übertrifft, werden wir zu erwarten haben, dass die den höchsten Tönen und Geräuschen entsprechenden electricen Oscillationen weder in ihrer Phase, noch in ihrer relativen Stärke wesentlich von denen des erregenden Mechanismus abweichen, ob nun die Verbindung beider Telephone direct oder durch mehrere zwischengeschaltete Spiralen hergestellt ist. Dagegen können die tieferen Töne in der Phase merklich verschoben und in der Stärke etwas benachtheiligt sein. Durch die Vermittelung der electricen Bewegungen wird also die Klangfarbe immer nur sehr unerheblich beeinflusst werden können. Viel mehr geschieht dies offenbar durch die mitschwingenden Eisenplatten, wie denn überhaupt die Klangfarbe durch die Telephone doch so weit verändert ist, dass man sich erst daran gewöhnen muss, ehe man die gesprochenen Worte gut versteht.

III. *Ueber die Luftplectricität; von* *Robert Nahrwold.*

(Inaugural-Dissertation vom Juli 1876.)¹⁾

Es ist eine bekannte Erscheinung, dass ein electricisirter Körper seine Electricität mit der Zeit an die umgebende Luft abgibt. In den bisher angestellten Versuchen hierüber wurde die Aufmerksamkeit auf den electricen Zustand der festen oder flüssigen Körper gerichtet, welche, mit oder ohne Spitze und Flamme, einen Theil ihrer Ladung an die Luft verlieren, oder auf die Art des Ueberganges der Electricität von einem Körper zum andern. Es sind genaue Beobachtungen angestellt worden in freier und abgeschlossener Luft, in verschiedenen Luftarten und bei verschiedenem Drucke derselben, aber der electriche Zustand der benutzten Gase ist bei diesen Versuchen nicht beachtet worden, oder unsere Atmosphäre angesehen

1) Mit Kürzungen.

als der unendliche Ocean, in den sich alle jene electricischen Ströme und Bäche ergiessen, ohne ihn überfließen zu machen, ihn zu sättigen. Die bekannten Beobachtungen über den electricischen Zustand von Gasen beziehen sich allein auf unsere Atmosphäre und sind grösstentheils im Freien angestellt worden: nur Hr. W. Thomson gibt einige Versuche an, bei denen die im Beobachtungszimmer eingeschlossene Luft benutzt wurde. Thomson findet¹⁾ dieselbe gewöhnlich negativ electricisch, verwandelt²⁾ mit Hülfe einer auf den geladenen Conductor einer Electrisirmaschine gestellten Spirituslampe die gewöhnliche negative Ladung in die entgegengesetzte und leitet³⁾ electricisirte Luft aus einem Zimmer in das benachbarte; in einer grossen Fabrik dagegen findet⁴⁾ Thomson die Luft positiv electricisch und gibt als wahrscheinliche Ursache den positiv electricischen Dampf an, welcher aus kleinen Oeffnungen in den durch die Fabrikräume gelegten Röhren ausströmte.

Um ein klares Bild von den electricischen Vorgängen in unserer Atmosphäre zu gewinnen, scheint es rathsam, einen passenden Theil derselben abzuschliessen und diesen zu studiren. Dies ist der Gesichtspunkt, von welchem aus die folgenden Untersuchungen angestellt worden sind. —

Als Behälter für die zu untersuchende Luft wurde ein cylinderförmiges Gefäss, *ABCD*. — Fig. 1 stellt einen Verticalschnitt durch die Axe des Cylinders dar — aus Eisenblech benutzt, dessen Höhe 35 cm und dessen Durchmesser 20 cm betrug. Dasselbe war nur oben geschlossen und griff mit seinem unteren Rande in die

Fig. 1.

1) Reprint of Papers, Chpt. 296.

2) Ebd. Chpt. 297.

3) Ebd. Chpt. 299.

4) Egb. Chpt. 398.

Rinne m des horizontal stehenden Tellers EF , welcher seinerseits auf drei hölzernen Stützen Q ruhte. Wurde die Rinne m hinreichend mit Quecksilber gefüllt, so war die Luft im Apparate abgeschlossen und konnte durch blosses Aufheben des Cylinders auf einfache Weise erneuert werden.

Zum absichtlichen Electrisiren der Luft im Apparate wurde zunächst eine Spitze benutzt. Eine feine Nähnadel wurde an einen in der engen Glasröhre ST (Fig. 2)

Fig. 2.

verschiebbaren Kupferdraht gelöthet, und in das der Nadel zugekehrte Ende der Glasröhre eine Röhre r von Platinblech geschoben, so dass die Nadel in diese zurückgezogen werden konnte. Nachdem dieser Ladungsapparat mittelst eines Korkes durch eine Oeffnung bei O in den Mantel des Cylinders fest eingefügt war, wurde die Glasröhre mit Schellack überzogen und am äussersten Ende T durch einen kleinen Kork verschlossen, in welchem sich der Kupferdraht vor- und rückwärts bewegen konnte.

Um die Ladung der Luft im Apparate zu messen, wurde nach Art des Thomson'schen water-dropping collector¹⁾ ein eiserner Trichter GHI (Fig. 3) von einem

Fig. 3.

Stöpsel KL von Hartgummi getragen, isolirt durch eine kreisförmige Oeffnung in die Decke BC des Luftbehälters eingefügt. Da indess kein Wasser zum Ausfliessen aus dem Collector angewandt werden durfte — wegen des Einflusses, den dasselbe auf den Zustand der Luft im Behälter ausgeübt haben würde, — so wurde statt dessen Quecksilber benutzt, und die Ausflussöffnng des Tropfapparates musste daher, wenn

1) Reprint of Papers, Chpt. 262.

der Quecksilberstrahl überhaupt in Tropfen ausbrechen sollte, sehr fein sein und möglichst unveränderlich erhalten werden. Eine feine Oeffnung in dem unteren Theile des eisernen Trichters selbst würde jedoch bald, auch bei grosser Vorsicht, vom Rost angegriffen sein, und es wurde deshalb eine Löthrohrspitze *p* von Platin in die untere Oeffnung des Tropfapparates eingesetzt, welche die gestellten Anforderungen erfüllte. Zum Verschliessen diente ein eingeschliffener eiserner Stöpsel *q*.

Nachdem der so hergerichtete Tropfapparat in die Decke des Behälters eingesetzt war, wurde noch von unten auf den engen Theil des Trichters ein Kegelmantel *UV* von Weissblech geschoben, welcher den Gummistöpsel überragte und dessen oberer Rand etwa 8 mm von der Decke entfernt war. Auf den oberen Theil des Luftbehälters wurde dann ein mit Stanniol beklebter Pappdeckel *M* gelegt und mit diesem metallisch verbunden. Derselbe schloss also den Tropfapparat vollkommen ein und hatte nur bei *N* einen schmalen Spalt, durch welchen ein Leitungsdraht *d* zum Tropfapparat führte.

Damit das unten ankommende Quecksilber sogleich abfliessen konnte, wurde der untere Teller *EF* ein wenig nach unten gewölbt, in der Mitte durchbrochen und an diese Oeffnung eine eiserne Röhre *R* genietet. Diese reichte bis auf den Grund einer darunter gestellten eisernen Schale *P*, in welcher sich das durchgeflossene Quecksilber ansammelte und zugleich einen Verschluss des Apparates an dieser Stelle bildete. Mittelst eines Hebers wurde das Quecksilber aus der Schale herausgenommen und hierbei Sorge getragen, dass das Niveau des Quecksilbers immer den unteren Rand der Ausflusssröhre überstieg.

An zwei gegenüberliegenden Stellen des Cylindermantels wurden in mittlerer Höhe rechteckige Fenster *f* angebracht. Die dadurch im Innern entstandenen scharfen Kanten wurden mit Wachs beklebt, und dieses trug dann eiserne Drahtgitter, welche die Fenster von innen bedeckten

und sich mit ihren scharfen Enden fest gegen die Metallwand des Apparates lehnten. Alle Fugen wurden von aussen sorgfältig mit Kitt überzogen, und ich überzeugte mich durch Aufheben des Cylindermantels aus der mit Quecksilber gefüllten Rinne des Tellers leicht, dass für gleichen Atmosphärendruck im Innern und ausserhalb des Apparates der Verschluss überall luftdicht war.

Die Gründe zu einigen, bis jetzt nur erwähnten Anordnungen werde ich sogleich beim Beschreiben der angestellten Versuche Gelegenheit haben auseinander zu setzen.

Als Electrometer wurde ein Thomson'sches Quadrauten-Electrometer in der von Hrn. G. Kirchhoff angegebenen, vereinfachten Form benutzt. Nur wurde statt des nicht hinreichend gut isolirenden Glases, welches die Leydener Flasche des Apparates bildete, eine cylinderförmig gebogene Hartgummiplatte als isolirende Schicht in das Electrometer eingesetzt und noch einige andere kleine Uebelstände des Instrumentes beseitigt. Das so abgeänderte Electrometer hielt, nachdem es einige Tage benutzt war, die ihm mitgetheilte Ladung ausgezeichnet. Zwei gegenüberliegende Quadranten sowie die äussere Belegung, nämlich die metallische Hülle des Electrometers, waren, wie alle benutzten Verbindungen, mittelst der Gasleitung zur Erde abgeleitet. Die Entfernung der Millimeterscala vom Aufhängungsfaden der Nadel betrug 45 cm. Mit blossem Auge wurde das vom Spiegel des Electrometers auf die Scala reflectirte Bild eines sehr feinen Drahtes beobachtet, welches sich als feine, dunkle Linie gegen die Flamme einer hinter ihm stehenden Petroleumlampe abhob. Auf diese Weise konnten Ablenkungen von 0,2 mm mit Sicherheit abgelesen werden. Die Nadel des Instrumentes wurde empirisch so eingestellt, dass sie keine Ablenkung erfuhr, wenn beide Quadrantenpaare nach der Erde abgeleitet waren und nun das Electrometer geladen wurde. Die stärkste, passende Ladung des Instrumentes war die, bei welcher

ein hohes Daniell'sches Element, dessen eine Electrode mit der Erde verbunden war, eine Ablenkung von 20 mm hervorbrachte. Bei den Untersuchungen wurde dem Electrometer diese Ladung mitgetheilt; nach etwa 4 Stunden war die Ablenkung durchschnittlich auf 19,5 mm gesunken, d. h. das Electrometer hatte in 4 Stunden 2,5 Procent seiner Ladung verloren. Schwächere Ladungen waren fast vollkommen constant, so war z. B. nach Verlauf von 14 Tagen die vorher benutzte Ladung von 20 mm auf nur 10 mm reducirt. Um an jedem Morgen die seit dem vorhergehenden Tage verlorene Ladung zu ersetzen, wurde eine schwach geladene Leydener Flasche auf einen Isolirteller gesetzt, und nun abwechselnd der Knopf derselben mit der innern Belegung des Electrometers in Berührung gebracht und die äussere Belegung der Leydener Flasche mit dem Finger abgeleitet u. s. f.

