sauerstoff hindurch erfolgenden elektrischen Entladung bedürfe. Da man Ozon erhält, wenn funken- oder büschelförmige Entladungen durch Sauerstoff hindurch erfolgen, so schloss man, dass eben auch dieser Durchgang der Elektricität durch das Gas das Wirksame sei, und da auch in dem von Siemens construirten Apparat, so wie in der Modification desselben von von Babo bei bekannter Anwendung Ozon erzeugt wird, so schloss man, dass hier der Durchgang der Elektricität in der Form der sogenannten stillen Entladungen wirksam sei. Bei meinen bisherigen Versuchen über den elektrisirten Sauerstoff war es mir sehr zweifelhaft geworden, ob jener Schluss richtig, ob die Ozonerzeugung an den Vorgang der Entladung geknüpft sei, ob es sich nicht vielmehr um eine Wirkung der Spannung analog der Influenz handele, und ich habe sowohl in meinen früheren „Untersuchungen über den Sauerstoff" p. 162 u. f., so wie in den späteren im 14. Bande dieser Abhandlungen publicirten Untersuchungen p. 105 u. f. verschiedene Beobachtungen mitgetheilt, welche mir gegen die Richtigkeit der erstern Auffassung zu sprechen schienen. Aber weder diese Wahrnehmungen, noch die bisher überhaupt angewendeten Versuchsweisen konnten zu einer sichern Entscheidung in dieser Frage führen: das Bestreben eine solche zu finden, war der Ausgangspunkt der im Folgenden vorgelegten Untersuchungen.

I.

1. Ich construirte mir Leydener Flaschen, deren Glaswand einen Hohlraum einschliesst, in und durch welchen Sauerstoff geleitet werden kann. Die Construction ist folgende. (Fig 1.) Eine weite 50—60 Cm. lange, möglichst cylindrische Röhre von böhmischem Glase (Verbrennungsröhre) von ungefähr 20 Mm. Durchmesser im Lichten bildet den äussern Theil der Flaschenwand und trägt die äussere Belegung von Stanniol; das eine Ende dieser Röhre ist zugeschmolzen, das andere offen, nahe den beiden Enden sind als Einleitungs- und Ausflussrohr für den Gasstrom je eine enge Röhre, durch Ausziehen einer böhmischen Röhre erhalten, angelöthet. Den innern Theil der Flaschenwand bildet eine 13—14 Mm. dicke böhmische Röhre, die möglichst sorgfältig centrirt durch das offene Ende der äussern Röhre eingeführt und daselbst in gleich anzugebender Weise fixirt ist. Die innere an dem eingeführten Ende zugeschmolzene Röhre überragt anderseits die äussere Röhre um etwa 10 Cm. und trägt auf ihrer innern Oberfläche die innere Belegung, die sich in einen aus der Röhre vorragenden Messingdraht mit Knopf fortsetzt. Die innere Belegung kann Stanniol sein, welches um eine genau in die innere böhmische Röhre passende Glasröhre glatt gewickelt und mit dieser eingeschoben wird, oder Quecksilber, dessen nothwendige Menge zur Erleichterung des Apparats dadurch sehr vermindert werden kann, dass der mittlere Theil der Röhre durch einen Glasstab ausgefüllt wird, zwischen welchem und der Röhrenwand das Quecksilber nur eine dünne, aber ununterbrochene Schicht bildet. Die Einfügung der innern Röhre in die äussere geschieht folgendermassen. Ein kurzes Stück einer weiten böhmischen Röhre ist an der einen Seite konisch so weit verengert, dass die innere Röhre eben durchgeschoben werden kann, während am andern Ende des Stückes der Rand so zugerichtet wird, dass sich derselbe auf den Rand der weitern Röhre stützt; mit Hülfe von Siegellack wird die innere Röhre in diesem konischen Einsatz befestigt und dieser wiederum mit Hülfe von Siegellack auf dem Rande der äussern Röhre, womit zugleich ein gasdichter Verschluss des Binnenraumes der Flasche

an dieser Stelle leicht erreicht wird. Auf diese Weise ist an dieser Verbindungsstelle zwischen innerer und äusserer Röhre eine absolute Isolirung der innern Belegung gesichert. Das hier und bei später zu erwähnenden Apparaten angewendete Siegellack ist, wie hier ein für alle Male bemerkt werden mag, die feinste Sorte von rother Farbe, welches zugleich gut isolirt und ohne merklichen Nachtheil mit Bezug auf das Ozon, gegen welches dasselbe indifferent ist, angewendet werden kann. Eine solche *Gasflasche*, wie die in Fig. 1 abgebildete, wird von einem Stativ gehalten, dessen Zwinge um die eben erwähnte, mit Siegellack bekleidete Verbindungsstelle für äussere und innere Röhre geschlossen wird.

2. Für einen Theil der Versuche ist erforderlich, dass der Hohlraum in der Flaschenwand beiderseits mittelst eines Glashahns abgesperrt, und dass die Temperatur und der Druck des Gases in jenem Raum gemessen werden kann. Die in Fig. 2 abgebildete Flasche entspricht diesen Forderungen, wie aus der Abbildung ohne Weiteres ersichtlich ist. Hier besteht jedoch die äussere Röhre nicht aus böhmischem Glase, an welches sich das viel leichter schmelzbare Glas der Geissler'schen Hähne nicht anschmelzen lässt, sondern ich verschaffte mir für diese Flasche eine äussere Röhre aus solchem Kaliglase, wie es zur Herstellung besonders guter Leydener Flaschen auf einer Hütte im Hannoverschen bereitet wird; dasselbe isolirte fast ebenso gut, wie das böhmische, war aber leichter schmelzbar und gestattete unter Einschaltung einer dritten Sorte wiederum etwas leichter schmelzbaren Glases die Verbindung mit Geissler-schem Hahn und Einschliff. Die beiden abwärts gerichteten, der äussern Röhre angelötheten Zapfen sind in Hülsen von Hartgummi eingekittet, die von den Glassäulen getragen werden. Die äussere Belegung hat der Länge nach einen 1—2 Cm. breiten Spalt um Einblick in den Raum zwischen den Belegungen zu gewähren, und somit gestattet eine Flasche von der Einrichtung, wie in Fig. 2, Alles, was sich in dem gasigen Theil ihrer Wandung bei der Ladung und Entladung ereignet, chemische, thermische, optische Veränderungen und solche des Druckes wahrzunehmen.

3. Ausser der soeben beschriebenen Flasche, die ich als Nro. 2 be-

zeichnen will, kam häufig noch eine der einfacheren, wie in 1 beschrieben und in Fig. 1 abgebildet, zur Verwendung, die als Nro. 1 bezeichnet werden mag. Die in Betracht kommenden Maasse dieser beiden Gasflaschen sind folgende.

Nro. 1. Aeussere Röhre, Wandstärke = 1,8 Mm. Durchmesser der Lichtung = 19,5 Mm. Innere Röhre, Wandstärke = 1,7 Mm., äusserer Durchmesser (Dicke) = 14 Mm. Die beiden Belegungen (innen Quecksilber) sind somit durch einen 6,2 Mm. dicken Isolator von einander getrennt, welcher in der Mitte aus einer 2,7 Mm. dicken trocknen Gasschicht, jederseits davon aus einer 1,7—1,8 Mm. dicken Schicht des möglichst schlecht leitenden Glases besteht. Die Oberfläche der äussern Belegung ist = 283 □ Cm., die der innern Belegung, so weit sie der Ausdehnung der äussern entspricht, ist = 170 □ Cm. In Fig. 3 ist in wahrer Grösse der Querschnitt dieser Gasflasche abgebildet.

Nro. 2. Aeussere Röhre, Wandstärke = 2 Mm., Durchmesser der Lichtung = 20 Mm. Innere Röhre, Wandstärke = 1,2 Mm., äusserer Durchmesser (Dicke) = 13 Mm. Die beiden Belegungen sind somit durch einen 6,7 Mm. dicken Isolator von einander getrennt, der im mittlern Theil aus einer 3,5 Mm. dicken trocknen Gasschicht, jederseits aus einer 2 resp. 1,2 Mm. dicken Schicht sehr gut isolirenden Glases besteht. Die Oberfläche der äussern Belegung ist = 264 □ Cm. die der innern Belegung so weit sie der äussern gegenübersteht, = 136 □ Cm.

4. Es könnte scheinen, als ob die Beschreibung dieser Gasflaschen deshalb überflüssig gewesen wäre, weil dieselben in der äussern Form und Anordnung der Theile so ziemlich mit dem bekannten von Siemens angegebenen Apparat übereinstimmen und somit nichts Neues zu sein scheinen. Diese Uebereinstimmung ist aber in der That nur eine äusserliche und scheinbare. Der Apparat von Siemens, wie er in Poggendorff's Annalen Bd. 102 p. 120 beschrieben ist, soll absichtlich so construirt werden, dass ein Uebergang der Elektricität zwischen den beiden Belegungen durch die einander sehr genäherten möglichst dünnen*) Wände

*) Vergl. hierzu Poggendorff in den Annalen Bd. 134. 1868. p. 304.

von — wie aus der Construction zu schliessen ist — leicht schmelzbarem, keineswegs isolirenden Glase möglichst begünstigt ist; Siemens meinte, dass durch solche Entladung das Ozon erzeugt werde und construirte von diesem Gesichtspunkt aus den Apparat. Derselbe gleicht somit äusserlich wohl einer Leydener Flasche, ist aber in der That keine, weil er überhaupt gar kein Ansammlungsapparat ist und sein sollte, weil man ihm gar keine dauernde Ladung ertheilen kann. Ich habe zwei Exemplare des Siemens'schen Apparats geprüft, der eine stammt aus Berlin, der andere ist von Geissler in Bonn verfertigt; ertheilt man diesen Apparaten Ladung durch Mittheilung von einer Leydener Flasche, so hat man kaum Zeit für die nöthigen Manipulationen, um bei sofortiger Herstellung metallischer Verbindung zwischen den beiden Belegungen nur noch eine sehr schwache Entladung zu erhalten, und in der Zeit, die erforderlich ist, um das bei dem Ladungsversuch in dem Apparat erzeugte Ozon auszutreiben, ist derselbe schon lange wieder völlig unelektrisch geworden. Das Gleiche gilt von dem von Babo'schen Apparat; eine dauernde Ladung lässt sich auch diesem nicht ertheilen, selbst wenn man zu den Glasüberzügen der Drähte wohlisolirende Glasröhren verwendet; die unvermeidlichen nackten Platindrähte im Innern, so wie die gleichfalls nicht zu vermeidende Leicht-Schmelzbarkeit und daher Leitungsfähigkeit der umschliessenden Röhre mit eingeschmolzenen Platindrähten ermöglichen auch hier eine sehr rasche Ausgleichung der entgegengesetzten Spannungen. Die oben beschriebenen Gasflaschen bilden, was sie sein sollen, vortreffliche Ansammlungsapparate, wie die besten Leydener Flaschen, sie lassen sich laden, halten die Ladung Stunden lang, geben noch nach langer Zeit kräftige Entladungsfunken *). Unter den für solche Versuche günstigen äusseren Umständen betrug die Abnahme der sog. disponiblen Ladung (Kohlrausch) meiner Gasflaschen im Laufe einer halben bis ganzen Stunde in der That kaum mehr, als was nach der Entladung als (gleichnamiger) Rück-

*) Eine solche Gasflasche hielt, wenn der Raum zwischen den beiden böhmischen Röhren mit verdünnter Schwefelsäure statt mit Gas gefüllt war, die Ladung ebenso gut.

stand allmählich wieder zum Vorschein kam. Da nun grade auf diese Eigenschaft meiner Apparate, wie das Folgende zeigen wird, sehr viel ankommt, so hielt ich es für nothwendig, Das, wovon diese Eigenschaft abhängt, im Gegensatz zu den bisher gebräuchlichen Apparaten genau anzugeben.

5. Der Sauerstoffstrom, zuletzt über wasserfreier Phosphorsäure getrocknet, wird durch die Flasche geleitet, vor der Ausströmungsöffnung befindet sich ein mit verdünnter Jodkaliumlösung und sehr wenig Stärkekleister befeuchtetes Papier. Ladet man die Gasflasche, indem man ihr von einer grössern gewöhnlichen Leydener Flasche Ladung mittheilt, so erhält man alsbald starke Ozonreaction auf dem Reagenzpapier; bei der Grösse des Binnenraums der Gasflasche dauert es selbst bei raschem Gasstrom mehre Minuten bis der bei der Ladung erzeugte Ozongehalt ausgetrieben ist; endlich hört der Sauerstoffstrom auf, eine Reaction auf dem Reagenzpapier zu verursachen, während die Gasflasche noch ihre volle Ladung hat, man kann den Sauerstoffstrom nun beliebig lange auf noch so empfindliche Ozonreagentien wirken lassen, es kommt aus der geladenen Flasche keine Spur von Ozon. Sobald man aber dann die Gasflasche in gewöhnlicher Weise entladet, kommt alsbald wieder starke Ozonreaction zum Vorschein, welche eben so stark und so anhaltend sein kann, wie die in Folge der Ladung erhaltene.

Es kann vorkommen, besonders bei den unten beschriebenen Ladungsapparaten, dass im Moment der Herstellung der Ladung und der Entladung Elektricität längs der Austrittsröhre für den Sauerstoff, an deren Wandung, abströmt, eine Erscheinung deren Ursache in einem folgenden Abschnitt dieser Abhandlung zur Erörterung gelangt; diese Elektricität kann, auf das Jodkaliumpapier überspringend, Jodausscheidung bewirken: man kann diese Erscheinung leicht unterscheiden von der hier allein interessirenden Ozonreaction, denn abgesehen davon, dass die Elektricität einen Kranz von Punkten auf dem Reagenzpapier entsprechend der Circumferenz der Röhre bewirkt und nur im Augenblick der Ertheilung oder Aufhebung der Ladung überschlägt, braucht man nur, um ganz sicher zu gehen, den Sauerstoffstrom anzuhalten, während man die

Ladung herstellt oder entladet, und dann erst das erzeugte Ozon auszutreiben. Diese Bemerkung gilt ein für alle Mal für sämmtliche im Folgenden mitgetheilten Versuche.

Nur um einen Begriff von der Evidenz des Versuchsresultats zu geben, bemerke ich, dass man das nach einer einzelnen Ladung oder nach deren Entladung ausströmende Ozon sehr deutlich, für empfindliche Schleimhäute leicht schon zu deutlich riechen kann, und dass man auf dem mit Pausen von $1/4$—$1/2$ Minute vor der Ausströmungsöffnung fortgeschobenen Reagenzpapier leicht ein Dutzend und mehr intensiv blaue grosse Flecke herstellen lassen kann, so dass der Versuch auch ein völlig sicheres und evidentes Vorlesungs-Experiment bilden könnte.

Wenn ich hier und im weitern Verlauf dieser Versuche immer nur von der Erzeugung des Ozons in der Wandung des Ansammlungsapparats rede und des Antozons dabei nicht erwähnt wird, so geschieht dies wesentlich der Kürze des Ausdrucks halber. Es ist aber auch in der That das Antozon viel weniger leicht nachzuweisen, als das Ozon, und Das, was in diesen Versuchen nach einmaliger Ladung und Entladung an Antozon neben dem Ozon vorhanden ist, ist zu wenig, um an der bekannten Nebelbildung nachgewiesen werden zu können. Wiederholt man die Wirkung der Ladung und Entladung für ein abgesperrtes Sauerstoffvolumen oft genug, so erreicht auch der Antozongehalt eine Grösse, dass der Nachweis in der früher von mir angegebenen Weise gelingt.

6. Um gewogen werden zu können ist die nach einer Ladung oder Entladung der Gasflasche zum Vorschein kommende „Ozonmenge" (nach der gewöhnlichen Ausdrucksweise*) viel zu gering, und doch ist es sehr wichtig, den Ozongehalt bei unter verschiedenen Umständen angestellten einzelnen Versuchen beurtheilen zu können. Hierzu verhilft das schon angedeutete Mittel: ich bewegte bei bestimmter Geschwindigkeit des Gasstroms das immer in gleicher Weise angefertigte Reagenzpapier mit regelmässiger Geschwindigkeit absatzweise vor der Ausströmungsöffnung

*) Vergl. meine vorläufige Mittheilung in den Nachrichten von der Königl. Gesellsch. der Wissensch. 1870. Nro. 16.

vorbei und erhielt so je nach der Intensität der Ozonerzeugung eine grössere oder kleinere Anzahl von blauen Flecken, die ausserdem noch bei grösserer Geschwindigkeit der Bewegung des Reagenzpapiers in Grösse und Intensität der Färbung entsprechende Differenzen zeigten, so dass wenigstens grössere Unterschiede in der Stärke der Reaction mit völliger Sicherheit erkannt werden konnten. Der Versuch, das Reagenzpapier durch ein Uhrwerk vorbei drehen zu lassen ergab weit weniger geeignete Bilder, als die nach einer Secundenuhr mit der Hand ausgeführte ruckweise Verschiebung des Papiers.

7. So unvollkommen die Methode erscheinen mag, so ist sie doch völlig ausreichend, um zunächst zwei wichtige Thatsachen erkennen zu lassen, nämlich dass die Intensität der Ozonreaction nach der Ladung und nach der Entladung der Gasflasche erstens abhängig ist von der Stärke der Ladung, die man derselben ertheilt oder nimmt, zweitens von der Geschwindigkeit, mit welcher ein bestimmter Ladungszustand der Flasche hergestellt und aufgehoben wird; und zwar hängt die Stärke der Entladungsreaction nicht allein von der Grösse der zur Entladung gelangenden Ladung und der Art der Entladung ab, sondern auch noch von der Art, wie diese Ladung hergestellt wurde.

8. Die Stärke der Ladungsreaction nimmt zu mit der Stärke der der Gasflasche ertheilten Ladung, wenn der Act der Ladung immer in der gleichen Weise ausgeführt wird. Dies zeigt sich deutlich, wenn man der Gasflasche von einer Leydener Flasche *plötzliche* Ladung mittheilt, indem man die beiderseitigen äusseren Belegungen in metallische Verbindung setzt und den Knopf der Leydener Flasche dem der Gasflasche rasch nähert, so dass die Ladung mit einem einzigen Funken geschehen ist; um der Gasflasche nach einander steigende oder abnehmende Ladungsgrössen zu ertheilen, wird entweder die Leydener Flasche jedes Mal mit einer entsprechenden Anzahl von Einheiten der Maassflasche geladen, oder man benutzt nach jeder Theilung der Ladung der Leydener Flasche den Rest in derselben zu einer neuen Mittheilung. Erst bei sehr geringer Grösse der der Gasflasche ertheilten plötzlichen Ladung wird die Ladungsreaction unmerklich. (Näheres darüber s. unten).

9. Die *allmähliche* Ladung kann geschehen, indem man entweder die Gasflasche direct vom Conductor einer kleinen Elektrisirmaschine aus ladet oder mit der Leydener Flasche absatzweise, indem abwechselnd zuerst der Knopf derselben dem der Gasflasche genähert wird, während die äussere Belegung dieser isolirt ist, darauf die äussere Belegung der Gasflasche abgeleitet wird und so fort, bis eine bestimmte Ladung durch das, wie in den Abbildungen angedeutet, aufgesetzte leichte Elektrometer angezeigt wird, oder bis zuletzt die Leydener Flasche noch zu vollständiger Ausgleichung der beiderseitigen Ladungen gehandhabt wird. Geschieht die Ladung der Gasflasche in der einen oder andern Art allmählich, so ist die Ladungsreaction immer schwächer, als wenn dieselbe Ladung plötzlich hergestellt wurde, um so schwächer, je langsamer entweder das Einströmen von dem Conductor aus stattfand oder mit je kleineren Bruchtheilen, namentlich anfangs, die absatzweise erfolgende allmähliche Ladung mit der Leydener Flasche ausgeführt wurde. Um bei der Prüfung der Stärke der Ozonreaction die beiderlei Versuche vergleichbar zu halten, wird sowohl vor der plötzlichen, wie vor der allmählichen Ladung die Gasflasche verschlossen und der Inhalt erst ausgetrieben, wenn so viel Zeit verflossen ist, als zur allmählichen Herstellung der Ladung erforderlich ist. Ich habe es zu wiederholten Malen erreicht, dass auf die recht allmähliche Herstellung einer der elektroskopischen Anzeige nach starken Ladung der Gasflasche gar keine oder fast gar keine Ozonreaction erfolgte.

10. Was die Entladung betrifft, so setze ich zunächst voraus, dass die Ladung, um deren Entladung es sich handelt, stets in der gleichen Weise, und zwar plötzlich (wie immer, wo Nichts weiter bemerkt ist) hergestellt wurde; dann ist die Stärke der Entladungsreaction ebenfalls zunächst bedingt durch die Grösse der Ladung, die man entladet, wenn der Act der Entladung immer in gleicher Weise, *plötzlich*, wie gewöhnlich, vorgenommen wird, und die in gleichem Maasse plötzliche Herstellung und Aufhebung einer gleichen Ladung sind mit gleich starker Ozonreaction verbunden. Obwohl bei dieser Vergleichung schon kleine Unterschiede in der Geschwindigkeit des Ladungs- und Entladungsvorgangs

Unterschiede in der Stärke der Ozonreaction bedingen können, so scheint doch meistens die nach Verlauf einiger Minuten der Ladung folgende Entladung eine etwas schwächere Reaction, als die voraufgehende Ladung zu bedingen, wobei in Betracht zu ziehen ist, dass bei meinen Gasflaschen während des Bestehens einer stärkern Ladung während einiger Minuten schon eine nicht unbeträchtliche Rückstandsbildung (Bildung des „verborgenen" Rückstandes nach Kohlrausch) zu Stande kommt, so dass die Entladung in der That nicht der ganzen Bewegungsgrösse der Ladung entsprach, einen gewissen Theil davon repräsentirte der allmählich zum Vorschein kommende (der „wieder aufgetretene") Rückstand, dessen Entladung, auch wenn er recht beträchtlich war, mir niemals eine Ozonreaction verursachte.

Wird eine plötzlich hergestellte Ladung dadurch *allmählich* entladen, dass man zuerst mit einem Halbleiter, z. B. einem trocknen Holzstäbchen, später unmittelbar mit dem Finger abwechselnd die beiden Belegungen berührt, so fällt die Reaction gleichfalls schwächer aus, als nach plötzlicher Entladung einer gleichen plötzlich hergestellten Ladung, um so mehr geschwächt, je besser es gelingt, die Absätze in denen die Entladung geschieht, recht klein zu halten. Mit dem Gasstrom wird bei dieser Vergleichung ebenso verfahren, wie für die entsprechende Vergleichung der Ladungsreactionen in 9 angegeben ist. Die sehr langsame stetig erfolgende Entladung der mit verschlossenem Binnenraum in feuchter Luft sich selbst überlassenen Gasflasche verläuft ohne dass eine Spur von Ozon darin erscheint.

11. Wie schon bemerkt ist die Stärke der Entladungsreaction auch bedingt durch die Art der Ladungsherstellung, weshalb in vorhergehender Nummer vorausgesetzt wurde, dass die Ladung immer plötzlich hergestellt sei. Wird nämlich die Ladung allmählich bewerkstelligt, so bedingt dies an sich immer eine Schwächung auch der bei der Entladung auftretenden Ozonreaction, so dass die plötzliche Entladung einer allmählich hergestellten Ladung schwächer wirkt, als die plötzliche Entladung einer gleichen plötzlich hergestellten Ladung, und die allmähliche Entladung einer gleichfalls allmählich hergestellten Ladung eine noch schwächere

Reaction bedingt, als die an sich schon geschwächt wirksame (10.) allmähliche Entladung einer gleich grossen plötzlich hergestellten Ladung. Es kann aber dabei die plötzliche Entladung der allmählich hergestellten Ladung eine stärkere Reaction bedingen, als diese vorhergehende allmähliche Ladung, während anderseits die einer allmählichen starken Ladung folgende gleichfalls allmähliche Entladung leicht so schwach wirksam sein kann, dass gar kein Auftreten von Ozon mit ihr verbunden ist.

12. Es kann durchaus nicht zweifelhaft sein, dass das in Folge der *Ladung* der Gasflasche in deren Wandung auftretende Ozon durch irgend eine von dem Ladungsvorgange abhängige Wirkung *erzeugt* wird, mit welchem Schluss darüber noch gar Nichts ausgesagt ist, worin diese Wirkung des Ladungsvorganges besteht. Man kann aber nicht in gleicher Weise unmittelbar den Schluss zugeben, dass das in Folge der *Entladung* auftretende Ozon bei oder durch die Entladung *erzeugt* wird: denn während einerseits die Abhängigkeit der Stärke der Entladungsreaction von der Art, wie die Entladung vorgenommen wird (10.), allerdings diesen Schluss rechtfertigt, so könnte doch anderseits die Abhängigkeit der Stärke der Entladungsreaction von der Art wie die Ladung hergestellt wurde (11.) Zweifel erwecken. Es sind nämlich zwei Möglichkeiten denkbar in Betreff der Zeit des Ursprungs des in Folge der Entladung zum Vorschein kommenden Ozons: entweder dasselbe wurde erst bei dem Entladungsvorgange erzeugt, oder dasselbe wurde vor demselben zugleich mit dem nach der Ladung zum Vorschein kommenden Ozon bei dem Ladungsvorgange erzeugt, während des Bestehens der Ladung in der Wandung der Gasflasche zurückgehalten und in Freiheit gesetzt durch den Entladungsvorgang. Die in 11. besprochene Abhängigkeit der Entladungsreaction kann veranlassen, an diese zweite Möglichkeit zu denken. Wie unwahrscheinlich dieselbe auch sich darstellen mag (was näher auszuführen unnöthig ist), so ist es doch bei der sehr grossen Wichtigkeit grade dieser die Entladungsreaction betreffenden Frage nothwendig, jede Möglickeit des Zweifels daran zu beseitigen, dass bei dem Entladungsvorgange selbst Ozon erzeugt wird. Der entscheidende Versuch kann

nur darin bestehen, dass man den Sauerstoff in der Wand des Ansammlungsapparats die Wirkung der Ladung gar nicht erleiden lässt, sondern ihn nur der Wirkung der Entladung aussetzt. Zur Anstellung dieses Versuchs in absolut unzweideutiger Weise ist die Flaschen- oder Röhrenform des Ansammlungsapparats nicht geeignet, vielmehr muss die Form der Franklin'schen Tafel gewählt werden, in welcher Form der Ansammlungs- oder Ladungsapparat auch noch zu vielen späteren Versuchen in Anwendung kommen wird.

13. Kittet man mit Siegellack zwei Glastafeln gleicher Form und Grösse auf einen von 3—4 Mm. dicken Glasleisten gebildeten Rand, so dass ein flacher Kasten entsteht, belegt die beiden äusseren Flächen mit Stanniol, und kittet man in passende Lücken des Randes zwei Glasröhren ein zum Durchleiten des Sauerstoffs durch den Kasten, so hat man den einfachsten Apparat zur Ozonerzeugung bei der Ladung und Entladung. Zu einer Reihe von wichtigen Versuchen aber ist es nothwendig, die beiden Hälften der Franklin'schen Tafel ganz frei von einander getrennt zu lassen, und solche Einrichtung ist fortan stets gemeint.

Der tafelförmige Ansammlungsapparat in dieser Form besteht aus zwei Glasscheiben von gut isolirendem Glase, deren jede *eine* Belegung von Stanniol trägt. Solche zwei Tafeln, die, völlig getrennt von einander, in beliebigem Abstande einander gegenüber aufgestellt werden können, bilden also eine Franklin'sche Tafel; ich kann es aber nicht vermeiden der Kürze halber im Folgenden jede der beiden Hälften einer solchen Franklin'schen Tafel mit dem Ausdruck einer *Ladungstafel* zu bezeichnen, was man mir für diese Abhandlung gestatten möge, trotzdem, dass dieser Ausdruck schon für eine ganze Franklin'sche Tafel vergeben ist.

Zu meinen Ladungstafeln ist ein sehr gut isolirendes Tafelglas aus einer Herrn Bippart gehörigen Hütte im Solling verwendet. Die Tafeln sind 1,4—1,5 Mm. dick, 30 Cm. lang, 24 Cm. breit, mit abgerundeten Ecken. Die Stanniolbelegungen von ähnlicher Form sind 23 Cm. lang, 17 Cm. breit und haben, unter Wegfall der Ecken, 380 □ Cm. Oberfläche. Der freie Rand ringsum die Belegung ist mit

Schellackfirniss überzogen. Wo es nützlich ist, endigt ein Fortsatz der Belegung mit einem Metallringe zur Verbindung mit Drähten u. s. w., und in diesem Falle kann auch die freie Oberfläche der Belegung mit Schellackfirniss bekleidet werden. Ich muss aber hervorheben, dass meine tafelförmigen Ladungsapparate, auch wenn die Belegungen mit Schellack bekleidet waren, niemals die Ladungen so gut hielten, wie die Gasflaschen; bei jenen fand viel stärkerer Ladungsverlust an die Luft statt.

Als Behälter für den zwischen zwei Ladungstafeln hindurchgeleiteten Sauerstoff dienen flache *Gaskasten*. Dieselben werden hergestellt aus zwei Tafeln des genannten Glases von ähnlicher Grösse und Form wie die Ladungstafeln, die in dem Abstande von 1—2 Mm., die eine auf die andere, gasdicht verbunden werden, indem ein Rand von Siegellack ringsum zwischen die Ränder der Tafeln eingefügt wird, während, um die Tafeln dabei einander parallel zu halten, Glasstreifen von bestimmter Dicke so lange zwischen die Tafeln eingeschoben gehalten werden, bis der Siegellackrand so weit hergestellt ist, dass die Tafeln in der richtigen Lage aneinander haften. Was vom Siegellack äusserlich vorsteht, lässt sich nach Erkaltung leicht abschleifen, und der geglättete Rand kann dann noch mit Firniss bekleidet werden. Auf solche Weise erhält man tafelförmige 4—5 Mm. dicke gasdichte Kästen, wie in Fig. 4 und 5 abgebildet. Zur Ein- und Ausleitung des Sauerstoffs dienen Glasröhren, welche entweder auf in die eine Wand des Gaskastens eingebohrte Löcher aufgekittet (Fig. 4), oder um schmale zapfenförmige Enden des Gaskastens übergreifend mit Siegellack befestigt sind (Fig. 5).

Hängt man die als Collectortafel dienende Ladungstafel an dünnen weissen Seidenschnüren auf, während die andere parallel zu jener in der Entfernung von 5—20 Mm. und auch mehr unter derselben gelagert ist, so wird in dem zwischen beide eingeführten mit trocknem Sauerstoff gefüllten Gaskasten Ozon erzeugt bei der Ladung und Entladung, wie in der Gasflasche. Doch für die Ozon-*Erzeugung* bei der Entladung des Ansammlungsapparats soll eben jetzt erst mit Hülfe des tafelförmigen Apparats der Beweis beigebracht werden, und zwar folgendermassen.

14. Die eine Ladungstafel ist an Seidenschnüren horizontal aufgehängt, die Belegung nach oben gewendet, die andere Ladungstafel liegt jener parallel darunter, die Belegung nach unten gewendet, so dass ein 7—8 Mm. hoher freier Raum zwischen beiden. Ein Gaskasten, mit trocknem Sauerstoff gefüllt, kann frei zwischen die Ladungstafeln ein- und ausgeführt werden. Um dies rasch und sicher, ohne Berührung der Ladungstafeln, bewerkstelligen zu können, lagert der Gaskasten mittelst zwei durch Glasplättchen gebildeten Füssen (Fig. 5) jederseits auf einem horizontalen langen Streifen von Spiegelglas, der in passender Höhe jederseits neben dem Ladungsapparat aufgestellt ist: auf diesen Glaslagern kann der Gaskasten, in gleicher Höhe bleibend, leicht hin und her geschoben und so bald ausser den Bereich der Ladungstafeln, bald zwischen dieselben gebracht werden. Fig. 6 zeigt die Anordnung im Profil. Während der mit trocknem Sauerstoff gefüllte, beiderseits mit wenig Wachs verschlossene Gaskasten ausserhalb der Ladungstafeln steht, wird der Apparat geladen, der Gaskasten darauf zwischen die Tafeln eingeschoben, und nun die Entladung vorgenommen: der dann ausgetriebene Inhalt des Gaskastens enthält Ozon. Darauf wird in allen Stücken ebenso verfahren, nur dass man den Inhalt des nach der Ladung eingeführten Gaskastens schon austreibt, bevor man die Entladung der Tafeln vornimmt, wobei genau dieselben räumlichen und zeitlichen Verhältnisse in der Bewegung des Gaskastens eingehalten werden, wie im ersten Versuch, so dass der Sauerstoff im Gaskasten genau Alles ebenso erlitten hat, wie im ersten Versuch, bis auf die Wirkung der Entladung des Ansammlungsapparats: es findet sich keine Spur von Ozon in dem Gaskasten. Wenn die Wirkung eines einmaligen Entladungsvorganges zu schwach ist und man einen grössern Ozongehalt im Gaskasten wünscht, so wiederholt man den Versuch, und ebenso nachher die Controle, mehre Male nacheinander bevor man den Inhalt des Gaskastens austreibt.

Da der Controlversuch zeigt, dass unter den eingehaltenen Versuchsbedingungen weder die Ladung des Ansammlungsapparats auf den Sauerstoff im Gaskasten wirkt, noch das Einschieben desselben in die Wand

der geladenen Franklin'schen Tafel, so ist ohne die Möglichkeit eines Zweifels zu lassen bewiesen, dass unter der Wirkung der Entladung des Ansammlungsapparats in dem in dessen Wandung enthaltenen Sauerstoff Ozon erzeugt wird.

15. Damit bei dem Vorgange der Ladung oder Entladung eines Ansammlungsapparats die Ozonerzeugung in dem in dessen Wandung enthaltenen Sauerstoff stattfindet, ist es nicht nothwendig, dass die Ladung von Null an auf eine gewisse Grösse oder die Entladung bis zu Null herab erfolgt, es genügen Schwankungen der Ladungsgrösse, wenn sie nicht zu gering sind und besonders wenn sie mit hinreichender Geschwindigkeit, Plötzlichkeit erfolgen; die oben erwähnte Ozonerzeugung bei der absatzweise vorgenommenen Ladung und Entladung ist ein Beleg dafür. Ein stationärer Zustand der Ladung dagegen ist, wie schon oben bemerkt, völlig wirkungslos.

