



Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000299088







11-352034

## Zur Theorie des Elektrophors.

Von

Dr. Paul Berkitz, Köln a./Rh.

1. Zu den Apparaten, die im physikalischen Unterricht stets einen Platz behalten werden, gehört in erster Linie das Elektrophor, weil es gestattet, auf die allereinfachste Weise grössere Mengen von Elektrizität zu erzeugen. Um so bedauerlicher ist es, dass es für das Elektrophor keine Erklärung gibt, die auch nur entfernt einen Anspruch auf Wahrscheinlichkeit erheben könnte.

Den schwächsten Punkt der landläufigen Erklärung, wie man sie in jedem Lehrbuch der Physik angegeben findet, bildet die Behauptung, dass sich die Elektrizitäten der Elektrophorplatte und des Schildes gegenseitig binden, obwohl die trennende Luftschicht selbst an den Stellen, wo sie am dicksten ist, kaum die Stärke eines halben Millimeters erreicht. Bei dem verbreitetsten Elektrophor, dessen Platte aus Hartgummi besteht, ist die erwähnte Annahme schon eine ziemlich starke Zumutung an den Glauben.

Den zweiten wunden Punkt der Erklärung bildet die metallische Unterlage der Harz- oder Hartgummiplatte und die Rolle, welche dieselbe bei der Elektrizitätserzeugung spielt. Der Mangel einer brauchbaren Theorie weist aber bereits darauf hin, dass es sich im vorliegenden Falle um eine besondere Schwierigkeit handelt, und eine solche ist in der That vorhanden. Es handelt sich nämlich im Grunde genommen um die Beantwortung der Frage: Wie entsteht die sogenannte Reibungselektrizität? Ich will im folgenden versuchen, an der Hand von Experimenten diese Frage zu beantworten und im Anschluss daran eine einwandfreie Erklärung des Elektrophors zu geben.

2. Ich beginne sofort mit dem grundlegenden Versuche, aus dem sich alle übrigen als einfache Folgerungen ergeben. Von einem Kolbeschen Elektrometer wird die obere Kugel abgeschraubt und an ihrer Stelle eine flache eiserne Schale aufgeschraubt. Diese Schale wird mit Quecksilber gefüllt. Auf das Quecksilber wird eine kleine

Platte aus Hartgummi mit einem Stiel aus demselben Stoffe aufgesetzt, wobei man sorgfältig jede Reibung zu vermeiden sucht. Hebt man hierauf die Hartgummiplatte ab, so schlägt der Zeiger des Instrumentes aus. Eine Prüfung zeigt, dass das Elektrometer negativ, die Platte dagegen positiv ist. Setzt man die Platte wieder auf, so geht der Zeiger auf Null zurück; es geht also die gesamte negative Elektrizität der Platte auf das Quecksilber über. Dieser Versuch beweist zunächst in der einfachsten Weise, dass beide Elektrizitäten in gleicher Menge erzeugt werden. Ferner zeigt er, und das ist für die gegenwärtige Betrachtung das Wichtigere, dass die Elektrizität einzig und **allein** durch die Trennung der beiden sich unmittelbar berührenden Körper erzeugt wird<sup>1)</sup>. Die Hartgummiplatte nimmt beim Abheben von der Oberfläche des Quecksilbers eine bestimmte Menge positiver Elektrizität mit und gibt dieselbe Menge beim Aufsetzen wieder an das Metall ab.

Bei diesem Versuche ist absichtlich Quecksilber als metallische Unterlage verwendet worden, um eine möglichst innige Berührung mit der oberen Platte zu erzielen.

Man könnte vermuten, dass beim ersten Aufsetzen der Platte ein vollständiges Vermeiden von Reibung nicht möglich sei und dass diese geringe Reibung die Elektrizität erzeuge. Um diesen Einwand zu entkräften, schiebe ich die Platte auf dem Quecksilber mehrmals hin und her, bevor ich sie abhebe. Der Ausschlag des Zeigers ist aber genau derselbe wie im ersten Falle. Daraus ersieht man, dass die Reibung für die Elektrizitätserzeugung ganz und gar ohne Belang ist. Die Reibung ist nur ein sehr bequemes Mittel, um Körper in rascher Folge zur Berührung zu bringen und wieder voneinander zu trennen.

Ersetzt man die Hartgummiplatte durch andere aus Glas, trockenem Holz, trockenem Kartonpapier, Siegellack, Paraffin, Glimmer, Schwefel, so erhält man jedesmal einen Ausschlag beim Abheben von der Quecksilberoberfläche. Die Ausschläge aber sind von sehr verschiedener Grösse. Daraus folgt, dass die Grösse und die Art der elektrischen Differenz von den Stoffen abhängig ist, die miteinander in Berührung gebracht werden.