Die nicht abgeleiteten Quadranten wurden federnd mit dem Tropfapparate verbunden, während der Luftbehälter selbst in gut leitende Verbindung mit der Erde gesetzt wurde. Nachdem die gute Isolation des Tropfapparates und seiner Verbindung mit dem Electrometer constatirt war, wurden einige Sicherheitsversuche angestellt.

Da bei den getroffenen Anordnungen der Quecksilberstrahl gegen alle Electricitätsmengen, welche ausserhalb des Luftbehälters lagen, durch die mit der Erde verbundenen Metallwände desselben geschützt war, so konnten diese keinen dauernden Einfluss auf den Tropfapparat ausüben, derselbe nahm also das Potential der im Innern des Luftbehälters befindlichen electrischen Quanta in Bezug auf den Punkt an, wo der Strahl in Tropfen ausbrach. Um auch zeitweise nicht unerhebliche Einwirkungen von aussen zu entfernen, wurde der mit Stanniol beklebte Pappdeckel *M* (Fig. 1) auf den Luftbehälter gesetzt und mit diesem metallisch verbunden. Hierdurch war der ganze Tropfapparat von einer metallischen, abgeleiteten Hülle umgeben, und auf den Leitungsdraht *d* desselben

waren äussere Einflüsse — z. B. Bewegungen im Zimmer — nur von sehr geringer Bedeutung.

Die electricischen Quanta im Innern des Behälters konnten, da alle Conductoren in leitender Verbindung mit der Erde standen, ihren Sitz nur entweder in den nicht zu vermeidenden Isolatoren oder in der Luft des Apparates haben. Es stellte sich durch einfache Versuche heraus, dass sowohl der den Tropfapparat isolirende Gummistöpsel, als auch die beiden Fenster einen Einfluss ausübten, und deshalb wurden die bereits erwähnten Schutzmittel angebracht: der metallische Kegelmantel *UV* und die Drahtgitter auf den beiden Glasscheiben. Als darauf beide Theile absichtlich stark electricisirt wurden, machte sich kein Einfluss mehr bemerkbar.

Der einzige Isolator, welcher jetzt noch auf den Quecksilberstrahl einwirken konnte, war die in den Luftbehälter hineinragende Glasröhre des Ladungsapparates. Es zeigte sich jedoch, dass dieselbe den Quecksilberstrahl nicht beeinflusste, was offenbar seinen Grund in der eingeschobenen Platinröhre findet. Während der Beobachtungen war nämlich die Nadel in dieselbe zurückgezogen und leitete, selbst in Verbindung mit der Erde gesetzt, auch die Platinröhre ab, welche sie berührte. Durch die irgendwie electricisirte Glasröhre wurde demnach die entgegengesetzte Electricität auf der Platinröhre gebunden, während die freie Electricität der letzteren nach der Erde fortgeleitet wurde, und der Einfluss jener beiden sich bindenden electricischen Quanta musste in der That verschwindend klein sein.

Nur solche Electricitätsmengen konnten also den Tropfapparat laden, welche ihren Sitz in der im Apparate eingeschlossenen Luft hatten; vorausgesetzt, dass nicht durch den Tropfapparat selbst, ohne äusseren Einfluss eine Ladung desselben erzeugt wurde.

Wenn der in Thätigkeit gesetzte Tropfapparat sich selbst mit Electricität laden sollte, so konnte dies, da sich nur Metall an Metall bewegte, allein durch Contact ge-

schehen. Quecksilber ladet sich gegen Eisen negativ: im vorliegenden Falle mussten also die Quecksilbertropfen negativ electrisch fortfallen, und der Tropfapparat somit eine positive Ladung annehmen. In der That wurde bei sorgfältiger Vermeidung jeder anderen Electricitätserregung eine constante, positive Ladung des Tropfapparates von 7 bis 9 mm beobachtet, welche sich bei den maassgebenden Versuchen nicht veränderte, auch wenn das Quecksilber stundenlang durch den Apparat floss, und jedenfalls zum grössten Theile der durch den Tropfapparat erzeugten Contactelectricität zuzuschreiben und als solche bei den Beobachtungen mit in Rechnung zu ziehen ist.

Nach diesen Versuchen können die anderen vom Electrometer angezeigten Ladungen des Tropfapparates nur von Electricitätsmengen hervorgerufen sein, welche sich in der von dem Behälter eingeschlossenen Luft befanden. Dieselben banden entgegengesetzte Electricität an den Wänden des Luftbehälters, und der Tropfapparat lud sich bis zu dem Potentiale dieser sämtlichen electrischen Quanta in Bezug auf den wirksamen Punkt des Quecksilberstrahles.

Nachdem der Apparat am Fenster mit frischer Luft gefüllt, das Electrometer bis zu der angegebenen Stärke — 1 hoher Daniell = 20 mm¹⁾ — geladen, und die gute Verbindung resp. Isolation überall constatirt war, schob ich den Ladungsdraht soweit in der Röhre *ST* vor, dass die Nadel aus dieser in den Apparat hineinragte. Dann liess ich aus einer schwach positiv oder negativ geladenen

1) Als „hoher Daniell“ sind Daniell'sche Elemente bezeichnet, die wegen ihrer sehr constanten electromotorischen Kraft im Berliner Universitätslaboratorium viel gebraucht werden. Glaszylinder, 40 cm hoch, 6 bis 10 im Durchmesser, sind mit Zinkvitriollösung gefüllt. Oben ragt ein Zinkzylinder hinein, unten liegen Kupfervitriolkrystalle auf einer flachen Spirale von Kupferdraht, der durch das Innere einer Glasröhre nach oben hinausgeführt ist. Der Widerstand dieser Elemente ist natürlich ziemlich gross, sie können aber Monate hindurch ohne merkliche Aenderung ihrer electromotorischen Kraft stehen bleiben.

Leydener Flasche einige kaum sichtbare Funken zum Ladungsdrahte überspringen, zog letzteren mittelst einer isolirenden Handhabe soweit zurück, dass die Nadel von der Platinröhre bedeckt wurde, und leitete denselben nach der Erde ab; jetzt öffnete ich den Tropfapparat, welcher während des Ladens geschlossen geblieben war, setzte den schützenden Pappdeckel darüber und unterbrach eine Verbindung der beiden Quadrantenpaare, welche also bis dahin auch den, dauernd mit dem einen Quadrantenpaare verbundenen Tropfapparat nach der Erde abgeleitet hatte. Ich beobachtete in wiederholten Versuchen durchschnittlich eine Ablenkung von 100 mm und schloss also, dass die vom Apparate eingeschlossene Luft eine nicht unbedeutende Ladung angenommen hatte. Das Maximum der Ablenkung trat bis auf etwa 2 mm immer schon nach einer Minute ein, und dieser Umstand lieferte mir einen Beweis für die Brauchbarkeit des beschriebenen Tropfapparates.

Lud ich die Luft, um eine stärkere Ladung hervorzubringen, in genau derselben Weise noch einmal, so erhielt ich z. B. eine Ablenkung von nur 82 mm, bei einer folgenden Ladung eine solche von 69 mm. Ich benutzte darauf stärker geladene Leydener Flaschen, liess einen oder mehrere lange Funken vom Knopfe derselben zum Ladungsdrahte überspringen oder entlud dieselben vollständig durch die Spitze, griff dann auch wieder zu schwach geladenen Flaschen: aber durch kein Mittel war es mir möglich, die erste starke Ladung wieder hervorzubringen. Die Ablenkungen wurden unregelmässig, nahmen aber allgemein ab, wenn dem Apparate mehr und mehr Electricität zugeführt wurde, so dass eine solche z. B. am Ende einer längeren Untersuchungsreihe nur 26 mm betrug. Es war nicht nothwendig, bei der ersten Electrisirung — d. h. nachdem der Apparat mit frischer Luft gefüllt war — eine schwach geladene Flasche zu benutzen: die Ablenkung war wenigstens ebenso gross, wenn ich aus einer stark geladenen Flasche einen langen Funken zum Ladungsdrahte

überspringen liess; gingen jedoch schon jetzt viele Funken über, so betrug die Ladung von Anfang an nur 40 bis 50 mm, und es folgten dann dieselben Erscheinungen.

Die Resultate zeigen, dass sich durch das Electrisiren die Luft im Apparate veränderte, und es kommt darauf an, die Natur dieser Veränderung aufzuklären. Zu diesem Zwecke liess ich die bereits benutzte Luft bis zum folgenden Tage im Apparate und stellte mit dieser dieselben Versuche noch einmal an. Die erste Ladung mit schwach geladener Flasche ergab eine Ablenkung von 12 mm, während mit Hülfe stark geladener Flaschen Ablenkungen von 20 bis 30 mm hervorgebracht wurden. Die Luft verhielt sich genau so wie am Schlusse der Untersuchungen des vorhergehenden Tages. — Der Apparat wurde nun wieder mit frischer Luft gefüllt, und diese blieb, ohne mit Electricität behandelt zu werden, bis zum zweiten Tage in demselben eingeschlossen. Als wieder obige Versuche angestellt wurden, zeigten sich dieselben Erscheinungen, welche bei der schon vorher electricisirten Luft beobachtet waren.

Jene durch das Laden hervorgerufene Veränderung der Luft wurde also mit der Zeit nicht wieder ausgeglichen, sondern konnte im Gegentheile auch dadurch herbeigeführt werden, dass dieselbe längere Zeit hindurch in dem Apparate ruhig sich selbst überlassen blieb. Es scheint hiernach nicht unwahrscheinlich, dass der Grund dieses Verhaltens der Luft in dem in ihr schwebenden Staube zu suchen ist, welcher sich, electricisirt, schnell setzte, bei ruhigem Stehen des Apparates dagegen nur langsam zu Boden fiel.

Um dies direct nachzuweisen, befestigte ich an dem einen Ende eines passenden Drahtes einen Federbüschel, mit welchem ich, wenn der Ladungsapparat entfernt war, durch die Oeffnung bei *O* in den Luftbehälter hineinfuhr und hier den Staub von den Wänden aufwirbelte. Vorher hatte ich mich davon überzeugt, dass das Fortnehmen des Ladungsapparates und das einfache, vorsichtige Hineinführen des Federbüschels keinen wesentlichen Einfluss hervorbrachte. und so waren jene Verhältnisse hergestellt,

unter denen nur schwache Ablenkungen erzeugt werden konnten. Der Apparat wurde dann wieder in gewohnter Weise geladen. Die jetzt beobachtete Ablenkung betrug 97 mm, und ähnliche Ladungen wurden erzielt, wenn der Federbüschel besonders mit Staub gepudert und durch Schütteln in dem Apparate ausgestäubt wurde.