Wenn die innere Belegung einer der Gasflaschen mit dem Conductor der Elektrisirmaschine verbunden, die äussere Belegung zur Gasleitung des Hauses abgeleitet ist, so wird beim Drehen der Maschine die Gasflasche zum Maximum geladen, setzt man nun das Drehen der Maschine fort, so kann man es durch recht gleichmässiges Drehen dahin bringen — und ich habe diesen Versuch oft ausgeführt — dass die Gasflasche fortwährend auf dem Maximum der Ladung erhalten wird ohne dass das aufgesetzte leichte Quadrantenelektrometer Schwankungen anzeigt, die überschüssig erzeugte Elektricität entweicht, wie man bei Anstellung des Versuchs im Dunklen sah, ausserhalb der Gasflasche von der Leitung zum Conductor aus an dazu geeigneten Stellen: in diesem Falle erscheint, nachdem das bei Herstellung des Ladungszustandes erzeugte Ozon ausgetrieben ist, in dem fortwährend durchgeführten Sauerstoffstrom keine Spur von Ozon mehr, so lange es gelingt, jenen Zustand maximaler Ladung mit möglichst geringen Schwankungen zu unterhalten. Verfährt man aber beim Drehen der Maschine unregelmässig, so dass das Elektrometer deutliche Schwankungen des Ladungszustandes anzeigt, so hört die Ozonerzeugung, wenn auch schwach, in der Wand der Gasflasche nicht auf. Das letztere Ergebniss habe ich immer erhalten, wenn ich

den Versuch mit solchen Ansammlungsapparaten anstellte, die die Ladung nicht so gut hielten, wie die oben beschriebenen Gasflaschen, und so ist es mir niemals gelungen, in dem schon erwähnten tafelförmigen Apparat, der weit weniger gut die Ladung hielt, die maximale Ladung so constant zu erhalten, dass nicht fortwährend, so lange und so gleichmässig die Maschine gedrehet wurde, Ozonerzeugung zwischen den Tafeln stattfand.

16. So wie der Zustand der Ladung des Ansammlungsapparats Nichts zur Ozonerzeugung beiträgt, so kommt auch auf seine Dauer Nichts an, abgesehen natürlich von dem etwa erfolgenden Ladungsverlust für die Ozonerzeugung bei der Entladung. Ich konnte mit Hülfe einer Wippe die Gasflasche von einer Leydener Flasche aus in rascher Folge laden und entladen, so dass die Ladung nicht länger, als einen Bruchtheil einer Secunde bestand, die von beiden Acten stammende Ozonreaction war ebenso stark, wie wenn eine grössere Pause zwischen der übrigens ebenso ausgeführten Ladung und Entladung gemacht, und das bei beiden Acten erzeugte Ozon ebenfalls vereinigt ausgetrieben wurde. Es ist unnöthig dieses Versuchsverfahren für genauere Zeitmessungen hier weiter zu verfolgen, weil man sogleich noch einen Schritt weiter gehen kann.

Es braucht nämlich gar kein dauernder Ladungszustand sich zwischen die Ladungs- und Entladungsbewegung einzuschalten. Verbindet man die innere und äussere Belegung der Gasflasche durch eine feuchte Schnur, so entladet sich die in gewöhnlicher Weise wie zur Ladungsmittheilung gehandhabte Leydener Flasche bis auf einen kleinen Rest durch die feuchte Schnur, welche ja gradezu den Schliessungsbogen zwischen den Belegungen der Leydener Flasche bildet, der an seinen beiden Enden flächenförmig zu den beiden Belegungen der Gasflasche ausgebreitet ist. Die durch den Widerstand der feuchten Schnur bedingte Verzögerung der Entladung der Leydener Flasche genügt, dass von den Belegungen der Gasflasche aus eine Ladungs- und Entladungsbewegung, resp. wahrscheinlich eine rasche Folge von mehren derselben zu Stande kommt, und es findet starke Ozonerzeugung in der Wand der Gasflasche statt. Die Verzögerung der Entladung der Leydener Flasche bei diesem Versuch braucht gar nicht bedeutend zu sein: jene feuchte

Hanfschnur war 3 Mm. dick, und nur 60 Cm. lang; dieselbe konnte auch mit einer metallischen Leitung vertauscht werden, der Versuch gelang unter Anwendung einer starken Flaschenladung noch vortrefflich, wenn die beiden Belegungen der Gasflasche durch einen nur 2,5 Meter langen Kupferdraht von 0,5 Mm. Dicke verbunden waren. Der tafelförmige Ladungsapparat gewährt den Vortheil, dass die beiden Belegungen in verschiedenen Abstand von einander gebracht werden können, und man kann damit leicht constatiren, dass, bei gegebener Ladung der Leydener Flasche, je geringer der Widerstand in dem Schliessungsbogen, desto näher die beiden Belegungen einander gebracht werden müssen, zwischen denen Ozonerzeugung stattfinden soll.

Als ein Beispiel zur Veranschaulichung diene Folgendes. Zwei Ladungstafeln, wie die oben erwähnten, in einem Abstande, dass die Belegungen 20 Mm. von einander entfernt waren, verbunden durch die feuchte Schnur von 60 Cm. Länge; eine Leydener Flasche von 775 □ Cm. innerer Belegung, deren Ladungsmaximum 14 Entladungen meiner Lane'schen Flasche erforderte, geladen mit 10 Lane, durch den Apparat entladen: in dem mitten zwischen den Ladungstafeln befindlichen 4 Mm. dicken Gaskasten fand starke Ozonerzeugung statt. Als die feuchte Schnur mit dem 2,5 Meter langen Kupferdraht vertauscht wurde, mussten die beiden Belegungen einander mehr genähert werden, um die gleiche Wirkung zu erhalten, aber schon bei 15 Mm. Abstand der Belegungen wurde auch unter diesen Umständen starke Wirkung erhalten, und bei 10 Mm. Abstand genügte eine Flaschenladung von 6 Lane, um bei Entladung durch den die Tafelbelegungen verbindenden Kupferdraht eine sehr ansehnliche Wirkung auf den Sauerstoff zwischen den Tafeln auszuüben.

Statt der feuchten Schnur und des Kupferdrahts kann man auch eine kurze Luftschicht zwischen metallische Ausläufer der beiden Belegungen einschalten, so dass die verzögerte Entladung der Leydener Flasche an dieser Stelle unter Funkenbildung erfolgt: bei nicht zu geringer Schlagweite hier finden auch unter solchen Umständen die zur Ozonerzeugung wirksamen Ladungs- und Entladungsbewegungen in den Tafeln statt.

Als die beiden Ladungstafeln mit 30 Mm. Abstand der Belegungen angeordnet waren und sich die Leydener Flasche von den Belegungen aus um den Rand der Tafeln herum durch einen Funken entladen konnte, bewirkte bei gehöriger Schlagweite daselbst die Entladung jener zum Maximum geladenen Flasche noch Ozonerzeugung in dem in verschiedenen Höhen zwischen den Tafeln befindlichen Gaskasten, und zwar war unter diesen Umständen diese Ozonerzeugung stärker, als wenn der bei so bedeutendem Abstande der Belegungen nur sehr schwache Ladungsapparat (kleiner Bindungscoefficient) von derselben, ebenso stark geladenen Leydener Flasche aus einfach geladen wurde; wenn dagegen die Belegungen einander näher liegen, oder die Verzögerung der Flaschenentladung von den Belegungen der Tafeln aus nicht eine sehr bedeutende ist, dann wirkt umgekehrt die Ladung des Ansammlungsapparats von der Flasche aus stärker zur Ozonerzeugung, als die unter sonst gleichen Umständen durch dieselben oder längs derselben erfolgende verzögerte Entladung der gleichen Flasche.

17. Wenn ich eine der Gasflaschen durch Mittheilung von einer grössern stark positiv geladenen Leydener Flasche lud, die Ladung einige Minuten bestehen liess bis das erzeugte Ozon ausgetrieben war, dann plötzlich entlud, das Austreiben des Ozons wiederum abwartete, darauf diesen Versuch in derselben Weise unter Anwendung stets gleicher positiver Flaschenladung 6—12 Mal wiederholte, so zeigte sich eine allmähliche Abnahme in der Intensität der Ozonreactionen, die oft besonders deutlich schon bei dem zweiten Versuch sich bemerklich machte. Wenn dann nach einer solchen Reihe von gleichartigen Versuchen die entgegengesetzte, also negative Ladung ertheilt wurde durch Mittheilung von einer ebenso stark, wie vorher, aber negativ geladenen Leydener Flasche, so trat eine auffallend verstärkte Ladungsreaction auf, während die Entladung dieser, einer Reihe von positiven Ladungen folgenden, *ersten* negativen Ladung eine nur sehr schwache Ozonreaction bedingte.

Die Erklärung dieser Erscheinung ergiebt sich leicht unter Beachtung des sog. Rückstandes. Während des Bestehens der positiven Ladungen bildet sich in der Gasflasche ein „verborgener" Rückstand aus,

der aber nicht Zeit hat zwischen je zwei Versuchen vollständig zum Vorschein zu kommen, nimmt man daher auch vor jeder neuen Ladung Das, was vom Rückstand sich zur Entladung darbietet, weg, so bleibt doch in der innern Glaswand d. h. unter der innern Belegung noch positive Elektricität zurück, diese muss abstossend auf die mit der folgenden gleichartigen Ladung eindringende gleichnamige Elektricität wirken und daher die Ladungsbewegung schwächen, die Gasflasche nimmt vermöge der in ihr rückständigen verborgenen positiven Ladung in der That nicht so viel neue Elektricität aus der Leydener Flasche auf, wie das erste Mal von deren gleich starker Ladung. Anderseits muss auch der vor der neuen Ladung in der innern Glaswand noch vorhandene in der Rückkehr zur Belegung begriffene Rückstand durch die folgende gleichartige Ladung wieder tiefer in dieselbe zurückgedrängt und durch einen neuen Rest, geringer, als der vorhergehende vermehrt werden. So muss also eine erste auf eine Reihe positiver Ladungen folgende negative Ladung auf einen allmählich angewachsenen verborgenen positiven Rückstand in der Glaswand treffen, was eine Verstärkung der Ladungsbewegung in derselben, zugleich aber auch eine besonders rasche Abnahme der disponiblen Ladung zur Folge haben muss und somit eine entsprechend abgeschwächte Entladungsbewegung. In der That ist mit der besonders starken Ozonerzeugung bei der einer Reihe positiver Ladungen folgenden ersten negativen Ladung immer auch eine auffallend rasche und bedeutende Abnahme der disponiblen Ladung an dem Quadrantenelektrometer zu beobachten, Verschwinden eines ansehnlichen Theiles der elektroskopisch angezeigten Ladung, welcher weder nach Aussen zu Verlust geht, noch als negativer Rückstand später wieder zum Vorschein kommt, sondern sich im Innern der Glaswand mit rückständiger positiver Elektricität ausgleicht.

18. Wurden bei dem in vorhergehender Nummer besprochenen Versuche die Elektricitäten vertauscht, und zuerst eine Reihe gleicher negativer Ladungen nebst deren Entladungen vorgenommen, darauf aus einer ebenso stark positiv geladenen Flasche positive Ladung mitgetheilt, so zeigten sich zwar im Allgemeinen dieselben Erscheinungen, jedoch

war die Abnahme der Wirkung der Ladung und Entladung zur Ozonerzeugung in der Reihe niemals so bedeutend, wie in der Reihe der positiven Ladungen, mehrmals konnte eine solche Abnahme sogar gar nicht erkannt werden. Die am Schluss der Reihe der negativen Ladungen vorgenommene positive Ladung hatte eine starke Wirkung, die aber die vorausgehenden Wirkungen der negativen Ladungen nun auch nicht so bedeutend übertraf, wie es bei der in 17. geschilderten umgekehrten Reihenfolge der Fall war. Dagegen war die Wirkung der Entladung dieser ersten, der Reihe negativer Ladungen folgenden, positiven Ladung ebenfalls auffallend abgeschwächt.

Die Erklärung der Differenz in den beiden Versuchsreihen mit Vertauschung der Elektricitäten ergiebt sich aus dem Verhalten des Rückstandes, wenn man berücksichtigt, dass die innere Belegung resp. die innere Glaswand der Gasflasche mit dem in ihr stattfindenden Bewegungen in ihrer Eigenschaft als Collector der maassgebende Theil des Apparats ist. Bei meinen Gasflaschen war es nämlich sehr deutlich, dass nach in gleicher Weise ausgeführter Ladung und Entladung in der gleichen Zeit von dem negativen Rückstande ein viel bedeutenderer Theil zum Vorschein kam, als von dem positiven Rückstande, ersterer kehrte schneller zur Belegung zurück, als letzterer. Da nun in jener Versuchsreihe vor jeder neuen Ladung Das, was vom Rückstand zum Vorschein gekommen war, weggenommen wurde, so blieb bei Anwendung negativer Ladungen vor jeder neuen Ladung weniger negative Elektricität in der innern Glaswand zurück, als bei Anwendung positiver Ladungen von positiver zurückblieb, die neue negative Ladung traf die Gasflasche in einem dem neutralen näherstehenden Zustande, somit musste die Ladungsbewegung und die von ihr abhängige Ozonerzeugung im Laufe der Versuche geringere Abnahme erleiden, als in der Reihe der positiven Ladungen.

Aus der grössern Beweglichkeit der negativen Elektricität in dem Glase meiner Gasflaschen (unter Berücksichtigung der Prävalenz der innern Belegung und Glaswand) erklären sich auch die folgenden Unterschiede, die ich bei Ausführung der Versuche mit beiden Elektricitäten bemerkt habe. Die in 10. erörterte Abschwächung der Entladungs-

reaction, wie sie durch die Allmählichkeit der Entladung einer plötzlich hergestellten Ladung bedingt wird, war immer viel bedeutender bei der absatzweisen, allmählichen Entladung einer *positiven* Ladung, als bei dem gleichen Verfahren mit negativer Ladung: offenbar erstrecken sich die bei diesem Verfahren der Entladung wirksamen kleinen Schwankungen des Ladungszustandes bei der im Glase beweglichern negativen Elektricität in grössere Tiefe und sind intensiver, als bei positiver Ladung. Dem entsprechend fand ich, dass nach allmählicher Entladung einer plötzlich hergestellten negativen Ladung ein viel kleinerer Rückstand nur noch zum Vorschein kommt, als nach dem gleichen Verfahren bei positiver Ladung: der sonst nach plötzlicher Entladung zum Vorschein kommende Rückstand wird, wenn er negativer Ladung angehört, vollständiger bei der allmählichen Entladung schon mit weggenommen, als wenn er positiver Ladung angehört.

Es stimmt ferner mit den angegebenen Differenzen überein und erklärt sich aus der grössern Beweglichkeit der negativen Elektricität in dem Glase, dass eine wie in 9. angegeben allmähliche, absatzweise ausgeführte Ladung der Gasflasche mit negativer Elektricität länger dauerte und mehr Elektricität erforderte bis zu gleicher Grösse der disponiblen Ladung oder bis zur Ausgleichung der Ladung beider Flaschen, als die ebenso ausgeführte positive Ladung: die negative Elektricität dringt unter gleichem Druck reichlicher und tiefer in die innere Glaswand ein, als die positive.

Eine grössere Beweglichkeit der negativen Elektricität gegenüber der positiven sowohl im Innern, wie auf der Oberfläche von starren Isolatoren, so wie auch in Gasen, ist mehrfach beobachtet, wurde aber nicht allgemein anerkannt und namentlich von Riess bei verschiedenen Gelegenheiten ein derartiger Unterschied bekämpft (z. B. Lehre von der Reibungselektricität I. p. 113. II. p. 130. 136. 139. 210). Bezüglich starrer Isolatoren vergl. die Beobachtungen von Matteucci in Annales de Chimie et de Physique 3. Sér. T. XXVII. 1849. p. 156. 169. T. LVII. 1859. p. 432, von Sénarmont das. T. XXVIII. 1850. p. 263. — Bezüglich eines leichtern Eindringens der negativen Elektricität in Gase

s. Belli in Bibliothèque universelle. 1836. V. Sept. p. 152. Faraday, Experimental researches. I. p. 442. 484. Matteucci in Annales de Chimie et de Physique 3. Sér. T. XXVIII. 1850. p. 408. 411. In den mir bekannten den Rückstand betreffenden Experimentaluntersuchungen habe ich keine das Verhalten der beiden Elektricitäten vergleichende Beobachtungen gefunden. Im weitern Verlauf dieser Untersuchungen werden sich noch andere Fälle zeigen, in denen die grössere Beweglichkeit der negativen Elektricität namentlich auf und von der Oberfläche starrer Isolatoren von besonderer Evidenz und Wichtigkeit ist.

19. Aus den in den beiden vorhergehenden Nummern mitgetheilten Beobachtungen lässt sich ein Schluss ziehen, welcher sich im weitern Verlauf der Untersuchungen ferner bewähren wird: zu der Ozonerzeugung in der Wand des Ansammlungsapparats bei der Ladung und Entladung kommt es nicht sowohl auf die in den Belegungen, als vielmehr auf die in den Glaswänden, in dem Isolator stattfindenden Bewegungen an, was in Uebereinstimmung mit der wohlbegründeten Vorstellung ist, dass bei jedem Ansammlungsapparat mit starrem Isolator die Belegungen wesentlich nur das Mittel bilden, um die Elektricitäten von vielen Punkten aus zugleich in den Isolator ein- und austreten lassen zu können. So erklärt sich auch, dass, wie schon bemerkt, bei der Entladung von nach der elektroskopischen Anzeige bedeutenden auf der Oberfläche meiner Gasflaschen allmählich zum Vorschein gekommenen Rückständen niemals eine Ozonerzeugung beobachtet wurde, so wie der Umstand, dass die Allmählichkeit der Ladung, resp. die in kleinen Absätzen, schwachen einzelnen Stössen erfolgende Ladung der Gasflasche abschwächend nicht nur auf die mit der Ladung verbundene, sondern auch auf die mit der Entladung einer so hergestellten Ladung verbundene Ozonerzeugung wirkt (11.).

20. Es kommt nun darauf an, zu erfahren, ob die Ozonerzeugung in der Wand des Ansammlungsapparats bei Ladung und Entladung an allen Punkten zwischen den Belegungen resp. den beiden Glaswänden erfolgt, oder ob dieselbe auf eine bestimmte Oertlichkeit beschränkt ist. Ich construirte die in Fig. 7 abgebildete Gasflasche, deren Querschnitt

in wahrer Grösse Fig. 8 darstellt. Dieselbe ist, was speciell den Ansammlungsapparat betrifft, ganz ähnlich den oben beschriebenen Gasflaschen Nro. 1 und 2 und besteht ebenfalls aus böhmischen Röhren; in den Raum aber zwischen der äussern und innern Glaswand sind noch zwei concentrische dünnwandige (nicht böhmische) Glasröhren eingeführt, welche den Raum für den Sauerstoff in drei auf dem Querschnitt ringförmige von einander völlig getrennte Abtheilungen theilen.

Die der äussern böhmischen Röhre nächste dünnwandige Röhre überragt jene oben und unten, die zweite dünnwandige überragt wiederum oben und unten die erste, und endlich überragt die innere böhmische Röhre oben die ihr nächste; an den überragenden Theilen tragen die beiden dünnwandigen Röhren je eine Einleitungsröhre und eine Ausströmungsröhre, ebenso die äussere böhmische Röhre; mittelst eines vierschenkligen Gabelrohrs wird ein Sauerstoffstrom durch jede der drei Abtheilungen in der Flaschenwand zugleich geleitet; die Ausströmungsröhren sind so gestaltet, dass sie in gleichem Abstande über einem horizontal darunter liegenden Reagenzpapier neben einander ausmünden, so dass, wenn Ozon aus den Abtheilungen ausströmt, jede Röhre auf dem vorbeigerückten Papier ihre Reihe von Flecken verzeichnet (S. d. Abbildung). Die Dimensionen dieser Gasflasche Nro. 3 sind folgende.

Aeussere böhmische Röhre: Wandstärke = 1,5 Mm., Durchmesser der Lichtung = 21 Mm. Innere böhmische Röhre: Wandstärke = 1,3 Mm., äusserer Durchmesser = 13,4 Mm. Die beiden Belegungen befinden sich also in dem Abstande von 6,6 Mm., wovon 1,3 und 1,5 Mm. jederseits die Glaswand einnimmt, 3,8 Mm. der Raum, welcher durch die beiden dünnwandigen (0,8 und 0,5 Mm.) Röhren in eine äussere 1 Mm. dicke, eine mittlere 0,5 Mm. dicke und eine innere 1 Mm. dicke Abtheilung getheilt ist, deren Inhalt, so weit die beiden Belegungen reichen, der Reihe nach 34, 15 und 25 CCm. beträgt. Die äussere (hier nicht gespaltene) Belegung beträgt 371 □ Cm., die innere, so weit sie jener gegenübersteht, 167 □ Cm.

21. Wenn durch die drei vollständig getrockneten Abtheilungen dieser Gasflasche trockner Sauerstoff geleitet wird, so kommt nach der

Ladung und nach der Entladung aus allen drei Abtheilungen Ozon; es findet also die Ozonerzeugung in allen drei Abtheilungen statt, und zwar auch noch bei Herstellung oder Entladung sehr schwacher Ladungen.

Eine gewöhnliche Leydener Flasche, deren Capacität 8 Mal grösser ist. als die der Gasflasche Nro. 3, wurde bis nahe ihrem Maximum mit negativer Elektricität geladen und von dieser Ladung der Gasflasche mitgetheilt, nach Entladung derselben wurde der erste Ladungsrest der Leydener Flasche wieder getheilt und so fort. Die Ozonerzeugung in allen drei Abtheilungen der Gasflasche fand noch statt, als dieselbe mit dem siebenten Rest in der Leydener Flasche geladen wurde, welche Ladung keinenfalls mehr als ungefähr 39 % der Maximalladung oder Capacität der Gasflasche betrug; die Entladung dieser Ladung bewirkte in der mittlern Abtheilung keine wahrnehmbare Ozonerzeugung mehr. Bei Fortsetzung des Versuchs fand die Ozonerzeugung in der innern und äussern Abtheilung bis zur Verwendung des neunten Restes zur Ladung, welche höchstens = 30 % der Maximalladung war, statt, sehr schwach auch noch bei der Entladung. Bei Ladung mit dem zehnten Rest (26 % der Maximalladung der Gasflasche bewirkend) war in der innern Abtheilung noch deutlich Ozonerzeugung zu constatiren, in der äussern kaum eine Spur, die Entladung war ohne nachweisbare Wirkung, ebenso die Ladung mit dem folgenden Rest.

Es darf bei dem vorstehenden Versuch kein Gewicht darauf gelegt werden, dass bei dem Herabgehen zu den schwächsten Ladungen die Ozonreaction aus der mittlern Abtheilung früher verschwand, als aus der innern und äussern Abtheilung, denn da die mittlere Abtheilung ein bedeutend geringeres Volumen hat, als die beiden anderen, und es sich von der Ladung mit dem siebenten Rest an auch in diesen beiden Abtheilungen nur um sehr schwache Reaction handelt, so kann das etwas frühere Ausbleiben der Reaction aus der mittlern Abtheilung darauf beruhen, dass das was nach der gewöhnlichen Anschauung die absolute Menge des Ozons genannt werden müsste, zu gering war, um deutliche Reaction zu geben. Aus demselben Grunde ist aber im Gegen-

theil ein Gewicht darauf zu legen, dass zuletzt die innere Abtheilung noch deutlich Reaction gab, die äussere nicht mehr, denn die äussere Abtheilung hat das grösste Volumen unter den dreien, und es ist daher zu schliessen, dass die Ozonerzeugung in der der innern Belegung nächsten Abtheilung am intensivsten erfolgt, jedoch ist diese Differenz nur sehr gering.

22. Mit diesem an dem flaschenförmigen Ladungsapparat wiederholt erhaltenen Resultat stimmt das Ergebniss der mit dem tafelförmigen Ladungsapparat angestellten Versuche vollkommen überein. Ein Gaskasten von 4 Mm. Höhe war selbst auf der untern äussern Fläche mit Belegung versehen und wurde horizontal aufgestellt. Darüber hing an Seidenfäden ein zweiter Gaskasten von gleichen Dimensionen, der auf seiner obern äussern Fläche eine Belegung trug. Auf diese Weise war eine Franklin'sche Tafel hergestellt, zwischen deren Belegungen jederseits, und zwar in gleicher Entfernung von der zugehörigen Belegung (nämlich durch 1,4 Mm. dickes Glas davon getrennt), sich ein Sauerstoffbehälter befand, und indem diese beiden in solcher Entfernung von einander angeordnet waren, dass der Abstand der Belegungen 20 Mm. betrug, konnte noch ein dritter Gaskasten mitten zwischen jene beiden eingeschoben werden. Mittelst 4schenkligen Gabelrohrs wurde ein trockner Sauerstoffstrom durch jeden der drei Gaskästen geleitet. Auch hier nun fand die Ozonerzeugung in allen drei Kästen statt, bis dass man mit der Ladungsgrösse nahe der untern Gränze der Wirksamkeit gekommen war; in der Nähe dieser Gränze zeigte sich deutlich eine Differenz in der Intensität der Reactionen, die die drei, unter sich vergleichbaren, Kästen lieferten, so zwar, dass die Intensität abnahm von dem der als Collectortafel fungirenden Belegung benachbarten Gaskasten bis zu dem der Condensatortafel benachbarten Kasten, und es liess sich auch wohl eine Ladungsgrösse finden, bei deren Entstehen die Reaction nur aus dem dem Collector nächsten Kasten erhalten wurde, doch lag wiederum diese Ladungsgrösse schon sehr nahe an der Gränze des überhaupt Wirksamen und war schwer zu treffen. Bei stärkeren Ladungen und Entladungen sind demgemäss auch keine Unterschiede in

der Intensität der an sich starken Reactionen wahrzunehmen. Das für die Ozonerzeugung in dem mittlern Gaskasten Bemerkte gilt in welche Höhe zwischen den beiden anderen man ihn auch bringen mag, und somit hat sich also ergeben, dass die Ozonerzeugung in der Wand des Ladungsapparats überall, in der ganzen Dicke derselben stattfindet, und dass erst bei Anwendung relativ sehr geringer Ladungsgrössen, nämlich solcher, deren Entstehen und Verschwinden eben noch wirksam auf den Sauerstoff ist, sich eine geringe Differenz zu Gunsten der der innern Belegung oder Collectortafel nächsten Gasschicht zeigt. Bei dieser Gelegenheit will ich bemerken, dass 30 Mm. die äusserste Entfernung war, welche den Belegungen zweier Ladungstafeln von den oben genannten Dimensionen gegeben werden durfte, wenn in einem Gaskasten zwischen ihnen noch Ozonerzeugung bei Ladung durch Mittheilung von einer stark geladenen grossen Leydener Flasche stattfinden sollte.

II.

23. Aus sämmtlichen im ersten Abschnitt mitgetheilten Erfahrungen ergiebt sich erstens, dass in dem in der Glaswand des Ladungsapparats enthaltenen Sauerstoff Ozon erzeugt wird, ohne dass die dem Ladungsapparat von Aussen zugeführte Elektricität sich durch den Sauerstoff entladet, die Elektricitäten, deren Ansammlung der Ladungsapparat den geladenen Zustand verdankt, gleichen sich durch den Sauerstoff hindurch nicht aus, bewegen sich nicht durch denselben, um dabei das Ozon zu erzeugen. Einer weitern Begründung dieses Satzes bedarf es nach den mitgetheilten Versuchen nicht. Somit bewirken also die dem Ladungsapparat bei der Ladung mitgetheilten und bei der Entladung genommenen Elektricitäten *ihrerseits* jene Ozonerzeugung durch eine Wirkung in die Ferne, mit welchem Schluss aber noch gar Nichts darüber ausgesagt ist, ob diese Wirkung eine directe oder eine indirecte sei, indirect nämlich, sofern die den Sauerstoff begränzenden Glaswände resp. deren Oberflächen möglicherweise die Wirkung der Ladung und Entladung des Ansamm-

lungsapparats vermitteln oder übertragen können, was alsbald zu prüfen sein wird.

Es ergiebt sich zweitens sofort aus den mitgetheilten Erfahrungen, dass diese, directe oder indirecte Fernwirkung der dem Ladungsapparat zugeführten Elektricität, unter welcher die Ozonerzeugung stattfindet, keine elektrostatische sondern eine elektrodynamische Wirkung ist: von den in dem Ladungsapparat ruhenden elektrischen Massen oder von dem stationären Ladungszustande geht die fragliche Wirkung nicht aus, sondern nur von den in Bewegung befindlichen Elektricitäten, die Ladungs- und Entladungsbewegung oder allgemeiner Schwankungen der Ladungsgrösse, mit gewisser Geschwindigkeit erfolgend, sind das Wirksame.

Auf welche Weise diese Wirkung der Ladungs- und Entladungsbewegung auf den Sauerstoff in der Wand des Ladungsapparats übertragen wird, ist der Gegenstand dieses zweiten Abschnittes dieser Untersuchungen.

24. Bei dieser Frage handelt es sich zunächst um das Verhalten der Grenzflächen zwischen dem starren und gasförmigen Theil der Wand des Ladungsapparats bei und während dessen Ladung.

Die Frage nach dem Verhalten von im gewöhnlichen Sinne nicht leitenden, isolirenden Zwischenplatten zwischen Collector- und Condensatortafel oder zwischen den beiden Hälften einer Franklin'schen Tafel ist vielfach Gegenstand der Untersuchung und der Controverse gewesen, seitdem Faraday seine hierüber angestellten Beobachtungen zur Begründung seiner Lehre von der sog. Molecularinduction und dem sog. specifischen Vertheilungsvermögen geltend zu machen suchte. Da es für mich, wie der Stand dieser Untersuchung ergiebt, von grosser Wichtigkeit war, über das Verhalten der Zwischenplatten in's Klare zu kommen, so habe ich sehr viele Versuche darüber angestellt: wahrscheinlich würde ihre Zahl geringer gewesen sein, wenn mir zu jener Zeit die in seinen Annalen Bd. 139. 1870. p. 458 abgedruckte Abhandlung von Poggendorff, „Zur Frage, wie nicht-leitende Substanzen influencirt werden" schon bekannt gewesen wäre, da meine Versuche sämmtlich mit den Resultaten und Schlüssen übereinstimmen, zu welchen

Poggendorff und nach dessen Mittheilung auch Magnus gelangten, eben deshalb aber auch mit vielen der früheren Angaben nicht im Einklang waren. Meine mit specieller Rücksicht auf die vorliegende Untersuchung angestellten Versuche ergaben Folgendes.

25. Eine zwischen die beiden Hälften der Franklin'schen Tafel (die beiden Ladungstafeln, wie ich sie nannte) oder zwischen Collector- und Condensatortafel diesen parallel und frei eingeführte „Zwischenplatte" von schlecht leitendem Glase oder anderer gut isolirender Substanz erleidet unter der Wirkung der Ladung auf ihren beiden Flächen Scheidung der Elektricitäten in gleichem Sinne, und zwar, wo auch in jenem Zwischenraum die Platte sich befinden mag, stets im Sinne derjenigen Elektricität, mit welcher dem gewöhnlichen Ausdruck nach, der Apparat geladen ist, d. h. die der Ladung gleichnamige Elektricität wird nach dem Rande der Zwischenplatte zu abgestossen und sucht daselbst zu entweichen, die ungleichnamige bleibt auf dem mittlern Theile der Platte zurück. Diese Scheidung und Bewegung der Elektricitäten auf jeder zwischen den beiden Belegungen des Apparats befindlichen und diesen parallelen Oberfläche ist auf derselben Fläche derselben Platte um so intensiver, je stärker die Ladung und je näher die Fläche der innern Belegung, wie Riess kurz diejenige Seite der Franklin'schen Tafel (der Collectortafel entsprechend) bezeichnet hat, welche der innern Belegung der Leydener Flasche entspricht.

26. Der Mittheilung der betreffenden Versuche schicke ich den Versuch voraus, welcher die Methode rechtfertigt. Ein sehr gut isolirtes Bennet'sches Elektroskop ist mit einem 20—30 Cm. langen gebogenen Draht versehen, welcher mit kleinem Knopf oder abgerundetem Plättchen endigt wie in Fig. 9 abgebildet. Wird dieser Knopf des Elektroskops zwischen die Ränder der beiden 15—20 Mm. von einander entfernten Ladungstafeln frei, ohne dieselben zu berühren, eingeführt oder auch ausserhalb in die Nähe dieser Ränder in einer dem freien Zwischenraum entsprechenden Höhe gebracht, so findet bei schwacher Ladung der Tafeln Vertheilung der Elektricitäten in dem Draht des Elektroskops, aber niemals Ladung desselben statt, d. h. die Goldblätter divergiren

mit der der Ladung gleichnamigen Elektricität, fallen aber nach Entfernung des Instruments aus dem Bereich des Ladungsapparats sofort vollständig wieder zusammen. Natürlich ist darauf zu achten, dass die Goldblätter bei ihrer Divergenz nicht etwa die Glaswand berühren und dass das Glas vermöge genügender Länge des Drahts keiner Influenz Seitens des Ladungsapparats unterliegt. Die Grössen der anzuwendenden, immer nur sehr schwachen Ladungen werden schon durch das Versuchsverfahren selbst auf das nicht zu überschreitende Maass eingeschränkt, welches nun auch für die Versuche, zu welchen Vorstehendes die Controle bildet, eingehalten wird.