Wird der Versuch mit ein und derselben Platte, z. B. aus Ebonit, an verschiedenen Tagen angestellt, so erhält man ebenfalls hinsichtlich

---

<sup>1)</sup> Hierdurch dürfte zur Genüge bewiesen sein, dass die Trennung ohne Reibung möglich ist.

der Grösse veränderliche Angaben am Elektrometer. Da man nun annehmen muss, dass bei der Trennung derselben Stoffe immer dieselbe Menge Elektrizität erzeugt wird, so kann die Veränderlichkeit des Zeigerausschlages nur durch eine Verschiedenheit der atmosphärischen Luft erklärt werden, ein Punkt, auf den ich später noch zurückkommen werde <sup>1)</sup>.

Bei einer Verschiebung der Platte auf dem Quecksilber hängt der Zeiger des Elektrometers unbeweglich herab. Daraus darf man jedoch nicht schliessen, dass keine elektrische Erregung stattfindet. Bei jeder Verschiebung der Platte nimmt diese eine bestimmte Elektrizitätsmenge von ihrer ersten Stelle mit und verdrängt eine gleich grosse Menge in ihrer neuen Lage, so dass die Gesamtmenge auf dem Quecksilber nicht geändert wird. Es liegt hier ein ähnlicher Fall vor wie bei einem Metallstabe, den man in der Hand hält und mit Fuchsfell peitscht; der Stab bleibt scheinbar unelektrisch, während die erzeugte Elektrizität durch den Körper zur Erde fliesst.

Um eine Vorstellung von den Vorgängen, die sich hier abspielen, zu gewinnen, kann man annehmen, dass alle Körper mit einer Schicht des elektrischen Fluidums bedeckt sind (Franklin). Dieses Fluidum zeigt eine Spannung, d. h. seine Teilchen stossen sich gegenseitig ab, wie die Moleküle eines Gases. Ist die Spannung auf einem Körper ebensogross wie die seiner Umgebung, so nennen wir den Körper unelektrisch; ist sie dagegen grösser oder kleiner, so nennen wir ihn elektrisch. Wird einem Körper Elektrizität zugeführt, so wächst ihre Spannung, wird ihm Elektrizität entzogen, so nimmt die Spannung ab. Kommen zwei Körper in unmittelbare Berührung, so fliessen ihre elektrischen Ueberzüge zusammen. Trennt man sie voneinander, so findet ein Zerreißen der elektrischen Schicht statt; der Körper, auf dem die Elektrizität besser haftet, hat einen Ueberschuss, der andere einen ebensogrossen Unterschuss an Elektrizität. Die elektrischen Entladungserscheinungen machen es in hohem Grade wahrscheinlich, dass der negativ elektrische Körper eine grössere Menge Elektrizität hat als der positive. Der Ausschlag des Elektrometers beim Entfernen der Hartgummiplatte zeigt die halbe Spannungsdifferenz zwischen den beiden Körpern an.

3. Die Hartgummiplatte wird wie beim vorigen Versuche abgehoben. Ehe man sie wieder aufsetzt, wird das Elektrometer entladen.

---

<sup>1)</sup> Allerdings könnte auch die verschiedene Beschaffenheit der Oberfläche eine gewisse Rolle spielen.

Man erhält beim Aufsetzen ganz denselben Ausschlag des Zeigers, den das Elektrometer vor der Entladung zeigte, nur ist die Ladung jetzt positiv. Durch die Annäherung der Platte an das Elektrometer wird die entgegengesetzte Elektrizität angezogen, die gleichnamige abgestossen; bei der Berührung gleichen sich die entgegengesetzten Ladungen aus, und nur die Influenzelektrizität zweiter Art bleibt übrig. Im Effekt ist es dasselbe, als ob die gesamte Elektrizität der Platte auf das Quecksilber übergegangen wäre. Was wird nun geschehen, wenn man die Platte wieder entfernt? Es ist leicht, den Erfolg vorauszusagen: Der Zeiger geht auf Null zurück. Denn die abgehobene Platte nimmt ja dieselbe Menge positiver Elektrizität von der Oberfläche des Quecksilbers mit, die sie gerade zu fassen vermag. Wird jedoch das Elektrometer vor dem Abheben berührt, so haben wir wieder den ursprünglichen Fall: die unelektrische Platte steht auf dem unelektrischen Quecksilber. Das Spiel kann von neuem beginnen und beliebig oft wiederholt werden. Selbstredend ist es hierbei ganz gleichgültig, ob die erste Ladung der Hartgummischeibe durch Abheben vom Quecksilber oder auf irgend eine andere Art, z. B. durch Reibung mit einem Stück Fell, erzeugt wird.

