

Sitzungsberichte

der

königl. bayer. Akademie der Wissenschaften
zu München.

Jahrgang 1870. Band II.

München.

Akademische Buchdruckerei von F. Straub.

1870.

~~~~~  
In Commission bei G. Franz.

Herr Beetz übergibt eine Abhandlung des Herrn Wilh. v. Bezold:

„Untersuchungen über den Elektrophor.“

Vor einiger Zeit machte mich Herr Prof. Beetz gesprächsweise darauf aufmerksam, dass die Versuche über das elektrische Verhalten eines Elektrophorkuchens nicht immer mit jener Sicherheit gelingen, welche man bei einem Apparate erwarten sollte, dessen Functionen man vollkommen zu kennen glaubt. Da ich damals gerade mit meinen vor Kurzem beschriebenen Versuchen über die elektrische Entladung beschäftigt war, und deshalb das empfindliche Pulvergemisch aus Schwefel und Mennige bei der Hand hatte, so lag es mir nahe, dieses Gemisch sofort zur Prüfung des Elektrophorkuchens anzuwenden. Ich kam dabei nicht nur zu der Ueberzeugung, dass man in diesem Pulvergemische wirklich ein vortreffliches Mittel besitzt, um das Spiel dieses Apparates zu erforschen, sondern auch zu der anderen, dass dieses Spiel noch lange nicht so vollständig ergründet ist, als man im Allgemeinen annimmt.

Die einzige dem heutigen Standpunkte der Wissenschaft entsprechende Untersuchung über den Elektrophor stammt bekanntlich von Riess<sup>1)</sup> her, und seine Theorie des Apparates ist es, welche man in allen Lehrbüchern wiederfindet.

Diese Theorie besteht im Wesentlichen darin, dass sich in dem Elektrophorkuchen während des Reibens drei Schichten bilden: zwei gleichnamige an den beiden Oberflächen und eine entgegengesetzt elektrische im Innern. Von diesen drei Schichten soll die eine auf die Bodenplatte übergehen,

---

1) Die Lehre von der Reibungselektricität Bd. I S. 291—305.

so dass nur mehr zwei ungleichnamige auf dem Kuchen zurückbleiben, durch deren Zusammenwirken sich alsdann sämtliche Erscheinungen nach bekannten Gesetzen erklären lassen. Zwischen Kuchen und Schild soll kein Uebergang von Elektrizität statt finden, wenigstens nicht so lange, als die Elektrisirung des Kuchens eine bestimmte Grenze nicht überschreitet.

Diese Theorie enthält zwei sehr bedenkliche Punkte:

Erstens lässt sich der Versuch, auf welchen Riess seine Annahme von den drei Schichten stützt, ebensogut anders und zwar einfacher erklären, als es von ihm geschehen ist, und

zweitens sieht man ohne besondere Begründung durchaus nicht ein, weshalb ein Uebergang von Elektrizität nur zwischen Kuchen und Bodenplatte nicht aber zwischen Schild und Kuchen statt finden soll.

Im Folgenden soll nun zuerst gezeigt werden, dass der ersterwähnte Versuch wirklich anders erklärt werden muss. Dann aber soll eine neue Theorie an der Hand der Versuche aufgestellt werden, bei welcher auch der zweite Punkt eine einfache Erledigung finden wird.

Vor Allem muss ich jedoch eine kurze Erörterung über die Methoden vorausschicken, welche man bei derartigen Untersuchungen anwenden kann, um Klarheit zu gewinnen über die Bedeutung, welche das Pulvergemisch für diesen Zweck besitzt.

Diese Betrachtung soll deshalb als erster einleitender Abschnitt den beiden anderen eben bezeichneten vorangehen.

§ 1. Um das Verhalten der einzelnen Theile eines elektrisirten Isolators zu untersuchen, hat man bisher vorzugsweise zwei Hilfsmittel angewendet. Man hat nämlich entweder den Körper direct an ein Elektroskop angelegt, oder wenn diess unthunlich war, eine Probescheibe zur Uebertragung benützt.

Die Angaben, welche man auf diese Weise erhält, müssen mit grosser Vorsicht benützt werden, wenn sie nicht zu Fehlschlüssen führen sollen.

Gesetzt man erhalte nach Anlegen eines elektrisirten Körpers (etwa eines Elektrophorkuchens) an den Knopf eines Elektroskopes einen positiven Ausschlag, so darf man daraus noch durchaus nicht den Schluss ziehen, dass sich an der untersuchten Stelle des betreffenden Körpers wirklich positive Elektrizität befinde.

Ein solcher Ausschlag lehrt nur, dass an der betreffenden Stelle negative Elektrizität angezogen und positive abgestossen wird. Bleibt der Ausschlag bestehen auch nach Entfernung des Körpers, so ist zugleich entweder positive Elektrizität auf das Elektroskop oder negative auf den Körper übergegangen.