27. Zwischen die beiden Ladungstafeln wird nun ihnen parallel eine nackte oder mit Schellackfirniss überzogene 1,5 Mm. dicke Glastafel eingelegt, welche an zwei vorragenden Rändern auf isolirenden Stützen getragen wird und die Ladungstafeln nirgends berührt. Der Knopf des Elektroskops wird auf den vorragenden Theil der obern oder untern Fläche zur Berührung angelegt, was am besten so geschieht, dass man dem Draht durch passende Biegung eine leichte Federung nach oben oder unten ertheilt, durch welche er leicht angedrückt wird, natürlich unter Vermeidung der Reibung beim Aufsetzen und Abnehmen. Ertheilt man darauf dem Ladungsapparat Ladung, so divergiren sofort die Goldblätter mit der gleichnamigen Elektricität, welche Divergenz bei bestehender Ladung langsam zunimmt. Diese Divergenz beruhet nun zum Theil auf Vertheilung, zum Theil aber auf Einströmen wirklicher Ladung, denn entfernt man das Elektroskop aus dem Bereich des Apparats, so nimmt die Divergenz zwar ab, aber ein Theil derselben bleibt bestehen, es ist von dem Rande der Zwischenplatte die der Ladung gleichnamige Elektricität in das Elektroskop eingeströmt. Entladet man das Elektroskop und legt es von Neuem dem Rande der Platte an, während der Ladungsapparat noch geladen ist, so strömt von Neuem jedoch langsamer, schwächer, dieselbe Elektricität ein, und so kann man den Versuch noch mehre Male wiederholen. Sobald der Draht des Elektroskops bei sonst ganz unveränderter Stellung und ganz gleichen Bedingungen der Zwischenplatte nicht anliegt, sondern nur in sehr geringem Abstande von ihr

endigt, findet im Elektroskop nur Vertheilung, kein Einströmen von Elektricität statt, wenigstens bei schwachen Ladungen, wie ich sie bei allen diesen Versuchen nur angewendet habe.

Man kann den Versuch noch schlagender anstellen, so dass es der Controle in 26 gar nicht bedarf, wenn man die Zwischenplatte in einen langen Zapfen oder Stiel von Glas auslaufen lässt, welcher 20 Cm. oder mehr über den Rand der Ladungstafeln vorragt, und den Draht des Elektroskops an das Ende dieses Stiels anlegt (Fig. 10). In so grosser Entfernung nämlich von den Ladungstafeln wirkte deren schwache Ladung auf das Elektroskop unmittelbar gar nicht, sobald der Draht desselben aber dem Glasstiel angelegt wurde, strömte nach der Ladung der Tafeln die gleichnamige Elektricität von dem Stiel aus ein.

Bringt man die Zwischenplatte nach einander in verschiedene Höhen zwischen den Ladungstafeln, so erkennt man bei Anwendung stets gleicher Ladungen leicht, dass die Intensität, mit welcher das Abströmen der gleichnamigen Elektricität erfolgt, um so grösser ist, je näher die betreffende Fläche der innern Belegung oder Collectortafel. Eine Wachsplatte statt der Glasplatte als Zwischenplatte zeigt dieselben Erscheinungen.

Hat man nun die von dem Stiele einer Zwischenplatte in einen angelegten Leiter abströmende Elektricität eine Zeitlang abgeleitet, sei es, dass man sie in das Elektroskop aufnahm, oder mit den Fingern oder mit einem zur Erde abgeleiteten Draht ableitete, so zeigt sich die darauf langsam, ohne Anstreifen und nur an den äussersten Rändern oder den Stielen gefasst hervorgezogene Zwischenplatte auf ihren beiden Flächen geladen mit der der Ladung des Tafelapparats ungleichnamigen Elektricität, was am besten und sichersten so geprüft wird, dass man die wie angegeben gefasste Platte von oben dem Knopf eines mit positiver und darauf einem zweiten mit negativer Elektricität geladenen Bennet'schen Elektroskop langsam nähert ohne zu berühren; man kann der einen Fläche der Platte diese Ladung durch Berühren mit dem Handteller (ohne Reiben) nehmen und die der andern Fläche für sich behalten. Diese Ladungen haften übrigens oft sehr lange Zeit an den isolirt aufbewahrten Zwischenplatten.

Wenn man dagegen es möglichst vermeidet, die nach dem Rande oder Stiel der Zwischenplatte gedrängte der Ladung gleichnamige Elektricität abzuleiten, während die Zwischenplatte zwischen den Ladungstafeln liegt, und sie dann möglichst isolirt (mit Guttapercha oder Seide gefasst) langsam hervorzieht, so zeigt sie sich auf ihren Flächen entweder neutral, oder sehr schwach mit der der Ladung des Collectors ungleichnamigen Elektricität, stellenweise auch, namentlich in der Nähe des Randes schwach mit der gleichnamigen behaftet, man erkennt im Gegensatz zu dem Verhalten im vorhergehenden Versuch, dass die beiden Elektricitäten sich auf den Flächen der Zwischenplatte langsam wieder vereinigen, was, wie es scheint, je nach der Oberflächenbeschaffenheit an der einen Stelle rascher, an der andern langsamer zu Stande kommt.

In Folge von mehrmals bald nach einander wiederholten dem Ladungsapparat ertheilten schwachen Ladungen unter Ableitung der vom Stiel der Zwischenplatte langsam abströmenden Elektricität konnten die Oberflächen der Zwischenplatte endlich sehr ansehnliche Ladung ungleichnamiger Elektricität erlangen.

28. Das Verhalten der sog. isolirenden Zwischenplatten kann noch nach einer andern Versuchsmethode, Beobachtung ihrer Rückwirkung auf die Condensatortafel des Ladungsapparats, geprüft werden, und diese ist es, welche vornehmlich in den zahlreichen früheren Discussionen hierüber von Faraday, Knochenhauer, Riess, Müller in Anwendung kam. Die Condensatortafel wird mit dem Draht eines Elektroskops verbunden, der Collectortafel schwache Ladung ertheilt, ohne die Condensatortafel abzuleiten, so dass die Goldblätter des Elektroskops mit der der Collectortafel mitgetheilten gleichnamigen Elektricität divergiren: wird nun eine isolirende Zwischenplatte zwischen Collector und Condensatortafel ohne diese zu berühren eingeführt, und findet auf deren beiden Oberflächen Scheidung der Elektricitäten statt in gleichem Sinne, so dass auf beiden Flächen in der Mitte die der Ladung ungleichnamige Elektricität angesammelt ist, wie es die vorhergehenden Versuche ergeben, so muss das Einschieben der Zwischenplatte Abnahme der Divergenz der Goldblätter zur Folge haben, oder, falls man vor dem Einschieben der Zwischenplatte

die Condensatortafel nach der Ladung ableitete, so dass die Goldblätter nicht divergiren, so muss das Einschieben der Zwischenplatte nun Divergenz der Goldblätter mit der der Ladung ungleichnamigen Elektricität bewirken. Auch in dieser Weise habe ich viele Versuche angestellt, sowohl mit einem aus nackten Metallplatten bestehenden Condensator, wie mit solchen aus belegten Glasplatten bestehenden; als Zwischenplatten habe ich verschiedene Glastafeln, nackt und gefirnisst, sowie Wachstafeln benutzt. Niemals habe ich ein anderes Resultat erhalten, als dieses, dass, wenn die Zwischenplatte absolut unelektrisch eingeführt wird, stets Abnahme der Divergenz der Goldblätter resp. Divergenz mit der der Ladung des Collectors ungleichnamigen Elektricität erfolgt, was also vollständig mit den in der vorhergehenden Nummer mitgetheilten Ergebnissen, sowie mit den Versuchen Müller's*) übereinstimmt.

Da man bei diesen Versuchen nur sehr schwache Ladungen des Condensators anwendet, so muss man mit der grössten Sorgfalt darauf achten, dass die Zwischenplatten vor der Einführung nicht im geringsten schon Ladung haben, was, sei es von vorhergehenden Versuchen oder vom Reiben oder von der Nähe elektrisirter Körper sehr leicht der Fall sein kann. Ich habe alle hierhergehörigen Versuche deshalb in der Weise angestellt, dass jeder Versuch sowohl bei positiver Ladung des Collectors, wie bei negativer vorgenommen wurde, jedes Mal nun, wenn das Einschieben der Zwischenplatte die der Ladung gleichnamige Divergenz der Goldblätter vermehrte, so wirkte sie bei Wiederholung des Versuchs mit entgegengesetzter Ladung des Collectors umgekehrt vermindernd auf die Divergenz, und dann war bei sorgfältiger Prüfung der Zwischenplatte auch stets direct nachzuweisen, dass sie elektrisch war. Die vollkommen unelektrisch eingeführte Zwischenplatte giebt und muss geben die gleiche Wirkung, der Collector mag mit positiver oder negativer Elektricität geladen sein. Meine Zwischenplatten waren an mehre Fuss langen Glasstielen oder dünnen weissen Seidenschnüren befestigt und gehalten, eine Einwirkung des eigenen Körpers oder der Hand wurde sorgfältig vermieden.

*) Bericht über die neuesten Fortschritte der Physik. I. p. 60.

Ein in weiter Entfernung von dem Condensator an den Stiel der Zwischenplatte angelegtes Elektroskop zeigte meistens das Abströmen der der Ladung gleichnamigen Electricität von der Zwischenplatte an, und nur die dünne weisse Seidenschnur und Glasstäbe von gewisser Glassorte leiteten so schlecht an ihrer Oberfläche, dass sie die auf der Platte abgestossene Elektricität dem angelegten Elektroskop nicht zuführten. Aber auch in diesem Falle der möglichst vollständigen Isolirung der Zwischenplatte und auch ohne dass sie mit ihrem Rande die Tafeln des Condensators überragte, wirkte sie dem Sinne nach, wie angegeben, und man wird sich vorstellen dürfen, dass in diesem Falle die abgestossene Elektricität von beiden Flächen sich auf der Fläche des Randes, auf der Kante ansammelt.

Mit Bezug auf den von Riess*) ausgesprochenen Satz, dass der Erfolg der Wirkung nicht leitender Zwischenplatten auf den Influenzversuch von Form und Dimensionen sowohl dieser Platten wie der zu dem Versuche gebrauchten Leiter abhänge, und dass im Allgemeinen dünne ausgedehnte Zwischenplatten die scheinbare Schwächung der Influenz bewirken, bemerke ich, dass ich nur mit solchen relativ dünnen und an Ausdehnung den Dimensionen der Condensatortafeln ähnlichen Zwischenplatten experimentirt habe, meine Versuche soweit also auch in Uebereinstimmung mit den Beobachtungen von Riess sind. Wenn relativ sehr dicke möglichst isolirt getragene Zwischenplatten, deren beide Flächen mit abgerundetem glatten Rande in einander übergehen auf der der Collectortafel abgewendeten Fläche die der Ladung gleichnamige Elektricität zeigen, wie es früher mehrfach beobachtet ist, so erklärt sich dies nach dem Vorhergegangenen leicht, denn es ist wohl denkbar, dass sich die von der dem Collector bedeutend nähern Fläche abgestossene Elektricität um einen geeigneten Rand herum auf die andere Fläche begiebt, wenn diese in bedeutend grösserer Entfernung vom Collector einer sehr viel weniger intensiven Influenz unterliegt. Ueber das in dieser

*) Abhandlungen zu der Lehre von der Reibungselektricität p. 23. 26. (Poggendorff's Annalen. Bd. 92).

Beziehung besonders wichtige Verhalten von Glasröhren zwischen den Ladungstafeln s. unten.

Zur nähern Prüfung der Anordnung der Elektricitäten auf den Oberflächen von nicht leitenden Zwischenplatten habe ich auch viele Versuche mit elektroskopischen Pulvern, z. B. Mennige und Schwefel, angestellt, die entweder auf die innere Oberfläche der untern Ladungstafel oder auf eine Zwischenplatte gesiebt wurden. Bei der Ladung und Entladung der in weitem Abstande von einander befindlichen Tafeln geräth das Pulvergemenge in starke Bewegung, sowohl auf der von demselben bedeckten Fläche, wie namentlich auch von einer Fläche zur andern, in dem sich dabei die beiden Bestandtheile sehr deutlich und scharf nach den Orten ordnen, wohin die positive und die negative Elektricität an den Flächen sich begeben, aber auch nach den Orten grösserer und geringerer Spannung ein und derselben Elektricität. Wenn man z. B. Gitter von Glasröhren, oder nicht leitende Körper von verschiedenen Formen und Dicken (Glasstücke) auf Zwischenplatten zwischen die Ladungstafeln einlegt, so kann man sehr saubere Vertheilung, Scheidung der beiden Pulver erhalten. Ich hebe hervor, dass es sich dabei nicht um die von von Bezold jüngst (Poggendorff's Annalen Bd. 140. 1870. p. 145) beschriebenen Figuren handelt, welche, zwar unter im Allgemeinen ähnlichen Umständen erhalten, von Influenzentladungen nach des Verfs. Untersuchungen herrührten. Ich gehe jedoch auf diese Versuche hier nicht näher ein, theils weil ihre Besprechung ohne farbige Abbildungen kaum verständlich und unter allen Umständen weitläufig sein würde, theils weil die Deutung der Bilder doch nur an der Hand der in den vorhergehenden Nummern mitgetheilten Versuchsergebnisse geschehen kann und diese für den hier vorliegenden Zweck genügen.

29. So viel mir bekannt, ist bisher die Wirkung eines Ladungsapparats auf zwischen den beiden Belegungen befindliche Isolatoren und deren Oberflächen ausgesprochener Maassen wenigstens immer nur vom Standpunkte der Elektrostatik aus Gegenstand der Betrachtung gewesen. Offenbar muss aber der elektrostatischen Wirkung der bestehenden

Ladung eine elektrodynamische Wirkung voraufgehen und nachfolgen, nämlich bei der Herstellung und bei der Aufhebung der Ladung eine Wirkung der Ladungs- und Entladungsbewegung; denn, wenn auch die Art oder Form der Bewegung, durch welche sich der geladene Zustand des Ladungsapparats herstellt und durch welche derselbe wieder aufgehoben wird, nicht näher bekannt ist, so muss es sich doch bei den beiden Acten jedenfalls um Aenderungen der Bewegung der Elektricitäten handeln, im Allgemeinen vergleichbar oder analog den Bewegungsänderungen bei Schliessung und Oeffnung eines Stromes, wenn sich auch vielleicht im voraus nicht einmal aussagen lässt, welcher von diesen beiden Bewegungsänderungen die Ladungsbewegung entsprechend ist*). Dass ich durch die oben nachgewiesene Thatsache der Ozonerzeugung zwischen den beiden Belegungen resp. deren zugehörigen isolirenden Trägern bei der Ladung *und bei der Entladung* auf die Prüfung der eben aufgeworfenen Frage hingewiesen sein musste, bedarf kaum der Erwähnung: ich will zunächst mittheilen, was die in dieser Richtung angestellten Versuche ergeben.

30. Schon oben (27.) wurde angegeben, dass, wenn zwischen den beiden Ladungstafeln isolirt eine Zwischenplatte von Glas liegt, das an das Ende eines langen stielförmigen Fortsatzes derselben (z. B. eine mit Siegellack angekittete Glasröhre) angelegte Elektroskop sich bei der Ladung der Tafeln mit der der Ladung gleichnamigen Elektricität ladet, welche von den Flächen der Zwischenplatte abgestossen längs dem Stiel abfliesst. Dies gestaltet sich nun des Nähern folgendermassen: im Mo-

---

*) In der oben schon erwähnten Abhandlung von Poggendorff über die Art, wie Nichtleiter influencirt werden, sagt Derselbe, was ich wörtlich auch für meine Auffassung in Anspruch nehmen möchte: „Die neue Theorie, wenn ich sie so nennen darf, kommt darauf zurück, dass sie bei der Influenz in Distanz den ersten Act (die Zerlegung der Null-Elektricität in jedem Theilchen wenigstens der Oberfläche) als gleich annimmt für Isolatoren und Leiter, und dass sie keinen andern Unterschied zwischen dem Verhalten beider Körperklassen in diesen Processen statuirt, als den, welcher aus der leichten Beweglichkeit der Elektricität in letzterer entspringt".

ment der Ladungsherstellung divergiren die Goldblätter mit einem plötzlichen Ruck, und das sofort ausser Bereich des Apparats gebrachte Elektroskop zeigt wirkliche Ladung an; war die Ladungsgrösse genügend schwach, dass die Divergenz der Goldblätter nicht sofort eine maximale wurde, so beobachtet man während des Bestehens der Ladung eine langsame Zunahme der Ladung des dem Stiel der Zwischenplatte anliegenden Elektroskops, hat man die starke im Ladungsmoment einströmende Ladung des Elektroskops weggenommen und dasselbe von Neuem dem Stiel der Zwischenplatte angelegt, so ladet es sich langsam von Neuem mit derselben Elektricität. Entladet man plötzlich den Tafelapparat, so nimmt mit einem Ruck die Divergenz der Goldblätter des Elektroskops ab. In dieser Form ist der Versuch noch nicht beweisend dafür, dass im Moment der Entladung der Tafeln auf der Oberfläche der Zwischenplatte eine neue Scheidung der Elektricitäten stattfindet, die entgegengesetzt gerichtet ist der im Ladungsmoment stattfindenden, wohl aber mit folgender Abänderung.

Eine der beiden Ladungstafeln als Collectortafel wird aus einer Leydener Flasche *negativ* geladen, während die gestielte Zwischenplatte isolirt zwischen ihnen liegt: die Ladung bedingt Abströmen von negativer Elektricität längs dem Stiel der Zwischenplatte, nimmt man nun diese sich am Stiel anhäufende negative Elektricität durch mehrmaliges Berühren mit dem Finger fort, und legt man darauf erst das Elektroskop dem Stiele an, so pflegt nur noch sehr langsam ferner negative Elektricität von dem Stiele aus einzuströmen, es wurde durch den Finger nahezu sämmtliche durch die Ladungsherstellung auf den Stiel geschaffte negative Elektricität abgeleitet. Entladet man nun sofort nach Anlegung des völlig ladungsfreien Elektroskops, dessen Goldblätter also in Folge dieses Anlegens nur wenig oder kaum noch mit negativer Elektricität langsam divergiren, den Tafelapparat, so divergiren im Moment der Entladung die Goldblätter ruckweise stark mit positiver Elektricität, und zwar strömt diese von dem Stiele in das Elektroskop ein, dasselbe ist momentan positiv geladen, behält seine positive Divergenz, wenn es ausser den Bereich des Ladungsapparats gebracht wird. Es strömt also im

Moment der Entladung des Tafelapparats positive Elektricität von dem Stiele der Zwischenplatte ab, von welchem im Moment der Ladung und viel schwächer während bestehender Ladung negative Elektricität abströmte. Der Stiel der Zwischenplatte darf so lang sein, dass der dem Ende desselben angelegte Draht des Elektroskops gar nicht von der Ladung und Entladung des Ladungsapparats beeinflusst wird, wenn sich das Elektroskop in derselben Stellung befindet, die Zwischenplatte aber entfernt ist. Der Versuch gelang stets ganz sicher, wenn z. B. die beiden Ladungstafeln mit einem Abstand der Belegungen von 18—20 Mm. aufgestellt waren, die Zwischenplatte in der Mitte des Zwischenraums sich befand und die Tafeln negative Ladung mitgetheilt erhielten von der Flasche von 775 □ Cm. Belegung, die mit 8 Einheiten, also wenig über die Hälfte ihrer Capacität geladen war. (Wenn man nur die Wirkung der Ladung nachweisen will, wie in den in 27 erörterten Versuchen, kommen viel schwächere Ladungen in Anwendung. S. Nro. 13, in Betreff des Ladungsverlustes der Tafeln).

Bei den von mir gebrauchten Zwischenplatten liess sich dieser Versuch nicht in der gleichen Weise schlagend anstellen mit positiver Ladung der Tafeln und zwar aus folgender Ursache. Die unter diesen Umständen am Stiel der Zwischenplatte in Folge der Ladungsherstellung abströmende *positive* Elektricität bewegte sich viel träger längs diesem Stiel und besonders von demselben auf angelegte Leiter, sie liess sich niemals vor Anlegung des Elektroskops dem Stiele so vollständig durch Ableiten entziehen, wie die negative im ersten Fall, so dass das dem Stiel dann angelegte Elektroskop immer noch so starke positive Ladung von demselben aufnahm, dass die Entladung des Tafelapparats nur eine ruckweise starke Abnahme der positiven Divergenz der Goldblätter oder Zusammenfallen bewirkte, aber die entgegengesetzte Ladung derselben nicht rein d. h. nicht als eine neue negative Divergenz hervortreten konnte. Es eignet sich also zur Anstellung des beschriebenen wichtigen Versuchs eine negative Ladung und deren Entladung weit besser, als eine positive, was auf Nichts Anderm beruhet, als darauf, dass die negative Elektricität sich leichter an der Oberfläche der isolirenden Zwischenplatte und von deren Stiel

auf einen angelegten Leiter bewegt, als die positive (18.), und man deshalb dem Stiel derselben leichter die in langsamen Abströmen negativer Elektricität bestehenden Nachwirkungen des Ladungsvorganges entziehen kann, um die Wirkung des Entladungsvorganges, das Abströmen der entgegengesetzten Elektricität an ihm, rein hervortreten zu sehen.

31. Der in voriger Nummer erörterte Versuch beweis't, dass nicht nur der Vorgang der Ladung, sondern auch der Vorgang der Entladung des Ladungsapparats auf die Elektricitäten an der Oberfläche eines zwischen den Ladungstafeln befindlichen Isolators scheidend wirkt, und zwar übt der Entladungsvorgang eine Scheidekraft im entgegengesetzten Sinne aus gegenüber der bei der Ladungsherstellung wirksamen Scheidekraft. Die Ladungsherstellung wirkt im Sinne der elektrostatischen Wirkung der bestehenden Ladung, die Entladung wirkt im entgegengesetzten Sinne. Man kann also sagen, die Ladungsbewegung in dem Ladungsapparat bewirkt diejenige Scheidung der Elektricitäten auf der Zwischenplatte, welche durch die elektrostatische Wirkung der bestehenden Ladung aufrecht erhalten wird; durch die Entladung wird nicht bloss einfach diese elektrostatische Wirkung aufgehoben, sondern es wirkt dabei eine Scheidekraft im entgegengesetzten Sinne, vergleichbar, wie wenn ein zuerst gehobenes Gewicht, nachdem es in gewisser Höhe gehalten wurde nicht einfach frei und fallen gelassen, sondern noch mit einem besondern Stoss wieder herabgeworfen wird.

Die hier und im Folgenden noch durch weitere Versuche an Nichtleitern nachgewiesene wahre Induction durch die Ladungs- und Entladungsbewegung muss bei jeder Scheidung der Elektricitäten durch Vertheilung oder Influenz und deren Aufhebung zu Stande kommen; denn da nicht nur die Annäherung eines Isolators an einen geladenen Körper, sondern auch die Entfernung von demselben nachweisbar (s. unten) wirkt, ersteres wie die Ladungsbewegung, letzteres wie die Entladungsbewegung, so kann eine Scheidung der Elektricitäten durch Vertheilung so wie nicht eingeleitet, so auch nicht aufgehoben werden, ohne dass jene Induction stattfindet. Die Engländer haben Das, was Elektricitätserregung durch Vertheilung oder nach Riess durch Influenz genannt wird, mit dem Ausdruck elek-

trostatische Induction bezeichnet, welcher Ausdruck auch mehrfach in deutschen Abhandlungen gebraucht wird. Es leitet sich nun aber in der That der elektrostatische Zustand der Influenz oder Vertheilung durch eine wahre elektrodynamische Induction ein, und wird durch eine solche im entgegengesetzten Sinne wieder aufgehoben (Poggendorff nannte es „De-Influenz" — Annalen. Bd. 126. p. 313); das Stattfinden dieser letztern Induction ist wohl das Wesentliche zur Rechtfertigung der in Rede stehenden Vorstellung, da man die Wirkung der Induction im Augenblick der Herstellung der Ladung so lange kennt, wie den elektrostatischen Zustand der Vertheilung. Unter der Bezeichnung des sog. Rückschlages ist eine Wirkung der Entladungsinduction seit langer Zeit bekannt.

32. Die Ergänzung des in 30 mitgetheilten Versuchs besteht in dem Nachweis, dass durch den Vorgang der Entladung des Tafelapparats auf den zwischen den Tafeln befindlichen Flächen der Zwischenplatte die der Ladung gleichnamige Elektricität fixirt wird, während, wie oben erörtert, die Ladungsbewegung diese Flächen mit der ungleichnamigen Elektricität ladet. Um diesen Versuch anzustellen, muss man so verfahren, wie bei dem oben (14.) angegebenen Versuch zum Nachweis der Ozonerzeugung bei der Entladung, man muss die Zwischenplatte der Einwirkung der Ladungsbewegung gar nicht, sie, so weit es möglich ist, nur der Wirkung der Entladung aussetzen, weil sonst der Effect jener so bedeutend und andauernd ist, dass die Wirkung der Entladung nicht rein hervortritt. Zwischen die beiden Ladungstafeln kann die gestielte Zwischenplatte, gleitend auf Glasleisten, ein- und ausgeführt werden. Man führt dieselbe zuerst ausser Bereich der Ladungstafeln, ladet diese, führt langsam die möglichst isolirt an den Stielen gefasste Zwischenplatte ein, entladet die Tafeln und führt die Zwischenplatte sofort, und zwar nun unter Berührung der Stiele mit den Fingern wieder heraus um ihre Flächen über einem mit positiver und einem mit negativer Elektricität geladenen Elektroskop zu prüfen. Die Flächen erweisen sich jetzt als behaftet mit freier Elektricität, die derjenigen gleichnamig ist, mit welcher der Ladungsapparat geladen war. Es ist nothwendig, bei der Ausführung des Versuchs die angegebenen Manipulationen genau zu

beachten, deren Bedeutung nach dem Vorhergehenden zum Theil keiner weitern Erklärung bedarf.

Das Ein- und Ausführen der Zwischenplatte zwischen die geladenen Ladungstafeln ist nicht ohne Wirkung auf die Elektricitäten an der Oberfläche der Zwischenplatte, wie es zu erwarten war: durch ein plötzliches, ruckweises Einführen der Zwischenplatte zwischen die geladenen Tafeln kann starke Scheidung der Elektricitäten auf jener bewirkt werden in demselben Sinne wie die Ladung wirkt, und es ist daher diese Wirkung möglichst zu vermeiden, wenn man auf die Wirkung der Entladung prüfen will. Ein rasches ruckweises Ausführen der Zwischenplatte zwischen den geladenen Tafeln heraus kann merklich entgegengesetzt wirken, nämlich im Sinne der Entladung der Tafeln. Nur bei Berücksichtigung dieser Umstände, so wie der aus den in 30 erörterten Versuchen sich ergebenden Momente erweisen sich die an zwischen geladene Ladungstafeln eingeführten und herausgeführten Zwischenplatten zu beobachtenden elektroskopischen Erscheinungen (auch bei solchen Modificationen der Versuche, die ich hier nicht besonders erwähne, da ihr Erfolg sich nach dem Mitgetheilten von selbst ergiebt) gesetzmässig und constant, während ohne das dieselben den Anschein völliger Regellosigkeit haben können.

Für alle die Wirkung der Entladung betreffenden Versuche ist selbstverständlich erste Bedingung, dass die Ladungen gut gehalten werden und man über kräftige Entladungsbewegungen in dem Ansammlungsapparat verfügen kann.

Wenn die obere Ladungstafel, welche als Collector dient, wie angegeben wurde, an drei dünnen Seidenschnüren aufgehängt ist, während die untere Ladungstafel und die etwa eingeschobene Zwischenplatte völlig getrennt von jener darunter aufgestellt sind, so gewähren die Schnüre vermöge ihrer Dehnbarkeit eine gewisse Beweglichkeit der obern Tafel in der Richtung der auf beiden Tafeln Senkrechten, so dass Erscheinungen der elektrischen Anziehung beobachtet werden können. Man beobachtet nun nicht allein im Moment der Ladungsherstellung die Wirkung einer kräftigen Anziehung zwischen den Tafeln, sondern auch

im Moment der Entladung; wenn eine starke Ladung der Tafeln sich bis zu der Entladung erhielt, so wird, indem man dieselbe ohne eine mechanische Wirkung durch die Manipulation auszuüben vornimmt, die obere Tafel abermals kräftig herabgezogen. Auf diese zweite elektrodynamische Wirkung der Ladungs- *und Entladungsbewegung* des Ansammlungsapparats werde ich jedoch in dieser Mittheilung nicht weiter eingehen.

33. Den geladenen Zustand eines Ansammlungsapparats kann man sich im Allgemeinen, nämlich ohne über die Art der Bewegung schon Etwas auszusagen, hergestellt denken dadurch, dass in die innere Belegung nebst zugehörigen Isolator die Elektricitätsmenge E, in die äussere Belegung nebst zugehörigen Isolator die ungleichnamige Elektricitätsmenge nE einströmte, wenn n, ein ächter Bruch, den sogenannten Bindungscoefficienten des Ansammlungsapparats bezeichnet. Die Entladung denkt man sich dann als beruhend auf dem Wiederausströmen dieser beiden Elektricitätsmengen aus den beiden Hälften des Ladungsapparats. Die bei der Ladungs- und Entladungsbewegung in den beiden getrennten Tafeln, aus welchen der Ansammlungsapparat hier bestehend gedacht wird, von diesen auf irgend einen Punkt ausgeübten Inductionskräfte können den Elektricitätsmengen E und resp. nE proportional gesetzt werden.

Tritt eine nicht-leitende Zwischenplatte zwischen die beiden Ladungstafeln, so wirkt dieselbe vermöge der Beweglichkeit der Elektricitäten oder vermöge des Vorhandenseins scheidungsfähiger Nullelektricität an ihren Oberflächen verändernd auf die Wechselwirkung zwischen Collector- und Condensatortafel, wie oben erörtert (28.), die Zwischenplatte selbst übernimmt eine condensatorische Rolle der Collectortafel gegenüber, und es müssen, um dies nicht unerwähnt zu lassen, auch schon die beiden freien, einander zugewendeten Oberflächen der beiden getrennten Ladungstafeln je in diesem Sinne wirken; da aber die Grösse dieser condensatorischen Wirkung einer nicht-leitenden und nicht abgeleiteten Zwischenplatte unter allen Umständen wohl nur eine sehr geringe sein kann gegenüber der Grösse der unter sonst gleichen Umständen bei Fehlen der Zwischenplatte stattfindenden Wechselwirkung der beiden mit Leitern belegten

Ladungstafeln, von denen die als Condensatortafel fungirende ja auch im Moment der Ladung und Entladung abgeleitet, also wie mit unendlich ausgedehnter metallischer Belegung versehen ist, so kann für das Folgende von jener Rückwirkung, welche die nicht-leitende Zwischenplatte auf die Vorgänge in der Collector- und Condensatortafel des Ansammlungsapparats ausübt, abgesehen werden.

Die Bewegungen bei Ladung und Entladung in der äussern Belegung nebst Isolator, oder in der Condensatortafel erfolgen selbst erst unter der Wirkung der entsprechenden Bewegungen in der Collectortafel und finden also nicht ganz gleichzeitig mit diesen statt, es beginnt die Ladungs- und Entladungsbewegung in der Collectortafel etwas früher und ist auch etwas früher beendet, als die entsprechende Bewegung in der Condensatortafel.

Da Ladungen der Collectortafel das eine Mal mit positiver, das andere Mal mit negativer Elektricität in entgegengesetztem Sinne scheidend auf die Elektricitäten an der Oberfläche einer Zwischenplatte wirken, so muss auch die Ladungs- und Entladungsbewegung in der Condensatortafel auf die zwischen den beiden Belegungen auf Nichtleitern befindlichen Elektricitäten eine Scheidekraft ausüben, welche sofern sich die Elektricitäten nicht durch die isolirende Zwischenplatte hindurch bewegen können und die abgestossene Elektricität sich nur längs der Oberfläche der Zwischenplatte fortbewegen kann, allemal entgegengesetzt der von der entsprechenden Bewegung in der Collectortafel ausgehenden Scheidekraft wirkt. Diese von der Condensatortafel ausgehende der von der Collectortafel ausgehenden entgegensetzte und zeitlich nachfolgende Wirkung ist natürlich für jeden zwischen den Belegungen befindlichen Punkt eines Nichtleiters stets kleiner, als die Wirkung der Collectortafel, weil in der Entfernung der Condensatortafel selbst die Grösse der Wirkung der von der Collectortafel ausgeübten Scheidekraft proportional nE ist, d. h. proportional der Intensität der Ladungs- und Entladungsbewegung in der Condensatortafel, welche beide Bewegungen ja unter der Wirkung der entsprechenden Bewegungen in der Collectortafel erfolgen und also das Maass für die in dieser Ent-

fernung stattfindende Wirkung der von der Collectortafel ausgehenden Scheidekräfte sind. Auf die Elektricitäten an der Oberfläche einer Zwischenplatte wirken also bei der Ladung und Entladung des Ansammlungsapparats je zwei entgegengesetzt gerichtete Kräfte — sofern, wenn von Seiten der Collectortafel die $+E$ der Oberfläche der Zwischenplatte nach der Peripherie getrieben wird, die Condensatortafel auf die $-E$ jener Oberfläche abstossend wirkt — von denen aber die von der Collectortafel ausgehende Kraft an jedem Punkte zwischen beiden Tafeln stets das Uebergewicht hat.

Da nun aber die Grösse der Ladungs- und Entladungsbewegung in der Collectortafel abhängig ist von der Gegenwart und von dem Abstande der Condensatortafel oder von der Grösse des Bindungscoefficienten und mit diesem auch die relative Grösse der Bewegung in der Condensatortafel steigt, so muss die *relative* Grösse desjenigen Theiles der von der Collectortafel ausgehenden Scheidekraft, welcher für einen bestimmten Punkt zwischen den Tafeln thatsächlich zur Geltung kommt, d. i. die Differenz der von beiden Tafeln ausgehenden, gleichzeitig wirksam gedachten Scheidekräfte um so grösser sein, je kleiner der Bindungscoefficient des Ansammlungsapparats ist.