Die letzten Versuche sind nur mit positiver Electricität ausgeführt worden.

Der in der Luft des Apparates schwebende Staub spielt also beim Laden durch die Spitze eine wesentliche Rolle, und die angeführten Erscheinungen lassen sich in folgender Weise erklären. Wurde frische Luft electrirt, so lud sich hauptsächlich der in ihr schwebende Staub. Er wurde von den Wänden des Apparates angezogen und gab an diese seine Electricität ab. Die schwereren Staubtheilchen fielen nun herab, luden sich vielleicht wieder an anderen Staub- oder Lufttheilchen, auf welche sie stiessen, wurden wieder von der Metallwand angezogen und erreichten auf diese Weise den Boden des Apparates. Die feineren Staubtheilchen dagegen blieben theils an den Wänden des Apparates haften, theils wurden sie — sowohl als elastische Körper, als auch durch die Bewegung der sie tragenden Luft — in den Luftbehälter zurückgeführt. Wurden stark geladene Leydener Flaschen benutzt, so entstand beim Entladen derselben durch die Spitze ein intensiver electrischer Wind; dieser wirbelte wieder Staubtheile auf, und es konnten also grössere, unregelmässige Ladungen wieder entstehen. Da ausserdem die Staubtheilchen jedenfalls zum grössten Theile nicht als Conductoren aufzufassen sind, so konnte eine starke Ladung derselben durch einen solchen Vorgang nicht sehr schnell verschwinden: und in der That nahm dieselbe im Verlaufe einer Stunde regelmässig etwa um die Hälfte ihrer ursprünglichen Grösse ab.

Zur Herstellung staubfreier Luft bediente ich mich des dazu von Tyndall¹⁾ vorgeschlagenen Glycerins. Da es zu den

1) „On Germs“ American Journal of Science and Arts, p. 305. 1876.

Electricitätsleitern gehört, so war es für die vorliegenden Untersuchungen durchaus anwendbar. Es wurde daher das ganze Innere des Apparates sorgfältig mit möglichst wasserfreiem Glycerin bestrichen, und nur der Tropfapparat mit seinem isolirenden Gummistöpsel und die Glasröhre, in welcher der Ladungsdraht lag, blieben von demselben unbedeckt. Die Drahtgitter konnten jetzt beseitigt werden. Nachdem ich mich, wie früher, davon überzeugt hatte, dass selbst die absichtlich electricisirten Glasscheiben keine Unregelmässigkeit hervorbrachten, und auch ein stundenlanges Durchfliessen des Quecksilbers durch den Apparat keine Ladung in demselben erzeugte, wurden wieder die beschriebenen Versuche angestellt.

Auch jetzt zeigte sich, wenn der Apparat mit frischer Luft gefüllt war, eine erste grosse Ablenkung, welche bei wiederholtem Laden ziemlich regelmässig abnahm, bis sie fast vollständig verschwand. Später angestellte Versuche, die so behandelte Luft mit Hülfe der Spitzen zu laden, waren ebenfalls ohne Erfolg: es zeigten sich, mit Berücksichtigung der constanten Ablenkung, entweder gar keine Ladungen des Tropfapparates, oder nur solche von 4 bis 6 mm, die ich aber glaube vernachlässigen zu dürfen.

Aus den erzielten Resultaten geht hervor, dass nicht die im Apparate eingeschlossene Luft, sondern der in ihr schwebende Staub durch die Spitze electricisirt wurde, und diese also nicht geeignet ist, Electricität an eine in der beschriebenen Weise abgeschlossene Luftmasse überzuführen. Sehr deutlich konnte ich aber sowohl an der Bewegung eines passend in dem mit staubfreier Luft gefüllten Apparate aufgestellten electricischen Flugrades, als auch an dem bekannten Glimmen der Spitze das Ausströmen der Electricität beobachten, die also, sei es durch den electricischen Wind, sei es auf einem noch directeren Wege sofort zu den Wänden des Apparates, d. h. zur Erde überging.

Das Quecksilber, welches den Apparat durchflossen hatte, war natürlich mit Glycerin getränkt und musste

daher vor jedem weiteren Gebrauche sorgfältig ausgewaschen werden. Trotzdem hatte sich an der Platinspitze des Trichters ein Tropfen Glycerin angesammelt, welcher wahrscheinlich von der Decke des Apparates in den zum Schutze des Gummistöpsels aufgeschobenen Kegelmantel gefallen war, ohne dadurch die Isolation des Tropfapparates aufzuheben. Benutzte ich nun stark positiv geladene Flaschen, so bekam ich häufig negative Ablenkungen von 40 bis 50 mm, welche bald wieder verschwanden. Der Grund dieser Erscheinung ist offenbar in Glycerinpartikeln zu suchen, welche, während die Nadel positiv geladen war, von jenem Tropfen fortgerissen wurden und sich in der Luft des Apparates zerstreuten. Aehnliche Unregelmässigkeiten zeigten sich auch ohne den Tropfen, als die Glycerinschicht im Apparate noch sehr dick war, und ich wandte deshalb nicht mehr allzu stark geladene Leydener Flaschen an, wodurch den beobachteten Resultaten an Sicherheit Nichts genommen werden konnte.

Wie bereits erwähnt, haben auch flammende und glimmende Körper in viel wirksamerer Weise als Spitzen die Eigenschaft, Electricität von einem geladenen Körper an die Luft zu übertragen, und zu diesem zweiten Mittel musste ich mich jetzt wenden. Wegen der ersichtlichen Veränderungen jedoch, welche sowohl eine Flamme als auch ein glimmender Körper in dem verhältnissmässig kleinen Luftraume hervorgebracht haben würde, konnte keines dieser beiden Ladungsmittel direct in den Apparat

Fig. 4.

gebracht werden. Ein kurzer, feiner Platindraht, welcher durch eine Batterie in glühenden Zustand versetzt werden konnte, lieferte dagegen ein passendes Mittel, die eingeschlossene Luft zu electrifiziren.

Ein möglichst feiner Platindraht *c* (Fig. 4), von etwa 4 mm Länge wurde an die Enden zweier Kupferdrähte

AB und *CD* gelöthet, welche durch zwei, sie eng umschliessende Glasröhren *EF* und *GH* gezogen und an ihren anderen Enden mit zwei Klemmschrauben *m* und *n* versehen waren. Die beiden Glasröhren wurden von einem Korke *K* zusammengehalten, und auf diese Weise konnte die Vorrichtung statt des früheren Ladungsapparates durch die Oeffnung *O* in den Luftbehälter hineingesteckt werden. Die Fugen wurden nun mit Kitt ausgestrichen und die beiden Glasröhren *EF* und *GH* mit Schellack überzogen. Dieser Ladungsapparat wurde in die Schliessung einer aus zwei Bunsen'schen Elementen bestehenden, isolirten Batterie eingeschaltet, wodurch der Platindraht in lebhaftes Weissglühen versetzt wurde. Nun lehnte ich den Knopf einer schwach geladenen Flasche einige Secunden hindurch an den Schliessungsdraht der Batterie, unterbrach sodann den Strom und beobachtete in der gewöhnlichen Weise, wie das vom Spiegel des Electrometers auf die Scala geworfene Bild sofort aus dem Gesichtsfelde gelenkt wurde. Stärker geladene Flaschen hatten denselben Erfolg, und ich war also genöthigt, schwächere Electricitätsquellen zu benutzen. Hierzu dienten galvanische Elemente, deren eine Electrode nur mit der Glühbatterie verbunden zu werden brauchte, um diese bis zu einem beliebigen, für die vorliegenden Versuche passenden Potentiale zu laden. Bereits ein einziges Meidinger'sches Element brachte eine mit der angewandten Electrode gleichnamige Ladung der staubfreien Luft im Apparate hervor. Ich sehe keinen Grund, als ihren Träger nicht die Lufttheilchen selbst zu bezeichnen. Die staubfreie Luft wurde auch jetzt nach der Tyndall'schen Methode hergestellt, welche natürlich durch einfaches Laden mit der Spitze wesentlich beschleunigt werden konnte.

Es sind besonders drei Punkte, welche eine genauere Erörterung beanspruchen, nämlich das Laden der Luft, das Verhältniss der erzeugten Ladung zur benutzten Electricitätsquelle und die Abnahme der Ladung.

Fig. 5 gibt schematisch die jetzt etwas complicirtere Aufstellung des ganzen, zu den angestellten Versuchen benutzten Apparates.

Fig. 5.

A bezeichnet den Luftbehälter, *B* den Tropfapparat, *C* das Electrometer, *D* die Petroleumlampe, *E* die Scala, *F* die Ableitung nach der Erde und *G* den Stand des Beobachters. *H* deutet den Isolirschemel mit den beiden zum Glühen des Platindrahtes *c* dienenden Bunsen'schen Elementen *a* und *b* an. In den Schliessungsdraht dieser Batterie war ein Unterbrecher $J_1 J_2$ eingeschaltet. Ausserdem war der Schliessungsdraht bei $K_1 K_2$ durch die beiden isolirten Metallstücke eines Unterbrechers gezogen und zwischen diese ein nach der Erde abgeleiteter Kupferdraht *L* so eingespannt, dass, wenn der Winkelhebel des Interruptors K_1 mit K_2 verband, er auch diese Ableitung metallisch berührte. Wurde also, wie es bei jeder Beobachtung geschah, der Unterbrecher $K_1 K_2$ geschlossen, so war auch der Platindraht *c* nach der Erde abgeleitet, während der Strom bei $J_1 J_2$ geöffnet blieb, und andererseits hatte der geöffnete Unterbrecher $K_1 K_2$ keinen Einfluss auf die Bewegung der Electricität im Schliessungsdrahte. An das Verbindungsstück der beiden Elemente *a* und *b* wurde mittelst einer Klemmschraube ein Kupferdraht *d* befestigt, welcher federnd in ein nach der Erde abgeleitetes Quecksilbernäpfchen *N* aus Paraffin tauchte. Durch eine einfache Combination konnte mittelst eines seidenen Fadens dieser Draht eine beliebig kurze Zeit gegen die nicht abgeleitete Electrode der zum Laden be-

nutzten Batterie *N* (18 Meidinger'sche Elementen) gezogen werden und federte beim Loslassen des Fadens wieder in das Quecksilbernäpfchen zurück.

Die an dem glühenden Drahte erhitzte Luft leitet die Electricität und ladet sich also mit dem Potentiale des Drahtes, d. h. der Glühbatterie. Sie wird von dem gleichnamig geladenen Drahte abgestossen und auch wegen ihres von der umliegenden Luft verschiedenen specifischen Gewichtes verdrängt und durch andere ersetzt, welche in derselben Weise geladen wird. Sobald die electrisirte Luft den glühenden Draht verlassen hat, kühlt sie sich durch Vermischung mit der kälteren Luft ab, und das so entstandene Gemenge ist im Stande die aufgenommene Electricität zu behalten.