Man erfährt demnach durch das Elektroskop nur den Sinn der an dem betreffenden Punkte wirkenden Kraftcomponente. Zu noch viel grösseren Fehlschlüssen kann die Anwendung der Probescheibe führen. Eine solche kann bekanntlich auf zweierlei Weise benützt werden, entweder berührt man mit der beständig isolirten Scheibe zuerst den zu prüfenden Körper und dann das Elektroskop, oder man verbindet dieselbe während der ersten Berührung einen Augenblick leitend mit der Erde. Im ersteren Falle kann es eintreten, dass die abgehobene Scheibe gar keine Elektrizität besitzt, selbst wenn an der berührten Stelle, welche vorhanden, oder anderweitig vertheilte Mengen wirklich eine Scheidungskraft an der fraglichen Stelle ausgeübt hätten. Es handelt sich nämlich hiebei einzig und allein darum, ob die Kraft, welche zwischen dem Isolator und der Probescheibe thätig ist, hinreichende Stärke besitzt, um einen Uebergang von Elektrizität zwischen beiden zu gestatten. Nur wenn diess der Fall ist, kann man auf diesem Wege überhaupt eine elektroskopische Anzeige erhalten, welche

aber alsdann wiederum nichts anderes angibt als die Richtung der Kraft, welche normal zur Probescheibe wirksam war.

Die andere Art der Prüfung mit Hülfe der Scheibchen ist vorzugsweise dann anwendbar, wenn die wirkenden Kräfte zu klein sind um einen Uebergang zwischen Körper und Scheibe zu gestatten. Dann wird die abgestossene Elektrizität durch die mit der Erde verbundene Leitung entfernt, und nur die angezogene bleibt zurück und giebt alsdann einen Ausschlag am Elektroskope. War hingegen die Wirkung auf das Scheibchen zu stark, so wird die dünne Luftschicht zwischen dem zu prüfenden Körper und der Probescheibe von Funken durchbrochen und man erhält nachher keine oder zu schwache Anzeigen von Elektrizität. Selbstverständlich erhält man auch hiebei nur Angaben über den Sinn der wirkenden Kraft ohne irgend welche Andeutung über den Sitz derselben. Rückschlüsse auf die Grösse dieser Kraft sind vollkommen unzulässig, da man niemals mit Sicherheit wissen kann, ob in dem betreffenden Falle die dünne trennende Luftschicht als vollkommener Isolator gewirkt hat oder ob sie von Funken durchbrochen wurde.

Aber abgesehen von dieser Unsicherheit ist die Prüfung mit der abgeleiteten Probescheibe noch von einem anderen grossen Uebelstande begleitet. Auf einer solchen Scheibe ist nämlich immer der Werth der Potentialfunction gleich Null. Hat man nun Elektrizität nur auf Nichtleitern vertheilt d. h. an feste Punkte gebunden, so wird durch Annäherung einer solchen Scheibe zwar nicht die Anordnung aber doch im Allgemeinen die Kraftrichtung allenthalben geändert. Ist hingegen ausserdem noch auf Leitern Elektrizität vertheilt, so erfährt auch die Anordnung dieser Elektrizitätsmengen durch Annäherung der abgeleiteten Probescheibe wesentliche Veränderungen. Es beziehen sich demnach alle Angaben, welche man mit Hülfe solcher abgeleiteter Scheibchen auch im

günstigsten Fall erhalten kann, nur auf das durch die Anwesenheit des Scheibchen mehr oder weniger stark modificirte System von Kräften.

Viel günstiger gestalten sich die Verhältnisse bei Anwendung des empfindlichen Pulvergemisches als Prüfungskörper.

Man erfährt mittelst desselben zwar zunächst auch nur den Sinn der in die Normale der bestreuten Fläche fallenden Componente, d. h. man weiss, an den vom gelben Schwefel bedeckten Stellen wird negative Elektricität gegen die Fläche hingezogen, an den von der rothen Mennige bedeckten, positive. Aber man hat dabei den unberechenbaren Vortheil, dass man dieses Resultat nicht nur für einen einzigen Punkt, wie bei direkter Anwendung des Elektroskopes oder nur als Mittelwerth für ein grösseres Flächenstück, wie bei der Probescheibe erhält, sondern, dass sich das elektrische Verhalten jedes einzelnen Punktes ausgedehnter Flächen mit einem einzigen Blick übersehen lässt. Ausserdem gestattet die eigenthümliche Anordnung dieser Pulver meist einen ziemlich sicheren Rückschluss auf den Sitz und die Entstehung der wirkenden Elektricitätsmengen.

Eine geriebene Fläche zeigt nach dem Bestäuben Streifen, welche die Richtung des Reibens angeben. War Elektricität durch Funkenentladung auf die Fläche übergegangen, so erhält man eigentliche Staubfiguren, nach Glimmentladungen Staubflecke. Hat man es hingegen mit den Folgen von Fernwirkung zu thun, so findet man grössere Flächenstücke mit ein und demselben Pulver ziemlich gleichförmig bedeckt. Die kleinste Einwirkung störender Einflüsse benachbarter Körper, einer Spitze u. s. w. wird dem Auge sofort wahrnehmbar, und wer sich die Mühe geben will die später beschriebenen Versuche mit einer guten (glänzenden) Ebonitplatte zu wiederholen, der wird sich des Staunens nicht

erwehren können über die Einfachheit und Präcision des genannten Hilfsmittels und über die Schönheit der Erscheinungen.