Da die Ladungsbewegung und die Entladungsbewegung im Ansammlungsapparat unter sich in entgegengesetztem Sinne scheidend auf die Elektricitäten an der Oberfläche der Zwischenplatte wirken, so können diese Bewegungen wohl nicht etwa so gedacht werden, als ob bei der Ladung die Elektricität von der Belegung aus in einfach fortschreitender Bewegung, wie ein Strom, unter Verlangsamung gegen die Fläche der Belegung und in den starren Isolator hinein vordränge, bei der Entladung sich in entsprechender Weise unter Beschleunigung wieder zurückbewegte: denn bei solcher Vorstellung würde aus dem Inductionsgesetz sich ergeben, dass die Ladungs- und Entladungsbewegung in derselben Tafel in gleichem Sinne scheidend wirken müssten, was nicht der Fall ist: bei der gedachten Vorstellung würde nämlich die Herstellung der Ladung der Oeffnung eines Stromes, die Entladung der Schliessung eines entgegengesetzt gerichteten Stromes entsprechen, während die

beiden Acte ihrer Wirkung nach thatsächlich den beiderlei Schwankungen ein und desselben Stromes entsprechen. Vielleicht darf man sich zur Erklärung der Erscheinungen die Ladungs- und Entladungsbewegung in Collector- und Condensatortafel vorstellen als das Entstehen und Aufhören von stehenden (etwa langsam in den Isolator vordringenden) Schwingungen, deren abnehmende und wachsende Schwingungsdauer diejenige Aenderung der Bewegung bildete, die in dem Ausdruck für die Inductions-Scheidekraft als positive oder negative Beschleunigung auftritt.

34. Die an der Zwischenplatte nachgewiesene Induction bei Ladung und Entladung des Ansammlungsapparats erstreckt sich, wie zu erwarten, auch über die Condensatortafel oder äussere Belegung hinaus, sie ist auch jenseits dieser durch ganz analoge Versuche nachweisbar. Die isolirende Zwischenplatte tritt dabei in der Bedeutung und mit der Bezeichnung der *Deckplatte* auf.

Auf einem wohl isolirenden Träger kommt horizontal die eine Ladungstafel zu liegen mit der Belegung nach unten gewendet, auf diese die zweite Ladungstafel mit nach oben gewendeter Belegung, welche letztere mit einer dicken Schicht Schellackfirniss bekleidet ist. Die Glasscheiben beider Ladungstafeln haben einen zapfenförmigen Fortsatz, auf welchen sich ein entsprechender Ausläufer der Belegungen befindet, der mit einem Metallringe endet, von welchem aus die Ladung und Ableitung vorgenommen wird. Die als Deckplatte jetzt angewendete isolirende Zwischenplatte wird in dem Abstande von einigen Millimetern über der freien Fläche der obern Ladungstafel, die jetzt als Condensatortafel fungiren soll, entweder an Seidenschnüren aufgehängt oder auf isolirende Unterlagen gestützt. Der Draht des Elektroskops wird dem weit über den Rand des Ladungsapparats vorragenden Stiel der Deckplatte angelegt. Ertheilt man nun der untern Ladungstafel (die also als innere Belegung benutzt wird, indem ihr der Knopf der Leydener Flasche genähert wird, während die äussere Belegung dieser in leitender Verbindung mit der Belegung der obern Ladungstafel steht) negative Ladung, so divergiren die Goldblätter des Elektroskops ruckweise mit negativer Elektricität, und aus dem Bereich des Apparats entfernt zeigt sich das

Elektroskop mit negativer Elektricität geladen. Entladen und wieder dem Stiele der Deckplatte angelegt nimmt das Elektroskop von Neuem langsam abströmende negative Elektricität auf. Entladet man die Tafeln, so erleidet die negative Divergenz der Goldblätter eine ruckweise Abnahme.

Wiederum wird nun dieser Versuch so modificirt (30), dass man bei der Ladungsherstellung das Elektroskop nicht anlegt, sondern mit den Fingern den Stiel der Deckplatte mehre Male ableitend berührt; es gelingt leicht, die daselbst abströmende negative Elektricität so vollständig wegzunehmen, dass das darauf dem Stiel angelegte Elektroskop eine kleine Weile ganz neutral bleibt, entladet man sofort den Apparat, so divergiren die Goldblätter nun wiederum mit plötzlichem Ruck und erweisen sich als mit positiver Elektricität geladen.

Wiederum kann dieser Versuch, wenigstens bei meinen Apparaten, unter Benutzung positiver Ladung so rein nicht angestellt werden, es gelang nicht, die in diesem Falle längs dem Stiel der Deckplatte und von demselben auf einen Leiter viel langsamer abströmende positive Elektricität vor dem (noch kräftigen) Entladungsact so vollständig wegzunehmen, dass nicht das angelegte Elektroskop noch vor Ausführung der Entladung sich ansehnlich noch mit positiver Elektricität lud, so dass die Entladung nur das ruckweise Zusammenfallen der Goldblätter bewirkte, die entgegengesetzte Ladung aber derselben von dem Stiele der Deckplatte aus nicht für sich hervortrat.

Hebt man die Deckplatte nach Ertheilung der Ladung und Ableitung der Stiele an diesen langsam ab um sie über zwei schwach geladenen Elektroskopen zu prüfen, so erweis't sie sich auf den beiden Flächen als geladen mit der der Ladung des Tafelapparats ungleichnamigen Elektricität. Die entgegengesetzte Ladung auf der Deckplatte in Folge der Entladung nachzuweisen gelingt auch hier: man ladet den Tafelapparat, setzt erst dann die Deckplatte isolirt gefasst langsam auf, entladet jenen, unter Berührung der Stiele der Deckplatte mit den Fingern, und wiederholt etwa diese Manipulation einige Male, man findet dann, entsprechend der bei der Entladung am Stiele abströmenden der Ladung des Tafelapparats ungleichnamigen Elektricität, die Flächen

der Deckplatte mit der der aufgehobenen Ladung gleichnamigen Elektricität behaftet. Es lässt sich in der angegebenen Weise die Scheidung der Elektricitäten auf der Deckplatte noch bei grosser, über 20 Mm. betragender Entfernung derselben über der Condensatortafel nachweisen; doch bedarf es im Allgemeinen viel stärkerer Ladungen, als für die Versuche an den Zwischenplatten.

Es findet also auch jenseits, auf der äussern Seite der Condensatortafel bei der Ladung und Entladung die Scheidung der Elektricitäten statt, wie zwischen den Ladungstafeln, nur viel weniger intensiv, aber in dem gleichen Sinne, d. h. im Sinne der von den Bewegungen in der Collectortafel ausgehenden Wirkungen, wie es erwartet werden musste. Wenn nämlich die Bewegungsgrösse in der Condensatortafel bei Ladung und Entladung proportional $n\,E$ ist, so wird durch diesen Ausdruck zugleich die Grösse der Wirkung der von der Collectortafel ausgehenden Scheidekraft für einen Punkt in der Entfernung der Condensatortafel vom Collector gemessen. Die Wirkung dieser Scheidekraft erstreckt sich nun noch über die Entfernung der Condensatortafel hinaus (wie in 33 bemerkt wurde, wird auch hier zunächst wiederum abgesehen von der Rückwirkung der Elektricitäten der Deckplatte auf den Ansammlungsapparat), und ebenso erstreckt sich dahin die entgegengesetzte Wirkung der von der Condensatortafel ausgehenden Scheidekraft: in der Ebene der Condensatortafel selbst sind, um es kurz so auszudrücken, beide Kräfte von gleicher Grösse, jenseits derselben aber muss für gleiche Entfernung von ihr die im umgekehrten Verhältniss des Quadrats der Entfernung abnehmende Wirkung der Condensatortafel viel rascher sinken, weil erst im Beginn des Sinkens, als die Wirkung der Collectortafel hier in jenem Verhältniss zu sinken fortfährt. Wiederum muss also, wie zwischen den Ladungstafeln, so auch ausserhalb derselben, auch auf der äussern Seite der Condensatortafel, überall die Wirkung der Collectortafel auch dann das Uebergewicht über die von der Condensatortafel ausgehende Wirkung haben, wenn beide Wirkungen gleichzeitig stattfänden. Da aber jenseits der Condensatortafel die von den beiden Tafeln ausgehenden einander entgegengesetzten Inductions-Wirkungen von (in der Ebene der

Condensatortafel) gleicher Höhe aus mit der Entfernung ungleichmässig sinken, so muss nicht nur die daselbst zur Geltung kommende Wirkung der Collectortafel, d. i. die Differenz der beiden Kräfte, überhaupt relativ schwach sein, sondern dieser zur Geltung kommende Theil der Wirkung der Collectortafel muss auch für einen der Condensatortafel und somit dem ganzen Ladungsapparat sehr nahen Punkt absolut kleiner sein, als für einen in gewisser grösserer Entfernung befindlichen Punkt: die inducirende Wirkung der Condensatortafel schwächt auf ihren beiden Seiten die Wirkung der Collectortafel um so mehr, je näher der den Wirkungen unterliegende Punkt der Condensatortafel liegt, und daher ist auf der äussern Seite der Condensatortafel die Verminderung der Wirkung der Collectortafel durch die entgegengesetzte der Condensatortafel um so bedeutender, je grösser an und für sich noch die erstere ist.

35. An der Deckplatte lassen sich ausser den bisher erwähnten Versuchen zum Nachweis der Elektricitätsscheidungen an ihrer Oberfläche auch noch in der Weise Versuche anstellen, dass man den hinreichend langen Draht des Elektroskops auf verschiedene Punkte der obern Fläche der Deckplatte selbst aufsetzt, um die Anzeigen des Instruments bei der Ladung und Entladung zu beobachten, und die Resultate solcher Versuche sind in mehrfacher Beziehung von Wichtigkeit, speciell auch in Bezug auf die alsbald zu erörternde Ozonerzeugung ausserhalb des Ladungsapparats, jenseits der Condensator- und Collectortafel, so dass ich genöthigt bin, näher darauf einzugehen. Es ist hier wiederum nothwendig, den Versuch mit negativer Ladung des Ansammlungsapparats zunächst getrennt von dem mit positiver Ladung desselben zu behandeln.

Der lange Draht des Elektroskops ist auf einen Punkt des mittlern Theiles der ganz isolirten Deckplatte aufgesetzt, nämlich desjenigen Theiles, unter welchem sich die Belegungen des Ansammlungsapparats befinden, welchen ich im Folgenden als *Mittelfeld* bezeichnen will, gegenüber einer *Randregion* der Deckplatte, unter welcher sich der unbelegte freie Rand der Tafeln des Ansammlungsapparats befindet. Der untern Ladungstafel wird negative Ladung mitgetheilt, wie immer unter Ableitung der andern, hier der obern Tafel: im Moment divergiren die

Mo. Bot. Garden.
1901.

Goldblätter mit negativer Elektricität; diese Divergenz nimmt darauf bei bestehender Ladung der Tafeln allmählich wieder ab, und bei der Entladung der Tafeln fallen die Goldblätter ruckweise zusammen. Hebt man das Elektroskop kurz nach Ertheilung einer stärkern negativen Ladung von dem Mittelfelde der Deckplatte ab, so zeigt es eine schwache negative Ladung an, Einströmen negativer Elektricität, war die Ladung des Ansammlungsapparats schwächer, oder die Entfernung der Deckplatte über der Condensatortafel zu gross, so rührt die im Ladungsmoment erfolgende Divergenz der Goldblätter nur von Vertheilung her und das Elektroskop nimmt keine Ladung an.

Der Versuch lehrt also in Uebereinstimmung mit den obigen, dass die Herstellung der negativen Ladung in der untern Ladungstafel die negative Elektricität von der Deckplatte forttreibt, so wie dieselbe an deren Stiele abfliesst, so kann sie auch in den auf die Mitte aufgesetzten Draht des Elektroskops einfliessen oder bei geringerer Spannung nur vertheilend auf diesen Draht wirken; dass die im Ladungsmoment plötzliche starke negative Divergenz der Goldblätter sofort wieder allmählich abnimmt, ist ebenfalls in Uebereinstimmung mit dem frühern Ergebniss, dass nämlich, in Folge der Verjagung der negativen Elektricität von der Deckplatte, deren Flächen mit der im Ladungsmoment angezogenen positiven Elektricität behaftet sind, die nun dem Elektroskop seine negative Divergenz wieder entzieht, plötzlich verstärkt entzieht, wenn im Entladungsmoment die positive Elektricität die von der Platte weggestossene ist. Bemerkenswerth aber ist, dass unter ganz gleichen Umständen in das Elektroskop sehr viel mehr negative Elektricität von dem Ende des Stiels der Deckplatte einfliesst, als von der Mitte der Fläche derselben. Ebenso wie die Mitte dieser Fläche, verhalten sich alle Punkte derselben, welche über den Belegungen der Ladungstafeln liegen, alle Punkte des sogenannten Mittelfeldes.

Setzt man den Draht des Elektroskops auf solche Punkte der Deckplatte, unter welchen sich der freie, nicht belegte Rand der Ladungstafeln befindet, Randregion, so sind der Art nach die Erscheinungen ganz dieselben, wie von dem Mittelfelde aus, aber unter sonst gleichen

Umständen bedeutend intensiver, als von der Mitte aus, und zwar beginnt diese Differenz plötzlich ganz nahe am innern Rande dieser Randregion der Deckplatte. Die Intensität der Erscheinungen in dieser Randregion der Deckplatte steigert sich noch bedeutend, wenn man die untere Ladungstafel so gegen die obere verschiebt, dass die untere Belegung an der betreffenden Seite vor der obern ein wenig vorragt, Punkte der untern (Collector)-Belegung sich also entweder senkrecht oder nahezu senkrecht unter dem Theile der Randregion der Deckplatte befinden, auf welchen der Draht des Elektroskops aufgesetzt ist; während im Gegentheil die Wirkungen dieser Stelle der Deckplatte auf das Elektroskop bedeutend geschwächt werden, wenn die untere Ladungstafel in entgegengesetzter Richtung gegen die obere verschoben wird.

Dieses Verhalten der Randregion der Deckplatte gegenüber dem Mittelfelde und bei den Verschiebungen der untern Belegung erklärt sich folgendermaassen: Die von einem Punkte einer Ladungstafel bei der Ladungs- und Entladungsbewegung auf die Elektricitäten eines Punktes der Zwischen- oder Deckplatte ausgeübte Scheidekraft ist Function der *relativen* Geschwindigkeitsänderung, die Grösse dieser Kraft ist also abhängig von dem Cosinus des Winkels, den die Richtung der Verbindungslinie der beiden in Betracht gezogenen Punkte mit der Richtung bildet, in welcher die absolute Geschwindigkeitsänderung der Ladungs- und Entladungsbewegung stattfindet. Es scheint nun, dass die relative Geschwindigkeitsänderung in der auf der Fläche der Ladungstafeln senkrechten Richtung ein Maximum ist, in der Richtung dieser Fläche selbst = Null. Dann ergiebt sich sofort, dass für Punkte des Mittelfeldes der Deckplatte zwar der absolute Werth der von jeder der beiden Tafeln, so weit dieselben metallische Belegung tragen, im Moment der Ladung oder Entladung ausgeübten entgegengesetzt gerichteten Scheidekräfte grösser ist, als für Punkte der Randregion, dass aber für Punkte der Randregion der Deckplatte die Verminderung des absoluten Werthes der beiden Kräfte, vermöge der Abnahme des Werthes der relativen Geschwindigkeitsänderung, nicht gleich, sondern bedeutender ist für die von der der Deckplatte nächsten Ladungstafel, d. i. die Condensatortafel, ausgehenden Scheidekraft, so dass also die relative Grösse der

Abschwächung, welche die Wirkung der Collectortafel durch die entgegengesetzte Wirkung der Condensatortafel erfährt, bedeutender ist für Punkte des Mittelfeldes, als für Punkte der Randregion der Deckplatte, und *diese* Differenz oder diese relative Zunahme der Wirkung der Collectortafel wird für einen in bestimmter Entfernung vom Mittelfelde gelegenen Punkt der Randregion um so bedeutender sein, je näher die Deckplatte der Condensatortafel liegt. Befindet sich nun in der That die Deckplatte in geringem Abstande von der Condensatortafel, so muss die eben erörterte relative Vergrösserung der von der Collectortafel ausgehenden Wirkung für die Randregion der Deckplatte (von der innern Grenze dieser Region bis in eine gewisse Entfernung von demselben) gegenüber dem Mittelfelde auch zu einer absoluten Vergrösserung dieser Wirkung werden, wie es die Versuche ergeben. Dass dann eine solche Verschiebung der untern, der Collectortafel, durch welche ein Theil von deren Belegung senkrecht unter die zum Elektroskop abgeleitete Stelle der Randregion der Deckplatte zu liegen kommt, noch bedeutend verstärkend auf die Inductionserscheinungen daselbst wirken muss, so wie dass eine Verschiebung der Collectortafel, in entgegengesetzter Richtung abschwächend wirken muss, ergiebt sich, unter Absehen von Detail, ohne Weiteres.

36. Stellt man die in der vorhergehenden Nummer erörterte Prüfung des Verhaltens der Oberfläche der Deckplatte in dem Mittelfelde und in der Randregion an während der untern Ladungstafel unter Ableitung der obern *positive* Ladung ertheilt und wieder genommen wird, so zeigen sich alle Erscheinungen ganz entsprechend den Erscheinungen bei Benutzung negativer Ladung, so lange man entweder bei kleinerm Abstande der Deckplatte von der obern Ladungstafel sich innerhalb schwacher oder mässiger Ladungen hält oder bei stärkeren Ladungen die Deckplatte in grössern Abstand bringt. Dagegen zeigte sich bei verschiedenen von mir angewendeten Deckplatten (Glasplatten, nackt, mit Schellack überzogen, Glimmerplatten) constant eine paradoxe, anscheinend gesetzwidrige Erscheinung, wenn stärkere Ladungen bei sehr geringem Abstande der Deckplatte angewendet wurden, und zwar besteht diese Abnormität darin, dass unter den angegebenen Umständen

das Elektroskop von dem Mittelfelde der Deckplatte aus im Moment der Herstellung der positiven Ladung der Tafeln nicht mit der von der Deckplatte fortgestossenen, am Stiel abfliessend nachweisbaren, positiven Elektricität divergirte, sondern mit negativer Elektricität, mit derjenigen, die im Ladungsmoment von der Collectortafel aus die angezogene ist, und zwar beruhet diese Divergenz auf Ladung, auf Einströmen negativer Elektricität, das sofort nachher abgehobene Elektroskop behält nicht nur diese negative Divergenz, sondern divergirt sogar in Folge des Abhebens vom Mittelfelde der Deckplatte noch stärker. Nur bei der Ladungsbewegung zeigt sich diese Abnormität, nicht bei der Entladungsbewegung, und so kommt es, dass unter den genannten Umständen, und nur unter diesen, das Elektroskop von dem Mittelfelde der Deckplatte aus bei Ladung und Entladung mit der gleichen, nämlich mit negativer Elektricität divergirt; bleibt nämlich das Elektroskop aufgesetzt stehen, nachdem es im Ladungsmoment mit negativer Elektricität divergirte, so nimmt diese Divergenz bei der Entladung mit einem Ruck wieder zu. Die Randregion der Deckplatte zeigt niemals dieses paradoxe Verhalten bei der Ladung, es beschränkt sich dasselbe völlig auf den einen angegebenen Umstand. Hebt man den Draht des Elektroskops nur ein wenig ab von der Deckplatte, so dass jener frei über dem Mittelfelde schwebt, oder zieht man die Deckplatte unter dem Fusspunkte des Drahts des Elektroskops weg, so dass derselbe in demselben Abstande wie vorher über der obern Ladungstafel frei schwebt, so zeigt sich die paradoxe Erscheinung nicht, d. h. das Elektroskop, dem man zur Erkennung des Zeichens der Ausschläge unter diesen Umständen vorher schwache Ladung ertheilt, zeigt die bei Herstellung und Wegnahme der Ladung des Tafelapparats inducirte Elektricitätsbewegung im richtigen, mit allen übrigen Versuchen übereinstimmenden Sinne an: das Elektroskop für sich allein divergirt im Moment der Ladung der Collectortafel mit positiver Elektricität und im Moment der Entladung mit negativer. Das Auftreten der in Rede stehenden paradoxen negativen Ladung des Elektroskops kommt nur von der isolirenden Deckplatte aus unter den genannten Umständen zu Stande.

Unzweifelhaft beruhet diese paradoxe Erscheinung wieder nur auf

der schon mehrfach oben getroffenen Differenz in der Beweglichkeit der negativen und positiven Elektricität beim Uebergange von der Oberfläche des Glases oder anderer Isolatoren auf einen angelegten Leiter. Die unter den in Rede stehenden Umständen im Ladungsmoment in das Elektroskop vom Mittelfelde aus einströmende Elektricität ist die negative, während unter der das Uebergewicht habenden Wirkung der positiv geladenen Collectortafel die positive Elektricität von dem Mittelfelde so wie von der Randregion fortgetrieben wird, und also auch als in das Elektroskop einströmend, in Uebereinstimmung mit allen übrigen Erscheinungen, zu erwarten gewesen wäre. Nun sind die Umstände, unter denen diese paradoxe Erscheinung allein zu Stande kommt, von der Art, dass die von der Condensatortafel ausgeübte entgegengesetzt gerichtete Scheidekraft nur sehr wenig kleiner ist, als die von der Collectortafel ausgehende (s. oben 34): unmittelbar also nach dem Impuls, durch welchen unter den in Rede stehenden Umständen die positive Elektricität von dem Mittelfelde der Deckplatte unter der Wirkung der Collectortafel in das Elektroskop gedrängt wird, folgt ein beinahe gleich starker Impuls von der Condensatortafel aus, durch welchen die negative Elektricität in das Elektroskop getrieben wird. Da nun eine Anzahl von oben erwähnten Erfahrungen lehren, dass die negative Elektricität ceteris paribus viel leichter und schneller von dem Isolator auf den angelegten Leiter übergeht, als die positive, so ist es wohl verständlich, dass unter jenen Umständen das Elektroskop die Wirkung derjenigen zwar schwächern, aber nur sehr wenig schwächern nachfolgenden Induction anzeigt, durch welche die leichter übergehende negative Elektricität in dasselbe eingetrieben wird. Sobald die Differenz in der Grösse der beiden entgegengesetzten Triebkräfte grösser wird, kommt die paradoxe Erscheinung nicht mehr zu Stande, daher nicht bei grösserm Abstande der Deckplatte und niemals von der Randregion der Deckplatte aus.

Man kann bei der Anwendung der positiven Elektricität zur Ladung des Ansammlungsapparats einen solchen Abstand der Deckplatte und eine solche Stärke der Ladung finden, bei welchen die von dem Mittelfelde der Deckplatte aus auf das Elektroskop im Ladungsmoment aus-

geübte Wirkung grade auf der Gränze ist zwischen jenem paradoxen Verhalten und dem normalen, so nämlich, dass die Goldblätter des neutral aufgesetzten Elektroskops im Ladungsmoment nur eine plötzliche Erschütterung zeigen ohne zu divergiren, und ein mit einer gewissen Ladung divergirend aufgesetztes Elektroskop im Ladungsmoment sehr schnell nach einander zwei kleine entgegengesetzte Ausschläge macht, zuweilen auch nur als eine eigenthümliche Erschütterung wahrnehmbar. Von diesem Gränzfall führt dann eine Verstärkung der auf die Deckplatte ausgeübten Wirkungen zu dem Auftreten jener paradoxen Ladungserscheinung, eine Abschwächung zum Hervortreten der normalen Erscheinung.

37. Ich erinnere jetzt daran, das die ganze Untersuchung über die auf den Oberflächen von isolirenden Zwischenplatten sich zeigenden Inductionswirkungen Seitens der Ladungs- und Entladungsbewegung im Ansammlungsapparat unternommen wurde, um zu prüfen, ob, entsprechend der Ozonerzeugung zwischen den beiden Ladungstafeln oder in der Wand der Leydener Flasche im Moment der Ladung und Entladung, sich Wirkungen dieser beiden Acte auch an den Oberflächen starrer Isolatoren, wie solche den Sauerstoff zwischen den Belegungen des Ansammlungsapparats begränzen, nachweisen liessen, Wirkungen, die ihrerseits etwa mit der Ozonerzeugung in Beziehung zu setzen und in dieser näher in Betracht zu ziehen sein könnten. Nachdem diese Frage so weit durch die vorstehenden Untersuchungen eine bejahende Antwort erhalten hat, muss zunächst die Frage entstehen, ob auch auf der äussern Seite des Ansammlungsapparats im Moment der Ladung und Entladung Ozonerzeugung stattfindet, so wie daselbst die Induction auf die Oberfläche der sogenannten Deckplatte nachweisbar ist. Die Versuche lehren, dass in der That auch hier die beiderlei Erscheinungen Hand in Hand gehen, es findet auf der äussern Seite der Condensatortafel sowohl wie der Collectortafel bei der Ladung und Entladung Ozonerzeugung statt. Die betreffenden Versuche sind folgende.

38. Ein Gaskasten von gleicher Construction und gleichen Dimensionen, wie die früher beschriebenen, trägt im Innern auf einer Fläche

eine Stanniolbelegung, welche durch einen Fortsatz mit einem an der äussern Wand des Kastens befestigten Metallring in Verbindung steht. Auf diese Weise bildet also die eine Wand des Gaskastens selbst die eine Ladungstafel, und zwar so, dass sowohl die Belegung, wie auch der dieselbe umgebende freie, unbelegte Rand im Innern des Kastens sich befindet. Ich werde hierfür die Bezeichnung Gaskasten mit *Binnenbelegung* gebrauchen (weil die Bezeichnung „innere Belegung" eine ganz andere bestimmte Bedeutung bei Ansammlungsapparaten hat). Dieser Gaskasten mit der Binnenbelegung wird auf eine gewöhnliche Ladungstafel von gleichen Dimensionen der Belegung aufgesetzt, so dass die die Binnenbelegung tragende Wand nach unten gewendet ist (Fig. 11), und trockner Sauerstoff durch den wohl ausgetrockneten Gaskasten geleitet. Ertheilt man dem so gebildeten Ladungsapparat, unter Benutzung der untern Ladungstafel als Collector, der Binnenbelegung als Condensator, eine nicht zu schwache Ladung, so ist Ozonerzeugung in dem Gaskasten leicht nachweisbar, und ebenso bei der nach Austreiben des bei der Ladung erzeugten Ozons vorgenommenen Entladung. Die Ozonreaction ist viel schwächer, als die mit gleicher Ladungs- und Entladungsbewegung von zwischen den Ladungstafeln durchströmendem Sauerstoff zu erhaltende, aber völlig constant und evident. Je näher man die beiden Belegungen einander bringt, desto stärker ist diese Ozonerzeugung auf der äussern Seite der Condensatortafel daher am besten, die beiden Belegungen nur durch eine Glastafel von einander zu trennen, die untere Ladungstafel also mit der Belegung nach oben gewendet zu legen. Sehr auffallend macht sich bemerklich, dass die Ozonreaction des Sauerstoffsstroms im Verhältniss zu der Grösse des Gaskastens nur sehr kurze Zeit andauert, sie beginnt sehr schnell nach der Ladung und Entladung, ist aber auch so rasch beendet, dass man unabweisbar den Eindruck bekommt, es werde nur aus dem der Austrittsöffnung des Sauerstoffs nächst benachbarten Theile des Gaskastens Ozon ausgetrieben.

Ich habe soeben vorausgesetzt, dass die beiden Belegungen so über einander liegen, dass sie sich bei gleicher Grösse und Form möglichst genau decken. Verschiebt man die untere Ladungstafel so, dass ihre

Belegung auf Seiten der *Austrittsöffnung* für den Sauerstoff unter der Binnenbelegung vorragt, ein Theil der untern Belegung also sich auf Seiten der Ausströmungsöffnung unter dem freien unbelegten Rande der obern Ladungstafel befindet, so ist die Ozonreaction nach Ladung und Entladung stärker, als im ersten Fall, behält aber die erwähnte sehr kurze Dauer, die bei gleichmässiger Vertheilung des Ozons im ganzen Gaskasten dessen Grösse durchaus nicht entsprechen könnte. Verschiebt man dagegen die untere Ladungstafel in entgegengesetzter Richtung, so dass also ein Theil der untern Belegung auf Seiten der *Eintrittsöffnung* des Sauerstoffs unter der Binnenbelegung vorragt, so erhält man meistens gar keine Ozonreaction oder nur eine schwächste Spur. Wendet man als untere, als Collectortafel eine solche an, deren Belegung grösser ist, als die Binnenbelegung oben, so dass jene ringsum über diese vorragt, so ist die Ozonreaction stärker, als bei gleichen, sich deckenden Belegungen, wiederum mit der Eigenthümlichkeit der kurzen Dauer der sehr bald nach der Ladung und Entladung beginnenden Reaction des Sauerstoffstroms. Ist dagegen die untere Belegung kleiner als die obere, so dass letztere ringsum vorragt, so erhält man gar keine Ozonreaction.

Diese durchaus constanten Erscheinungen führen zu folgender Schlussfolgerung: auf der äussern Seite der Condensatortafel findet Ozonerzeugung statt in der Randregion, d. h. über dem freien, nicht belegten Rande, und wird daselbst verstärkt, wenn die Belegung der Collectortafel unter diese Randregion vorragt, geschwächt resp. aufgehoben, wenn umgekehrt die Belegung der Collectortafel nicht einmal bis an die Randregion der Condensatortafel heranreicht. Dasjenige Ozon, welches in der Randregion erzeugt über die nackte metallische Belegung (Stanniol) hinwegströmen müsste, um zu der Austrittsöffnung des Gasstroms zu gelangen, wird auf diesem Wege zerstört, so dass immer nur derjenige Theil des über der Condensatortafel erzeugten Ozons zum Vorschein kommt, welcher in der Nähe der Austrittsöffnung des Gasstroms erzeugt wurde. Deshalb lässt sich auch aus vorstehendem Versuche nicht erkennen, ob über der Belegung der Condensatortafel Ozonerzeugung stattfindet, oder nicht.

39. Zur Prüfung der Richtigkeit vorstehender Schlussfolge construirte ich einen Gaskasten mit Binnenbelegung, dessen Binnenraum durch ein aus Glimmerstreifen gebildetes Septum, welches die Belegung rings umgiebt, in zwei völlig von einander getrennte Abtheilungen getheilt ist, die eine ringförmige Abtheilung entspricht ausschliesslich der Randregion der Condensatortafel, die andere begreift den Raum über der Binnenbelegung. Durch jede Abtheilung kann ein Sauerstoffstrom geleitet werden. Fig. 12 zeigt diesen Gaskasten im Durchschnitt. Bei Benutzung dieses Gaskastens in der angegebenen Weise erhält man die Ozonreaction in Folge von Ladung und Entladung des Ansammlungsapparats nur aus der Randregion, keine Spur von Reaction aus der mittlern die Belegung enthaltenden Abtheilung. An der aus der Randregion stammenden Ozonreaction ist hier, wie zu erwarten, Nichts zu bemerken, was, wie bei jenem ersten Apparat, darauf hindeutete, dass ein Theil des erzeugten Ozons auf dem Wege durch den Kasten wieder zerstört würde. Ueberragen der untern Belegung über den Rand der Binnenbelegung bedingt auch an diesem Apparat Verstärkung der Ozonerzeugung über der Randregion der obern Ladungstafel, und bei entgegengesetztem Verhältniss der beiden Belegungen ist die Ozonerzeugung aufgehoben. Ich füge noch hinzu, dass sobald man den Abstand der beiden Belegungen vergrössert, d. h. einen schwächern Ladungsapparat herstellt, die Ozonerzeugung über der Randregion der Condensatortafel nur noch stattfindet, wenn die Belegung der Collectortafel unter diese Randregion vorragt.

Es muss ferner besonders hervorgehoben werden, dass die Ozonerzeugung über der Randregion der Condensatortafel unter allen Umständen nur in sehr grosser Nähe über der Fläche dieser Randregion nachzuweisen ist, nicht in einiger Entfernung über derselben; denn es gelang mir niemals diese Ozonerzeugung zu erhalten in einem gewöhnlichen Gaskasten von 1,4 Mm. Wandstärke, der keine Binnenbelegung trägt, dessen eine Wand also nicht selbst als Condensatortafel fungirt, welcher vielmehr der äussern Fläche einer gewöhnlichen als Condensatortafel fungirenden Ladungstafel aufgesetzt wurde: aus diesem Grunde

war es nothwendig für die in Rede stehenden Versuche die Gaskästen mit Binnenbelegung anzuwenden, in denen der Sauerstoff durch die äussere Fläche der Ladungstafel selbst begränzt ist.

40. So sind also auch die die Ozonerzeugung auf der äussern Seite der Condensatortafel betreffenden Erscheinungen ganz entsprechend den Inductionserscheinungen auf der sog. Deckplatte bei Ladung und Entladung des Ansammlungsapparats; beiderlei Wirkungen sind viel weniger intensiv, als zwischen den Ladungstafeln; nur über der Randregion der Condensatortafel ist die Ozonerzeugung nachweisbar, und daselbst ist, wie oben (35) erörtert wurde, die Wirkung der Induction auf die Deckplatte auch am stärksten; dieselben Veränderungen in der gegenseitigen Lage der beiden Belegungen, welche entweder verstärkend oder abschwächend auf die Inductionserscheinungen an der Deckplatte wirken, wirken so auch auf die Ozonerzeugung über der Randregion; dass man gar keine Ozonreaction von dem über die Belegung der Condensatortafel strömenden Sauerstoff erhält, kann entweder darauf beruhen, dass hier in der That kein Ozon erzeugt wird, und dies würde ebenfalls wohl in Harmonie mit dem die Induction auf die Deckplatte betreffenden Verhalten zu stehen scheinen; denn sehr nahe über der Belegung der Condensatortafel müssen sich, wie oben erörtert, die beiden entgegengesetzt gerichteten rasch nach einander erfolgenden Wirkungen von der Collector- und Condensatortafel fast aufheben, und in einiger Entfernung über der Belegung ist die übrig bleibende Wirkung der Collectortafel schon sehr schwach (s. jedoch 41 und 43 am Schluss): oder man könnte annehmen wollen, dass zwar eine schwache Ozonerzeugung über der Belegung der Condensatortafel stattfände, das Metall der Belegung aber dieses Ozon durch Oxydation oder sogenannte Contactwirkung wieder zum Verschwinden brächte. Dass das Metall auf die eine oder andere Weise in der That wenig Ozon zum Verschwinden bringen kann, scheint aus dem oben (38) mitgetheilten Versuche hervorzugehen.