Thomson gibt an¹⁾, dass die Höhe der Temperatur, bei welcher gewöhnliche Luft ihre isolirende Eigenschaft verliert, zwischen der des siedenden Wassers und der Rotheisengluth liegt, und auch ich hatte Gelegenheit zu beobachten, dass die Intensität des Glühens für das Ausströmen der Electricität nicht gleichgültig ist. Als nämlich der Platindraht nur dunkelroth glühte, fand durchaus kein Uebergang von Electricität an die Luft statt, trotzdem ich den Glühapparat mit dem Knopfe einer geladenen Leydener Flasche verband, und erst mit heller Rothgluth trat die Ladung der Luft ein.

Wenn die zwischen den beiden Elementen *a* und *b* angebrachte Leitung mit der Erde in Verbindung stand, traten fast immer Ladungen ein und zwar waren dieselben regelmässig negativ, wenn der Platindraht intensiv, positiv, wenn er schwächer glühte. Diese Erscheinungen rührten offenbar von der Electricität der Glühbatterie selbst her, und ich schaltete deshalb zwischen dem Elemente *b* und dem Unterbrecher J_1 einen dünneren Neusilberdraht als Widerstand ein, mittelst dessen auf dem Schliessungsdrahte die Electricität so vertheilt und eine solche Intensität des

1) Reprint of Papers, Chpt. 297, note.

Glühens hervorgebracht werden konnte, dass das mit dem thätigen Tropfapparat verbundene Electrometer seinen Nullpunkt anzeigte. Es war dann die Luft im Apparate um ein geringes negativ geladen, da jene gewöhnliche positive Ablenkung von 7—9 mm überwunden war; trotzdem habe ich jedoch den folgenden Untersuchungen den Nullpunkt des Electrometers zu Grunde gelegt, da jene Ablenkung in ihrer Grösse nicht constant genug war, und es andererseits auch, wie schon bemerkt, nicht sicher ist, dass sie lediglich auf Contactelectricität beruhte. War der Nullpunkt bei glühendem Platindrahte erreicht, so wurde derselbe dadurch nicht verrückt, dass der Strom der Batterie unterbrochen und der Draht durch $K_1 K_2$ nach der Erde abgeleitet wurde.

Die Versuche wurden in folgender Weise angestellt. Zunächst wurde der Widerstand zwischen b und J_1 so regulirt, — und es waren Verschiebungen des Neusilberdrahtes von 2 mm bemerkbar, — dass das Electrometer seinen Nullpunkt anzeigte, dann wurde $J_1 J_2$ geöffnet, $K_1 K_2$ geschlossen, der Tropfapparat verstopft und mit dem Electrometer zur Erde abgeleitet. Nun wurde wieder $J_1 J_2$ geschlossen, $K_1 K_2$ geöffnet und der Draht d an dem seidenen Faden aus dem Quecksilbernäpfchen M gegen die Electrode der benutzten Batterie N gezogen. Hatte diese Berührung die gewünschte Zeit stattgefunden, so wurde mit der freien Hand $J_1 J_2$ geöffnet, $K_1 K_2$ geschlossen, dann der Faden losgelassen und in gewohnter Weise die erzielte Ladung der Luft beobachtet.

Zuerst wurde ein Element der Batterie N zur Ladung benutzt. In der ersten Columnne der folgenden Tabelle ist die Ablenkung angegeben, welche der direct mit dem Electrometer verbundene Pol des Elementes hervorbrachte, in der zweiten die Zeit, während welcher dieser die Glühbatterie berührte, und in der dritten die Grösse der dadurch erzeugten Ladung des Luftapparates.

Ladung des Electrometers. (1 hoher Daniell)
= 20 mm (pos.)

Ladung der Luft.

1 Element.

Positive Ladung.			Negative Ladung.		
19,7 mm	$\frac{1}{4}$ Min.	15,0 mm.	20,0 mm	$\frac{1}{4}$ Min.	14,5 mm.
$\frac{1}{2}$ "		19,8 "	$\frac{1}{2}$ "		17,5 "
$\frac{3}{4}$ "		20,0 "	$\frac{3}{4}$ "		15,5 "
1 "		19,8 "	1 "		21,0 "
2 "		18,5 "	2 "		20,0 "
3 "		19,0 "	3 "		20,0 "

2 Elemente.

Positive Ladung.			Negative Ladung.		
36,5 mm	1 Min.	37,0 mm.	37,0 mm	1 Min.	33,0 mm
4 "		40,0 "	4 "		40,0 "

18 Elemente.

Positive Ladung.			Negative Ladung.		
147,5 mm	1 Min.	140,0 mm.	157,5 mm	1 Min.	146,0 mm.
16 "		151,0 "	16 "		158,0 "

Der Unterschied in der Grösse der entsprechenden positiven und negativen Ablenkungen ist wohl auf eine asymmetrische Stellung der Nadel des Electrometers zu schieben, welches immer positiv geladen war. Auch konnte trotz der sorgfältigsten Einstellung des Neusilberdrahtes vor jedem Versuche die Glühbatterie sich doch während desselben immer etwas ändern und einen geringen Einfluss auf die Ladung der Luft ausüben. Mit Berücksichtigung dieses Umstandes zeigen obige Resultate, dass die Electricität auch bei äusserst geringen Spannungen durch den glühenden Draht sehr schnell in die Luft ausströmte, ohne einen besonderen Widerstand überwinden zu müssen, und dass das Potential des Apparates in sehr kurzer Zeit die Grösse der benutzten Electricitätsquelle annahm, weniger schnell jedoch bei starken als bei schwachen Spannungen.

Hiernach musste bei den getroffenen Anordnungen

auch eine grössere Ladung der Luft schnell reducirt werden, wenn der Ladungsdraht mit einer schwächeren Electricitätsquelle in Verbindung gesetzt wurde, und in kurzer Zeit vollends verschwinden, wenn der Draht d nach der Erde abgeleitet war. Die nach dieser Richtung hin angestellten Versuche bestätigen beides. Von besonderem Interesse ist das vollkommene Entladen der Luft und der dabei auftretenden Umstände.

Die Luft war in gewöhnlicher Weise positiv geladen und das Electrometer zeigte um 2 Uhr 29 Minuten eine Ablenkung von 112,0 mm. In diesem Augenblicke wurde der durch den Draht d abgeleitete Ladungsapparat in Wirksamkeit gesetzt; die Ablenkung sank augenblicklich und als das Bild im Nullpunkt angekommen war, wurde der Strom der Glühbatterie geöffnet. Die Ablenkung stieg nach der negativen Seite bis 20 mm, nahm langsam wieder ab, und um 2 Uhr 33 Minuten wurde wieder eine positive Ladung von 22 mm angezeigt.

Um sicher zu sein, dass diese Erscheinung keine zufällige war, stellte ich sofort denselben Versuch mit negativer Electricität an. Das Electrometer zeigte 2 Uhr 40 Minuten eine negative Ablenkung von 162,0 mm, dieselbe nahm, bei derselben Manipulation wie vorher, schnell ab, war 2 Uhr 42 Minuten auf 25 mm positiv gestiegen, betrug 2 Uhr 43 Minuten nur noch 1 mm positiv und stieg nun wieder nach der negativen Seite, so dass 2 Uhr 44 Minuten eine negative Ablenkung von 14,0 mm angezeigt wurde, die dann allmählich wieder verschwand.

Wurde der Versuch dahin abgeändert, dass der Glühapparat wirkte, bis der Nullpunkt des Electrometers dauernd erreicht war, so war die entgegengesetzte Ladung geringer.

Dieses Verhalten dürfte in folgender Weise zu deuten sein. Die im Behälter eingeschlossene electrisirte Luft wirkte vertheilend auf den Glühapparat und dieser strömte also, da er durch d nach der Erde abgeleitet war, die entgegengesetzte Electricität aus, wodurch die vorhandene

Ladung der eingeschlossenen Luft neutralisirt wurde. Nimmt man nun an, dass sich die zuerst electricisirte Luft hauptsächlich in die Nähe der metallischen Wände und der immer entgegengesetzt geladenen Quecksilbertropfen begeben habe, so musste nach einem gewissen Zeitpunkte eine, durch die ausströmende Influenzelectricität geladene Luftschicht dem Tropfapparate näher sein als die, besonders im unteren Theile des Behälters noch vorhandene, primär electricisirte Luft, und auf diese Weise eine der ursprünglichen entgegengesetzte Ladung erzeugen; in kurzer Zeit musste diese dann wieder neutralisirt und die ursprüngliche Electricität wieder die vorherrschende werden.

Nachdem auf diese Weise gezeigt ist, dass in der angegebenen Weise die Luft durch sehr schwache Electricitätsquellen geladen werden kann, entsteht die Frage, ob sie sich stärkeren Spannungen gegenüber ebenso verhält, ob ein Maximum ihrer Ladung existirt und wo dasselbe zu suchen ist.

Um hierüber eine Entscheidung zu treffen, stellte ich statt der Meidinger'schen eine Batterie von 100 Zink-Kupfer-Wasserelementen auf und schaltete, um die Wirkung derselben noch zu verstärken, zwischen dieser und dem Glühapparate einen Accumulator oder rotirenden Condensator¹⁾ ein, der von einer durch die Hand bewegten Rolle mit Schnurlauf, die wir kurz Flugmaschine nennen wollen, getrieben wurde. Dieselbe wurde zum Schutze gegen beobachtete äussere Einflüsse mit einer nach der

1) An einer Axe mit Schnurlauf sitzen zwei metallische Flügel, deren Fläche senkrecht zur Axe ist. Bei jeder Rotation passirt jeder nacheinander durch zwei metallische Hüllen *A* und *B*, deren jede aus zwei den rotirenden Flügeln parallelen Blättern, 5 mm voneinander abstehend, besteht, die miteinander leitend verbunden und von der Erde isolirt sind. Die Hülle *A* wird durch die Batterie geladen, jeder Flügel, der hindurchpassirt, einen Augenblick zur Erde abgeleitet. Er ladet sich durch Vertheilung und gibt seine Electricität dann an *B* ab, mit dem er einen Augenblick in leitende Verbindung tritt, während er dasselbe passirt.

Erde abgeleiteten Blechkapsel überdeckt. Die Ablenkung eines Meidingers 19,2 mm wurde nun bei schneller Rotation auf 160,0 mm gesteigert, welche letztere etwa der Ablenkung von 23 Elementen entsprach. Die Verstärkungszahl des Condensators ist also gleich 23 zu setzen, während bei geringerer Sorgfalt, in Uebereinstimmung mit früheren Beobachtern eine bedeutend geringere Verstärkungszahl erzielt wurde.