Ebenso wird man sich überzeugen, dass die mit den früher angewendeten Hilfsmitteln erhaltenen Resultate eben wegen solcher localer Störungen stets mit grosser Unsicherheit behaftet sein müssen.

Man kann in dieser Hinsicht folgende recht lehrreiche Versuche anstellen, welche vortreffliche Gelegenheit bieten, die verschiedenen hier erwähnten Punkte zu studiren:

Führt man auf die eine Fläche einer Ebonitplatte, welche auf isolirende Stützen gelegt und ausserhalb des Wirkungskreises von Spitzen gebracht ist, mit Hülfe einer als Zuleiter dienenden Nadel einen positiven Entladungsfunken, so erhält man auf der einen, oberen, Fläche nach dem Bestäuben einen gelben Stern. Auf der unteren hingegen einen gelben Fleck mit verwaschenem Rande dessen Grösse ungefähr jener des Sternes gleich kommt. Befand sich aber in der Nähe der unteren Fläche eine Spitze oder eine Flamme, so findet man auf dieser Fläche einen verwaschenen rothen Fleck. Lag endlich die Tafel auf einer abgeleiteten Metallplatte, so hat man auf der unteren Fläche nach dem Bestäuben einen scharf begrenzten rothen Fleck, dessen Ausdehnung viel geringer ist als jene des positiven Sternes, d. h. eine negative Lichtenberg'sche Figur.

Das erstemal befand sich nur auf der oberen Fläche wirklich Elektrizität, welche nur durch Fernwirkung ihr Vorhandensein auch auf der unteren Fläche zu erkennen gab. Das zweitemal war wirklich negative Elektrizität auf die untere Fläche übergegangen aber nur durch Glimmentladung, das drittemal hingegen durch Funkenentladung.

Bedeckt man eine isolirende Fläche, auf welche man eine kräftige Entladung übergehen liess, mit einer vollkommen unelektrischen isolirenden Platte (Ebonit oder Glas) und be-

stäubt man letztere, so erhält man einen gelben oder rothen Fleck, der ungefähr dieselbe Ausdehnung hat, wie die auf der unteren Platte entstandene positive oder negative Figur. Hebt man die Deckplatte vor dem Bestäuben ab, so erscheint keine Spur eines solchen Fleckes auf derselben. Man hatte also im ersteren Falle wiederum nur die Folgen reiner Fernwirkung vor sich.

Ausser den bisher erwähnten Hilfsmitteln kann man sich endlich noch eines weiteren bedienen, welches in manchen Fällen sehr schöne Resultate liefert. Man kann nämlich Grösse und Richtung der Fernwirkung in der Umgebung des zu untersuchenden Körpers erforschen. Daraus lässt sich alsdann in ähnlicher Weise auf die Anordnung der wirkenden Massen schliessen, wie man diess in der Lehre vom Erdmagnetismus zu thun gewohnt ist. Ich construirte mir zu dem Zwecke ein kleines Nadelchen von Schellack von 4 Ctm. Länge, welches an beiden Enden Hollundermarkkugelchen trug und an einem Coconfaden wie eine Drehwaage aufgehängt war. Das eine Kugelchen wurde positiv, das andere negativ geladen und verhielt sich demnach gegen Elektrizität genau ebenso wie eine Magnetnadel gegen Magnetismus. Von der Mitte des Nadelchens hing ein ganz leichtes Senkel (ein Coconfaden mit einem kleinen Gewichtchen beschwert) herab bis nahe auf die Tischplatte, welche mit einem Netz von Quadraten von 5 Ctm. Seite versehen war. Während nun das Senkel möglichst genau über einen Eckpunkt dieses Netzes gebracht war, konnte man durch Visiren die Richtung der Nadel mit ziemlich grosser Genauigkeit bestimmen, und fand so die Richtung der horizontalen Componente. Schwingungsbeobachtungen lassen alsdann auf deren Stärke schliessen.

Eine verhältnissmässig geringe Zahl solcher Beobachtungen setzt in den Stand Systeme von Niveauflächen zu construiren, welche die interessantesten Aufschlüsse geben.

Ich habe mich bei der vorliegenden Untersuchung auch dieses Hilfsmittels bedient, muss jedoch die Mittheilung der dadurch erhaltenen sehr schönen Resultate wegen Mangel an Raum auf die ausführliche Veröffentlichung an einem anderen Orte versparen.

Hier mag die Bemerkung genügen, dass diese Resultate mit der hier entwickelten Theorie in vollkommenem Einklange stehen.