Um die Frage zur Entscheidung zu bringen und weil es überhaupt principiell fehlerhaft ist, das Ozon in Berührung mit Metall treten zu lassen, wenn dies nicht etwa selbst Zweck ist, sollte die Binnenbelegung des Gaskastens bedeckt werden. Bei Anwendung einer dünnen Glastafel

zu diesem Zweck, wurde allerdings kein Ozon erhalten, aber diese Erfahrung genügte nicht, weil die Glastafel zu dick war und, wie schon angegeben, auch für die Randregion der Condensatortafel die Ozonerzeugung daselbst aufhob, wenn sie zwischen deren Oberfläche und dem Sauerstoff eingeschaltet war. Ich bedeckte daher die Belegung eines solchen, wie in Fig. 12 angedeuteten, Gaskastens mit einem ausserordentlich dünnen unversehrten Glimmerblatt, nicht dicker, als feinstes Papier, welches sich mittelst sehr wenig Stärkekleister gut auf dem Stanniol fixiren lässt. Dass die reine Glimmeroberfläche sich indifferent gegen Ozon verhält, habe ich bei anderer Gelegenheit gesehen, und da nun auch über der mit Glimmer bedeckten Belegung der Condensatortafel niemals die Ozonreaction erhalten wurde, so muss wohl geschlossen werden, dass daselbst auch kein Ozon erzeugt wird.

41. In den bisherigen in 34 bis 40 mitgetheilten Versuchen handelte es sich immer nur um diejenigen Wirkungen der Ladung und Entladung des Ansammlungsapparats, welche auf der äussern Seite der als *Condensatortafel* fungirenden Ladungstafel wahrzunehmen sind, die Binnenbelegung des Gaskastens wurde stets als *äussere* Belegung oder Condensatortafel angewendet; es fragt sich nun, wie sich die Erscheinungen auf der äussern Seite der Collectortafel gestalten. Hier nun hört — für die Beurtheilung an der Hand des bisjetzt Bekannten — die bisher, nämlich für den Raum zwischen den Belegungen und für die äussere Seite der Condensatortafel, wohl durchführbare Analogie zwischen den die Induction auf isolirende Zwischen- und Deckplatten bei Ladung und Entladung betreffenden Erscheinungen und den die Ozonerzeugung innerhalb und ausserhalb des Ladungsapparats betreffenden Erscheinungen auf, bis auf das Allgemeine, dass auch auf der äussern Seite der Collectortafel bei Ladung und Entladung Ozonerzeugung stattfindet: denn während die Elektricitätsscheidung auf der Oberfläche einer isolirenden Deckplatte sehr viel intensiver erfolgt, schon bei den allerschwächsten Ladungen deutlich nachweisbar ist, wenn sich die Deckplatte auf der äussern Seite der Collectortafel des Ansammlungsapparats befindet gegenüber dem oben ausführlich erörterten Fall, in welchem die Deckplatte sich auf der äussern Seite

der Condensatortafel befindet, zeigt sich auf der äussern Seite der Collectortafel durchaus keine stärkere Ozonerzeugung unter übrigens gleichen Umständen, als auf der äussern Seite der Condensatortafel, es ist im Gegentheil sogar die Ozonreaction deutlich schwächer, wenn man die Binnenbelegung des Gaskastens als Collectortafel fungiren lässt. Die Ozonerzeugung bei Ladung und Entladung findet ferner auch nur wieder über der Randregion der Collectortafel statt, grade so, wie sie auf die Randregion der Condensatortafel beschränkt ist, und zwar wiederum verstärkt, wenn die dieser Randregion gegenüberstehende Belegung, jetzt also die der Condensatortafel, unter diese Randregion vorragt, und geschwächt bei umgekehrten Verhältniss, doch sind diese Verschiebungen der untern Belegung hier nicht ganz so einflussreich, wie für die Ozonerzeugung über der Randregion der Condensatortafel; keine Spur von Ozonreaction habe ich jemals aus dem mittlern nur die Belegung, sei sie nackt oder mit dünnstem Glimmer bedeckt, enthaltenden Theil des Gaskastens erhalten. Diese Beschränkung der Ozonerzeugung auf die Randregion liess sich, anscheinend wenigstens, für die äussere Seite der Condensatortafel wohl mit den Inductionserscheinungen auf der Deckplatte in Analogie setzen, aber unmittelbar in jener Weise nicht, wenn es sich um die äussere Seite der Collectortafel handelt, denn hier findet die stärkste Inductionswirkung bei Ladung und Entladung auf das sogenannte Mittelfeld einer isolirenden Deckplatte statt, so stark wie auf eine in gleichem Abstand befindliche isolirende Zwischenplatte, eine Bevorzugung der Randregion ist hier, wie zu erwarten, nicht nachweisbar. Wollte man hier etwa den Verdacht aufkommen lassen, dass vielleicht auch in einem Gaskasten zwischen den Ladungstafeln die Ozonerzeugung nur im Bereich der Randregion derselben stattfinden möchte, so begegne ich demselben durch die Bemerkung, dass ich solche Vermuthung durch besondere Versuche sicher widerlegt habe: jene Beschränkung der Ozonerzeugung auf die Randregion gilt nur für die beiden äusseren Seiten des Ansammlungsapparats.

Wenn somit, was doch gar keinem Zweifel unterliegen kann, die Ladungs- und Entladungsbewegung in dem Ansammlungsapparat, und speciell in der Collectortafel desselben, in irgend einem Causalnexus steht

zu der Ozonerzeugung innerhalb und ausserhalb des Ansammlungsapparats und so auch zu der auf der äussern Seite der Collectortafel, so muss durch irgend einen besondern Umstand den allgemeinen Bedingungen zur Ozonerzeugung für die Wirkung auf die äussere Seite der Collectortafel in besonderer Weise und in hohem Grade entgegengewirkt werden, welcher unbekannte Umstand sich in dieser Weise nicht geltend macht für die gleichfalls von der Ladungs- und Entladungsbewegung in der Collectortafel abhängigen Inductionswirkungen auf die Oberfläche einer isolirenden Deckplatte, in so weit dieselben durch das Elektroskop angezeigt werden.

42. Sowohl die Ozonerzeugung auf der äussern Seite der Randregion der beiden Ladungstafeln, wie die Scheidung der Elektricitäten durch Induction auf der Oberfläche der isolirenden Deckplatte kommen auch dann zu Stande, wenn man unter Verbindung der beiden Belegungen der Tafeln durch eine feuchte Schnur oder einen einigermaassen langen Draht die Leydener Flasche sich durch diese Belegungen der Ladungstafeln hindurch oder längs denselben verzögert entladen lässt, vorausgesetzt wiederum, dass die Verzögerung der Entladung durch den Widerstand im Schliessungsbogen und der Bindungscoefficient des Ladungsapparats gross genug ist, dass eine Wechselwirkung zwischen den beiden Ladungstafeln zu Stande kommen kann. Das, was bei solchen Versuchen das Elektroskop bezüglich der Scheidung der Elektricitäten auf der Deckplatte anzeigt, entspricht stets der Wirkung der Ladungsbewegung, und es gilt im Einzelnen hier Alles das, was oben für die entsprechenden Erscheinungen bei Herstellung dauernder Ladung des Ansammlungsapparats angegeben wurde. Aber sämmtliche elektroskopisch angezeigten Wirkungen fallen unter übrigens vergleichbaren Umständen viel schwächer aus bei der durch die Ladungstafeln erfolgenden verzögerten Flaschenentladung, als bei der Herstellung dauernder Ladung durch Mittheilung von der gleich stark geladenen Leydener Flasche. Dies beruhet offenbar wesentlich darauf, dass das Elektroskop unter jenen Umständen nur die Resultante einer Reihe von rasch auf einander folgenden Ladungs- und Entladungswirkungen, die entgegengesetzt sind,

anzeigen kann, wobei die Ladungsbewegung prävalirt, was bei der Langsamkeit der Elektricitätsbewegung auf dem Isolator (Deckplatte) schon deshalb zu erwarten ist, weil eine Ladungsbewegung der Zeit nach der erste Vorgang in jener Reihe von Bewegungen ist.

Die Ozonerzeugung über der Randregion der Ladungstafeln bei der verzögerten Flaschenentladung durch dieselben ist dagegen unter übrigens vergleichbaren Umständen nicht nur nicht geringer, sondern stärker, als bei einfacher Ladung des Apparats durch Mittheilung aus gleich stark geladener Flasche: in der Ozonerzeugung zeigt sich offenbar die Summirung der Wirkungen einer Anzahl von wenn auch an sich einzeln abgeschwächter Ladungs- und Entladungsbewegungen.

43. Man kann bei diesen Versuchen mit der durch die Belegungen der Ladungstafeln der Fläche nach hindurch erfolgenden verzögerten Flaschenentladung die Ladungstafeln in verschiedener Weise in den die innere und äussere Belegung der Leydener Flasche verbindenden Schliessungsbogen einschalten: man kann einerseits die feuchte Schnur so mit den Belegungen der Tafeln verbinden, anderseits die Anbringung der Flasche so vornehmen, dass die Elektricitäten durch die beiden Belegungen des Tafelapparats der Länge nach ganz hindurchströmen müssen, um zu der feuchten Schnur zu gelangen, und zwar wiederum das eine Mal so, dass *diese* Bewegung in beiden Belegungen gleiche Richtung hat, das andere Mal so, dass diese Bewegung entgegengesetzte Richtung in beiden Belegungen hat; und man kann zweitens einerseits die feuchte Schnur an die Belegungen des Tafelapparats so anlegen, anderseits die Anbringung der Leydener Flasche so vornehmen, dass die beiden Belegungen des Tafelapparats nur seitliche Ausläufer oder Anhänge des Schliessungsbogens bilden, und der kürzeste Weg der Flaschenelektricitäten um in die feuchte Schnur zu gelangen, nur durch je einen Punkt der beiden Belegungen führt. Ich habe untersucht, ob diese Differenzen von merklichem Einfluss auf die elektroskopisch angezeigte Induction Seitens der Ladungsbewegung in der Collectortafel auf die Oberfläche der Deckplatte sei, bin aber nach zahlreichen Versuchen zu dem Ergebniss gelangt, dass ein solcher Einfluss nicht nachzuweisen ist. Wenn die beiden

Ladungstafeln sich in solchem Abstande von einander befinden, und anderseits die Verzögerung der Flaschenentladung durch den eingeschalteten Widerstand gross genug ist, dass die Ladungstafeln als solche in Wechselwirkung zu treten vermögen, so ist die relative Lage der Belegungen des Tafelapparats bezüglich des Schliessungsbogens bei gleicher Länge und Beschaffenheit desselben, so wie die relative Richtung der (im Gegensatz zu der Ladungsbewegung) strömenden Elektricitätsbewegung in den beiden Belegungen ohne merklichen Einfluss auf die Wirkung der Ladungs- und Entladungsbewegungen in den Ladungstafeln, und dem entsprechend zeigt sich das letztere Moment (bei hierauf gerichteten auch ohne nähere Angabe leicht verständlichen Versuchsmodificationen) auch ohne Einfluss bei Herstellung oder Aufhebung dauernder Ladungen. Bezüglich der Ozonerzeugung gilt die gleiche eben erörterte Unabhängigkeit. Diese Wahrnehmungen sind also wiederum in Uebereinstimmung damit, dass das Wesentliche bei der Ladung und Entladung des Ansammlungsapparats diejenigen Bewegungen sind, welche gegen die einander zugewendeten Flächen der Belegungen resp. gegen und in den die Belegungen tragenden starren Isolator hinein gerichtet sind. Von diesen Bewegungen, welche also im Innern einer Ladungstafel zwischen einer leitenden Schicht, der Belegung, und einem Theil des starren Isolators sich ereignen, hängt demnach auch (direct oder indirect) die Ozonerzeugung zwischen und ausserhalb der Ladungstafeln ab, und der Umstand, dass zwischen der in Rede stehenden Ladungs- und Entladungsbewegung im Innern der Collectortafel einerseits und dem auf deren äusserer Seite befindlichen Sauerstoff anderseits sich der Leiter, die Belegung des Collectors befindet, während zwischen jenen Bewegungen und solchem Sauerstoff, der sich zwischen den Ladungstafeln befindet, nur Isolatoren eingeschaltet sind, bedingt einen Unterschied, welcher wahrscheinlich zur Erklärung der in 41 mitgetheilten Wahrnehmungen berücksichtigt werden muss, worauf einzugehen ich aber jetzt nicht in der Lage bin.

---

44. Die vorstehenden Beobachtungen liefern noch keine Beantwortung der in 23 gestellten Frage, von welchem Vorgange die Ozonerzeugung in dem in der Wand des Ansammlungsapparats enthaltenen Sauerstoff bei der Ladungs- und Entladungsbewegung *unmittelbar* abhängig ist. Es hat sich ergeben, dass auf der Oberfläche der Glastafeln, zwischen denen der Sauerstoff eingeschlossen ist, durch Induction Seitens der Ladungs- und Entladungsbewegung im Collector, Scheidung der Elektricitäten stattfindet, und die Frage ist nun die, ob die Ozonerzeugung bei der Ladung und Entladung des Ansammlungsapparats davon abhängig ist und dadurch bewirkt wird, dass von der einen der den Sauerstoff begränzenden Fläche die eine (die vom Collector abgestossene) von der andern Fläche die andere (die vom Collector angezogene) der daselbst geschiedenen Inductions- oder Influenz- und De-Influenz-Elektricitäten etwa theilweise in den Sauerstoff eindringen resp. sich durch denselben hindurch vereinigen, oder ob die Ozonerzeugung selbst als eine Inductionswirkung aufzufassen ist, als die Wirkung derselben Induction auf den gasförmigen Isolator Sauerstoff, welche auf der Oberfläche eines starren Isolators jene Scheidung der Elektricitäten und deren Bewegung bewirkt, und welche nach den Untersuchungen von Siemens*) auch im Innern eines starren Isolators Bewegungen veranlasst. Der Umstand, dass die Wirkung einer Ladungsbewegung auf den Sauerstoff durch die einer sehr rasch folgenden Entladungsbewegung nicht etwa aufgehoben wird, sondern beider Wirkungen sich summiren (wenigstens so lange die Polarisation oder Erregung des Sauerstoffs ein gewisses Maass nicht überschreitet), während doch die an den Elektricitäten der Oberfläche von Zwischenplatten zur Erscheinung kommende Inductionswirkung der Entladung derjenigen der Ladungsbewegung entgegengesetzt ist, kann zur Entscheidung jener Frage wohl Nichts beitragen, weil derselbe zur Erklärung, wie es scheint, für jede von beiden Annahmen die gleichen Voraussetzungen in Bezug auf die Molekularconstitution des gasförmigen Nichtleiters oder in Bezug auf das Wesen des polarisirten Zustandes des Sauerstoffs verlangt.

*) Poggendorff's Annalen. Bd. 125. 1865. p. 137

Zum weitern Vordringen aber in jener Frage gewähren die folgenden Versuche Anhaltspunkte.

45. Wesentlich und zunächst in der Absicht, das bei der Construction der Gaskästen, wie sie als Sauerstoffbehälter bei den Versuchen mit dem tafelförmigen Ladungsapparat angewendet wurden, unvermeidliche Siegellack auszuschliessen und den Sauerstoff nur durch Glas zu begränzen, wollte ich Glasröhren zwischen die Ladungstafeln einlegen und stellte zu dem Zweck unter Zusammenschmelzen mehrer langer gleichmässiger Röhren eine 280 Cm. lange Röhre her, die als Schlangenrohr zusammengelegt mit sechs in einer Ebene liegenden Windungen eine Fläche von der Grösse und Form der Belegungen der Ladungstafeln einnimmt. Die Röhre hat 0,7 Mm. Wandstärke und 3 Mm. Durchmesser der Lichtung; die Glassorte gehört nicht zu den am besten isolirenden, wird aber an Leitungsfähigkeit doch noch von manchen Gläsern übertroffen.

Wenn das Schlangenrohr zwischen zwei Ladungstafeln eingelegt war, so konnten die Belegungen in dem gegenseitigen Abstande von 8 Mm. sich befinden, bei welchem in einem zwischengelegten Gaskasten die Ladung und Entladung starke Ozonerzeugung bewirkt. In dem Schlangenrohr wurde keine Spur von Ozon erzeugt, wie und so oft der Versuch auch angestellt werden mochte. Wäre das Ausbleiben der Ozonreaction in dem durch das Schlangenrohr geleiteten trocknen Sauerstoff darin begründet gewesen, dass die absolute Menge des bei einer Ladung und Entladung darin etwa erzeugten Ozons zu gering war, so hätte die Reaction eintreten müssen, als das mit Sauerstoff gefüllte Rohr beiderseits verschlossen einer Anzahl von Ladungen und Entladungen ausgesetzt, und darauf erst der Inhalt ausgetrieben wurde: die Reaction blieb aber auch unter diesen Umständen aus. Wenn ich ausser dem Schlangenrohr noch einen Gaskasten, über oder unter jenem stehend, zwischen die Ladungstafeln brachte, so fand in dem Gaskasten die Ozonerzeugung statt, in dem Schlangenrohr nicht.

Ich kittete nun auf die innere, nicht belegte Fläche der einen Ladungstafel im Umkreis der Belegung einen 6 Mm. hohen Rand von

Glasleisten, mit zwei Ausschnitten für die beiden Enden des Schlangenrohrs versehen, so dass dieses in den von den Glasleisten als Rahmen begränzten Raum eingelegt werden konnte; mit weissem Wachs, dem um es weniger brüchig zu machen, etwas Terpentinöl zugesetzt war, wurde dann der von den Glasleisten begränzte Raum ausgegossen, so dass das Schlangenrohr ganz in die Wachsmasse eingebettet war, deren freie Fläche mit Hülfe eines scharfen langen Messers wohl geebnet werden konnte. Als nach völligem Erstarren des Wachses die zweite Ladungstafel aufgelegt und der Versuch wiederholt wurde, erhielt ich sofort und ganz regelmässig die Ozonreaction aus dem Rohre in Folge von Ladung und Entladung.

Ich hatte, bevor das Schlangenrohr vollständig in die Wachsmasse eingebettet wurde, zuerst nur eine Wachsschicht von halber Höhe in jene Form ausgegossen und in diese, so lange sie noch weich war, das Schlangenrohr so weit eingedrückt, dass dasselbe in den gebildeten Abdruck eingelegt, aber daraus auch wieder entfernt werden konnte: diese Veranstaltung hatte noch gar keine Wirkung, es fand dabei ebensowenig Ozonerzeugung in der Röhre statt, wie wenn sie ganz frei zwischen den Ladungstafeln lag.

46. Der vorstehende Versuch litt an dem Uebelstande, dass als das Schlangenrohr durch die Einbettung in Wachs einmal wirksam zur Ozonerzeugung gemacht worden war, es nun dabei sein Bewenden haben musste, wenn der Apparat nicht wieder zerstört werden sollte. Ich construirte daher die folgende Vorrichtung. 19 ganz gleichmässige gradlinige Glasröhren von derselben Wandstärke, Weite und Glassorte, wie das Schlangenrohr, jede 50 Cm. lang, wurden parallel und in einer Ebene neben einander liegend je mit ihren einem Ende mit Hülfe von Siegellack in einen als Windlade dienenden Glaskasten eingefügt, von welchem aus Sauerstoff durch alle 19 Röhren zugleich getrieben werden konnte. Die Breite des auf solche Weise gebildeten Kamms von Röhren ist gleich der Breite der Belegungen der Ladungstafeln, die Länge der Röhren aber gleich der doppelten Länge der Ladungstafeln selbst, so dass man das Röhrensystem entweder mit einer vordern oder mit einer

hintern Hälfte der Länge sämmtlicher Röhren zwischen die Ladungstafeln einlegen kann. In diesen Röhren fand, wie in dem Schlangenrohr, durchaus keine Spur von Ozonerzeugung statt. Nun wurde das System auf der einen Hälfte seiner Länge mit Wachs, mit etwas Terpentinöl vermischt, umgossen (mit Hülfe einer aus steifem Papier gebildeten Form), so dass jede Röhre ringsum von Wachs ganz umgeben war; die beiden Flächen der die halbe Länge sämmtlicher Röhren beherbergenden Wachsplatte wurden mit Hülfe eines scharfen, langen Messers leicht eben und glatt gehobelt. (S. Fig. 13). Man konnte jetzt das Röhrensystem entweder mit dem wachsumgossenen Theile (a) zwischen die Ladungstafeln einlegen, oder mit dem freien Theile (b). Das Resultat des Versuchs war schlagend: lag der wachsumgossene Theil der Röhren zwischen den Ladungstafeln, so lieferten sämmtliche Röhren Ozon, lagen dieselben Röhren mit dem nackt gebliebenen Theil ihrer Länge zwischen den Tafeln, so kam keine Spur von Ozon, während alle übrigen Versuchsbedingungen unverändert blieben.

47. Nach diesen Versuchen kann es den Anschein haben, als ob es darauf ankäme, die Glasröhre ganz und gar in eine isolirende Masse einzubetten, wenn zwischen den Ladungstafeln in ihr bei Ladung und Entladung Ozon erzeugt werden soll: dies ist aber keineswegs die Bedingung, die erfüllt sein muss, wie die folgenden Versuche lehren.

Drei Glasröhren von derselben Art, wie die bisher erwähnten, gleichfalls doppelt so lang, wie der eine Flächendurchmesser der Ladungstafeln, wurden parallel neben einander dadurch zu einem System verbunden, dass zwischen die mittlere und jede der beiden seitlichen ein 8 Mm. breiter, 1 Mm. dicker Streifen von schlecht leitendem Glase mit Hülfe von Siegellack gekittet wurde, aber so, dass diese Glasstreifen die Röhren nur auf der einen Hälfte ihrer Länge verbinden, auf der andern Hälfte liegen sie frei neben einander. Mit Rücksicht auf Folgendes drücke ich die Einrichtung noch so aus, die mittlere der drei Röhren trägt auf halber Länge jederseits einen dünnen Flügel von Glas, an deren Kanten je noch eine Röhre gekittet ist; diese beiden äusseren Röhren sind also nur einseitig geflügelt. (Fig 14 zeigt in ungefähr wahrer

Grösse den Durchschnitt des Systems). Wird der freie nicht durch Flügel verbundene Theil der drei Röhren zwischen die Ladungstafeln eingelegt, so erhält man keine Spur von Ozon aus ihnen, wird der geflügelte Theil eingelegt, so erhält man starke Reaction aus der mittlern, beiderseits geflügelten Röhre, viel schwächere, meistens gar keine Reaction aus den beiden seitlichen, nur einseitig geflügelten Röhren.

Dieser oft wiederholte, in seinem Ergebniss völlig constante Versuch lehrt also, dass wo der äussere Umfang der Glasröhre ringsum frei ist, sie ganz unwirksam zur Ozonerzeugung ist, schwach und nur unsicher wirksam, wo der äussere Umfang nur ein Mal durch den Ansatz des Flügels unterbrochen ist, sehr wirksam dagegen, wo der äussere Umfang an zwei gegenüberliegenden Stellen durch den Ansatz der beiden Flügel unterbrochen ist; die Ansatzstellen der Flügel sind unter Einrechnung des Siegellacks nicht breiter als etwa 2 Mm. so dass der grösste Theil des Umfanges auch der mittlern Röhre frei ist.

Eine Glasröhre (von etwas grösserer Wandstärke und weiterer Lichtung, als die vorher benutzten) wurde in zwei Hälften getheilt, die eine Hälfte wurde jederseits mit einem Glasflügel versehen (Fig. 15) die andere Hälfte blieb nackt; als beide Hälften neben einander zwischen die Ladungstafeln gelegt waren (Fig. 16) und durch jede der trockne Sauerstoffstrom geleitet wurde, kam bei Ladung und Entladung Ozon nur aus der geflügelten Röhre, keine Spur aus der nackten andern Hälfte derselben Röhre. Diese wurde darauf jederseits mit einem etwa 1 Cm. breiten dünnen Glimmerflügel versehen, wie die Glasleisten mittelst Siegellack befestigt, und nun fand auch in dieser Röhre die Ozonerzeugung ebenso statt, wie in der andern Hälfte.

48. In allen vorstehenden Versuchen, die Glasröhren zur Ozonerzeugung in ihnen wirksam zu machen, ist unter Anderm dieses gemeinsam, dass die den Ladungstafeln zugewendeten Oberflächen des zwischen dieselben eingelegten Körpers vergrössert werden, so wirkt der Wachsguss über dem Röhrensystem, so wirken auch die Glas- oder Glimmerflügel einzelner Röhren: es ist wichtig zu beweisen, dass solche Vergrösserung der Oberfläche durch eine isolirende Masse an sich nicht das ist, worauf es ankommt.

Eine Glasröhre wurde jederseits mit einem breiten Flügel von doppeltem Seidenzeug versehen, welches aber nicht mit Hülfe von Siegellack, sondern mittelst Schellackfirniss befestigt wurde, mit welchem ausserdem das Seidenzeug wiederholt getränkt wurde, um demselben die nöthige Steifigkeit zu geben; da es dabei fast unvermeidlich war, dass der Schellackfirniss sich auch auf dem übrigen Umfang der Glasröhre ausbreitete, so wurde schliesslich die Röhre sammt ihren Flügeln gleichmässig und glatt mit Schellack überzogen. Hier war also mit Hülfe anderer isolirender Substanz anscheinend dasselbe geschehen, um die Röhre wirksam zu machen, wie in den vorhergehenden Versuchen: die Röhre war aber völlig wirkungslos geblieben, sie lieferte durchaus kein Ozon. Nun wurde auf die eine Fläche jedes Flügels, wo sie der Glasröhre ansitzen, eine einige Milimeter breite, übrigens unregelmässige Schicht Siegellack aufgetragen, welches noch bis auf den bisher freien Theil der Glasröhre sich hinauferstreckte (Fig. 17), und jetzt war die Röhre sofort vortrefflich geeignet zur Ozonerzeugung in ihr zwischen den Ladungstafeln, gleichviel, ob die mit Siegellack behaftete Fläche der Flügel der Collector- oder Condensatortafel zugewendet war. Durch das aufgetragene Siegellack war die Oberfläche nicht vergrössert, es war dadurch nur die bis dahin gleichmässige Schellackoberfläche des Körpers an zwei Stellen durch einen andern Isolator unterbrochen. Das Siegellack wirkt dabei durchaus nicht etwa specifisch; denn es ist mir niemals gelungen, eine an sich unwirksame Glasröhre dadurch wirksam zu machen, dass ich ihr auf zwei Seiten Leisten nur von Siegellack, nach Art jener Flügel von Glas u. s. w. gab, es genügte dies nicht, sondern es musste noch eine andere isolirende Substanz den Flügel resp. dessen Wirkung vervollständigen.

49. Dass aber dennoch auch wiederum nichts Wesentliches in dem Umstande liegt, dass die einer Glasröhre zur Wirksamkeit verhelfenden seitlichen Flügel unter Einrechnung des Befestigungsmittels aus zwei differenten isolirenden Massen bestehen, wird abgesehen von den beiden Apparaten mit wachsumgossenen Röhren (45. 46) durch die folgenden Versuche bewiesen.

Man kann einer Glasröhre Flügel von Wachs geben, indem man folgendermaassen verfährt. Die betreffende Glasröhre wird an einem Ende in einen dicken durchbohrten Kork gesteckt, um dessen äussern Umfang eine Röhre von steifem Papier mittelst Siegellack befestigt ist, so dass die Glasröhre die Axe der Papierröhre bildet, welche letztere den 3 bis 4fachen Durchmesser der erstern hat. Man giesst nun die aus Wachs mit Zusatz von etwas Terpentinöl gebildete Masse in die vertical stehende Papierröhre und lässt ohne zu erschüttern vollständig erstarren. Das Papier lässt sich dann sehr leicht von der Wachsmasse abschälen und man hat nach Entfernung auch noch des Korks die Glasröhre wie den Docht von einer Kerze umhüllt. Mittelst eines scharfen dünnen und breiten Messers lässt sich nun die Wachsmasse so zuschneiden und hobeln, dass die Glasröhre an zwei einander gegenüberliegenden Seiten wieder ganz frei gelegt wird und nur zwei Flügel behält, die der Röhre ganz fest und innig anhaften. Ich liess diesen Flügeln nahezu die Dicke der Glasröhre und gab ihnen möglichst glatte Flächen aber auch scharfe Kanten (Fig. 18). In solchen zwischen die Ladungstafeln eingelegten Röhren fand starke Ozonerzeugung statt bei der Ladung und Entladung, während aus einem daneben eingelegten nackten Stück derselben Glasröhre wiederum keine Spur von Reaction erhalten wurde.

Als ich an einer derartigen mit Wachsflügeln versehenen Röhre, die vortrefflich wirksam war, die scharfen Kanten, mit denen die obere und untere Fläche der Flügel von der Seitenfläche abgegränzt waren, recht glatt abgerundet hatte (Fig. 19), war die Röhre vollkommen unwirksam, lieferte keine Spur von Ozon, und als darauf die Rundung wieder scharf abgehobelt wurde und jederseits wieder zwei scharfe Kanten hergestellt waren, natürlich unter nicht unbedeutender Verschmälerung der Flügel, war sie wieder vortrefflich wirksam, wie vorher.

Unter mehren solchen Röhren mit Wachsflügeln, die ich herstellte, war eine, welche zufällig, wegen schiefer Bohrung des Korks, schief in der Papierform zu stehen gekommen war, und welche ich während des Erstarrens der schon eingegossenen Wachsmasse wiederholt in die Axe zu richten suchte, erwartend, dass das allmählich erstarrende Wachs sie

in der richtigen Lage fixiren sollte. Die darauf genau ebenso, wie die anderen, hergerichtete Röhre lieferte nicht die geringste Ozonreaction, was, bevor ich auf die Folgen der bei der Herstellung vorgenommenen Manipulationen aufmerksam geworden war, um so mehr überraschen musste, als die Glasröhre ein Stück einer solchen war, aus welcher zwei andere wirksame Röhren gemacht worden waren, und die Wachsmasse so wie die Dimensionen und zugeschnittene Form derselben ebenfalls genau dieselben waren, wie die für die Herstellung anderer, die sehr wirksam waren, angewendeten. Endlich bemerkte ich, dass, obwohl die flügelförmig zugeschnittene Wachsmasse jederseits auch dieser Röhre ganz fest anhaftete, dieselbe feine Risse darbot, da wo sie sich an die Röhrenwand anlegt, die offenbar durch das Bewegen und Rütteln an der Glasröhre während des Erstarrens der Wachsmasse bei dem Bemühen, sie in die Axe derselben zu richten, entstanden waren. Ein oberflächliches Anschmelzen des Wachses mittelst heissen Drahts half der Unwirksamkeit dieser Röhre nicht ab, und ich habe sie lange als Vergleichsröhre neben den anderen wirksamen aufbewahrt und bei den häufig wiederholten Versuchen angewendet, stets mit dem gleichen völlig negativen Erfolge. Endlich befestigte ich über der einen Fläche der vorher etwas verdünnten Wachsflügel noch einen Glimmerflügel mit Hülfe von wenig Siegellack an die Glasröhre, und nun lieferte auch diese Röhre zwischen den Ladungstafeln Ozon, wie die übrigen.

Mit dieser Erfahrung stimmt noch die folgende überein. Das in 46 beschriebene System der 19 Röhren lieferte in den ersten Wochen nach Herstellung des Wachsgusses bei Einlegung des wachsübergossenen Theiles zwischen die Ladungstafeln aus sämmtlichen Röhren Ozonreaction; als ich nach Verlauf mehrer Monate, während welcher der Wachsguss vielen Temperaturwechseln und bei Benutzung des Apparats zu anderweitigen Versuchen, namentlich auch mechanischen Erschütterungen ausgesetzt gewesen war, jenen Versuch wiederholte, lieferte nur noch ein Theil der 19 Röhren Ozon, die übrigen versagten hartnäckig: offenbar hatte die Wachsmasse trotz des Terpentinzusatzes im Innern Sprünge bekommen.

50. Ueberblickt man die in 47—49 mitgetheilten Versuche und Erfahrungen, so ergiebt sich nur ein einziges Moment als gemeinsam in allen Fällen, in denen eine an sich zur Ozonerzeugung in ihrem Innern zwischen den Ladungstafeln ungeeignete Glasröhre durch Veränderungen an ihrer äussern Oberfläche dazu geeignet wurde: dieses eine gemeinsame Moment ist die Unterbrechung der Continuirlichkeit des äussern Umfanges der Glasröhre durch sehr dicht und innig (ohne Lücken) angefügte isolirende Substanz, deren eigene Oberfläche wiederum Continuitätsunterbrechungen, wie durch scharfe Kanten, oder durch einen Wechsel der Substanz darbieten muss. Durch die Art, wie das in 45 beschriebene Schlangenrohr zur Ozonerzeugung im Innern wirksam gemacht wurde, ist der eben abstrahirten Forderung gleichfalls genügt, da die an die Stelle der äussern Oberfläche der Glasröhre getretene Oberfläche der jener innig anhaftenden Wachsmasse, sofern dieselbe in jenen Rahmen von Glas auf die Ladungstafel gegossen ist, überhaupt nur gewissermaassen der einen Hälfte der Oberfläche im Umfang der Röhre entspricht. An dem in 46 beschriebenen Apparat der 19 Röhren sind zwar die obere und untere Oberfläche der Wachsmasse, in die die Röhren eingebettet sind, frei und bieten auch nicht durch Wechsel der Substanz Continuitätsunterbrechungen dar, aber einerseits kommt dabei wie aus dem Inhalt der folgenden Nummer erhellen wird, die mit der Glätte einer Glasröhrenoberfläche gar nicht zu vergleichende Oberflächenbeschaffenheit der ausgedehnten Wachsmasse in Betracht, anderseits eine Continuitätsunterbrechung zwischen oberer und unterer Fläche durch die Kanten, welche, wenn auch nicht so scharf wie die des Wachsflügels in Fig. 18, doch auch nicht absichtlich so glatt und gerundet, wie die des Wachsflügels in Fig. 19 sind. Ausserdem kommt, wie sich unten ergeben wird, in den Fällen, in denen eine Glasröhre vollständig in Wachs eingebettet ist, als ein besonderes Moment wahrscheinlich der dadurch ringsum bedeutend vergrösserte Abstand der innern Röhrenfläche von der an Stelle der äussern getretenen Wachsoberfläche in Betracht. Was endlich die in den früheren Versuchen in Anwendung gekommenen Gaskästen (Fig. 4. 5) betrifft, sofern dieselben gewissermassen als sehr

abgeplattete weite Röhren angesehen werden können, so entsprechen auch diese obiger Forderung, da ja die beiden äusseren Glasflächen dieser tafelförmigen aus zwei Glastafeln gebildeten Kästen am Rande ringsum eine völlige Continuitätsunterbrechung haben.