Noch eine andere Form des Versuchs ist von Wichtigkeit. Man hebt die Platte ab, entlädt sie vollständig an einer Flamme und stellt sie wieder auf das Quecksilber. War die Platte vollkommen unelektrisch, so darf der Zeiger des Instrumentes den Stand nicht ändern, den er beim Abheben der Platte erreichte. Bei erneutem Abheben rückt der Zeiger wieder ein Stück auf der Skala vor. Man kann so fortfahrend den Zeigerausschlag beliebig gross machen. Für diesen Versuch ist eine recht kleine Platte, etwa von der Grösse eines Fünfpennigstückes, zu verwenden.

4. Wie man ohne weiteres sieht, stellt die Anordnung des ersten Versuchs in 3 eine Umkehrung des Elektrophors dar. Bei diesem wird der Metalldeckel von der Hartgummischeibe abgehoben, während ich dort die Hartgummischeibe von der Metallunterlage abhebe. Die Umkehrung ist jedoch keine vollständige; ein wesentliches Moment ist unberücksichtigt geblieben. Beim Elektrophor liegt die Hartgummiplatte entweder unmittelbar auf der Tischplatte oder auf einer Metallplatte, ist also in beiden Fällen leitend mit der Erde verbunden, während die oberen Schichten durch die unteren gegen die Erde isoliert sind. Um diesen Umstand mit in Rechnung zu ziehen, schiebe ich eine kleine Metallplatte auf die Hartgummiplatte. Diese Metallplatte passt in eine Vertiefung der Oberseite der Hartgummiplatte. Sie hat in ihrer Mitte



eine Oeffnung, um den Stiel der Hartgummiplatte durchzulassen. An der Metallplatte befindet sich ein Draht, der in eine Nut des Stieles passt, so dass man den Draht mitberührt, wenn man den Stiel anfasst. Diese Doppelplatte wird auf das Quecksilber gestellt und hierauf abgehoben. Die Wirkung ist eine überraschende. Der Ausschlag des Zeigers ist fast doppelt so gross als in dem Falle, wo die Hartgummi-scheibe ohne die metallische Auflage abgehoben wurde. Ich nenne die Wirkung deshalb eine überraschende, weil doch sicherlich in beiden Fällen die Hartgummiplatte genau dieselbe Menge positiver Elektrizität mitnimmt.

5. Um diese eigentümliche Thatsache zu erklären, muss ich auf einige andere Erscheinungen zurückgehen. Reibt man einen Hartgummistab mit Fuchsfell, so ist der Stab an der Stelle, wo er das Pelzwerk verlässt, elektrisch. Sieht man genauer zu, so beobachtet man, wie sich die langen Haare des Pelzes nach dem Stabe hinneigen. Wird der elektrisierte Stab mit einem leichten Pulver, Schwefelblumen oder Bärlappsamen bestreut, so zeigen sich Längsstriche am Stabe, die von einer dickeren Schicht des Pulvers bedeckt sind als der übrige Teil; sie geben die Linien an, die von den Spitzen der Haare auf dem Stabe gezeichnet worden sind. Diese Striche sind zum erstenmal von v. Bezold auf einer mit einem Fuchsschwanz gepeitschten Elektrophorplatte bemerkt worden (v. Bezold, Poggend. Ann. Bd. CXLIII, S. 52). Wenn der Stab im Dunklen gerieben wird, so zeigen sich kleine Fünkchen, diese, sowie das sie begleitende Knistern legen die Vermutung nahe, dass es sich um eine Entladung zwischen den Haarspitzen und dem Stabe handelt. Die Stellen des Stabes, über welche die Spitzen des Pelzes hinweggegangen sind, mussten demnach unelektrisch sein. Und diese Annahme wird thatsächlich durch die folgenden Versuche bestätigt.

Mit einem scharf zugespitzten Drahte schreibt man auf die Oberfläche einer negativ elektrischen Ebonitscheibe. Die Bewegung des Drahtes wird von einem leisen Zischen begleitet. Wird hierauf die Platte mit Schwefelmehl bestäubt, so treten die Schriftzüge mit grosser Deutlichkeit hervor. Es unterliegt keinem Zweifel, dass die negative Elektrizität der Platte an den Stellen, an denen sie von der Spitze des Drahtes berührt worden ist, durch Zuströmen positiver Elektrizität vernichtet worden ist. Um das Sichtbarwerden der Striche zu erklären, bestäube ich eine elektrisierte, auf metallischer Unterlage ruhende Ebonitscheibe mit Schwefelpulver. Das Pulver bedeckt die Oberfläche in sehr verschiedener Dichte. Auf den Stellen, die am stärksten