§ 2. Diess vorausgeschickt, will ich mich nun zu dem Hauptpunkte dieser Untersuchung wenden, zu der Frage über die von Riess angenommenen drei Schichten in dem Kuchen eines Elektrophors.

Gegen die Annahme dieser drei Schichten wurde vor Kurzem, als ich bereits mit der vorliegenden Untersuchung beschäftigt war, wenn auch nicht dem Wortlaute, so doch wenigstens dem Sinne nach, auch von anderer Seite her Bedenken erhoben. Poggendorff stellt nämlich in einer Abhandlung: „Zur Frage, wie nicht leitende Substanzen influenzirt werden“,<sup>2)</sup> die Ansicht auf, dass man sich die Influenzierung von Nichtleitern in die Oberfläche verlegt denken müsse, eine Ansicht, welche mir vollkommen richtig scheint, wenn man es wirklich mit der Influenzierung solcher Körper zu thun hat. Wenn ich diese Ansicht im Folgenden nicht kurzweg adoptire, so geschieht es nur deswegen, weil sich die Thatsachen sämmtlich auch aus der blosen Fernwirkung erklären lassen und man gar nicht nöthig hat, eine Influenzierung des Isolators oder seiner Flächen anzunehmen. Uebrigens lässt sich meine ganze Theorie ohne Anstand in die Poggendorff'sche Anschauungsweise übersetzen, und scheint mir eine Entscheidung zwischen beiden nicht möglich, so lange man nicht eine präcisere Vorstellung darüber be-

---

2) Poggdfff. Ann. Bd. CXXXIX S. 458—464.  
[1870. II. 2.]

sitzt, wie überhaupt Elektrizität auf eine isolirende Fläche übergeht.

Der Versuch auf welchen Riess<sup>3)</sup> seine Annahme von den drei Schichten im Elektrophorkuchen stützt, ist folgender:

Reibt man eine Harz- (Schellack-, Ebonit-) Scheibe in freier Hand, so reagirt sie nach Prüfung an einem Elektroskop auf beiden Flächen negativ.

Liegt hingegen die Scheibe beim Reiben auf einer Metallplatte so reagirt die geriebene Fläche (A) negativ, die untere (B) aber gar nicht.<sup>4)</sup>

Entfernt man nun die negative Elektrizität der geriebenen Fläche (A) durch Ueberfahren mit einer Flamme, so giebt sich sofort die positive Elektrizität der unteren Fläche (B) am Elektroskope zu erkennen, und dafür erscheint die obere Fläche (A) unelektrisch. Ueberfährt man dann die untere Fläche (B) mit der Flamme, so erscheint sie unelektrisch und dafür die obere (A) wieder negativ. So kann man nun fortfahren und abwechselnd bald die eine, bald die andere Fläche unelektrisch machen.

Diese Versuche sind ganz richtig und lassen sich auch mit dem Pulvergemisch recht schön wiederholen; wir werden später noch einmal darauf zurückkommen, wenn die sämtlichen auf die Theorie des Elektrophors bezüglichen Versuche im Zusammenhange beschrieben werden sollen.

Zur Vervollständigung dieser Versuchsreihe muss aber noch hinzugefügt werden, dass man anstatt den Kuchen beim Reiben auf eine Metallplatte zu legen, gerade so gut denselben in freier Hand reiben und nachher die nicht geriebene Fläche mit einer Flamme bestreichen kann. Aus

---

3) Die Lehre von der Reibungselektrizität. Bd. I S. 294.

4) Diess ist jedoch nur der Fall, wenn hinlänglich stark gerieben wurde. Bei schwachem Reiben reagirt die Scheibe genau ebenso, wie wenn sie in freier Luft gerieben worden wäre.

diesen Versuchen schliesst Riess auf die Existenz dreier elektrischer Schichten in dem in freier Hand geriebenen Elektrophorkuchen. Diese Annahme ist vollkommen überflüssig. Erinnerung man sich nämlich an die bekannte Thatsache, dass die Fernwirkung der Elektrizität durch Zwischenschieben eines Isolators umsoweniger alterirt wird, je vollkommener dieser Isolator ist, so versteht man leicht, dass ein Kuchen, der aus einem solchen bestände nach Elektrisirung der einen Seite genau dieselben beschriebenen Erscheinungen zeigen muss, auch wenn keine andere Kraft als jene Fernwirkung thätig ist.

Während nämlich bei Anlegen der geriebenen Seite A die durch Reibung erzeugte negative Elektrizität direkt auf das Elektroskop übergeht, so wird bei Anlegen der Fläche B die im Elektroskope durch Influenz erregte positive Elektrizität auf B übergehen und das Elektroskop demnach ebenfalls mit negativer Elektrizität divergiren.