Wie wirksam eine solche Discontinuität der der Collectortafel und der der Condensatortafel zugewendeten Oberflächen ist, wie sie diese aus zwei einzelnen Glastafeln, die mit Siegellack ringsum an einander befestigt sind, bestehenden Gaskästen besitzen, geht sehr deutlich aus Folgendem hervor. Ich verfertigte ein ganz schmales röhrenartiges Gaskästchen aus zwei 5 Mm. breiten 1,4 Mm. dicken Glasstreifen, die jederseits in einem Abstande von 4 Mm. mittelst Siegellack an einander gekittet und über deren Enden eine Einleitungs- und Austrittsröhre gekittet waren. Dieses Gaskästchen entsprach in seinen Dimensionen einer Glasröhre, wie die in Fig. 17 abgebildete, der wesentliche Unterschied liegt nur in der Discontinuität der innern und der äussern Fläche in der Circumferenz oder vielmehr, da auf die der innern Nichts ankommt, nur in der Discontinuität der äussern Fläche, und dies bedingte, dass das röhrenartige Gaskästchen sehr gut zur Ozonerzeugung in seinem Innern geeignet war, eine im Uebrigen entsprechende Glasröhre, ohne jene künstliche Unterbrechung der Continuität der äussern Oberfläche, nicht.

51. Nicht alle Glasröhren jedoch sind als solche ohne die besprochene Veränderung ihrer äussern Oberfläche unwirksam zur Ozonerzeugung in ihnen zwischen den Ladungstafeln. Ich habe Röhren von keineswegs sehr schwer schmelzbarem Glase, die aber beim Reiben mit Seide ziemlich stark elektrisch werden, von 11 Mm. Durchmesser und 1 Mm. Wandstärke, welche zwischen den Ladungstafeln bei Ertheilung starker Ladungen Ozon geben; aber auch in diesen Röhren wird die Ozonerzeugung viel stärker, wenn sie in der angegebenen Weise mit zwei Glas- oder Glimmerflügeln versehen werden, es bedarf unter übrigens gleichen Umständen einer bedeutend stärkern Flaschenladung zur Ladung der Tafeln um in dem nackten Theil solcher Röhren überhaupt Ozon zu erzeugen, als dann, wenn der geflügelte Theil dieser Röhren zwischen den Ladungstafeln liegt. Ein grösserer Durchmesser der Glasröhren scheint dabei

wohl auch von einigem Einfluss zu sein, aber keinenfalls ist dies das einzige in Betracht kommende Moment, denn einerseits haben die oben erwähnten mit den Wachsflügeln versehenen, und ohne diese ganz unwirksamen, Röhren ebenfalls 10 Mm. äussern Durchmesser bei 1 Mm. Wandstärke, und anderseits habe ich unter einer grossen Zahl von Röhren eine getroffen, die nur 8 Mm. Durchmesser hat und ohne Weiteres sich vortrefflich zur Ozonerzeugung im Innern eignet: diese Röhre ist aber dadurch ausgezeichnet, dass sie, als Röhre sehr fehlerhaft, starke Reifen der Länge nach auf der äussern Oberfläche hat und beim Reiben stark elektrisch wird. Ausser dieser waren allerdings alle Röhren ähnlichen oder geringern Durchmessers im nackten Zustande unwirksam *). Böhmische Röhren von so geringem Durchmesser standen mir nicht zu Gebote. Eine farblose böhmische Röhre aber von 13 Mm. äusserm Durchmesser und 1,5 Mm. Wandstärke war ohne Weiteres ausgezeichnet geeignet zur Ozonerzeugung in ihr, wenn sie zwischen den Ladungstafeln lag, deren Belegungen dabei 16 Mm. von einander entfernt waren. Eine aus früherer Zeit stammende, dunkel bouteillengrüne, ganz besonders schwer schmelzbare Röhre dagegen, 12 Mm. dick, 1,5 Mm. Wandstärke, die sowohl beim Reiben mit Seide gut elektrisch wurde, als auch sich nur recht schlecht leitend an der Oberfläche bei der Prüfung am Elektroskop erwies, war nicht nur völlig unwirksam zur Ozonerzeugung im Innern im nackten Zustande, sondern blieb auch unwirksam, als sie mit Hülfe von Siegellack Glimmerflügel angeheftet erhalten hatte, der einzige mir vorgekommene derartige Fall. Das Glas dieser Röhre enthielt offenbar viel Eisenoxyd, doch weiss ich nicht, ob dies in Betracht kommen kann. Ich erwähne diese seltsame Röhre nur beiläufig und berücksichtige sie nicht weiter.

Als Zusatz zu dem in 50 gezogenen Schluss ergiebt sich somit, dass solche Glasröhren, welche entweder vermöge einer kantigen Beschaffen-

*) Sämmtliche Glasröhren, bei denen Nichts Weiteres angegeben ist, stammen aus der Hütte von Heintz und Schnabel in Stützerbach in Thüringen. Es giebt andere Thüringer Röhren, die viel stärker leitend sind, als jene; ich weiss aber nicht, ob der Glassatz in einer Hütte constant gehalten wird.

heit ihrer Oberfläche oder vermöge der chemisch-physikalischen Beschaffenheit der Substanz an sich schon schlecht oder sehr schlecht leitend an der Oberfläche sind, besonders wenn sie zugleich einen grössern Umfang haben, jener künstlichen Unterbrechung der Continuität der äussern Oberfläche nicht bedürfen, um, zwischen die Ladungstafeln eingelegt, bei Ladung und Entladung Ozonerzeugung in ihrem Innern zu Stande kommen zu lassen, dass aber auch an solchen Röhren die Bedingungen für die Ozonerzeugung in ihnen durch eine künstliche Unterbrechung der Continuität der äussern Oberfläche günstiger gemacht werden.

52. Die vorstehenden Versuche mit den Glasröhren haben also ergeben, dass die Ozonerzeugung zwischen den Ladungstafeln bei deren Ladung und Entladung abhängig ist von der Form und Beschaffenheit der *äussern* Oberfläche des aus (im gewöhnlichen Sinne) nichtleitender Substanz gebildeten Behälters, in welchem der Sauerstoff der Wirkung der Ladungs- und Entladungsbewegung ausgesetzt wird. Form und Beschaffenheit der äussern Oberfläche des Sauerstoffbehälters zwischen den Ladungstafeln können aber zunächst auf Nichts Anderes einen Einfluss haben, als auf den Verlauf oder die Gestaltung derjenigen Elektricitätsbewegungen, welche, unter der Wirkung der Induction Seitens der Ladungs- und Entladungsbewegung im Ansammlungsapparat, sich auf den Oberflächen des Sauerstoffbehälters, als nichtleitende Zwischenplatte, ereignen; ich erinnere z. B. an die Wirkung der Abrundung und der Wiederherstellung der Kanten der Wachsflügel, an die Wirkung der Siegellackschicht auf den Seidenflügeln. Folglich ist also auch die Ozonerzeugung bei Ladung und Entladung des Ansammlungsapparats abhängig von diesen unter der Wirkung der Induction auf der Wand des Sauerstoffbehälters im Moment der Ladung und Entladung erfolgenden Elektricitätsbewegungen, womit es selbstverständlich nicht ausgeschlossen ist, dass, wie in oben erwähnten Apparaten, die Ladungstafeln, aus denen der Ansammlungsapparat besteht, auch selbst zugleich den Sauerstoffbehälter bilden, und in diesem Falle also auch die Ozonerzeugung direct, unmittelbar von den Elektricitätsbewegungen in und auf den Ladungstafeln selbst abhängig ist.

Es ist somit jetzt zu untersuchen, wie auf und in einer zwischen die Ladungstafeln eingelegten Glasröhre diejenigen Elektricitätsbewegungen sich gestalten, welche entstehen unter der Inductionswirkung Seitens der Ladungs- und Entladungsbewegung im Ansammlungsapparat, und wie der Verlauf jener Bewegungen abgeändert wird durch jene künstlichen Unterbrechungen der Continuität der äussern Oberfläche im Umfang der Röhre, welche sich so einflussreich für die Ozonerzeugung im Innern der Röhre erweisen.

53. Ich gehe aus von dem einfachern ersten Falle, dass zwischen den beiden Ladungstafeln zwei unter sich nicht (oder nicht unmittelbar) zusammenhängende ebene Zwischenplatten, die eine über der andern (Gaskasten), liegen. In Fig. 20 soll CC die Collectortafel des Ladungsapparats vorstellen, AA eine obere, BB eine untere Zwischenplatte von Glas. An diesen Zwischenplatten kommen vier Oberflächen in Betracht, welche mit Bezug auf den nachher zu erörternden Fall der Röhren der Gleichmässigkeit halber der Reihe nach von oben nach unten bezeichnet werden mögen als *oa*, *oi*, *ui* und *ua* (obere äussere, obere innere, untere innere und untere äussere). Ich nehme an, der Ladungsapparat werde geladen, indem der Collectortafel positive Elektricität mitgetheilt wird. Nach den obigen Untersuchungen ist bekannt, dass alsdann im Moment der Ladung auf alle vier Flächen, an Intensität abnehmend mit der Entfernung vom Collector, eine Scheidekraft wirkt, welche die $+E$ nach der Peripherie auf den Oberflächen der Zwischenplatten forttreibt, während auf allen vier Flächen die $-E$ nach dem Collector zu angezogen wird; es kann durch die ausgezogenen Pfeile die nachweisbare Bewegung der fortgetriebenen $+E$ längs den Oberflächen angedeutet werden, durch die auf *oa*, *oi*, *ui* und *ua* stehenden punktirten Pfeile aber die Richtung der Bewegung, zu welcher die $-E$ im Ladungsmoment den Antrieb erhält, und es wird, bevor die $+E$, um zu entweichen, die Bewegung längs den Oberflächen zur Peripherie einschlägt, der Bewegungsantrieb auf jeder Fläche für die $+E$ die den punktirten Pfeilen entgegengesetzte Richtung haben. Was nämlich hier und bei früherer Gelegenheit als Scheidung der Elektricitäten an oder auf der Oberfläche der nicht-

leitenden Zwischenplatte bezeichnet wurde, wird, genauer bezeichnet, als eine Scheidung der Elektricitäten in einer sehr dünnen oberflächlichen Schicht der Platte angesehen werden müssen, so dünn nämlich, als die Elektricitäten in ihr sich leicht bewegen können, und in dieser sehr dünnen Schicht der Platte erfolgt die Scheidung zunächst in der auf die Oberfläche der Platte senkrechten Richtung *).

Ereignet sich Dieses an den Oberflächen der Zwischenplatten, so wird zwischen ihnen Ozon erzeugt, und die Frage ist, ob diese Ozonerzeugung abhängig ist von den eben erörterten durch die Pfeile *auf den Flächen* angedeuteten Elektricitätsbewegungen, oder ob unter den den Elektricitäten ertheilten Bewegungsimpulsen ein Theil der $+E$ von *oi* diese Fläche verlässt und ebenso ein Theil der $-E$ von *ui* diese Fläche verlässt, in den zwischen *oi* und *ui* enthaltenen Sauerstoff eindringen und unter der Wirkung dieses Vorganges, angedeutet durch die in dem freien Raum zwischen AA und BB gezeichneten Pfeile, die Ozonerzeugug stattfindet.

54. Liegt statt der beiden mit einander nicht zusammenhängenden Zwischenplatten eine Glasröhre zwischen den Ladungstafeln, Fig. 21, so hängt *oa* mit *ua* durch den seitlichen äussern Umfang der Röhre unmittelbar zusammen, ebenso *oi* mit *ui* durch den seitlichen innern Umfang. Die im Ladungsmoment von *oa* fortgetriebene $+E$ wird zunächst um den seitlichen Umfang der Röhre nach *ua*, dem Ort der geringsten Spannung, den sie erreichen kann, zu entweichen suchen; wobei noch hinzukommt, dass von der Condensatortafel aus, sofern dieselbe entgegengesetzt der Collectortafel, nämlich abstossend auf die $-E$, anziehend auf die $+E$ wirkt, in diesem Falle, nämlich bei der Röhre, die der $+E$ von *oa* Seitens der Collectortafel ertheilte Bewegung nach *ua* hin unterstützt werden muss.

Nehmen wir zunächst an, dass die Oberfläche der Glasröhre in der Richtung des Umfanges relativ gut leitend sei, so wird eine der in *oa*

---

*) Vergl. z. B. Riess, Influenz einer nichtleitenden Platte auf sich selbst. Poggendorff's Annalen. Bd. 132. 1867. p. 601.

zum Collector angezogenen $-E$ gleiche Menge $+E$ von *oa* sich im Moment der Ladung auf *ua* zusammendrängen. Dies muss zur Folge haben, dass die $-E$ von *ui* den durch die auf *ui* gezeichneten punktirten Pfeile angedeuteten Bewegungsimpuls empfängt. Zu gleicher Zeit empfängt aber die $-E$ in *ui* auch einen Bewegungsantrieb in entgegengesetzter Richtung von der Collectortafel selbst, entsprechend dem im vorhergehenden ersten Falle auf der ebenen Zwischenplatte der $-E$ in *ui* ertheilten Bewegung, und zu diesem Bewegungsantriebe für die $-E$ in *ui* muss sich, in gleicher Richtung wirksam, auch noch ein Impuls gesellen, ausgehend von der von *oi* fortgetriebenen $+E$, welche um den innern Umfang der Röhre herab nach *ui* zu entweichen bestrebt sein muss. Auf die $-E$ in *ui* wirken also, so weit sie hier im Gegensatz zum ersten Falle in Betracht gezogen zu werden brauchen, gleichzeitig oder fast gleichzeitig drei Kräfte, von denen die eine sie in der Richtung nach *ua* (in Fig. 21 durch die punktirten Pfeile auf *ui* angedeutet) die beiden anderen sie in der entgegengesetzten Richtung zu bewegen streben. Ob unter diesen Umständen die $-E$ in *ui* in Ruhe bleibt oder dem einen oder andern Bewegungsantriebe folgt im Moment der Ladung, ist abhängig von dem Verhältniss der Grösse jener zwei Antriebe, und unter Berücksichtigung der mit der Entfernung von der Collectortafel abnehmenden Menge der auf den verschiedenen Flächen in Bewegung gerathenden Elektricität (Röhren von verschiedener Weite und Wandstärke) so wie grosser Unterschiede des Leitungsvermögens an den Oberflächen der Röhren sind wohl alle drei Fälle als möglich zu statuiren.

Es ist nun klar, dass je schlechter die Leitung um den äussern Umfang der Röhre herum für die $+E$ von *oa* ist, je langsamer und unvollständiger also diese $+E$ nach *ua* gelangt, desto kleiner im Ladungsmoment der durch die punktirten Pfeile in *ui* angedeutete Bewegungsantrieb ausfällt, desto mehr also der von den beiden anderen Kräften ausgehende entgegengesetzte, beziehungsweise normale, den Verhältnissen im ersten Fall entsprechende, Bewegungsantrieb prävalirt und desto mehr somit die im Ladungsmoment in *ui* stattfindende Bewegung derjenigen gleicht, welche auf der ebenen Zwischenplatte in *ui* (erster Fall) stattfindet.

Ist nun die Glasröhre mit den innig ihrer äussern Oberfläche angefügten seitlichen Flügeln von isolirender Substanz mit Discontinuität der Flächen derselben versehen (Fig 22), so wird dadurch die Bewegung der von *oa*, so wie der von den Flächen der Flügel selbst, fortgetriebenen $+E$ nach *ua* herum gehemmt; der Uebergang der Elektricität von der Oberfläche eines Isolators auf einen andern findet sehr schwer statt, viel schwerer, als die Fortbewegung auf der ununterbrochenen freien Oberfläche *eines* Isolators. Unter diesen Umständen wird also im Ladungsmoment die $+E$ von *oa*, aufgehalten auf der — wegen grössern Abstandes vom Collector einer geringern Wirkung selbst unterliegenden und schlecht leitenden — Oberfläche der Flügel, sich nicht in *ua* zusammendrängen, somit jener Bewegungsantrieb, welcher die $-E$ auf *ui* in die Richtung nach *ua* trieb, wegfallen und die Bewegung der $-E$ auf *ui* der Richtung nach dieselbe sein, wie im ersten Fall die Bewegung auf der entsprechenden Fläche der ebenen Zwischenplatte.

Dass die schlecht leitenden Flügel an der Glasröhre in der That so, wie eben erörtert wirken, lässt sich durch den Versuch nachweisen; prüft man nämlich unmittelbar nach Ertheilung der positiven Ladung eine mit breiten, gut wirksamen Flügeln versehene Röhre über dem Elektroskop, so zeigt sich, besonders an dem mittlern Theil der Länge der Röhre (also möglichst weit entfernt von den beiden Enden, von der Peripherie), positive Ladung auf der der Collectortafel zugewendet gewesenen, obern Fläche der Flügel, dagegen negative Ladung auf dem obern Theil ihres eigenen Umfanges, nämlich auf *oa* in der Abbildung; auf der untern Fläche der Flügel dagegen, so wie auf *ua* zeigt sich schwächere negative Ladung, entsprechend dem Verhalten der Oberfläche einer gewöhnlichen Zwischenplatte nach der Ladung des Ansammlungsapparats. An einer nicht geflügelten Röhre darf man aber nicht etwa erwarten, auf *ua* positive Spannung nach der Ladung zu finden, denn die zwar im Ladungsmoment dahin zunächst abströmende $+E$ bleibt daselbst nicht, sondern fliesst wie an der ebenen Zwischenplatte, längs der Röhre zur Peripherie ab; für das hier in Rede stehende Interesse kommt es aber nur auf diejenigen Elektricitätsbewegungen

an den Oberflächen der isolirenden Zwischenkörper an, welche unmittelbar und zuerst in Folge der Ladungsbewegung stattfinden.

Für den Moment der Entladung des Ansammlungsapparats gilt Alles vorstehend Erörterte gleichfalls, nur mit den umgekehrten Vorzeichen der Elektricitäten.

55. Da nun Ozonerzeugung im Moment der Ladung und Entladung stattfindet sowohl zwischen den beiden ebenen, nicht zusammenhängenden Zwischenplatten (Fig. 20) wie in der geflügelten Röhre oder in einer solchen, die vermöge ihrer Oberflächenbeschaffenheit (schlechte Leitung, besonders bei grösserm Umfange) der geflügelten entspricht (Fig. 22), dagegen nicht in einer nackten Röhre von der für Fig. 21 vorausgesetzten Beschaffenheit der Oberfläche, und da offenbar die isolirenden Flügel nur in der vorstehend erörterten Weise auf die Elektricitätsbewegungen an der Oberfläche der Röhre wirken können, so muss es für die Ozonerzeugung im Innern des Sauerstoffbehälters darauf ankommen, ob, wenn wie bisher als Beispiel nur und der Kürze des Ausdrucks wegen der Fall der positiven Ladung des Collectors vorausgesetzt wird, zugleich mit der durch die punktirten Pfeile auf *oi* angedeuteten Bewegung der $-E$ daselbst, die $-E$ auf *ui* in der gleichen Richtung Bewegungsantrieb empfängt wie in Fig. 20 und 22 — zur Ozonerzeugung *wirksam* —, oder ob die $-E$ auf *ui* in Ruhe bleibt oder den entgegengesetzten Bewegungsantrieb, wie in Fig. 21 angedeutet, empfängt — zur Ozonerzeugung *unwirksam*.

Es entsteht nun wieder die weitere Frage, ist die Wirksamkeit zur Ozonerzeugung des ersten dieser beiden Fälle unmittelbar davon abhängig, dass *auf oi* und *auf ui* resp. in sehr dünnen Schichten unter diesen Oberflächen die gleichnamigen Elektricitäten zugleich Bewegungsantrieb in der gleichen Richtung empfangen, ist hiermit schon Das, was auf den Sauerstoff wirkt, gegeben, und beruhet die Unwirksamkeit zur Ozonerzeugung des zweiten Falles darauf, dass die gleichnamigen Elektricitäten auf *oi* und auf *ui* zugleich Bewegungsantrieb in entgegengesetzter Richtung empfangen resp. die Elektricität auf *ui* unter zwei entgegengesetzten Impulsen in Ruhe

verharret, oder ist die Abhängigkeit eine mittelbare, handelt es sich darum, ob von den beiden Flächen, zwischen denen sich der Sauerstoff befindet, die beiden Elektricitäten, die eine von der einen, die andere von der andern Fläche, in den Sauerstoff thatsächlich eindringen, oder nicht.

Kürzer ausgedrückt lässt sich das Ergebniss der bisherigen Untersuchung unter Berücksichtigung, dass auch zwischen zwei Leitern Ozonerzeugung stattfinden kann, dahin zusammenfassen: wenn in einer Schicht Sauerstoff elektrische Ozonerzeugung stattfinden soll, so müssen sich auf beiden Seiten der Schicht auf den begränzenden Leitern oder Nichtleitern elektrische Bewegungen oder Bewegungsantriebe ereignen, bei welchen die ungleichnamigen Elektricitäten sich in der Richtung gegen einander bewegen oder zu bewegen den Antrieb empfangen, und es bleibt zu entscheiden, ob sich dieselben thatsächlich in die Sauerstoffschicht hinein bewegen *müssen* oder nicht. Wie bei der Elektrolyse der Elektrolyt unter der Wirkung beider Elektroden stehen muss, so der zu polarisirende Sauerstoff unter der Wirkung zweier wie Collector und Condensator einander gegenüberstehender Elektricitätsträger, resp. unter der Wirkung von, der Ladungs- oder Entladungsbewegung in jenen, entsprechenden Bewegungen in diesen: bedeutet dies, dass um Ozon zu erzeugen die Elektricitäten sich zwischen diesen beiden Elektricitätsträgern durch den Sauerstoff hindurch bewegen müssen, wie die Elektricitäten von den Elektroden sich durch den Elektrolyten hindurch ausgleichen?

56. Die Entscheidung liefert, wie mir scheint, eben der Fall, in welchem eine Glasröhre den Sauerstoffbehälter zwischen den Ladungstafeln bildet, und durch die oben erörterte Continuitätsunterbrechung ihrer äussern Oberfläche wirksam zur Ozonerzeugung im Innern gemacht wurde. Während nämlich in dem Falle Fig. 20 die beiden den Sauerstoff begränzenden Oberflächen *oi* und *ui* direct nicht zusammenhängen und die ungleichnamigen Elektricitäten von *oi* und *ui*, wenn sie sich vereinigen sollen, längs diesen Flächen einen langen Weg, der endlich noch durch einen zweiten Nichtleiter am Rande der beiden den Sauerstoffbehälter bildenden Glastafeln unterbrochen ist, zurückzulegen haben,

somit hier im Allgemeinen vergleichsweise die Bedingungen für einen Uebergang der beiden Elektricitäten zwischen *oi* und *ui* durch den Sauerstoff hindurch günstig genannt werden können, so liegen die Verhältnisse bei der Glasröhre ganz anders: *oi* und *ui* hängen unmittelbar zusammen, bilden *eine* Fläche, den innern Umfang der Röhre; und wenn nun, um die Röhre wirksam zu machen, es nöthig war, den raschen und leichten Uebergang der in *oa* abgestossenen Elektricität nach *ua* um den äussern Umfang der Röhre herum durch jene künstliche Continuitätsunterbrechung dieses Umfanges zu verhindern, so wird auch die in *oi* abgestossene Elektricität in solcher Röhre eben so leicht um den innern Umfang herum nach *ui* gelangen können zur Ausgleichung mit der auf *ui* gegen *oi* hin in Bewegung gesetzten ungleichnamigen Elektricität, und bei einem vergleichsweise so begünstigten Uebergange der beiden Elektricitäten um den innern Umfang der Röhre herum kann man nicht annehmen, dass die ungleichnamigen Elektricitäten von *oi* und *ui* diese Flächen oder vielmehr diese Fläche, da es nur *eine* ist, verlassen um sich durch den Sauersoff hindurch auszugleichen. Die innere, in ihrer Continuität im Umfang nicht unterbrochene Fläche der Röhre bildet einen vergleichsweise sehr guten in sich geschlossenen Leiter gegenüber dem trocknen Sauerstoff in ihr, der, bei der im Allgemeinen bestehenden grossen Schwierigkeit des Uebergangs der Elektricität von einem Isolator auf einen andern, einen, als gewissermassen mit jenem relativ guten Leiter gar nicht in Berührung stehend zu erachtenden, sehr schlechten Leiter darstellt.

Ich meine also, dass in der Glasröhre die in Fig. 22 durch die in dem Binnenraum derselben gezeichneten Pfeile angedeutete Bewegung der Elektricitäten — sofern dieselben einen Uebergang der Inductionselektricitäten der innern Röhrenoberfläche durch den Sauerstoff bedeuten sollten — gar nicht stattfindet, und dass die gleichwohl in der Röhre im Moment der Ladung und Entladung stattfindende Ozonerzeugung selbst auf Induction beruhet, welcher die Sauerstoffmoleküle unterliegen von Seiten der ihrerseits wiederum von der Ladungs- und Entladungsbewegung im Ansammlungsapparat inducirten Elektricitätsbewegungen, welche auf *oi* und *ui* in der erörterten Weise sich ereignen (s. unten).

Für diesen Schluss lässt sich nun ferner noch dieses geltend machen, dass diejenigen Umstände, welche im Allgemeinen den Uebergang der Elektricität von einem starren Isolator in oder durch einen gasförmigen begünstigen, grade im Gegentheil der eine sehr ungünstig, der andere nicht förderlich für die elektrische Ozonerzeugung im Innern eines gläsernen Behälters ist, ich meine die Feuchtigkeit des Gases und die Abnahme der Dichtigkeit desselben: beides begünstigt die Elektricitätsbewegung, die Entladung durch ein Gas, während beides abschwächend auf die Ozonerzeugung wirkt. Grade bei den in dieser Abhandlung beschriebenen Versuchen, in denen es sich immer nur um im Vergleich zu anderen Versuchen schwache Ozonerzeugung handelt, macht sich der nachtheilige Einfluss der Feuchtigkeit in den Sauerstoffbehältern besonders deutlich geltend, da die Ozonreaction leicht ganz ausbleiben kann, bevor nicht völlige Trockenheit herrscht. Was den Einfluss der Dichtigkeit des Sauerstoffs betrifft, so habe ich schon früher*) angegeben, dass unter sonst gleichen Umständen die Wirkung des Elektrisirens der Dichtigkeit des Sauerstoffs annähernd proportional wächst, ausserdem unabhängig davon auch um so grössser ist, je niederer die Temperatur des Sauerstoffs; es zeigt sich also keine Begünstigung der Ozonerzeugung durch Abnahme der Dichtigkeit des Sauerstoffs.

Finden nun im Gegensatz zu dem Fall von der Glasröhre thatsächlich Entladungen zwischen *oi* und *ui* oder überhaupt zwischen den die Sauerstoffschicht begränzenden Leitern oder Nichtleitern durch das Gas hindurch statt, so sind es der entwickelten Anschauung nach nicht diese Entladungen, welche die Ozonerzeugung bewirken, sondern die einer jeden Entladung voraufgehenden Ladungs- und Entladungsbewegungen auf den betreffenden Leitern oder Nichtleitern.

57. Es giebt noch ein anderes Mittel ausser dem bisher erörterten, eine zwischen den Ladungstafeln an sich zur Ozonerzeugung in ihrem Innern unwirksame Glasröhre wirksam zu machen, wobei an ihrer äussern Oberfläche Nichts geändert wird, dadurch nämlich zunächst, dass man Stücke

*) Nachrichten der Königl. Gesellsch. d. Wiss. zu Göttingen. 1870. Nro. 16. p. 357.

nicht-leitender Substanz in das Innere der Röhre bringt. Ich nahm einige Abschnitte einer Glasröhre, die 8 Mm. Durchmesser der Lichtung und 1 Mm. Wandstärke hat, liess den einen Abschnitt leer, führte in einen andern einen Streifen schlecht leitenden Glases, in einen dritten einige Glimmerstreifen, füllte einen vierten mit böhmischen Glasperlen und legte sie sämmtlich zwischen die Ladungstafeln. Nach gehörigem Trocknen lieferten die drei Röhren mit Binnenkörpern regelmässig Ozon bei Ladung der Tafeln, die leere Röhre keine Spur; als endlich in diese ebenfalls ein Glasstreifen eingeführt war, erwies sie sich sofort auch wirksam, und den anderen konnte ihre Wirksamkeit durch Ausleeren ihres Inhalts sofort wieder entzogen werden. Am besten wirkten die grossen vielflächigen böhmischen Perlen, am wenigsten gut die (sehr dünnen) Glimmerstreifen.

Wie diese isolirenden Körper im Innern der Glasröhre bewirken, dass Ozonerzeugung in ihr stattfindet, die ohne diesen Inhalt nicht stattfindet, erklärt sich nach dem Vorhergehenden sofort. An den für die nackte und unwirksame Röhre characteristischen Elektricitätsbewegungen, wie sie oben erörtert wurden, änderen die nichtleitenden Körper im Innern im Wesentlichen Nichts; aber indem auf den Oberflächen dieser Binnenkörper nach den für die Oberfläche von Zwischenplatten geltenden Regeln gleichfalls die Elektricitätsscheidung im Moment der Ladung und Entladung stattfindet, so wird dadurch die Bedingung für die Ozonerzeugung erfüllt, dass Sauerstoff zwischen zwei Flächen (*oi* und eine Fläche des Binnenkörpers) gelangt, auf denen die ungleichnamigen Elektricitäten Bewegungsantrieb in entgegengesetzter Richtung empfangen.

Führt man in eine an sich zwischen den Ladungstafeln unwirksame Glasröhre Leiter ein, z. B. einige Kupferdrähte, so erhält man auch in Folge davon Ozon in dem völlig trocken durchgeleiteten Sauerstoff bei Ladung und Entladung. In diesem Falle tritt aber ein besonderes Moment hinzu, es wirkt nämlich der Leiter in der Röhre, welcher der Collectortafel viel näher liegt, als die Belegung der Condensatortafel, in viel höherm Masse condensatorisch auf den über ihm liegenden Theil der Collectortafel, als dies die nicht-leitenden Zwischenkörper zwischen

den Ladungstafeln thun, so dass die Dichtigkeit der Elektricität, die Intensität der Ladungsbewegung in diesem Theil der Collectortafel bedeutend gesteigert wird. Im Uebrigen wirkt die Oberfläche des Leiters in der Röhre im Moment der Elektricitätsscheidung in demselben der Art nach ebenso, wie die Oberfläche nichtleitender Binnenkörper in der Röhre.

58. Die am frühesten beobachtete und unter den einfachsten Umständen sich darbietende elektrische Ozonerzeugung ist die unter dem Namen des elektrischen Geruchs bekannte, wie derselbe in der Nähe einer thätigen Elektrisirmaschine, besonders in der Nähe des Conductors wahrgenommen wird. Die Bedingungen zur Erzeugung des Ozons sind an verschiedenen Theilen der Elektrisirmaschine gegeben, was nach den vorhergehenden Untersuchungen ohne Weiteres klar ist für den zwischen dem Einsauger und der Scheibe oder Cylinder befindlichen Sauerstoff. Die Ozonerzeugung in der Nähe des Conductors bedarf einer nähern Untersuchung.

Ein kleiner Gaskasten mit nackter Binnenbelegung auf einer Innenfläche, gebildet aus zwei runden Glastafeln, die mittelst eines tonnenreifförmig umgelegten Glimmerstreifens zu einer flachen Trommel verbunden sind, durch welche trockner Sauerstoff geleitet werden kann, wird mit dem Metallringe, in welchem ein Fortsatz der Binnenbelegung endigt, an dem Knopf des nicht abgeleiteten Conductors aufgehängt, so dass also die Binnenbelegung einen Ausläufer des Conductors bildet (Fig. 23). Drehet man die Maschine, während der Sauerstoffstrom an diesem Ausläufer des Conductors vorbei geführt wird oder in dem zunächst verschlossen gehaltenen Behälter stagnirt, um erst nach Entladung des Conductors ausgetrieben zu werden, so wird Ozon erzeugt. Es ist nothwendig, dass nicht nur der andere Conductor der Maschine resp. das Reibzeug zur Erde abgeleitet ist, sondern auch der Conductor, an welchem der Gaskasten aufgehängt ist, gut isolirt und ohne ausströmende Ausläufer, Spitzen u. dgl. ist. Der Versuch gelingt ebenso gut, wenn man unter Ableitung des positiven Conductors den Gaskasten am Conductor des Reibzeugs aufhängt. Die Ozonerzeugung unter diesen Um-

ständen findet statt, auch wenn sich kein Leiter oder Halbleiter der Binnenbelegung des Gaskastens so gegenüber befindet, dass der Sauerstoff zwischen beiden durchströmte, sie wird aber bedeutend gesteigert, wenn man einen Leiter oder Halbleiter gegenüber stellt. Wenn die als Ausläufer des Conductors dienende Belegung mit einem Isolator, einer Glastafel oder einem dünnen Glimmerblatt bedeckt war, so gelang es mir niemals die hier in Rede stehende Ozonerzeugung zu bewirken, ohne dass dieser bedeckten Belegung ein als Condensator wirkender Leiter oder Halbleiter von der Seite des vorbeiströmenden Sauerstoffs her gegenüber oder wenigstens seitlich in die Nähe gebracht wurde, wobei ich bemerken will, dass ich mich bei allen Versuchen nur einer kleinen Elektrisirmaschine von 40 Cm. Scheibendurchmesser, die aber gut im Stande war, bedient habe. Als z. B. ein Gaskasten, der auf seiner obern äussern Fläche eine Belegung trägt, an Seidenschnüren horizontal aufgehängt und die Belegung durch einen Draht mit dem Conductor der Maschine verbunden war, genügte es zur Ozonerzeugung in dem Kasten beim Drehen der Maschine, dass von unten ein Holzklotz der nicht belegten Seite des Kastens in 20—30 Mm. Entfernung genähert wurde; ein Leiter darf sich in viel grösserer Entfernung befinden; es genügte z. B. das Ende eines dünnen Kupferdrahts senkrecht gegen die Fläche des Gaskastens in 6 Cm. Entfernung zu halten. Die der als Ausläufer des Conductors dienenden Belegung gegenübergestellten Leiter oder Halbleiter brauchen nicht abgeleitet zu sein, sie können isolirt sein, besonders wenn ihre Form und Grösse resp. die Anordnung gegenüber dem Gaskasten gestattet, dass die beiden Influenzelektricitäten in ihnen sich weit von einander begeben können. Dass sie stärker condensatorisch wirken, wenn abgeleitet, versteht sich von selbst. Die eben erörterte Combination ist ja überhaupt nichts Anderes, als die unvollkommenere Ausführung des Princips der beiden Ladungstafeln, zwischen denen sich der Sauerstoff befindet, und hierauf kommt es schliesslich auch hinaus, wenn der die Elektrisirmaschine drehende Experimentator selbst oder in der Nähe befindliche Halbleiter dem nicht abgeleiteten, als Collector fungirenden, Conductor gegenüber als Condensator wirken, so wie wenn

in dem dem Conductor angehängten Gaskasten mit nackter Binnenbelegung die dieser sehr nahe gegenüber befindliche unbelegte Glaswand des Kastens ebenfalls in schwachem Grade, vermöge der auf ihrer Oberfläche stattfindenden Elektricitätsscheidung, condensatorisch wirkt; und indem endlich dieses letztere Moment auch bei der oben erörterten Ozonerzeugung über der äussern Fläche der Randregion der Condensatortafel und der Collectortafel in Betracht zu ziehen ist, fügen sich in der That alle diese Fälle von elektrischer Ozonerzeugung unter den in 55 ausgesprochenen Satz.