Die Ladung des Electrometers wurde nun soweit reducirt, dass ein hohes Daniell'sches Element nur noch einen Ausschlag von 2 mm (pos.) hervorbrachte, und die Versuche dann in gewohnter Weise angestellt. Da es jedoch jetzt nicht mehr auf ein schnelles Unterbrechen des Ladens ankam, so wurde der Glühapparat fest mit der Ladungsbatterie verbunden. Es war vorauszusehen, dass von einer starken Ladung der Luft schnell ein beträchtlicher Theil an die Wände des Behälters abgegeben und daher, bei der bisherigen correcten Weise zu experimentiren, nur der Rest beobachtet wurde, welcher nach dem Oeffnen des Tropfapparates noch vorhanden war. Da der in den Luftapparat hineinragende Theil des nicht wirksamen Glühapparates, wenn dieser durch die Zink-Kupferwasserbatterie und den Condensator geladen wurde, bei der jetzigen schwachen Ladung des Electrometers eine Ablenkung von nur 4 mm hervorbrachte, so liess ich das Quecksilber während des Ladens durchfliessen und beobachtete die Ladung der Luft, während der Platindraht glühte. Der glühende Platindraht allein brachte natürlich keine Wirkung hervor.

Die Anzahl der Umdrehungen, deren 32 auf die Minute kamen, wurde mit der Flugmaschine gezählt. Eine solche Umdrehung führte 17 Umdrehungen des Condensators herbei, so dass also etwa 9 Umdrehungen des Letzteren auf eine Secunde zu rechnen sind.

In dieser Weise ergab die Zink-Kupferwasserbatterie mit Condensator, wodurch also eine Batterie von etwa

2300 Elementen repräsentirt wurde, als Maximum der positiven Ladung der Luft:

106,0 mm, welches nach 40 Umdrehungen der Flugmaschine erreicht wurde. Von hier nahm bei weiterem Laden die Ablenkung langsam wieder ab und betrug noch: 93,0 mm nach 300 Umdrehungen.

Das Maximum der negativen Ladung stellte sich auf 112,0 mm und zwar nach 100 Umdrehungen, welches auf 104,0 mm nach 240 Umdrehungen gesunken war.

Da diese Ladung der Luft nicht, im entferntesten der Grösse der benutzten Electricitätsquelle gleichkam (das Bild auf der Scala schlug natürlich sofort aus dem Gesichtsfelde, wenn der Condensator direct mit dem Electrometer verbunden wurde) und da ausserdem eine Maximalablenkung angezeigt wurde, welche lange constant, allmählich geringer wurde, so glaubte ich schliessen zu dürfen, dass ein Maximum für die Ladung der Luft im Apparate erreicht sei. War dies wirklich der Fall, so musste nach den früheren Beobachtungen dasselbe auch von einer bedeutend geringeren Electricitätsquelle hervorgebracht werden können, und es wurde daher der Versuch wiederholt, indem die 100 Zink-Kupferwasserelemente mit 12 Meidinger'schen vertauscht wurden. Diese gaben, wenn der Condensator direct zum Electrometer geleitet wurde, nach der positiven Seite eine Ablenkung von 182,5 mm, während das Bild nach der negativen Seite um ein Geringes aus dem Gesichtsfelde trat. Der grösste Ausschlag, welcher nach beiden Seiten überhaupt beobachtet werden konnte, betrug 190,0 mm.

Bei Benutzung der positiven Electrode zum Laden der Luft zeigte das Electrometer jetzt eine Ablenkung von 81,0 mm nach 100 Umdrehungen und eine solche von

85,0 mm nach 200 Umdrehungen

an, welche noch immer in ähnlichem Steigen begriffen war.

Der negative Pol brachte eine Ablenkung von 76,0 mm nach 100 Umdrehungen hervor, welche auf

102,0 mm nach 700 Umdrehungen

gestiegen war und auch jetzt noch nicht ihren Höhenpunkt erreicht hatte.

Bei anderen Versuchen wurde zum Laden statt der Batterie eine Reibungselektisirmaschine benutzt. Um die Einwirkung derselben auf das Electrometer aufzuheben, wurde sie hinter einen grossen abgeleiteten Blechschirm gestellt. Wurde jetzt, während der Platindraht nicht glühte, die Glühbatterie durch die Maschine geladen, so erfuhr, im Unterschiede zu früher, der Tropfapparat einen wesentlichen Einfluss. Derselbe musste also jetzt während des Ladens der Luft geschlossen bleiben, und so konnte hier, nach den früheren Bemerkungen, nur ein noch vorhandener Rest der wirklich erreichten Ladung des Luftapparates beobachtet werden. Die grössten Ablenkungen, welche auf diese Weise erzielt wurden, betrugen für positive und negative Electricität 92,5 mm und traten bei einer einzigen langsamen Umdrehung der Maschine ein. Wurde dieselbe länger und schneller in Bewegung gesetzt so waren die erzeugten Ablenkungen geringer und schwankten in unregelmässiger Weise zwischen 50 und 70 mm für beide Electricitätsarten. Das Glühen des Platindrahtes nahm während der Bewegung der Electisirmaschine merklich ab und zwar um so mehr, je stärker gedreht wurde. Es war dies dieselbe Erscheinung, wie wenn der Platindraht ausserhalb des Apparates glühte und nun gegen denselben geblasen wurde: es ist daher unzweifelhaft, dass diese Erscheinung durch den beim Ausströmen von Electricität entstehenden electrischen Wind herbeigeführt wurde.

Der besseren Uebersichtlichkeit wegen sind die bereits angegebenen Resultate noch einmal in folgender Tabelle zusammengestellt, deren Bedeutung nach Obigem einleuchtet. Unter der Rubrik „Ladung des Electrometers“ sind diejenigen Ablenkungen verzeichnet, welche hervorgebracht wurden, wenn die betreffenden Electricitätsquellen direct mit dem Electrometer verbunden wurden.

Ladung des Electrometers.

	positiv	negativ
1 hoher Daniell	2 mm	—
12 Meidinger mit Condensator .	182,5 „	aus dem Gesichtsfelde
100 Zink - Kupfer - Wasserelemente ohne Condensator	102,5 „	134,0 mm
80 Zink - Kupfer - Wasserelemente ohne Condensator	— „	114,0 mm

Ladung der Luft.

100 Zink-Kupfer-Wasserelemente mit Condensator:

positiv	negativ
Nach 40 Umdreh. 106,0 mm (Maximum)	Nach 100 Umdreh. 112,0 mm (Maximum)
„ 300 „ 93,0 mm	„ 240 „ 104,0 mm

12 Meidinger mit Condensator:

positiv	negativ
Nach 100 Umdreh. 81,0 mm	Nach 100 Umdreh. 76,0 mm
„ 200 „ 85,0 „	„ 700 „ 102,0 „
(Weiteres Steigen.)	(Weiteres Steigen.)

Electrisirmaschine:

Maximum 92,5 mm

Maximum 92,5 mm

Die grösseren Ausschläge nach der negativen Seite auch bei gleichen Potentialen sind, wie schon bemerkt, einem Mangel an Symmetrie im Electrometer zuzuschreiben und traten natürlich bei schwächerer Ladung des Instrumentes und stärkerer Ladung der Quadranten desselben mehr hervor als früher.

Die Resultate zeigen zunächst, dass bei grösseren Spannungen die Ladung der Luft nicht mehr der benutzten Electricitätsquelle gleichkam. In Bezug auf ein Maximum der Ladung sind wir berechtigt, die durch 100 Elemente mit Condensator hervorgebrachte Ladung als solches anzusehen, dem sich die durch 12 Elemente näherte, und welches auch durch die Electrisirmaschine erzeugt, aber nicht beobachtet werden konnte. Die Grösse des Maxi-

mums entspricht für positive Electricität dem Potentiale von etwa 100, für negative ungefähr dem von 80 Zink-Kupfer-Wasserelementen und ist natürlich als eine auf den benutzten Apparat bezügliche Grösse aufzufassen. Wie schon bemerkt, wurde nämlich fortwährend ein Theil der Luft-electricität an die Wände des Apparates abgegeben. Bei einer hinreichend grossen continuirlichen Electricitätsquelle musste also ebenso viel Electricität abgegeben wie zugeführt werden, und die Ladung der Luft beim Eintreten dieses Gleichgewichtszustandes ist als das Maximum derselben zu bezeichnen. Die Abnahme musste eine schnellere sein, wenn die Luft im Apparate in grössere Bewegung gerieth, und demgemäss sank das erreichte Maximum langsam, wenn die Zuführung der Electricität fortgesetzt wurde. Bei Benutzung der Electrisirmaschine wurde die Bewegung der Luft so gross, dass sich bei nicht ganz langsamer Bewegung der Maschine der glühende Platindraht abkühlte, und die auf diese Weise erzeugten Ladungen mussten also wesentlich geringer sein.

Auffallend ist der Unterschied zwischen positiver und negativer Electricität. Das Maximum der Ladung trat bei positiver Electricität bedeutend schneller ein als bei negativer und übertraf dasselbe auch an Grösse. Ueberhaupt finden wir (vergl. die früheren Versuche mit einem und zwei Elementen), nach derselben Zeit, resp. derselben Anzahl der Umdrehungen mit der Flugmaschine die positive Ladung der Luft grösser als die negative. Wir kommen also, da die Anordnung der auf dieselbe Weise, durch gleiche Electricitätsquellen electrisirten Lufttheile jedenfalls unabhängig von der Electricität sein muss, zu dem Schlusse, dass die positive Electricität leichter in die Luft ausströmt als die entgegengesetzte, ein Resultat, welches mit der gewöhnlichen Anschauungsweise übereinstimmt. Setzen wir jedoch die Nothwendigkeit einer solchen gleichen Anordnung der positiven und negativen Electricität im Apparate nicht voraus, so können wir aus den gegebenen Resultaten auch keinen Schluss auf das Ausströmen der

Electricität ziehen. Die Herren Wiedemann und Rühlmann stellen nach ihren Beobachtungen „über den Durchgang der Electricität durch Gase“¹⁾ das leichtere Ausströmen der positiven Electricität in Abrede, und ich muss bemerken, dass sich obige Erscheinungen auch erklären, wenn wir annehmen, dass, analog der dort gegebenen Erklärung²⁾, die eisernen Wände des Luftbehälters die grössere Anziehungskraft auf negative Electricität, also auf negativ electrisirte Lufttheilchen ausübten. Eine Entscheidung lässt sich hier nicht treffen: mir scheint jedoch der wahre Grund obiger Erscheinungen in dem leichteren Ausströmen der positiven Electricität zu liegen und bei der Verschiedenheit der dort und hier benutzten Entladungsweise des festen Conductors werden hierdurch die Beobachtungen Wiedemann's und Rühlmann's natürlich in keiner Weise angezweifelt.