Liegt die Scheibe beim Reiben auf einer Metallplatte, so geht in Folge der von der geriebenen Fläche ausgeübten Fernwirkung in dieser Platte eine Scheidung der Elektrizität vor sich und positive Elektrizität begiebt sich in Funken auf die Fläche B. Diese Elektrizitätsmenge ist aber nicht hinreichend gross, um die Fernwirkung der auf A befindlichen negativen Elektrizität zu überwinden und sie wird demnach an dem Elektroskop nicht erkannt werden. Ja es wird sogar im Mittel, wie wir später sehen werden, die Wirkung der primär erregten negativen Elektrizität noch etwas überwiegen. Mit dem Pulver untersucht, sieht man auf B die positiven Sterne; aber nicht gelb auf neutralem Grunde, sondern schwarz, d. h. staubfrei auf rothem Grunde, wenn man bestäubt während man die Scheibe in freier Hand hält, oder noch besser auf hohe isolirende Stützen gelegt hat. D. h. die Wirkung der primären negativen Elektrizität ge-

stattet nicht, dass der negative Schwefel sich auf den von der positiven Elektricität bedeckten Stellen auflege, und die Anwesenheit solcher Stellen verräth sich nur durch die geringere Anziehung, welche sie gegen die Mennige ausüben. Vermindert man die Fernwirkung der primär erregten Elektricität, indem man die Scheibe mit der geriebenen Seite auf eine abgeleitete Platte legt, so erscheinen nach dem Bestäuben sofort gelbe Sterne.

In vollkommen analoger Weise lassen sich die Versuche mit der Flamme erklären. Bestreicht man nämlich die nicht geriebene Seite B mit der Flamme, so sieht man leicht ein, dass auf dieser Fläche positive Elektricität angehäuft werden muss, auch wenn man annimmt, dass vorher gar keine Elektricität auf derselben vorhanden und ihre elektroskopische Anzeige nur durch Fernwirkung der auf A primär erregten Elektricität bedingt gewesen sei. Man kann sich ja doch die Zerlegung durch Influenz in die Flamme selbst oder in die Schichte niedergeschlagenen Dampfes verlegt denken, welche sich im Momente des Bestreichens mit der Flamme an jeder Stelle bildet. Dann muss aber negative Elektricität durch die Spitzenwirkung der Flamme entfernt werden, während die positive Elektricität auf der Fläche zurückbleibt.

Ueberfährt man aber nun die Fläche A mit der Flamme, so kann die vorhandene negative Elektricität nur zum Theile weggeführt werden, da sie grösstentheils durch die positive der Fläche B — man gestatte mir diesen Ausdruck — gebunden wird. Selbstverständlich überwiegt nun die auf B vorhandene positive Elektricität und man kann so, wie schon Riess angiebt, durch abwechselndes Bestreichen der Flächen mit der Flamme bald der einen und bald der anderen Elektricität das Uebergewicht verschaffen, freilich mit fortwährend abnehmender Stärke. Stellt man das Experiment mit dem Pulvergemisch an, indem man zuerst auf einer Ebonit-

platte nur eine kleine Stelle reibt, so sieht man abwechselnd rothe und gelbe Flecken auf den entsprechenden Seiten entstehen.

Zur Erklärung der nach Auflegen auf eine abgeleitete Platte oder nach einmaligem Bestreichen mit der Flamme auf B erscheinenden positiven Elektrizität macht Riess die Annahme einer positiven Schicht im Innern. Consequenter Weise hätte er zur Erklärung der letztgenannten Thatsache eine Reihe abwechselnd positiver und negativer Schichten im Isolator annehmen müssen.

Bisher wurde nur gezeigt, dass sich die von Riess beobachteten Thatsachen auch auf eine andere Weise erklären lassen, als durch die Annahme der drei Schichten. Es erübrigt nun zu beweisen, dass sie anders erklärt werden müssen. Diess kann man mit Hülfe eines Versuches, der einem in der citirten Abhandlung von Poggendorff beschriebenen vollkommen analog ist.

Elektrisirt man nämlich die Scheibe, während sie nicht auf der Bodenplatte aufliegt, und überfährt man dann dieselbe zuerst auf der geriebenen nachher aber auch auf der nicht geriebenen Seite mit der Flamme, so müsste nach der Riess'schen Hypothese die positive Schicht zur Geltung kommen, welche sich im Innern des Isolators befunden haben soll. Nach meiner Ansicht hingegen muss die Tafel jetzt vollkommen unelektrisch sein.

Der Versuch zeigt, dass die Tafel wirklich alle Elektrizität verliert. Er muss jedoch mit grosser Vorsicht angestellt werden. Ich konnte ihn nur rein erhalten, wenn ich eine grössere Ebonitplatte (wenigstens 25 Ctm. Durchmesser) nahm, und diese nur an einer kleinen Stelle in der Mitte rieb. Sobald ein grösserer Theil der Fläche elektrisirt, oder eine kleinere Tafel angewendet wurde, war es gar nicht zu vermeiden, dass positive Elektrizität von den Fingerspitzen der haltenden Hand, vom Rockärmel u. s. w. auch auf die

nicht geriebene Seite überströmte und so das Experiment unrein wurde. Die Untersuchung mit dem Pulvergemisch lässt alle derartige Störungen auf's Schärfste erkennen.