59. Darnach ist auch sofort die folgende Art der elektrischen Ozonerzeugung verständlich. Von den beiden mit Klemmschrauben versehenen Enden der secundären Spirale des grossen Ruhmkorff'schen Inductionsapparats resp. von den neben diesen Enden stehenden, Klemmschrauben tragenden, Glassäulen führt je ein Draht zu einer Spitze des Ausladers (S. Müller, Lehrbuch der Physik. 7. Aufl. II. p. 508). Während der Apparat in Thätigkeit ist und die Funken zwischen den Spitzen des Ausladers überschlagen, kann jede beliebige Stelle jenes Drahtes zur Ozonerzeugung in ihrer Umgebung benutzt oder veranlasst werden. Es bedarf dazu nur, die durch Siemens*) und Faraday*) bekannte sog. elektrostatische Induction und Stromverzögerung in Flaschendrähten für irgend einen Abschnitt jenes Drahtes einzuleiten und trocknen Sauerstoff durchzuführen zwischen dem als Collector fungirenden mit starrem Isolator umgebenen Draht einerseits und dem jene Stromverzögerung durch seine condensatorische Wirkung veranlassenden äussern Leiter anderseits, dessen Function in der Umgebung der in Wasser eingesenkten mit isolirender Masse umgebenen Drähte (an denen jene Ladungserscheinung zuerst beobachtet wurde) das Wasser übernimmt.

Zu diesem Zweck dient die in Fig. 24 abgebildete Vorrichtung. a ist (im einfachsten Falle) eine beiderseits offene Glasröhre, durch welche jener von der Inductionsrolle zum Auslader gehende Draht geführt

*) Poggendorff's Annalen. Bd. 79. 1850. p. 481. Bd. 92. 1854. p. 152. Bd. 102. 1857. p. 66.

ist. Um einen mittlern Abschnitt dieser Röhre a ist eine weite Glasröhre b concentrisch beiderseits mittelst Siegellack gasdicht befestigt. b ist mit den beiden angeschmolzenen dünnen Glasröhren zur Einleitung und Ausleitung des Sauerstoffs versehen, in welchem kräftig Ozonerzeugung stattfindet, wenn man der äussern Fläche von b einen Leiter nähert oder anlegt, z. B. die Röhre mit Stanniol umgiebt, oder nur einen Draht mit dem einen Ende gegen die Röhre gerichtet derselben anlegt; dieser, als äussere Belegung fungirende, Leiter kann isolirt sein, besonders wenn er Ausdehnung in der Richtung eines Radius des Röhrenquerschnitts besitzt, er wirkt aber viel kräftiger, wenn er abgeleitet ist. Die Glasröhren a und b dürfen aus dem am besten isolirenden Glase bestehen, statt der einfachen Röhre a darf man zur Umhüllung des Drahts mehrfache Glasröhren anwenden, man kann den Draht mit Wachs in eine innere Glasröhre einkitten, diese mit einer um mehre Millimeter weitern zweiten mit Terpentinöl gefüllten Röhre umgeben, kurz jede Combination der besten Isolatoren zur Umhüllung des Drahtes anwenden. Ich habe bei diesen Versuchen meistens eine Schlagweite von ungefähr 14 Cm. zwischen den Spitzen des Ausladers angewendet, die aber durch die Einleitung jener Stromverzögerung oder Ladungsbewegung in einem Theil des Drahts eine entsprechende Verkürzung erleidet.

Je näher die von jenem Apparat umgebene Stelle des Drahtes der diesem zugehörigen Spitze des Ausladers liegt, desto weniger ist Ableitung der äussern Belegung nothwendig, um unter übrigens gleichen Umständen gleich starke Ozonerzeugung zu erhalten, und endlich in der Nähe der Spitze des Ausladers selbst bedarf es nicht einmal einer äussern metallischen Belegung für b, um Ozonerzeugung in dem Apparat zu erhalten, die Glasröhre selbst wirkt, der mit der Annäherung an die Spitze des Ausladers bedeutend steigenden Spannung auf dem Draht gegenüber, schon einigermassen condensatorisch, grade so wie die Glaswand des Gaskastens in dem im Anfang von 58 angegebenen Versuche. Je näher ferner der Spitze des Ausladers der Abschnitt des Drahtes gelegen ist, in dem man die Verzögerung des Stroms, die Ladungsbewegung gegen die Oberfläche veranlasst, desto länger darf auch diese

Drahtstrecke sein, um bei gegebener Stromstärke und sonst gleichen Bedingungen Ozonerzeugung dadurch in ihrer Umgebung zu veranlassen; benutzt man eine dem Auslader ferner gelegene Strecke, so muss man sie, durch Verkleinerung der condensatorisch wirkenden äussern Belegung, zugleich kürzer nehmen, sonst vertheilt sich die durch die Stromverzögerung aufgehaltene und zur Ladungsbewegung veranlasste Elektricitätsmenge auf eine zu grosse Oberfläche, man erhält wie beim flaschenförmigen oder tafelförmigen Ladungsapparat zu schwache Ladung, als dass Ozonerzeugung merklich stattfindet. Es versteht sich von selbst, dass je kleiner die thatsächliche Schlagweite zwischen den Spitzen des Ausladers im Verhältniss zu der der Stromstärke nach maximalen gemacht wird, d. h. je geringer der Widerstand für die Entladung der Inductionsspannungen am Auslader, desto schwächer unter sonst gleichen Umständen die Stromverzögerung und Ladungsbewegung im Draht resp. deren Wirkung ausfällt.

Es ist überhaupt die ganze in Rede stehende Combination genau so zu beurtheilen, wie jeder Ansammlungsapparat, speciell in der oben mehrfach benutzten Anwendung, bei welcher unter Verbindung der beiden Belegungen des Ansammlungsapparats durch eine feuchte Schnur u. s. w. eine Leydener Flasche durch die Belegungen oder längs ihnen hin entladen wird; und so zeigt sich denn auch hier wieder jene merkwürdige Erscheinung an den als Sauerstoffbehälter zwischen die beiden Ladungstafeln (die hier, wie bei den Gasflaschen, selbst Röhrenform haben) eingeschalteten Röhren. Führt man nämlich durch die Glasröhre b neben der Röhre a eine zweite Glasröhre c ein (Fig. 25), die, aussen beiderseits passend gebogen, ebenfalls zum Durchleiten von trocknen Sauerstoff dient, wie die umschliessende Röhre b selbst, so kommt aus jener Röhre c niemals eine Spur von Ozon, während in ihrer Umgebung, in der Röhre b, stärkste Ozonerzeugung stattfindet.

Auf die den vorstehenden Angaben zum Grunde liegenden, noch in verschiedener Richtung variirten Versuche gehe ich für dieses Mal nicht weiter ein, weil das Mitgetheilte für Das, um was es sich in dieser Abhandlung handelt, genügt. Im Uebrigen berühren die betreffenden

Versuche unter Anderm auch die Fragen, welche von Poggendorff in der Abhandlung „über Störung der Funken-Entladung des Inductoriums durch seitliche Nähe isolirender Substanzen" (Annalen. Bd. 126. 1865. p. 57) untersucht wurden.

III.

60. In der zum Theil aus einem starren, zum Theil aus einem gasförmigen Isolator, bisher Sauerstoff, bestehenden Wandung eines Ladungsapparats ereignen sich ausser und neben den elektroskopisch nachweisbaren Inductionserscheinungen und der Ozonerzeugung noch andere Erscheinungen im Moment der Ladung und Entladung des Ladungsapparats.

Die äussere Belegung der oben beschriebenen Gasflaschen Nro. 1 und 2 ist, wie dort angegeben, der Länge nach mit einem 1—2 Cm. breiten Spalt versehen, durch welchen man, bei Anstellung der Versuche im dunklen Raum, beobachten kann, dass im Moment der Ladung sowohl, wie im Moment der Entladung der Gasflasche ein Aufleuchten in dem gaserfüllten Theil der Wandung stattfindet. Diese Erscheinung ist bekannt, und wurde von Siemens*) hervorgehoben. Die Lichterscheinung ist um so intensiver, je stärker die Ladungs- und Entladungsbewegung ist. Sie findet statt, wenn in der Wand der Gasflasche sich Sauerstoff, atmosphärische Luft, Stickstoff, Wasserstoff, Kohlensäure befindet (mit anderen Gasen habe ich bisher die Versuche noch nicht angestellt), und dass diese Lichterscheinung unter Betheiligung des Gases in der Flaschenwand erfolgt resp. dass das Gas leuchtend wird, geht, abgesehen davon, dass man in der That die ganze Dicke der Gasschicht leuchtend sieht, besonders daraus hervor, dass die Farbe und Intensität des Lichtes unter sonst gleichen Umständen von der Art des Gases abhängig ist. Im Sauerstoff und Wasserstoff ist das Licht ein bleiches weissliches, im Stickstoff dagegen (und daher auch in atmosphärischer Luft) ein schön röthlich violettes und zugleich intensiveres, welche

*) Poggendorff's Annalen. Bd. 102. 1857. p. 118.

Unterschiede mit anderen bekannten Wahrnehmungen in Uebereinstimmung sind (vergl. u. A. Schimkow, Ueber das Spectrum des elektrischen Büschel- und Glimmlichtes in der Luft. Poggendorff's Annalen. Bd. 129. p. 508). Im Sauerstoff und Wasserstoff habe ich das Leuchten immer nur als einen homogenen Lichtschein wahrgenommen, im Stickstoff dagegen erschien es bei stärkeren Ladungen und Entladungen wie ein feiner Sprühregen von leuchtenden Punkten oder Streifen mit dunklen Zwischenräumen, und erst bei schwächeren Ladungen und Entladungen ging dieses Verhalten ebenfalls in einen mehr homogenen Lichtschein über. Vielleicht steht dieses Verhalten der Lichterscheinung im Stickstoff in Zusammenhang mit den von Plücker und Hittorf beobachteten Differenzen des Stickstoffspectrum*). Die Lichterscheinung zeigt sich auch, wenn man unter Verbindung der beiden Belegungen der Gasflasche durch eine feuchte Schnur die Leydener Flasche nur verzögert durch die Belegungen der Gasflasche hindurch entladet. Da die Lichterscheinung bei einmaliger Ladung und Entladung der Gasflasche so sehr kurze Dauer hat, ist es zur nähern Beobachtung viel besser, die beiden Belegungen der Gasflasche mit den Enden der secundären Spirale eines Inductionsapparats zu verbinden.

Für den Fall nun, dass es als unumstösslich gelten müsste, dass die in Rede stehende Lichterscheinung nur von einem Uebergange der Elektricitäten von den Glasflächen durch das Gas in der Wand der Gasflasche herrühren könne, — in welchem Falle die mit der Lichterscheinung als eine Entladung übergehend gedachten Elektricitäten nur die im Moment der Ladung und Entladung der Gasflasche auf den inneren Glasoberflächen erregten Inductionselektricitäten sein könnten — für diesen Fall war es von Wichtigkeit zu prüfen, ob unter allen Umständen dann, wenn in der Wand der Gasflasche Ozonerzeugung stattfindet, auch die Lichterscheinung bei Ladung und Entladung zu Stande kommt. Dies ist entschieden nicht der Fall. Schon Siemens hat her-

*) Philosophical Transactions. 1859. S. auch Schimkow in Poggendorff's Annalen. Bd. 129. p. 515 u. f.

vorgehoben, dass das Leuchten des Gases in der Wand des Ansammlungsapparats bei einer ganz bestimmten untern Gränze der Ladungsgrösse d. h. der Intensität der Ladungs- und Entladungsbewegung aufzutreten beginnt: diese Gränze ist nun aber nicht zugleich auch diejenige für die Ozonerzeugung. Wenn ich dies hervorhebe, so verkenne ich nicht, dass darin für sich allein kein Beweis liegt dafür, dass die Ozonerzeugung zu Stande komme ohne thatsächliches Eindringen der ungleichnamigen Elektricitäten von den beiden Flächen in den zwischen ihnen befindlichen Sauerstoff (s. oben die Alternative in 55 und 56), denn man kann auch einen weniger intensiven derartigen Uebergang ohne Lichterscheinung statuiren wollen; die Thatsache ist aber nicht nur an sich von Wichtigkeit, sondern dürfte auch im Verein mit dem in 56 Vorgebrachten zur Entscheidung in jener Alternative beitragen.

Die eine Gasflasche wurde mit trocknem Sauerstoff gefüllt verschlossen in einem absolut dunklen Raum aufgestellt, die Belegungen verbunden mit den Enden der secundären Spirale des ältern Stöhrer'schen Funkeninductors (abgebildet in Müller's Lehrbuch der Physik. 7. Aufl. II. p. 512). Wenn dieser Inductor durch nur ein Daniel'sches Element bedient wurde, so betrug die zwischen den Platinspitzen des Apparats gemessene Schlagweite nur zwischen 1,5 und 2 Mm.; unter der Wirkung nun dieser schwachen Inductionsspannungen auf den Belegungen der Gasflasche Nro. 1 war nicht die geringste Spur von Lichterscheinung im Innern der Gasflasche so wie überhaupt an ihr zu bemerken, als aber nach einigen Minuten solcher Elektrisirung der Sauerstoff ausgetrieben wurde, zeigte er einen ansehnlichen Ozongehalt. Durch Einschaltung von Widerständen in den primären Kreis des einen Daniel konnte die Schlagweite bis auf 0,2 Mm. herabgedrückt werden, womit zugleich die äusserste Gränze der Stromstärke erreicht war, bei welcher die gehörig eingestellte (an diesem Inductor durch den primären Strom selbst bediente) Unterbrechungsvorrichtung noch ihren Dienst leistete: auch unter dieser so äusserst schwachen einige Zeit fortgesetzten Elektrisirung fand noch Ozonerzeugung in der Wand der Gasflasche statt, natürlich auch ohne jede Spur von Lichterscheinung.

Man kann wohl fragen, ob es denkbar sei, dass unter diesen Umständen, da die zu der raschen Folge von Ladungen und Entladungen der Belegungen der Glasflasche angewendeten Spannungen (der Oeffnungsinduction) zwischen zwei Spitzen eine Gasschicht von nicht mehr als 0,2 Mm. Dicke zu durchbrechen im Stande sind, die auf den grossen Oberflächen der böhmischen Röhren unter der Wirkung solcher Ladungen inducirten Elektricitäten durch die 2,7 Mm. dicke Schicht trocknen Sauerstoffs zu dringen vermögen, wenn eben von solchem Eindringen resp. Durchdringen (56) der ungleichnamigen Elektricitäten die Ozonerzeugung abhängig gemacht werden sollte. Mir scheint, dass man mit solcher Annahme die Oberfläche des böhmischen Glases im Verein mit dem trocknen in allen hier in Frage kommenden Versuchen nicht verdünnten Sauerstoff gradezu zu guten Leitern stempeln würde.

61. Fig. 26 stellt in etwa $1/5$ der wahren Grösse einen Apparat zur Elektrisirung von Gasen nach von Babo's Princip dar, wie ich sie schon seit längerer Zeit in verschiedenen Grössen construire und in der Mittheilung in den Nachrichten von der Königl. Gesellsch. der Wissensch. 1870. Nro. 16 erwähnt habe. In dem hier speciell gemeinten derartigen, bezüglich des Rauminhalts verhältnissmässig kleinen, dieser Apparate besteht jedes der beiden Drahtbündel aus 8 Messingdrähten von 1 Mm. Durchmesser, deren jeder in eine knapp umschliessende Glasröhre von 0,8 Mm. Wandstärke und von sehr gut isolirender Glassorte eingeführt ist. (Diese Glasröhren sind besonders für diesen Zweck angefertigt). Wie man aus der Abbildung erkennt werden diese 16 Glasröhren mit den Drähten umgeben von einer Glasröhre, deren mittlerer Theil nur eben so weit ist, um dieselben fassen und dadurch in einer bestimmten Lagerung fixiren zu können. Fig. 27 stellt in wahrer Grösse den Querschnitt dieses mittlern verengten Theiles des Apparats dar, die Querschnitte der dem einen Drahtbündel angehörenden Drähte sind schwarz, die Querschnitte der Drähte des andern Bündels hell gehalten. Die weiteren Abschnitte der Umhüllungsröhre, in denen die geschlossenen Enden der glasüberzogenen Drahtbündel liegen (in der Abbildung zu erkennen) haben 24 Cm. Durchmesser der Lichtung. Die beiden Drahtbündel be-

rühren sich auf der Länge von 38 Cm., und in der Länge von 12 Cm. erstreckt sich jederseits das betreffende Drahtbündel noch bis zu dem Ende, wo die eingeschmolzenen Platinenden der Drähte frei werden und durch einen dickern mit ihnen zusammengewickelten Platindraht durch die Ansatzstücke a a der Umhüllungsröhre eingeschmolzen nach Aussen geführt sind. Durch das Ansatzstück b ist ein in Zehntel Grade getheiltes Thermometer in die Umhüllungsröhre gasdicht eingesetzt, was entweder mittelst Schliff geschieht oder mit Hülfe von Siegellack. Die Umhüllungsröhre kann beiderseits durch die Geissler'schen Hähne c und c′ abgesperret werden. Ueber dem Hahn c′ (rechterseits) ist mittelst Geissler'schen Einschliff der das Manometer mit Spiegelskale und zugleich die Einleitungsröhre für das Gas tragende Ansatz angefügt. Der Cubikinhalt zwischen c und c′, so wie der des Ansatzes bis zur Oberfläche des Quecksilbers im Manometer und bis zum Hahn d ist durch genaue Ausmessung bekannt.

Soll vor einem Versuch das Volumen des trocknen Gases, welches der Elektrisirung unterworfen werden soll, gemessen werden, so wird der Hahn c′ zum Manometer geöffnet, während der Hahn d geschlossen ist und fortan auch geschlossen bleibt. Nach Aufnahme der Temperatur- und Druckdata wird der Hahn c′ geschlossen (d bleibt geschlossen) und nun das zwischen c und c′ eingesperrte Gasvolumen elektrisirt. Nach dem Versuch und nachdem die Temperatur in der Umhüllungsröhre wieder gleich der neben dem Manometer gemessenen äussern Temperatur oder gleich der Anfangstemperatur geworden ist, wird der Hahn c′ wieder geöffnet, der Druck gemessen und nun der Inhalt des ganzen Apparats von dem jetzt geöffneten Hahn d aus ausgetrieben, während mit Hülfe des über c (linkerseits) befindlichen Schliffs die Absorptionsapparate oder, was sonst vorgelegt werden soll, angesetzt werden. Der Vortheil der hier angewendeten Art der Anfügung des Manometers liegt (neben anderen hier nicht berührten Rücksichten) darin, dass der austreibende Gasstrom durch die das Manometer mit dem Elektrisirungsapparat verbindende Röhre geht und so Das, was nach der Oeffnung des Hahns c′ von dem Inhalt der Umhüllungsröhre gegen das Manometer hin diffundirt, wieder zurück- und mit austreibt.

Der räumliche Inhalt der Umhüllungsröhre, soweit er von Gas erfüllt wird, beträgt in diesem wie gesagt kleinern Apparat von dem Hahn c bis zu dem Hahn c′ bei 15° C. 137,2 CC.; der Inhalt des Ansatzes vom Hahn c′ bis zum Hahn d einerseits, und anderseits bis zu dem Nullpunkte im innern Manometerschenkel beträgt 14,8 CC.; die Grösse dieses Ansatzraums verändert sich mit dem Stande des Quecksilbers im innern Manometerschenkel und zwar um ± 0,048 CC. für jeden Millimeter unter- oder oberhalb des Nullpunktes, wenn man nicht durch Nachfüllen oder Auslassen von Quecksilber das Volumen des Gases constant halten will. Die Oberfläche der Drähte jedes der beiden Drahtbündel, so weit diese neben einander liegen, also mit anderen Worten die Oberfläche jeder der beiden metallischen Belegungen (innerhalb der Glasröhren) so weit sich dieselben einander gegenüber liegen, beträgt 96 □ Cm.

62. Wird in dem vorstehend beschriebenen Apparat trockner Sauerstoff elektrisirt, indem man die Platindrähte mit den Enden der secundären Rolle des grossen Ruhmkorff'schen Inductors verbindet, so zeigt das Thermometer, wie ich schon früher angegeben habe, eine Temperaturerhöhung im Innern der Umhüllungsröhre an. Bei der Elektrisirung trocknen Wasserstoffs in demselben Apparat, unter gleichem Druck, bei gleicher Anfangstemperatur, mit gleichen, an der Schlagweite am Auslader gemessenen, Inductionsspannungen fand ich im Laufe der gleichen Zeit, wenn dieselbe nicht eine sehr kurze nur war, merklich die gleiche Temperaturzunahme, der einzige deutliche Unterschied bestand darin, dass das vom Wasserstoff umgebene Thermometer im Anfang rascher stieg und nach Aufhören des Elektrisirens unter den gleichen äusseren Umständen eine rascher verlaufende Abkühlung anzeigte, als das von Sauerstoff umgebene Thermometer, ein Unterschied, der sich aus bekannten Thatsachen über die Wärmeleitung des Wasserstoffs erklärt. Sehr auffallend ist es nun, dass wenn diese Gase in einer der oben beschriebenen Gasflaschen (Nro. 2), deren Belegungen mit den Enden der secundären Rolle des Inductors verbunden sind, elektrisirt werden, das in den gas-erfüllten Raum der Flasche eintauchende Thermometer eine ausserordentlich viel geringere Temperaturzunahme unter allen Umständen anzeigt,

Die beiden Apparate, die Gasflasche Nro. 2 und der in Fig. 26 abgebildete Apparat sind nun zwar keineswegs unmittelbar vergleichbar: der Binnenraum ist allerdings fast gleich gross in beiden, er beträgt für die Gasflasche 130 CC., für den andern Apparat 137 CC.; die Oberfläche der innern Belegung der Gasflasche aber beträgt 136 □ Cm., die metallische Oberfläche eines Drahtbündels im andern Apparat nur 96 □ Cm. und die Entfernung der beiden Belegungen der Gasflasche von einander ist viel bedeutender, als die Entfernung je zweier Drähte der beiden Drahtbündel. Diese Unterschiede müssen dahin wirken, dass bei Anwendung von nach der Schlagweite gleichen Inductionsspannungen für beide Apparate die Ladungen der Gasflasche weniger intensiv ausfallen, als die des andern Apparats. Aber auch wenn man dies berücksichtigt und für die Gasflasche viel stärkere Inductionsspannungen in Anwendung bringt, bleibt doch jener bedeutende Unterschied in der Erwärmung des Gases in beiden Apparaten bestehen, in der Gasflasche handelt es sich immer nur um Temperaturzunahmen von einigen zehntel Graden, während es sich in dem Apparat Fig. 26 und allen ähnlichen um Temperaturzunahmen von ganzen Graden handelt.

Siemens*) hat nachgewiesen, dass die Glaswand eines Ansammlungsapparats sich unter der Wirkung der Ladung und Entladung erwärmt. Es scheint nun, dass die Erwärmung des in der Wand eines Ansammlungsapparats befindlichen Gases *zum grössten Theil* von der in den begränzenden, die Belegungen tragenden Glaswänden bei der Ladung und Entladung frei werdenden Wärme herrührt, und nicht von in dem Gase selbst frei werdender Wärme, indem sich dann obiger Unterschied zwischen der Gasflasche und dem von Babo'schen Apparat leicht erklärt. Bei von Babo's Apparat bildet nämlich jedes der beiden Glasüberzogenen Drahtbündel eine Ladungstafel oder eine Belegung der Gasflasche mit zugehöriger Glaswand, und man misst die Temperatur innerhalb einer diese beiden Belegungen mit ihren Glaswänden umhüllenden Glasröhre; die gesammte in diesen Glaswänden, d. i. in den Glasüber-

*) Poggendorff's Annalen. Bd. 125. 1865. p. 137.

zügen der beiden Drahtbündel, frei werdende Wärme kann ausser durch die beiden an den äussersten Enden nach Aussen führenden Platindrähte nur durch das Gas, in welches das Thermometer eintaucht, nach Aussen sich durch Leitung und Strahlung verbreiten. Bei der Gasflasche, wie Nro. 2 oben, dagegen liegt die ganze äussere Belegung frei an der Oberfläche des Apparats, sehr günstig zur Ableitung des bei weitem grössten Theiles der in ihrer Glaswand producirten Wärme direct nach Aussen ohne auf das Gas in der Flaschenwand und das darin eintauchende Thermometer zu wirken, und ausserdem sind auch noch die Bedingungen zur Ableitung der in der Glaswand der innern Belegung frei werdenden Wärme durch diese Belegung ebenfalls günstiger.

Wenn reiner trockner Stickstoff in jenem Apparat Fig. 26 elektrisirt wurde, so war unter sonst möglichst gleichen Umständen die Temperaturerhöhung ebenfalls nahezu gleich derjenigen in Sauerstoff und Wasserstoff; in reiner trockner Kohlensäure scheint sie unter sonst gleichen Umständen etwas geringer zu sein, was mit der Zersetzung, welche die Kohlensäure dabei erleidet (66), in Zusammenhang stehen könnte.

63. Die Gasflasche Nro. 2 ist mit einem Manometer versehen (s. die Abbildung Fig. 2); dieses wird mit reiner Schwefelsäure beschickt, welche vor Wasseranziehung von Aussen dadurch geschützt wird, dass man auf den offenen Schenkel des Manometers ein Röhrchen oder eine Kugel mit Chlorcaliumstücken locker gefüllt aufsetzt. Ist die Gasflasche bei geöffnetem Hahn zum Manometer mit trocknem Sauerstoff unter Atmosphärendruck gefüllt, so werden die den Binnenraum derselben absperrenden Glashähne jederseits geschlossen. Ertheilt man nun der Gasflasche von einer Leydener Flasche aus Ladung, so bemerkt man eine merkwürdige Erscheinung an dem Manometer: im Moment der Ladung nämlich erfolgt eine sehr rasch, momentan verlaufende kleine Druckzunahme, die Schwefelsäure im innern Schenkel bewegt sich sehr schnell ein Mal herunter und wieder hinauf; dieselbe Erscheinung wiederholt sich bei der plötzlichen Entladung der Gasflasche. Die Druckschwankung ist um so grösser, je stärker die Ladungs- und Entladungsbewegung ist. Eine genaue Messung der Grösse dieser positiven Druck-

schwankung ist wegen der grossen Geschwindigkeit des Verlaufs nicht ausführbar; so viel aber konnte erkannt werden, dass sie bei nahezu maximaler Ladung jener Gasflasche ungefähr 2 Mm. Schwefelsäure = 0,27 Mm. Quecksilber beträgt, was einer Volumzunahme des Sauerstoffs um ungefähr 0,0035 entspricht. Im Stickstoff zeigt sich dieselbe Erscheinung und, so weit es erkennbar ist, von gleicher Grösse, wie im Sauerstoff; in der Kohlensäure schien diese momentane Druckschwankung unter übrigens gleichen Umständen etwas grösser, als im Sauerstoff und Stickstoff zu sein. Im *reinen* Wasserstoff habe ich anfangs oftmals, auch bei Beobachtung mit dem Fernrohr, gar Nichts von dieser Erscheinung wahrnehmen können, später, vielleicht in Folge der Uebung, bemerkte ich allerdings auch in diesem Gase im Moment der Ladung und Entladung der Gasflasche eine sehr kleine, sehr rasch verlaufende Druckzunahme, die aber ganz sicher unter gleichen Umständen nicht den zehnten Theil der Grösse hat, den diese Druckschwankung im Sauerstoff und in den anderen genannten Gasen zeigt.

Es scheint somit, dass die Grösse dieser im Moment der Ladung und Entladung der Gasflasche sehr rasch verlaufenden positiven Druckschwankung eine Function der Dichtigkeit des Gases ist. Die Erscheinung kann nicht als eine momentan vorübergehende Wärmeausdehnung des Gases aufgefasst werden, weil, wie in vorhergehender Nummer angegeben, die in Folge einer grössern Anzahl von Ladungen und Entladungen eintretende am Thermometer ablesbare Erwärmung des in der Gasflasche enthaltenen Gases unter gleichen Bedingungen merklich die gleiche ist für Sauerstoff, Stickstoff und für Wasserstoff, und für Kohlensäure sogar eher geringer, als für Wasserstoff, ist, jene rasche positive Druckschwankung aber für Sauerstoff, Stickstoff, Kohlensäure wenigstens zehn Mal grösser ist, als für Wasserstoff. Die Erscheinung steht auch nicht in *unmittelbarer* Beziehung zu den in Folge der chemischen Veränderung eines Gases unter der Elektrisirung eintretenden dauernden Volumsänderungen; denn für den Sauerstoff besteht diese bleibende Volumsänderung in der mit der Ozonerzeugung verbundenen Abnahme desselben, für die Kohlensäure dagegen in einer mit dem Zerfallen in

Kohlenoxyd und Sauerstoff (s. unten) verbundenen Zunahme des Gasvolums, Stickstoff und Wasserstoff ferner erleiden gar keine bleibende Volumsänderung in Folge des Elektrisirens.

Die in Rede stehende Erscheinung beruhet also auf einer nicht thermischen und nicht chemischen sehr schnell vorübergehenden Veränderung, welche wahrscheinlich jedes Gas als solches in der Wand des Ansammlungsapparats unter der Wirkung der Ladungs- und Entladungsbewegung erleidet, und deren Grösse wahrscheinlich mit der Dichtigkeit des Gases steigt. Es scheint sich also um eine Ausdehnung zu handeln, welche vielleicht in gewisser Weise analog ist der von Edlund beobachteten von der Erwärmung unabhängigen Ausdehnung metallischer Leiter durch den galvanischen Strom*), mit welchem Hinweis ich aber keineswegs angedeutet haben möchte, dass jene rasch vorübergehende Ausdehnung des Gases bei der Ladungs- und Entladungsbewegung im Ansammlungsapparat etwa auf eine durch das Gas in dessen Wandung erfolgende elektrische Entladung zu beziehen sei.

64. Ich bin vielmehr auf Grund der obigen Untersuchungen der Meinung, dass unter den von mir eingehaltenen Versuchsbedingungen überhaupt keine Bewegung der Elektricitäten durch das Gas *hindurch* erfolgt und glaube vielmehr die, ausser den an gewissen Gasen, Sauerstoff, Kohlensäure auftretenden chemischen Veränderungen, an allen Gasen zu beobachtenden Erscheinungen, das Aufleuchten und die momentane Druckschwankung als mit der Molekularinduction in den Gasen verbunden oder von dieser abhängig auffassen zu dürfen. Ich wage es, folgende Ansicht auszusprechen.

Es scheint, dass die zwischen zwei Leitern oder Nichtleitern befindlichen Gasmoleküle resp. die die Moleküle zusammensetzenden Atome unter der Wirkung der auf jenen stattfindenden Ladungs- und Entladungsbewegung als eine Inductionswirkung, Faraday's Molekularinduction, in eine noch näher zu definirende momentane Bewegung, wie eine Erschütterung, gerathen, welche mit momentaner Ausdehnung und,

---

*) Poggendorff's Annalen. Bd. 129. 1866. p. 15. Bd. 131. 1867. p. 337.

wenn sie intensiv genug ist, Lichtentwicklung verbunden ist; in gewissen ihrer Molekularconstitution nach dazu geeigneten Gasen ist diese momentane Bewegung oder Erschütterung durch Molekularinduction der Anstoss zur Einleitung bleibender Veränderungen, Aenderungen der chemischen Eigenschaften, wie sie auch durch chemische Affinitätswirkung hervorgebracht werden, welche bleibende chemische Veränderungen dann auch secundäre bleibende Volumänderungen, Ausdehnung oder Contraction, zur Folge haben, und bestehen können entweder in dem Zerfall zusammengesetzter Moleküle, wie es bei der Kohlensäure (s. unten) und wahrscheinlich auch noch bei anderen zusammengesetzten Gasen oder Dämpfen der Fall ist*), oder in der über eine längere Zeit sich erstreckenden Fortdauer, dem Beharren eingeleiteter Bewegungen, sofern nämlich darin wahrscheinlich das Wesen des elektrisirten, erregten, polarisirten Zustandes des Sauerstoffs besteht, in welchem er Ozon und Antozon „enthält" nach der gewöhnlichen und bisherigen Anschauungsweise, worüber ich auf die in den Nachrichten der Königl. Gesellsch. der Wissensch. 1870. Nro. 16 vorläufig mitgetheilten, und demnächst näher zu begründenden Untersuchungsresultate verweise.