Jedenfalls erklärt sich hieraus die unnatürlich scheinende Beobachtung, nach welcher die Maximalladung für positive und negative Electricität verschieden war. Da nämlich das Maximum der negativen Ladung erst nach mehr als doppelt so langer Zeit eintrat als das der positiven, so war die Luft bereits in eine grössere Bewegung versetzt, und jenes Gleichgewicht zwischen zu- und abfliessender Electricität musste sich also auch bei einer geringeren negativen Ladung der Luft einstellen.

In den bisherigen Versuchen wurde aus einer unerschöpflichen Quelle dem Luftapparate Electricität zugeführt, derselbe lud sich in ähnlicher Weise wie eine Leydener Flasche. Die beobachtete Ablenkung entspricht dem Potentiale sämmtlicher electrischer Quanta des Apparates in Bezug auf den wirksamen Punkt des Quecksilberstrahles, und wie man nach der Capacität einer Leydener Flasche fragt, so scheint es wünschenswerth, auch hier die zugeführte Electricitätsmenge mit in Betracht zu ziehen,

1) Pogg. Ann. CXLV. p. 235, 364.

2) Ebd. p. 396.

um die Capacität des Luftapparates kennen zu lernen. Es soll dieselbe verglichen werden mit der eines Kohlrausch'schen Condensators, dessen Platten, 15 cm im Durchmesser, 0,57 mm voneinander abstanden.

Bei der getroffenen Anordnung wurde dem Glühapparate und durch ihn der Luft bei jeder Umdrehung des rotirenden Condensators eine bestimmte Electricitätsmenge mitgetheilt. Durch Angabe dieser Umdrehungen oder derjenigen der gleichmässig bewegten Flugmaschine lassen sich also die dem Apparate zugeführten Electricitätsmengen vergleichen mit denen, durch welche der Condensator bis zu demselben Potentiale geladen wurde. Der Analogie wegen wurde auch in letzterem Falle der ausser Wirksamkeit gesetzte Glühapparat mit eingeschaltet. Die einfache Anordnung ergibt sich aus Fig. 6, in welcher *A*

Fig. 6.

das Electrometer, *B* den Luftapparat, *a* und *b* die beiden Elemente des Glühapparates, *d* die Leitung zum rotirenden Condensator, *C* den Condensator und *D* die Ableitung nach der Erde bezeichnet.

Die Capacität *c* eines Condensators ist:

$$c = \frac{m}{V - V_1} k,$$

wenn *m* die zugeführte Electricitätsmenge, *V* und *V*₁ die Potentiale der beiden Platten und *k* eine von den benutzten Maasseinheiten abhängige Constante bezeichnet. Ist die eine der Platten, wie im vorliegenden Falle, nach der Erde abgeleitet, so ist ihr Potential *V*₁ = 0 und also:

$$c = \frac{m}{V} \cdot k.$$

Ebenso ist für den Luftapparat bei ähnlicher Bezeichnung:

$$C = \frac{M}{V^1} k,$$

also für $V = V^1$: $\frac{c}{C} = \frac{m}{M}.$

Die beiden Capacitäten verhalten sich also wie die zur Ladung des Condensators und des Luftbehälters bis zu gleichem Potentiale nothwendigen Electricitätsmengen, d. h. da gleichen positiven oder negativen Potentialen gleiche Ablenkungen des Electrometers entsprechen, wie die Anzahl der Umdrehungen mit der Flugmaschine, welche erforderlich sind, um in jedem Falle dieselbe Ablenkung hervorzubringen.

Als passende Electricitätsquelle wurden zwei Meidinger'sche Elemente benutzt, und die Hälfte der durch sie und den rotirenden Condensator erzeugten Ablenkung als Maass für das Potential festgesetzt. Hiernach wurde für positive und negative Electricität folgende Tabelle aufgestellt.

Ladung des Electrometers.

	Positiv.	Negativ.
1 hoher Daniell	5,0 mm	—
2 Meidinger mit rotir. Condensator	140,0 „	165,0 mm
Der in Bewegung gesetzte rotirende Condensator allein	—	5,0 „
Die Glühbatterie, an der früher bezeichneten Stelle mit dem Electrometer verbunden, allein	—	8,0 mm

Ladung der Luft.

In 39 Umdrehungen 70,0 mm (4 gleiche Versuche). In 56, 58, 57, 56 Umdrehungen jedesmal 82,5 mm.

Ladung des Kohlrausch'schen Condensators.

(Mit eingeschaltetem Glühapparate.)

In 6 Umdreh. 70,0 mm.	In 6 Umdreh. 82,5 mm.
Bei wiederholten Versuchen.	Bei wiederholten Versuchen.

Ladung des Glühapparates.

In $1\frac{3}{4}$ Umdreh. 70,0 mm.	In $1\frac{3}{4}$ Umdreh. 82,5 mm.
Bei wiederholten Versuchen.	Bei wiederholten Versuchen.

Auch hier finden wir die negativen Ablenkungen grösser als die entsprechenden positiven, was neben dem bereits mehrfach erwähnten Umstande noch seinen Grund in der angeführten negativen Ablenkung von 5 mm und 8 mm hat, welche der rotirende Condensator, resp. der Glühapparat allein hervorbrachte.

Während sich nun naturgemäss der Kohlrausch'sche Condensator sowohl wie der Glühapparat positiver und negativer Electricität gegenüber ganz gleich verhielt, kommen wir nach obiger Tabelle, ähnlich wie früher, zu dem sonderbar klingenden Schlusse, dass die Capacität des Luftapparates für die beiden Electricitätsarten verschieden sei. Wir finden sie für positive Electricität:

$$\frac{39}{6} = 6,5 \text{ mal,}$$

für negative Electricität:

$$\frac{56,8}{6} = 9,5 \text{ mal,}$$

grösser als die des benutzten Kohlrausch'schen Condensators.

Das Sonderbare dieses Resultates verschwindet jedoch auch hier, wenn wir beachten, dass der innere Theil des Luftapparates, welcher geladen wurde, kein Conductor, sondern ein Isolator war, welcher sich, wie wir es wahrscheinlich gemacht haben, leichter positiv als negativ ladet. Die Capacität des Luftapparates ist eben nur eine der Capacität eines Condensators ähnliche Grösse: sie sollte nur einiges Licht werfen auf die zur Ladung des Apparates bis zu einem bestimmten Potentiale erforderliche Electricitätsmenge, und wir können uns daher mit dem angegebenen Resultate begnügen.

Auch hier ist es jedoch nicht nothwendig anzunehmen, dass die positive Electricität leichter ausströme als die negative. Die in dieser Beziehung bei der Discussion über das Maximum der Ladung gegebenen Bemerkungen treffen auch hier zu, und es „kann“ auf beide Weisen das verschiedene Verhalten der Electricitätsarten gegenüber der Capacität des Apparates erklärt werden.

Die während der obigen Versuche jedenfalls erfolgte, freilich geringe Abgabe von Electricität an die Wände des Luftapparates musste vernachlässigt werden, und es bleibt nun noch übrig, diese allmähliche Abnahme einer erzeugten Ladung genauer zu bestimmen. Zu diesem Zwecke wurde die Luft in gewöhnlicher Weise geladen, dann der Tropfapparat geöffnet und die vom Electrometer angezeigte Ablenkung von Minute zu Minute beobachtet. Nachdem sämtliches Quecksilber den Apparat durchflossen hatte, wurde dasselbe gereinigt und die Beobachtung fortgesetzt.

Aus den bereits angegebenen Beobachtungen ist ersichtlich, dass die Grösse der Ablenkung durchaus nicht proportional dem entsprechenden Potentiale ist, und es muss daher, um die beobachteten Ablenkungen direct miteinander vergleichen zu können, für jede eine Zahl gesucht werden, welche hätte beobachtet werden müssen, wenn jene Proportionalität stattgefunden hätte. Es wurden daher die Ablenkungen verzeichnet, welche eine Reihe Meidinger'scher Elemente hervorbrachte, von deren Gleichheit ich mich vorher überzeugt hatte, und diese verglichen mit den Zahlen, welche sich hätten ergeben müssen, wenn die Ablenkung proportional der Anzahl der Elemente gewesen wäre.

Die folgende Tabelle enthält in der ersten Columne die Anzahl der Elemente, in der zweiten die beobachtete Ablenkung derselben, in der dritten den Zuwachs der Ablenkung, welchen jedes folgende Element hervorbrachte, und in der vierten die berechnete Ablenkung, wenn dieser Zuwachs jedesmal gleich 18,9 mm, gleich der Ablenkung des ersten Elementes gewesen wäre.

Ladung des Electrometers: 1 hoher Daniell
= 20 mm pos.

1.	2. mm	3. mm	4. mm	1.	2. mm	3. mm	4. mm
1	18,9	18,9	18,9	3	49,1	13,4	56,7
2	35,7	16,8	37,8	4	60,2	11,1	75,6

1.	2. mm	3. mm	4. mm	1.	2. mm	3. mm	4. mm
5	70,1	9,9	94,5	11	111,3	6,0	207,9
6	78,2	8,1	113,4	12	117,0	5,7	226,8
7	85,7	7,5	132,3	13	122,1	5,1	245,7
8	92,5	6,8	151,2	14	126,5	4,4	264,6
9	99,0	6,5	170,1	15	130,8	4,3	283,5
10	105,3	6,3	189,0				

Auf diese Weise war der in Betracht kommende Theil des Gesichtsfeldes, hier der nach der positiven Seite gelegene, in hinreichend kleine Intervalle getheilt, um vorzusetzen zu dürfen, dass in einem solchen jedes Millimeter einem constanten Zuwachse des Potentials entsprach. Durch das Hinzufügen des fünften Elementes entstand z. B. ein Zuwachs der Ablenkung von 9,9 mm, dieser hätte 18,9 mm sein müssen, und es kommen also zwischen den beobachteten Ablenkungen von 60,2 mm und 70,1 mm auf ein beobachtetes Millimeter:

$$\frac{18,9}{9,9} = 1,91 \text{ mm.}$$

In dieser Weise sind für jedes Intervall die Scalentheile corrigirt und hiernach ist die folgende Tabelle zusammengestellt, welche in der ersten Columnne die Zeit der Beobachtung, in der zweiten die beobachtete Ablenkung, in der dritten die Differenz der beiden Ablenkungen, zwischen denen die Zahl steht, in der vierten die auf obige Weise corrigirte Differenz und in der fünften die corrigirte Ablenkung enthält.