§ 3. Es sollen nun die Versuche beschrieben werden, welche der neuen nur auf die elektrische Fernwirkung basirten Theorie als Grundlage dienen. Einige Wiederholungen liessen sich hiebei nicht vermeiden, da sie zum Verständniss des Ganzen unerlässlich waren. Zu den Experimenten dienten zwei kreisförmige Ebonitplatten. Die eine hatte bei einer Dicke von 5 Mm. einen Durchmesser von 45 Ctm.; sie lag beim Gebrauche als Elektrophorkuchen auf einer Zinkscheibe von 52 Ctm. Durchmesser und trug einen Schild von 35 Ctm. Durchmesser. Die andere Platte war nur 4 Mm. dick und hatte 23 Ctm. Durchmesser. Ausserdem wurde auch mit ebenen Tafeln aus grünem ordinären Glase experimentirt und die gleichen Resultate, natürlich mit entgegengesetztem Vorzeichen erhalten.

Von den beiden Ebonitplatten hatte die grössere bereits seit einem Jahr als Elektrophorkuchen gedient, und war dem entsprechend gewöhnlich mit ihrem Schilde bedeckt gewesen. Merkwürdiger Weise zeigt nun an dieser Platte der äussere Rand in einer Breite von 5 Ctm., d. h. gerade so weit als er dem Einflusse der Luft ausgesetzt war, ein ganz anderes elektrisches Verhalten als der centrale Theil. Die kleine Platte hingegen war ganz neu und verhielt sich ihrer ganzen Ausdehnung nach gerade so, wie der centrale Theil der ersteren. Da ich mich auf diese und auch noch auf andere Weise überzeugte, dass jenes eigenthümliche Verhalten der Randes nur in einer Oberflächenveränderung und nicht im Wesen des Elektrophors seinen Grund hatte, so nehme ich in dieser vorläufigen Mittheilung darauf keine Rücksicht. Die Beschreibungen gelten demnach nur für eine neue Platte oder für den durch den Deckel geschützten Theil einer älteren.

Mit diesen Tafeln wurden nun folgende Versuche an-  
gestellt:

Erster Versuch: Reibt man den Kuchen, während man ihn senkrecht auf einen Tisch aufstützt, und nur oben leicht am Rande festhält, so wird er nach dem Bestäuben auf beiden Seiten von rother Mennige bedeckt. Nichtsdestoweniger gewähren die beiden Flächen einen verschiedenartigen Anblick. Die geriebene Fläche zeigt Streifen, aus denen sich die Richtung des Reibens deutlich erkennen lässt, dann und wann untermischt mit gelben Stellen. Auf der anderen Seite hingegen ist der Pulverniederschlag ziemlich gleichförmig. Bei stärkerem Reiben ist der Uebergang von positiver Elektrizität auf den Kuchen nicht zu vermeiden, was sich nach dem Bestäuben leicht erkennen lässt.

Die Erklärung dieses Versuches wurde schon oben gegeben. Man hat es hier einfach mit der Wirkung einer einzigen negativ elektrischen Schicht zu thun und es wird demnach positive Elektrizität auf beiden Seiten angezogen.

Zweiter Versuch: Reibt man den Kuchen während er auf der abgeleiteten Bodenplatte liegt ganz schwach, so verhält er sich nach dem Abheben und Bestäuben gerade so, als ob man ihn in freier Luft gerieben hätte. Legt man auf einen solchen in gewöhnlicher Weise auf der Bodenplatte ruhenden Kuchen den Schild auf, so kann man aus dem abgehobenen Schilde einen positiven Funken ziehen. Kehrt man aber den Kuchen um, so dass er mit der geriebenen Seite auf die Bodenplatte zu liegen kommt, so liefert der Schild nach dem Abheben nur Spuren oder gar keine Elektrizität.

Legt man dagegen den Kuchen während er noch immer seine geriebene Seite der Bodenplatte zuwendet auf isolirende Stützen z. B. Siegellacksäulchen, so erhält man auf dem in gewöhnlicher Weise aufgelegten und abgehobenen Schilde

positive Elektrizität, und zwar umsomehr je höher diese Stützen sind.

Diese Versuche lehren, dass bei ganz schwacher primärer Elektrisirung weder zwischen Kuchen und Bodenplatte, noch zwischen Kuchen und Schild ein Uebergang von Elektrizität stattfindet, und dass demnach in diesem Falle nur die durch Reibung direct erregte zur Geltung kommen kann.

Ruht nun der Kuchen in normaler Lage auf der Bodenplatte, so wird die Wirkung der primär erregten Elektrizität auf den Schild durch die in der viel ferneren Bodenplatte angezogene positive Elektrizität nur wenig geschwächt, und der Schild muss deshalb nach dem Abheben merkliche Mengen positiver Elektrizität liefern. Kehrt dagegen der Kuchen seine geriebene Seite gegen die Bodenplatte, so wird durch die in der dicht benachbarten Bodenplatte angesammelte positive Elektrizität die Wirkung der primär erregten auf den viel entfernteren Schild ausserordentlich gering, und der Schild deshalb nach dem Abheben unelektrisch befunden werden.