Es besteht offenbar eine Analogie zwischen der Elektrolyse von Flüssigkeiten und den Einwirkungen, welche Gase, Sauerstoff und Kohlensäure, von Seiten der Ladungs- und Entladungsbewegung erleiden, eine Analogie, welche zunächst deutlich bei der Kohlensäure hervortritt, die, so wie der Elektrolyt zwischen den Elektroden, so zwischen den beiden Ladungstafeln, durch die Ladungs- und Entladungsbewegung, unter denselben Umständen, unter denen im Sauerstoff die Ozonerzeugung stattfindet, chemisch zersetzt wird, in Kohlenoxyd und Sauerstoff zerfällt. Faraday sprach den Satz aus**), dass auch in einem Elektrolyt die Induction, die Molekularinduction, der erste Act oder der erste Schritt, die Zersetzung der zweite sei, und Grove fügte auf Grund seiner die

*) Ich meine solche, deren elektrische Zersetzung unter Funkenentladungen man kennt.

**) Experimental researches I. 11. Series. On induction. Nro. 1164.

„elektrochemische Polarität der Gase" betreffenden Untersuchungen*) hinzu, dass auch „bei der Induction quer durch gasige Dielektrica ein, so zu sagen, Anfang von Zersetzung stattfindet, eine polare Anordnung nicht bloss von Molekülen, eine beziehungslose zu deren chemischen Charakteren, sondern eine chemische Veränderung ihrer Kräfte, bei welcher das elektronegative Element in die eine, das elektropositive Element in die entgegengesetzte Richtung gebracht werde". Ich glaube auf Grund des bisjetzt allerdings nur an der Kohlensäure Beobachteten (s. unten), dass man noch einen Schritt weiter gehen muss, bei der Induction quer durch ein gasiges Dielektricum kann mehr, als ein blosser Anfang von Zersetzung stattfinden, es kann als zweiter Act oder zweiter Schritt nach Faraday's Ausdruck auch bei den Gasen der Molekularinduction die vollkommene Zersetzung folgen.

Die von Faraday sogenannte Molekularinduction, welche für starre Isolatoren namentlich von Siemens vertheidigt und gestützt wurde, würde, vielleicht in etwas anderer Weise gedacht, als Faraday wollte, auch für alle gasförmigen Isolatoren gelten, ohne dass man deshalb anzunehmen braucht, es fände die Induction oder Influenz von einem festen Körper zum andern nur unter Vermittlung der Molekularinduction des etwa zwischenliegenden Gases statt, was gegen Faraday früher geltend gemacht wurde, aber weder aus dessen Theorie gefolgert zu werden braucht, noch auch von Faraday selbst später wenigstens behauptet wurde. Es wird damit für ein z. B. zwischen Collector- und Condensatortafel eines Ansammlungsapparats befindliches Gas zunächst und im Allgemeinen Nichts Anderes postulirt, als was für eine starre nicht-leitende Zwischenschicht, eine isolirende Zwischenplatte, thatsächlich stattfindet, nämlich einer Inductionswirkung zu unterliegen, so fern Nullelektricität vorhanden ist, die einen Angriffspunkt dafür bildet, und für den starren Isolator gilt wiederum der oben p. 37 in der Anmerkung citirte Ausspruch Poggendorff's. Die Unterschiede in der Molekularconstitution der Gase einerseits, der starren Isolatoren anderseits be-

*) Poggendorff's Annalen. Bd. 93. 1854. p. 582.

dingen, dass Das, was sich unter der Wirkung der Induction in beiden ereignet, verschieden ausfällt oder verschieden sich gestaltet, und so bedingen es auch wiederum die Unterschiede in der Constitution verschiedener Gase, dass jene Wirkung in ihnen zu verschiedenen Effecten führt.

Chemisch nicht-zusammengesetzte Gase, welche, wie Wasserstoff, Stickstoff in Folge der unter der Wirkung der Ladungs- und Entladungsbewegung erfolgenden Molekularinduction keine bleibende Veränderung erleiden, würden sich jener Anschauung nach zum Sauerstoff, dem einzigen nicht zusammengesetzten und doch eine bleibende Veränderung, Fortdauer von Bewegungen, in Folge der Molekularinduction erleidenden Gase, in gewissem Sinne verhalten — um ein Bild zu gebrauchen, welches zunächst nicht mehr, als dieses sein soll — wie weiches Eisen zum Stahl bezüglich der Induction des Magnetismus in ihnen*).

Beruhet Das, was Faraday den ersten Schritt bei der Elektrolyse von Flüssigkeiten nannte, auf Molekularinduction, nämlich auf derselben Wirkung, welche die zwischen Collector und Condensator befindlichen Gasmoleküle von Seiten der Ladungs- und Entladungsbewegung auf diesen erleiden, so ist es auch wohl das dieser Ladungs- und Entladungsbewegung analoge in rascher Folge stattfindende Entstehen und Verschwinden von Spannung auf den Elektroden, unter deren Wirkung die Molekularinduction im Elektrolyten zu Stande kommt. Soll sich die Ladungsbewegung oder das Entstehen von Spannung auf den Elektroden zu fortgesetzter Wirkung immer von Neuem wiederholen, so muss die Ladung oder die eben entstandene Spannung immer sofort wieder aufgehoben werden und eine neue Elektricitätsmenge zur Ladung oder zum Entstehen von Spannung einströmen: bei der Elektrolyse geschieht dies ohne weiteres Zuthun, indem die Elektricitäten von den Elektroden, nachdem Spannung oder Ladung entstanden ist, durch den Elektrolyten

*) Bei dieser Gelegenheit mag auch wieder daran erinnert werden, dass der Sauerstoff unter allen Gasen sich den Magnetpolen gegenüber am stärksten paramagnetisch oder allein magnetisch verhält; wie sich elektrisirter Sauerstoff dem Magnet gegenüber im Vergleich zu neutralem Sauerstoff verhält, ist bis jetzt noch nicht geprüft worden.

hindurch immer abströmen und dadurch die Elektroden immer fort von Neuem ladungsfähig erhalten werden und von einer constant wirksamen Elektricitätsquelle auch immer fort von Neuem geladen werden; beim Elektrisiren von Gasen zwischen Collector und Condensator dagegen muss derselben Bedingung dadurch genügt werden, dass die Ladung allemal auf demselben Wege, auf welchem sie einströmte, rückwärts, wieder weggenommen wird; die eine neue Ladungsbewegung und damit eine Wiederholung der Induction ermöglichende Entladung findet bei Elektrolyse von Flüssigkeiten zwischen den Elektroden in der Richtung des Ladungsstroms statt, und muss beim Elektrisiren von Gasen in der Wand eines Ansammlungsapparats auf umgekehrten Wege entgegengesetzt der Richtung des Ladungsstroms vorgenommen werden.

Gewissermassen zwischen beiden Fällen steht der Fall, in welchem das Gas sich zwischen metallischen Spitzen befindet, zwischen denen Funkenentladungen von Zeit zu Zeit übergehen können; auch hier ist Das, was auf die Gasmoleküle (und überhaupt) inducirend wirkt, die jedem einzelnen Funken vorhergehende Ladungsbewegung auf den Spitzen, das Entstehen von Spannung daselbst, die metallische Beschaffenheit und die Form der in diesem Falle als Collector und Condensator einander gegenüberstehenden Elektricitätsträger ermöglichen es, dass wie bei der Elektrolyse, jedoch nicht mit Leitung, sondern mit Durchbruch und mit viel grösseren Pausen von Zeit zu Zeit die Aufhebung der Ladung durch das Gas hindurch erfolgen kann, durch die Funkenentladung, den elektrischen Funken, welchem man bisher eine elektrolytische Wirksamkeit für Gase zugeschrieben hat, der aber offenbar so wenig das für Zersetzung eines Gases, wie der Kohlensäure, oder das für die Polarisation des Sauerstoffs wirksame Moment ist, dass vielmehr im Gegentheil die durch das Gas hindurch erfolgenden Funkenentladungen die Wirkung der voraufgegangenen Molekularinduction immer wieder zum Theil aufheben, zerstören: die unter der Wirkung der Molekularinduction aus dem Zerfall der Kohlensäure hervorgegangenen Zersetzungsproducte, Kohlenoxyd und Sauerstoff, vereinigen sich zum Theil wieder unter der Wirkung von Funkenentladungen, ebenso wie polarisirter Sauerstoff durch

Funkenentladungen wieder theilweise in gewöhnlichen Sauerstoff verwandelt wird. Wenn bei der Elektrolyse im Elektrolyt fortwährend Zersetzung und theilweise Wiedervereinigung stattfindet, ist nicht auch dabei vielleicht die Zersetzung die Wirkung der Molekularinduction, die theilweise Wiedervereinigung die Wirkung der Elektricitätsbewegung, des Stroms durch den Elektrolyten?

65. Verbindet man die Belegungen der Gasflasche mit den Enden der secundären Spirale des Ruhmkorff'schen Inductionsapparats, so erfolgen in rascher Folge mit jedem Oeffnungsschlage Ladung und Entladung der Flasche. Die am Schwefelsäure-Manometer zu beobachtende Druckänderung des Gases ist die Resultante verschiedener Wirkungen und gestaltet sich im Allgemeinen bei jedem Gase in besonderer Weise. Erfolgen 5—8 Oeffnungsschläge in der Secunde, so beobachtet man am Sauerstoff zuerst eine sehr rasch mit den ersten Schlägen erfolgende Druckzunahme, als Wirkung der ersten jener, sich summirenden, positiven Druckschwankungen (63), alsbald aber nimmt der Druck ab, anfangs schneller dann langsamer, Wirkung der mit der Ozonerzeugung verbundenen Contraction, abgeschwächt durch die Wirkung der Erwärmung. Diese langsam erfolgende Veränderung des Manometerstandes ist fortwährend begleitet von den kleinen mit den einzelnen Oeffnungsschlägen isochronen positiven Druckschwankungen, deren Aufhören mit dem Sistiren der Thätigkeit des Inductionsapparats entsprechend der im Beginn rasch erfolgenden Druckzunahme zuerst eine gleich grosse rasche, fast momentane Abnahme des Drucks bedingt, worauf in Folge der Abkühlung des Gases nun ein langsames weiteres Sinken des Drucks erfolgt, indem sich nun der bis dahin durch die thermische Ausdehnung verdeckte Theil der von der Ozonerzeugung abhängigen Contraction noch geltend macht. In einem Apparat, in welchem die Erwärmung des Gases mehr begünstigt ist (62) ist natürlich der vom Manometer angezeigte Gang des Druckes ein anderer.

Ist die Gasflasche mit Kohlensäure gefüllt, so steigt ebenfalls mit den ersten Oeffnungsschlägen der Druck rasch, Summirung der Wirkung der ersten positiven Druckschwankungen, darauf steigt er langsam,

unter fortwährenden kleinen mit den Oeffnungsschlägen isochronen Schwankungen, stetig an, Wirkung zugleich der Erwärmung und der mit der Zersetzung der Kohlensäure verbundenen Volumzunahme.

Im Stickstoff bewirken die ersten Schläge wiederum das plötzliche Ansteigen des Druckes, von wo aus dann unter den kleinen positiven Druckschwankungen ein weiteres langsames Ansteigen in Folge der Erwärmung erfolgt, langsamer und zu viel geringerer Höhe unter gleichen Umständen, als in der Kohlensäure, weil der Stickstoff keine bleibende Volumzunahme erleidet, die stetige Druckzunahme im Stickstoff rührt nur von thermischer Ausdehnung her.

Im Wasserstoff endlich ist die Druckzunahme unter gleichen Umständen am geringsten, die den einzelnen Ladungen und Entladungen isochronen positiven Druckschwankungen sind sehr viel kleiner, so dass jenes anfängliche plötzliche Ansteigen des Druckes nur sehr unbedeutend oder kaum wahrnehmbar ist; das langsame stetige Ansteigen des Druckes beruhet auch hier nur auf thermischer Ausdehnung.

Nach Aufhören des Elektrisirens und Ausgleichung der Temperatur des Apparats mit der der Umgebung zeigt das auf 0^0 und Normaldruck reducirte Volumen des Wasserstoffs und Stickstoffs keine Veränderung, das Volumen des Sauerstoffs zeigt die bekannte Verkleinerung, das Volumen der Kohlensäure die Vergrösserung in Folge der schon mehrfach erwähnten Zersetzung der Kohlensäure in Kohlenoxyd und Sauerstoff, wovon noch Einiges zu sagen ist.

66. Priestley hat zuerst die bleibende Volumzunahme beobachtet, als er elektrische Funken durch Kohlensäure schlagen liess, und das Auftreten eines nicht durch Kalkwasser oder Alkali absorbirbaren Gases; dies bestätigte darauf Monge 1786, erkannte die Brennbarkeit des neu entstandenen Gases und die Oxydation des sperrenden Quecksilbers so wie der metallischen Spitzen, zwischen denen die Funken überschlugen. Th. de Saussure*) erkannte bei Wiederholung des Versuchs, dass das brennbare Gas Kohlenoxyd ist, und dass der zugleich auftretende Sauer-

*) Journal de Physique, de Chimie etc. T. 54. 1802. p. 450.

stoff die Oxydation der im Apparat befindlichen Metalle bewirkt. Letzteres suchten Henry und Dalton*) zu vermeiden, indem sie auch Platinspitzen anwendeten, und sie bestätigten die Zersetzung der Kohlensäure durch das Elektrisiren in Kohlenoxyd und Sauerstoff, die später Buff und Hofmann**) und zuletzt Berthelot***) in derselben Weise, nämlich unter Durchschlagen elektrischer Funken, vornahmen, wobei sich ergab, dass von Zeit zu Zeit oder auch allmählich die Wiedervereinigung der beiden Gase zu Kohlensäure unter der Wirkung der elektrischen Funken stattfindet.

Wie oben schon angegeben und erörtert wurde sind die elektrischen Entladungen durch das Gas hindurch für diese Zersetzung eben so wenig nothwendig, wie für die Ozonerzeugung im Sauerstoff, die elektrische Zersetzung der Kohlensäure erfolgt unter denselben Umständen, in denselben Apparaten, in der Wandung der Gasflasche bei deren Ladung und Entladung, wie die Elektrisirung des Sauerstoffs, und Funkenentladungen sind nur nachtheilig, wenn es auf die *Zersetzung* der Kohlensäure abgesehen ist, da dieselben die Wiedervereinigung von Kohlenoxyd und Sauerstoff veranlassen.

Leitet man reine trockne Kohlensäure durch einen der oben beschriebenen Apparate, bis dass das aus demselben austretende Gas vollständig von Kalilauge absorbirt wird, und beginnt man dann das Elektrisiren, so hört alsbald die vollständige Absorption des austretenden Gases in der Kalilauge auf, es sammelt sich über derselben ein Gemenge von Kohlenoxyd und Sauerstoff. Die Zersetzung erfolgt sehr energisch, wie dieses Beispiel zeigt.

In dem in Fig. 26 abgebildeten Apparat wurde eine abgesperrete Quantität trockner reiner Kohlensäure, welche bei 0^0 und Normaldruck 127,4 CC. maass, bei 18^0 und 753 Mm. Druck 30 Minuten lang mit den Oeffnungsschlägen des grossen Ruhmkorff'schen Inductors, die

*) Philosophical Transactions. 1809. II. p. 448.
**) Annalen der Chemie und Pharmacie. Bd. 113. 1860. p. 141.
***) Bulletin de la société chimique de Paris. 1870. Févr. p. 99.

18 Cm. Schlagweite hatten und deren 8 in der Secunde erfolgten, elektrisirt. Die Schlagweite von 18 Cm. zwischen den Spitzen des Ausladers bedeutet für die grosse 96 □ Cm. betragende Oberfläche, welche die Drähte jedes der beiden Drahtbündel als metallische Belegung des Ladungsapparats darbieten und bei der Dicke des Glases, welches ausser der Gasschicht die beiden Belegungen trennt (Fig. 27), noch keine sehr intensive Ladungsbewegung. Das Gasvolumen hatte um 4,8 CC. zugenommen, womit das Volum des frei gewordenen Sauerstoffs gemessen wird, während 9,6 CC. Kohlensäure zersetzt wurden. (Dies ist, wie aus dem Inhalt der folgenden Nummer erhellen wird, abgesehen von Messungsfehlern principiell nicht ganz genau, die Ausführung einer darnach nothwendigen Correction würde jene Zahlen noch etwas vergrössern). Das Kohlenoxyd erleidet, wie schon Henry und Dalton hervorhoben, keine elektrische Zersetzung.

67. Die elektrische Zersetzung der Kohlensäure hat noch ein ganz besonderes Interesse. Der Sauerstoff nämlich, welcher dabei frei wird, erleidet unter der Wirkung der Elektrisirung, der Molekularinduction, seinerseits auch noch Polarisation, ebenso wie der bei der Elektrolyse des Wassers frei werdende Sauerstoff ebenfalls noch unter der Wirkung der Molekularinduction polarisirt wird. Beim Ausströmen der in der Gasflasche oder in dem andern Apparat Fig. 26 elektrisirten Kohlensäure erkennt man das Ozon sofort am Geruch und die gewöhnlichen Reagentien weisen dasselbe leicht nach.

Leitet man den elektrisirten Kohlensäurestrom (oder sicherer das abgesperrt eine Zeitlang elektrisirte Gas) durch verdünnte Jodkaliumlösung zur Absorption des Ozons und von da in über Quecksilber gesperrtes ausgekochtes Wasser, so erscheinen über der Jodkaliumlösung und noch stärker über dem Wasser die bekannten Antozonnebel. Da es nun leicht ist, den Apparat mit reiner Kohlensäure zu füllen und sich von der Reinheit des Kohlensäurestroms vor dem Elektrisiren durch die Absorption in Kalilauge zu überzeugen, so bildet jener Versuch eine Verstärkung des Beweises*) dafür, dass jene Nebel nur aus Sauerstoff

*) Vergl. die Untersuchungen über den elektrisirten Sauerstoff im 14. Bande dieser Abhandlungen.

Taf. I.

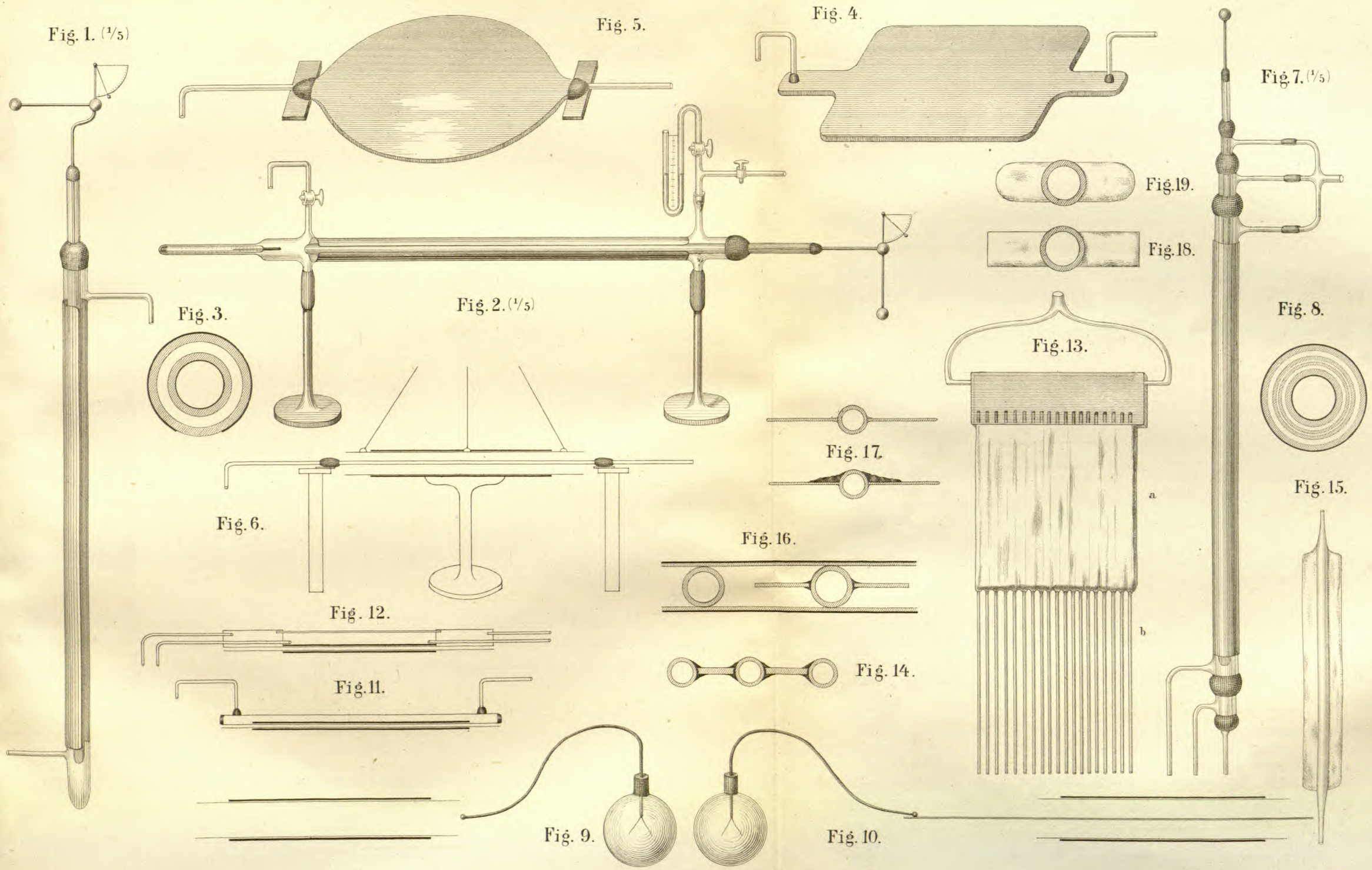


Fig. 1. (1/5)
Fig. 5.
Fig. 4.
Fig. 7. (1/5)
Fig. 19.
Fig. 18.
Fig. 3.
Fig. 2. (1/5)
Fig. 13.
Fig. 8.
Fig. 17.
Fig. 15.
a
Fig. 6.
Fig. 16.
b
Fig. 12.
Fig. 14.
Fig. 11.
Fig. 9.
Fig. 10.

Taf. II.

Fig. 20.

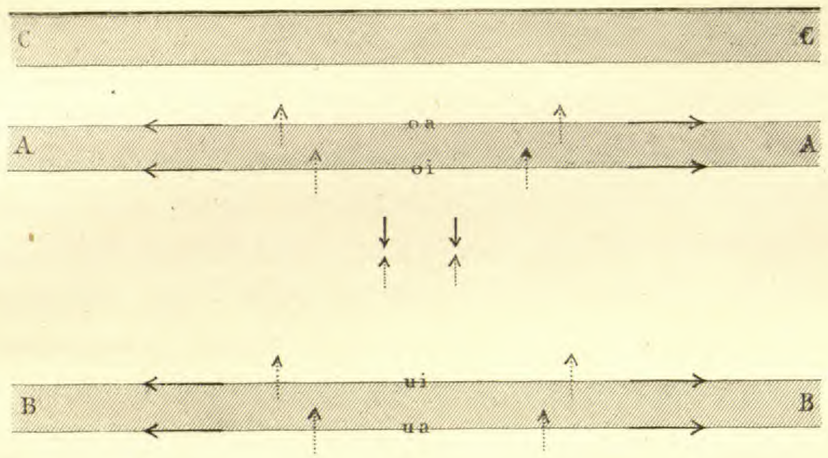


Fig. 22.

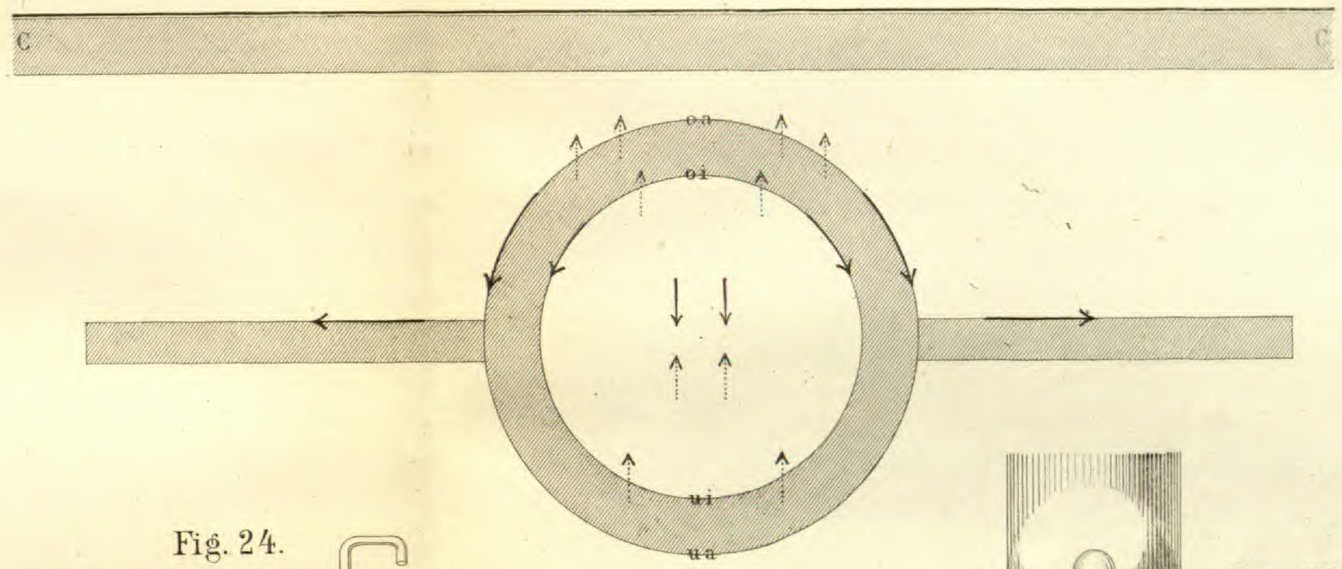


Fig. 25.

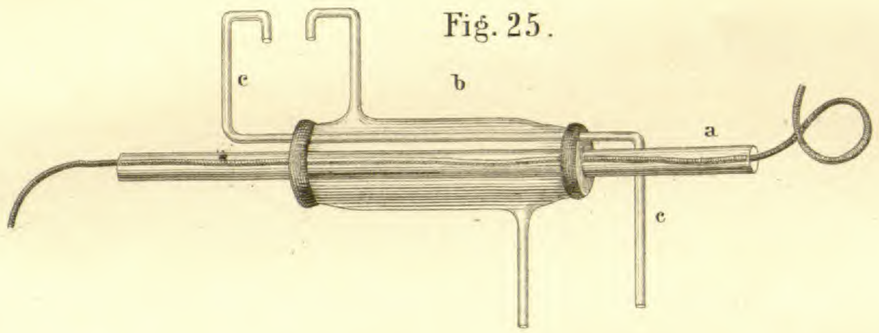


Fig. 24.

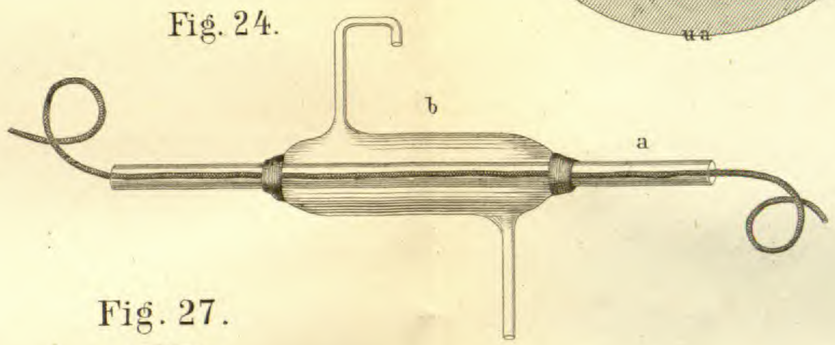


Fig. 23.

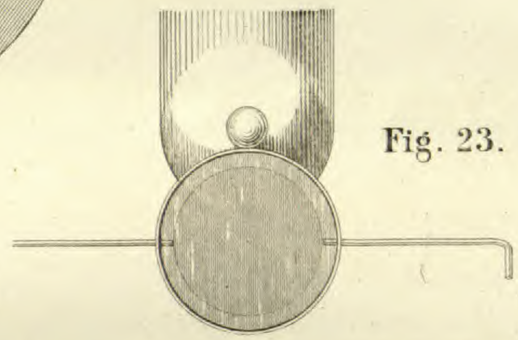


Fig. 27.

Fig. 21.

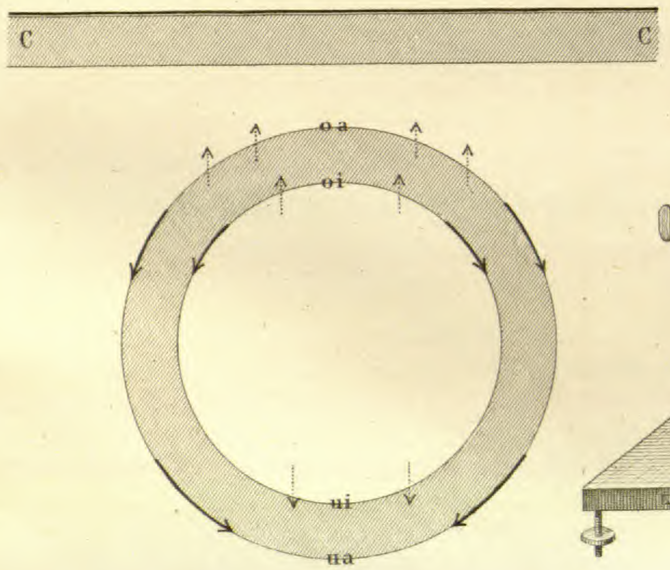
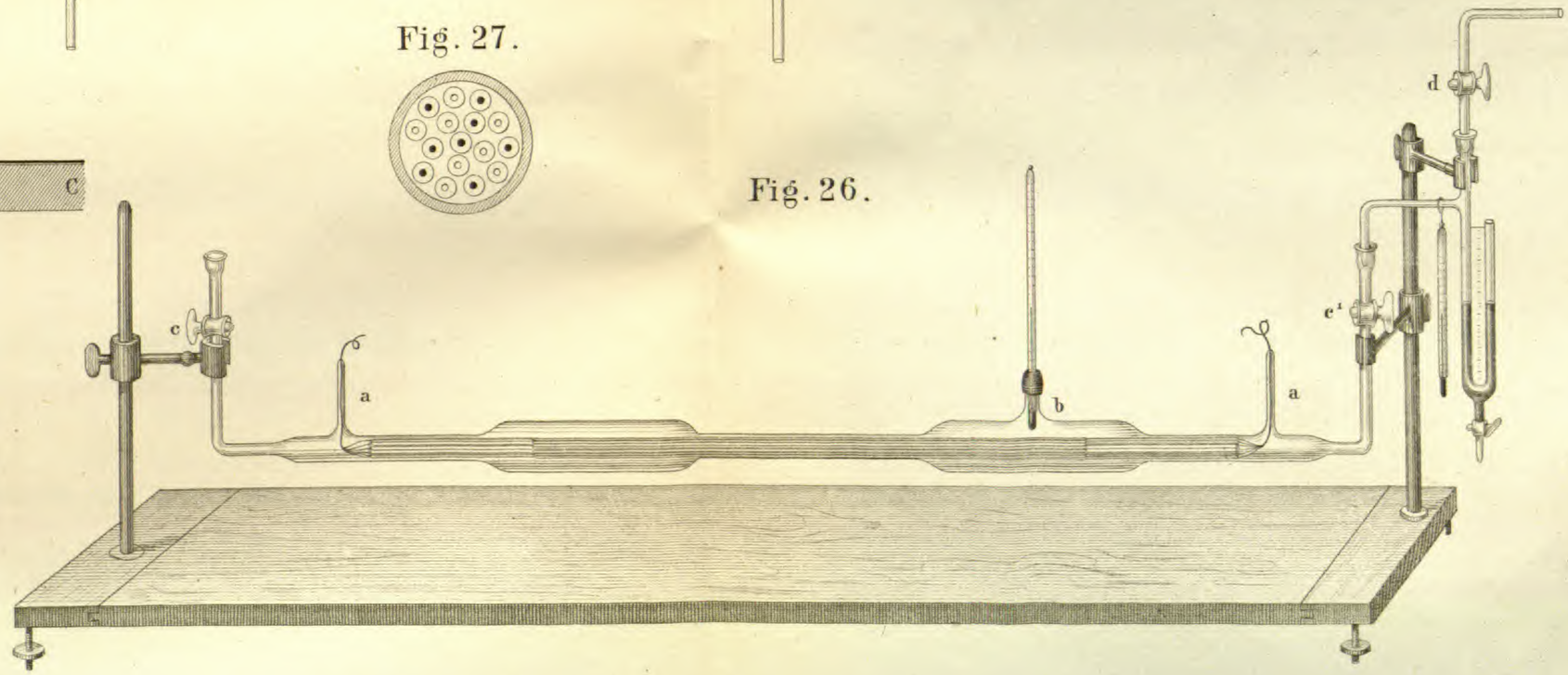


Fig. 26.



und Wasser bestehen, denn dass die Kohlensäure so wenig wie Kohlenoxyd bei dieser Nebelbildung betheiligt sind, lässt sich wiederum sicher beweisen, da man leicht einen von Kohlensäure und Kohlenoxyd freien Sauerstoffstrom herstellen kann.

Ueberlässt man das durch Elektrisiren trockner Kohlensäure entstandene Gasgemenge längere Zeit bei gewöhnlicher Temperatur abgesperret sich selbst, so verschwindet das Ozon und Antozon daraus, der Sauerstoff verliert den polarisirten Zustand, vielleicht unter langsamer Oxydation einer kleinen Menge Kohlenoxyd, was jedoch noch näherer Untersuchung bedarf.