1.	2.	3.	4.	5.	1.	2.	3.	4.	5.
Chr Min.	mm	mm	mm	mm	Chr Min.	mm	mm	mm	mm
10 48	0,0				11 1	110,8	1,2	3,98	206,3
49	134,0				2	109,8	1,0	3,15	203,3
50	132,5	1,5			3	108,5	1,3	4,09	199,2
51	128,0	4,5		277,2	4	107,4	1,1	3,47	195,7
52	125,5	2,5	7,00	260,2	5	106,2	1,2	3,78	191,9
53	124,0	1,5	6,43	253,9	6	105,0	1,2	3,78	188,1
54	122,0	2,0	8,58	245,3	7	104,0	1,0	3,00	185,1
55	120,5	1,5	5,56	239,7	8	103,2	0,8	2,40	182,7
56	118,0	2,5	9,37	230,4	9	102,3	0,9	2,70	180,0
57	116,2	1,8	6,30	224,1	10	101,5	0,8	2,40	177,6
58	114,8	1,4	4,65	219,5	11	100,4	1,1	3,30	174,3
59	113,0	1,8	5,98	213,5	12	99,7	0,7	2,10	172,2
60	112,0	1,0	3,32	210,3	13	99,0	0,7	2,10	170,1

1.	2.	3.	4.	5.	1.	2.	3.	4.	5.
Uhr	Min.	mm	mm	mm	Uhr	Min.	mm	mm	mm
11	14	98,2	0,8	2,33	11	29	88,5	0,5	1,39
	15	97,5	0,7	2,04		30	87,8	0,7	1,95
	16	96,5	1,0	2,91		31	87,2	0,6	1,67
	17	95,9	0,6	1,75		32	86,5	0,7	1,95
	18	95,1	0,8	2,33		33	85,8	0,7	1,95
	19	94,5	0,6	1,75		34	85,2	0,6	1,51
	20	94,0	0,5	1,45		35	84,8	0,4	1,01
	21	93,5	0,5	1,46		36	84,3	0,5	1,26
	22	92,7	0,8	2,33		37	83,8	0,5	1,26
	23	92,0	0,7	1,95		38	83,4	0,4	1,01
	24	91,4	0,6	1,67		39	82,8	0,6	1,51
	25	90,6	0,8	2,22		40	81,9	0,9	2,27
	26	90,0	0,5	1,39		41	81,0	0,9	2,24
	27	89,5	0,6	1,67		42	80,7	0,3	0,76
	28	89,0	0,5	1,39		43	80,4	0,3	0,76
				141,4					118,8

Unterbrechung der Beobachtung zum Reinigen des Quecksilbers.

1.	2.	3.	4.	5.	1.	2.	3.	4.	5.
Uhr	Min.	mm	mm	mm	Uhr	Min.	mm	mm	mm
12	7	73,5	0,3	0,70	12	32	64,8	0,2	0,38
	8	73,2	0,4	0,93		33	64,5	0,3	0,57
	9	72,9	0,4	0,93		34	64,2	0,3	0,57
	10	72,5	0,2	0,47		35	63,7	0,5	0,95
	11	72,3	0,1	0,23		36	63,5	0,2	0,38
	12	72,2	0,1	0,23		37	63,0	0,5	0,95
	13	71,8	0,4	0,93		38	62,8	0,2	0,38
	14	71,5	0,3	0,70		39	62,4	0,4	0,76
	15	71,0	0,5	0,17		40	62,2	0,2	0,38
	16	70,5	0,5	0,17		41	61,8	0,4	0,76
	17	70,1	0,4	0,93		42	61,5	0,3	0,57
	18	69,8	0,3	0,57		43	61,0	0,5	0,95
	19	69,5	0,3	0,57		44	60,5	0,5	0,95
	20	69,0	0,5	0,95		45	60,2	0,3	0,57
	21	68,6	0,4	0,76		46	60,0	0,2	0,38
	22	68,2	0,4	0,76		47	59,8	0,2	0,38
	23	67,5	0,7	1,34		48	59,5	0,3	0,57
	24	67,2	0,3	0,57		49	59,2	0,3	0,57
	25	67,0	0,2	0,38		50	58,9	0,3	0,57
	26	66,7	0,3	0,57		51	58,5	0,4	0,67
	27	66,3	0,4	0,76		52	58,0	0,5	0,95
	28	65,8	0,5	0,95		53	57,6	0,4	0,76
	29	65,4	0,4	0,76		54	57,2	0,4	0,76
	30	65,2	0,2	0,38		55	56,9	0,3	0,57
	31	65,0	0,2	0,38		56	56,6	0,3	0,57
				84,8					68,7

Den Zahlen in der fünften Columnne ist das jedesmalige Potential des Luftapparates in Bezug auf den mehrfach erwähnten Punkt proportional zu setzen, nachdem

von denselben die constante, positive Ablenkung des Tropfapparates subtrahirt ist.

Das Potential sinkt also erst schnell, dann langsamer, und wir dürfen annehmen, dass die in einem Zeitelemente dt stattfindende Abnahme dP des Potentials P proportional ist der Grösse des in dem betreffenden Augenblicke vorhandenen Potentials und der Dauer des Zeitelementes dt . Wir dürfen also setzen:

$$dP = \gamma P dt, \quad \text{oder} \quad \frac{dP}{P} = \gamma dt,$$

wenn γ eine Constante bezeichnet.

Hiervon ist das vollständige Integral:

$$\log \text{nat } P = \gamma t + c \quad (c = \text{const.})$$

und wenn für: $t = 0$, $P = P_0$ ist, so ist:

$$\log \text{nat } \frac{P}{P_0} = \gamma t, \quad \text{d. h.} \quad \frac{P}{P_0} = e^{\gamma t}.$$

wenn e die Basis der natürlichen Logarithmen bedeutet.

Wenn y die corrigirte Ablenkung, Columnne 5, bezeichnet, b die constante Ablenkung des Tropfapparates und A den Werth von $y - b$ für $t = 0$, so ist:

$$P = (y - b) k \quad \text{und} \quad P_0 = A k.$$

wo k eine von den für P benutzten Maasseinheiten abhängige Constante bedeutet. Obige Gleichung geht also über in:

$$y - b = A e^{\gamma t} = A \beta^t,$$

wenn wir noch $e^{\gamma} = \beta$ setzen, wo β ein echter Bruch sein muss.

Dem durch diese Exponentialgleichung ausgesprochenen Gesetze, müssen, bei obiger Annahme, die y , Columnne 5, folgen. Es ist nun klar, dass der correcteste Theil der beobachteten Function jedenfalls die zweite Hälfte der ersten Beobachtungsreihe ist, und ich habe deshalb als Nullpunkt der Zeit 11 Uhr 11 Minuten, als einen zweiten Punkt das Ende dieser Reihe, 11 Uhr 41 Minuten, und als dritten die Zeit $= \infty$ gewählt. Diesen Zeitpunkten entsprechen die Werthe $y = 174,3$ mm, $y = 120,4$ mm und, da

sich der Nullpunkt des Electrometers während der Beobachtung um ein Geringes verrückt hatte, $y = 10,0$ mm. Es entstehen also die drei Gleichungen:

$$174,3 - b = A, \quad 120,4 - b = A\beta^{80}, \quad 10,0 - b = 0,$$

und hieraus ergibt sich:

$$A = 164,3 \text{ mm}, \quad b = 10,0 \text{ mm}, \quad \beta = 0,9986 \text{ 835}.$$

Setzt man diese Werthe der Constanten in die Gleichung:

$$y - b = A\beta^t$$

ein und berechnet die zugehörigen y , so ergeben sich die Zahlen der dritten Columnne in der folgenden Tabelle. Die erste Columnne gibt die Zeit der Beobachtung und die zweite die corrigirte beobachtete Ablenkung an:

1.		2.		3.		Unterbrechung.			
Uhr.	Min.	mm	mm			1.	2.	3.	4.
11	11	174,3	174,3						
	16	162,9	163,7						
	21	154,0	153,9						
	26	144,5	144,6						
	31	136,4	136,0						
	36	128,8	128,0						
	41	120,4	120,4						
						1.	2.	3.	4.
						Uhr.	Min.	mm	mm
									mm
						12	11	99,5	84,2 (82,0)
							21	91,6	75,0 (74,1)
							31	84,8	66,9 (67,3)
							41	78,7	59,8 (61,2)
							51	72,2	53,6 (54,7)

Der zweite Theil der beobachteten Function stimmt also nicht mit der berechneten überein; der Grund dieser Abweichung ist darin zu suchen, dass, während die Beobachtungen ausgesetzt werden mussten, das Quecksilber nicht durch den Apparat strich. Ist aber lediglich diesem Umstande die Abweichung der beiden Werthreihen zuzuschreiben, so muss dieselbe dadurch vollkommen eliminirt werden, dass von jeder beobachteten corrigirten Ablenkung eine gewisse Grösse, und zwar immer dieselbe, subtrahirt wird. In der That, wenn man 17,5 mm von den beobachteten Werthen abzieht — die in der letzten Tabelle eingeklammerten Zahlen geben die Werthe der in dieser Weise abgeänderten y — so stimmen beide Functionen in ihrer ganzen Ausdehnung mit der Genauigkeit überein, welche man fordern darf, und obige Werthe für die Con-

stanten können also als den Beobachtungen entsprechend angesehen werden.

Aus der zur Discussion der Beobachtungen passenden obigen Exponentialgleichung folgt, bei derselben Bezeichnung, umgekehrt wie vorher:

$$\frac{P}{P_0} = \beta^t,$$

also, wenn für $t = 1$: $P = P_1$ gesetzt wird:

$$\beta = \frac{P}{P_0} = 0,998\,6835.$$

β misst also die Abnahme des Potentials in der Zeiteinheit und kann daher Abnahmekoeffizient genannt werden.

In anderen Fällen, wo die Beobachtungen weniger sorgfältig corrigirt wurden, ergab sich $\beta = 0,974$, $= 0,979$, $= 0,981$.

Die bei der Bestimmung des Abnahmekoeffizienten benutzte Grösse des Potentials ist durchaus willkürlich; es wurde eine solche gewählt, bei welcher erfahrungsmässig die constantesten Resultate erzielt wurden. Bei sehr starken Ladungen gleich 1000 des bisherigen Maasses lassen sich die beobachteten Zahlen nicht mit einem annehmbaren Grade von Genauigkeit auf die frühere Formel zurückführen, zeigen aber im Ganzen einen ähnlichen Verlauf wie in dem genauer discutirten Falle. Bei Anwendung noch geringerer Ladungen als in diesem stimmen die beobachteten Ablenkungen nach einiger Zeit ziemlich genau überein.

Für negative Electricität ergab sich eine der gegebenen durchaus ähnliche Beobachtungsreihe, und dieser Umstand macht es unwahrscheinlich, dass jenes mehrfach erwähnte abweichende Verhalten der beiden Electricitätsarten auf einer verschiedenen Anordnung der positiv oder negativ electricisirten Lufttheilchen beruht.