Eine einfache Rechnung zeigt, dass sich die in den beiden Lagen auf dem Schilde befindlichen Elektrizitätsmengen wie  $D$  zu  $d$  verhalten müssen<sup>5)</sup>, wenn man unter  $D$  die Dicke des Kuchens unter  $d$  die Dicke der zwischen ihm und der Bodenplatte (beziehungsweise dem Schilde) befindlichen Luftschicht versteht. Dieses Verhältniss  $\frac{D}{d}$  ist aber jedenfalls eine sehr grosse Zahl. Wird dagegen der Kuchen von der Bodenplatte entfernt, so verliert die auf der Bodenplatte angesammelte positive Elektrizität ihren Einfluss und zwar um so mehr, je höher die Stützen sind, die primäre

---

5) Streng genommen wie  $D+d$  zu  $d$ .

kommt wieder zur Wirkung und der Schild muss demnach wieder positive Elektrizität liefern.

Dritter Versuch: Reibt man den Kuchen während er auf der Bodenplatte liegt ziemlich stark, so bemerkt man im Allgemeinen nach dem Bestäuben der geriebenen Fläche keinen wesentlichen Unterschied gegen den vorhin beschriebenen Fall. Nur wenn gar zu stark gerieben wurde, was sich schon beim Aufsetzen des Schildes durch ein knisterndes Geräusch zu erkennen giebt, erblickt man nachher an jenen Stellen, über welchen sich der Rand des Schildes befand, einen Kranz von gelben Strahlen und Sternen. Wir wollen zunächst von diesem Falle absehen, und voraussetzen, die obere Fläche zeige den schon früher beschriebenen Anblick, so bietet dagegen die untere Fläche jetzt ein höchst merkwürdiges und meist sehr schönes Bild dar, und zwar ein verschiedenes je nachdem der Kuchen während des Bestäubens (mit der Fläche A) auf der Bodenplatte oder auf hohen Stützen liegt.

Im ersteren Falle ist die ganze Fläche übersät mit gelben Sternen, welche zum Theil noch einen rothen Centralfleck besitzen, im letzteren Falle haftet gar kein Schwefel an der Fläche, sondern dieselben Sterne erscheinen schwarz d. h. staubfrei auf der Fläche. Hat man das Bestäuben in der ersten Lage vorgenommen und hebt man dann den Kuchen ab, so fliegt der Schwefel von den Sternen weg gegen den Rand zu.

Dieser Versuch lehrt: während des Reibens wird der Raum zwischen Bodenplatte und Kuchen von Funken durchbrochen, und zwar schlägt sich die positive Elektrizität in Form der bekannten Sterne auf dem Kuchen nieder.

Die Menge dieser positiven Elektrizität ist aber viel geringer als jene der negativen, welche sich auf Fläche A befindet, denn wenn letztere nicht durch die in der Bodenplatte angezogene positive Elektrizität gebunden wird, so

überwiegt die Wirkung der primär erregten Elektrizität, da nach dem Abheben der Schwefel auch von jenen Stellen, welche unzweifelhaft mit positiver Elektrizität bedeckt sind, nicht angezogen, sondern abgestossen wird.

Diess ist ein vortreffliches Beispiel dafür, wie die an einer bestimmten Stelle vorhandene Elektrizität durch stärkere Fernwirkung anderweitig vertheilter Mengen elektroskopisch unkenntlich gemacht werden kann.

Die Richtigkeit der eben ausgesprochenen Ansicht lässt sich durch einen weiteren Versuch prüfen. Wenn es nämlich wahr ist, dass die auf die untere Fläche übergegangene positive Elektrizität nur dann zur Wirkung kommen kann, wenn die primär erregte stärkere Elektrizität gebunden ist, so darf auch nach Umkehr des Elektrophorkuchen nur so lange negative Elektrizität im Schilde auftreten, als der Kuchen nahe genug an der Bodenplatte liegt, während bei allmählig grösserer Entfernung des Kuchens eine Stelle kommen muss, wo das Vorzeichen des aus dem abgehobenen Schilde gezogenen Funkens umspringt. Dass dem wirklich so ist, zeigt das folgende Experiment:

Vierter Versuch: Kehrt man den in normaler Lage hinreichend stark geriebenen Kuchen eines Elektrophors um, und legt man ihn nun mit der geriebenen Seite auf die Bodenplatte, so liefert bekanntlich der Schild nach dem Ableiten und Abheben negative Elektrizität. Legt man aber den Kuchen nach und nach auf immer höhere Stützen, so nimmt zuerst die Menge der gelieferten negativen Elektrizität ausserordentlich rasch ab, verschwindet bei einem bestimmten Abstände zwischen Bodenplatte und Kuchen vollständig bis bei noch grösseren Abständen allmählig immer stärkere positive Ladungen auftreten. Man kann diess vortrefflich sichtbar machen, wenn man statt eines Elektroskopes wieder Staubfiguren anwendet, indem man den Schild nach dem jedesmaligen Abheben mit dem auf eine Probeplatte auf-

gesetzten Zuleiter in Berührung bringt. Dann erhält man der Reihe nach zuerst immer kleinere negative und dann fortgesetzt wachsende positive Figuren.