Die mit dem glühenden Platindrahte angestellten Versuche, zu welchen, wie bemerkt, staubfreie Luft benutzt worden ist, wurden nun, nachdem der Apparat sorgfältig

ausgewaschen und getrocknet war, mit frischer Luft wiederholt, um ganz sicher zu sein, dass das Glycerin keinen Einfluss irgend welcher Art gehabt habe. Die angeführten Erscheinungen traten in ähnlicher Weise, nur weniger regelmässig auf, und namentlich war die Abnahme der Ladung gewöhnlicher Luft merklich schneller, eine Erscheinung, welche mit der gegebenen Erklärung von dem Prozesse der allmählichen Entladung übereinstimmt.

In Rücksicht auf den früher gezogenen Schluss, dass die im Apparate eingeschlossene Luft durch eine Spitze nicht dauernd electricisirt werden könnte, ist es jetzt von Interesse, umgekehrt den Einfluss kennen zu lernen, welchen eine Reihe von Spitzen auf eine bereits erzeugte Ladung der gewöhnlichen, resp. staubfreien Luft ausübte. Es wurden daher zwei Kronen von zusammen 34 feinen Nähnadeln auf den Boden des Luftapparates gestellt und durch diesen, da sie durch einen Draht miteinander verbunden waren, nach der Erde abgeleitet. Es zeigte sich, dass die Spitzen auf die Ladung staubfreier Luft keinen Einfluss ausübten, dagegen bei gewöhnlicher Luft die Abnahme der Ladung durch dieselben wesentlich beschleunigt wurde.

Diese Beobachtung ist das Analogon zu den früheren Versuchen, die Luft durch eine Spitze zu laden, und es kann kein Zweifel an den dort ausgesprochenen Behauptungen herrschen. Umgekehrt ist also auch die allmähliche Zerstreuung der Electricität geladener Körper in die Luft hauptsächlich — wenn nicht lediglich — dem in derselben schwebenden Staube zuzuschreiben, eine Behauptung, welche sich klar den Beobachtungen des Hrn. Warburg¹⁾ anschliesst, nach denen der Zerstreuungscoefficient im Wasserstoff etwa halb so gross ist wie in atmosphärischer Luft und mit Druckverminderung bedeutend abnimmt. Wir werden aber weiter zu dem Schlusse gedrängt, dass das wirkliche Ausströmen der Electricität in die Luft aus

1) Pogg. Ann. CXLV. p. 578.

einer Spitze oder überhaupt aus einem Conductor lediglich durch die an einer Stelle bis zu dem Punkte erhitzte Luft geschieht, bei welchem diese ihre Widerstandskraft verliert, und von diesem Gesichtspunkte aus scheinen mir die hierher gehörenden Beobachtungen der Herren Wiedemann und Rühlmann¹⁾, welche ich bereits erwähnte, beurtheilt werden zu müssen. Dieselben zeigen dann, dass der zum Ausströmen der positiven resp. negativen Electricität nothwendige Temperaturgrad, welcher in den vorliegenden Untersuchungen durch den glühenden Platindraht hergestellt wurde, für beide Electricitätsarten nicht mit derselben Leichtigkeit erreicht wird, und von diesem Umstande ist dann natürlich auch die Intensität des Ausströmens abhängig. In engem Zusammenhange hiermit steht besonders auch die Erscheinung, dass die Temperatur, welche an der positiven und negativen Electrode beim Uebergange von Electricität beobachtet wird, nicht dieselbe ist.

Ohne die letzten Behauptungen als stricte bewiesen anzusehen, scheinen sie mir nur Consequenzen der über den Einfluss des Staubes gemachten Erfahrungen zu sein, und ich glaubte deswegen dieselben ziehen zu dürfen.

Noch einen Versuch habe ich anzuführen, welcher sich auf den in der Luft schwebenden Staub bezieht. Ich liess nämlich vom Fussboden des Beobachtungszimmers mittelst eines Kehrbesens Staub aufwirbeln und schloss einen Theil der so geschwängerten Luft in den Apparat ein. Die sofort angestellte Untersuchung derselben zeigte — bei gewöhnlicher Ladung des Electrometers — eine negative Ablenkung von 28,0 mm. Wiederholte Versuche ergaben ähnliche Resultate, und zwar war die Ladung geringer, wenn der Apparat auf dem Corridor gefüllt war — das Wetter war kalt und trübe — als wenn die Luft aus einem täglich geheizten Zimmer genommen wurde. In letzterem Falle wurde z. B. folgende Beobachtungsreihe

1) Pogg. Ann. CXLV.

aufgestellt, in welcher die constante positive Ablenkung von 8 mm berücksichtigt worden ist.

Ladung des Electrometers: 1 hoher Daniell
= 20 mm pos.

Ladung der Luft.

Zeit in Minuten.	Ablenkung in Millimetern.	Zeit in Minuten.	Ablenkung in Millimetern.
0	— 50,0	25	— 7,0
5	— 32,0	30	— 4,7
10	— 20,8	35	— 4,7
15	— 13,5	40	— 4,0
20	— 10,5	45	— 3,2

Wurde kein Staub aufgewirbelt, so fehlte auch die starke negative Ladung, und es ist also zu schliessen, dass dieselbe auf electrisirten Staubtheilchen beruhte.

Durch zweierlei Ursachen kann die Ladung des Staubes bewirkt sein, nämlich entweder durch Reibung oder durch Influenz. In letzterem Falle hätte die Zimmerluft positiv electrisch sein müssen, und da diese, bevor der Staub aufgewirbelt wurde, im Gegentheil Spuren von negativer Electricität zeigte, so kann der Staub nur durch Reibung electrisirt sein. Es ist nicht unwahrscheinlich, dass schwerere Staubtheilchen, welche nicht mit in den Apparat aufgenommen wurden, die entsprechende positive Electricität besaßen: die negative Ladung im Apparate wurde nämlich bedeutend geringer, wenn derselbe beim Auffangen des Staubes in die Nähe des Fussbodens gehalten wurde, ein Umstand, der jedoch auch darauf beruhen kann, dass die schwereren Staubpartikel sich bereits grösstentheils gesetzt hatten, bevor die Beobachtung angestellt werden konnte.

In enger Beziehung hiermit stehen einige Erscheinungen, welche ich in den heissen Tagen des Juli und August 1875 zu beobachten Gelegenheit hatte. Ich experimentirte in einem nach Süden gelegenen Zimmer um die Stunden von 11 bis 2 Uhr. Der Luftapparat wurde am Fenster mit frischer Luft gefüllt, und in zwei Fällen ergab sich sofort

eine mässige negative Ladung. Nach einiger Zeit zeigte das mit dem Tropfapparat verbundene Electrometer die gewöhnliche constante Ablenkung. Floss nun das Quecksilber, ohne dass sonst eine Aenderung vorgenommen wurde, durch den Apparat, so trat allmählich eine negative Ladung von 40 bis 60 mm ein, welche sich in einem Falle bis 70 mm steigerte. Durch einen in der unteren Ausflussöffnung des Apparates angebrachten eisernen Hahn konnte das Quecksilber in demselben zurückgehalten werden, und jene negative Ablenkung nahm nicht unerheblich zu, sobald das angesammelte Quecksilber abgelassen wurde. Als ich im Anfange des Winters den Grund dieser Erscheinung untersuchen wollte, blieb dieselbe aus. Nachdem ich beobachtet hatte, dass in dem mit Glycerin ausgestrichenen Behälter durch das Fliessen des Quecksilbers keine Ladung erzeugt wurde, schien mir die Ursache derselben nicht mehr zweifelhaft zu sein: die Quecksilbertropfen rieben sich an den sehr trockenen Staubtheilchen — um die angeführte Beobachtungszeit liess die Luft in dieser Beziehung Nichts zu wünschen übrig — und diese blieben negativ electrirt zurück, während die Quecksilbertropfen ihre positive Ladung an die abgeleiteten Metallwände des Apparates abgaben; durch das Ablassen des angesammelten Quecksilbers trat frische Luft irgendwo in den Apparat ein, und durch die entstandene Bewegung wurde der electrirte Staub, welcher sich natürlich grösstentheils im unteren Theile des Apparates befand, der wirksamen Stelle des Quecksilberstrahles näher gebracht und dadurch das negative Potential des Tropfapparates vergrössert.

Diese Resultate stimmen vollkommen mit den Angaben W. Thomson's überein¹⁾, nach denen die Luft im Zimmer gewöhnlich negativ electrisch ist, und auch andere, auf die Electricität unserer Atmosphäre bezüglichen Beobachtungen finden in ihnen ihre hauptsächliche Erklärung. Thomson findet nämlich die Luftpolelectricität in den

1) Reprint of Pap. Chpt. 296.

niederen Schichten meistens negativ.¹⁾ Er definirt dieselbe als Influenzelectricität höher gelegener electricischer Quanta und zieht aus gleichzeitig angestellten Beobachtungen an höher und entfernter gelegenen Punkten Schlüsse auf die Vertheilung der Electricität in den oberen Luftschichten, welche durch die vorliegenden Beobachtungen an Sicherheit verlieren. Dellmann weist²⁾ den Zusammenhang einer starken Staubentwicklung mit dem Auftreten negativer Luftelectricität direct nach.

Beruht nun die Electricität des Staubes, wenn auch nur zum Theil, auf Reibung, ist dieselbe also wenigstens theilweise unabhängig von der Vertheilung der atmosphärischen Electricität, so ist sie bei Beobachtung dieser als eine in den meisten Fällen gewiss nicht unbedeutende Fehlerquelle anzusehen und muss nothwendig vermieden werden. Es bietet sich in dieser schwer zu erfüllenden Anforderung ein neues Hinderniss für das Bestreben dar, ein klares Bild über die electricischen Vorgänge in unserer Atmosphäre zu erhalten, und wir sehen dieses Ziel durch die angegebenen Resultate leider nicht näher gerückt.

Der hier eingeschlagene Weg ist aber gewiss der weniger unsichere. Die angestellten Beobachtungen sind in meteorologischer Beziehung kaum mehr als Vorversuche zu ungleich wichtigeren Arbeiten, welche uns jenem Ziele näher führen werden. Es müssen diejenigen Verhältnisse im Kleinen dargestellt werden, welche wahrscheinlicherweise einen wesentlichen Einfluss auf den electricischen Zustand unserer Atmosphäre ausüben, und ich hoffe, in nicht langer Zeit im Stande zu sein, die Arbeiten nach dieser Richtung hin wieder aufzunehmen.

1) Reprint of Pap. Chpts. 283, 3, 300, 392.

2) Fortschritte der Physik, XXI. p. 611.