Fünfter Versuch: Die bisher angestellten Versuche haben gezeigt, dass bei nicht übermässiger Elektrisirung wirklich, wie man auch stets annahm, zwischen Schild und geriebener Fläche kein Uebergang von Elektrizität statt hat, während ein solcher zwischen der Bodenplatte und der nicht geriebenen Fläche vor sich geht. Das Verständniss dieser merkwürdigen Thatsache wird erleichtert durch den folgenden Versuch:

Reibt man den Kuchen während er auf isolirenden Stützen liegt und bedeckt man ihn nun mit einem ganz unelektrisch gemachten Ebonit oder Glasplatte und setzt man dann auf diese einen abgeleiteten Zuleiter auf, so sieht man auf diesen Platten nach dem Bestäuben positive Figuren. Diese werden viel kleiner, wenn man den Kuchen auf der Bodenplatte auflegt. Man könnte den Zuleiter auch direct auf den Kuchen aufsetzen, würde jedoch dabei im Allgemeinen keine zuverlässigen Resultate erhalten, da die Gestalt der entstehenden Figur auf einer dort geriebenen Fläche von der immer sehr verschiedenartigen Erregung der einzelnen Stellen abhängig ist.

Dieser Versuch lehrt, dass durch die Nachbarschaft der Bodenplatte und selbstverständlich ebenso durch die auf der Fläche B niedergeschlagene positive Elektrizität die Scheidungskraft, welche A auf einen oberhalb gelegenen Punkt ausübt, vermindert wird. Es wird demnach auch viel leichter ein Uebergang von Elektrizität zwischen Kuchen und Bodenplatte stattfinden, als zwischen dem Kuchen und dem erst nachträglich aufgesetzten Schilde, da die primär erregte Elektrizität eben durch die auf der Bodenplatte und der Fläche B befindliche grossentheils gebunden ist. War die primäre Erregung zu stark, so kann immerhin auch der Raum zwischen

Schild und Kuchen von Funken durchbrochen werden, dadurch wird dann ein Theil der ursprünglich erregten Elektrizität neutralisirt und man hat nun wieder den vorigen Fall. Daher rührt es auch, dass es für jeden Elektrophor ein von der Beschaffenheit der Luft abhängiges Wirkungsmaximum giebt, welches auch durch noch so starkes Reiben nicht überschritten werden kann. - Eigentlich lässt sich diess alles schon aus den bekannten Fundamentalsätzen der Elektrizitätslehre ableiten, nichtsdestoweniger schien es mir zweckmässig, diesen Schluss noch durch einen besonderen Versuch zu bekräftigen.

Aus den hier mitgetheilten Versuchen geht hervor, dass sich sämtliche Phänomene, welche man beim Elektrophor beobachtet, aus der Fernwirkung erklären lassen und dass es ganz überflüssig ist, zu der Annahme einer Influenzierung des Isolators seine Zuflucht zu nehmen. Es ist leicht all' diese Erklärungen in mathematische Form zu bringen. Diess soll in der ausführlicheren Abhandlung geschehen, in welcher alsdann auch noch manches experimentelle Detail seine Erörterung finden wird. Hier war es mir nur darum zu thun, die wesentlichsten Versuche im Zusammenhange vorzuführen und ihre Erklärung in allgemeinen Umrissen zu geben.

Kurz zusammengefasst ergab sich das Resultat, dass man sich den Vorgang beim gewöhnlichen Gebrauche des Elektrophors folgendermassen zu denken hat:

Die durch Reiben der oberen Fläche des Kuchens auftretende Elektrizität wirkt vertheilend auf die Bodenplatte. Ist die primäre Erregung stark genug, so durchbricht die (ungleichnamige) Elektrizität der Bodenplatte den Luftraum zwischen der letzteren und dem Kuchen und geht in Funkenentladungen auf diesen über. Sowohl durch diese übergegangene als auch durch die in der Boden-

platte noch zurückgebliebene Elektrizität wird die primär erregte der oberen Kuchenfläche theilweise gebunden. Hiedurch wird die Kraft, welche in dem Raume zwischen dem erst später aufgelegten Schilde und dem Kuchen thätig ist, verringert, und dadurch ein Elektrizitätsaustausch in diesem Raume verhindert. Die in dem Schilde durch Vertheilung hervorgerufene der primär erregten ungleichnamige Elektrizität bleibt demnach auf demselben und kann durch Ableitung der gleichnamigen und durch Abheben des Schildes frei d. h. elektroskopisch wirksam gemacht werden. Alle übrigen begleitenden Erscheinungen lassen sich von diesen Gesichtspunkten aus nach bekannten Gesetzen erklären.

---