elektrisch sind, liegt es am dünnsten. Die Partikelchen des Pulvers werden nämlich beim Auffallen auf die Scheibe selbst elektrisch und stossen einander daher mit um so grösserer Kraft ab, je kräftiger ihre Ladung ist. Um jeden Zweifel an der Richtigkeit dieser Annahme zu beseitigen, hebe ich die Ebonitscheibe von ihrer metallischen Unterlage ab; dadurch wird die freie Elektrizität auf ihrer Oberfläche vermehrt, was sich durch ein Auseinanderschieben des Pulvers zu erkennen gibt. Die Schriftzüge entstehen also dadurch, dass das Pulver auf den unelektrischen Stellen, über welche der Draht gegangen ist, in dicker Schicht liegen bleibt, während es sich auf den benachbarten elektrischen Stellen ausbreitet. Ganz auf dieselbe Weise werden die Striche sichtbar, die die Haarspitzen auf dem Hartgummistabe gezeichnet haben. Daraus folgt aber, dass die durch die Trennung zweier Körper erzeugten Elektrizitäten das Bestreben haben, sich gegenseitig auszugleichen und so die Störung des elektrischen Gleichgewichts sofort wieder aufzuheben.

6. Ich kehre nach dieser Abschweifung zu den früheren Versuchen zurück. Durch das Abheben wird die Hartgummiplatte positiv, das Elektrometer negativ geladen. Die beiden Elektrizitäten suchen sich nun durch die zwischen die Platten strömende Luft auszugleichen. Die Leitungsfähigkeit der Luft ist aber vorzugsweise von zwei Faktoren abhängig: von ihrem Gehalt an Wasserdampf und von der grösseren oder geringeren Spannung der entgegengesetzten Elektrizitäten. Ist die Luft nahezu mit Wasserdampf gesättigt, so leitet sie gut, und der Deckel des Elektrophors gibt nur schwache oder gar keine Funken.

Bei gegebener Luftbeschaffenheit hat man es jedoch in der Hand, die Spannung auf der abgehobenen Platte ganz bedeutend zu vermindern, indem man die mit der Erde leitend verbundene Metallplatte aufsetzt. Die Doppelplatte stellt demnach einen Kondensator dar. Es findet infolgedessen ein geringerer Ausgleich der Elektrizitäten statt, und das Elektroskop wird stärker geladen.

Nachdem ich das Elektrometer entladen habe, setze ich die Doppelplatte wieder auf das Quecksilber. Der Ausschlag des Zeigers ist viel kleiner als der beim Abheben. Hierauf berühre ich nacheinander das Elektrometer und den Stiel der Metallplatte ableitend mit der Hand. Bei jeder Berührung des Elektrometers geht der Zeiger auf Null, bei jeder Berührung des Drahtes tritt ein Ausschlag ein, der immer kleiner wird. Nach mehrfacher Wiederholung hören die Ausschläge auf. Addiert man die einzelnen Zeigerangaben, so

erhält man annähernd die Zahl der Grade, die das Elektrometer zeigt, wenn man die vollständig entladene Platte wieder abhebt.

7. Ich komme jetzt zur Erklärung der Vorgänge, die sich beim Gebrauch des Elektrophors abspielen. Hauptsächlich sind es folgende drei Versuche, die hier in Betracht kommen:

I. Der Metalldeckel wird auf die elektrisierte Hartgummischeibe gestellt und dann abgehoben, ohne dass man ihn ableitend berührt hat. Der Deckel ist nach dem Abheben unelektrisch.

II. Der Deckel wird aufgesetzt und mit der Hand berührt. Nach dem Abheben hat er eine kräftige Ladung positiver Elektrizität.

III. Der auf der Platte stehende und ableitend berührte Deckel zeigt selbst nach Tagen beim Abheben noch schwache, positive Ladung.

Für den Versuch I ist die übliche Erklärung richtig. Die geringe Menge freier Elektrizität auf der Oberfläche der Ebonitscheibe wirkt verteilend auf den Deckel: negative Elektrizität wird abgestossen und positive Elektrizität sammelt sich auf seiner Unterseite an. Trotzdem die Menge der freien Elektrizität auf der Scheibe nicht bedeutend ist, würde dennoch bei der grossen Nähe des Deckels ein Ausgleich zwischen der Elektrizität der Scheibe und der entgegengesetzten des Deckels stattfinden, wenn ihre Spannung durch die Anwesenheit der Influenzelektrizität zweiter Art auf dem Deckel nicht ganz erheblich vermindert würde. Eine direkte Berührung des Deckels und der Platte wird durch die zwischen ihnen befindliche Luftschicht verhindert. Beim Abheben vereinigen sich die getrennten Elektrizitäten des Deckels und dieser ist unelektrisch. Ich will denselben Versuch mit einer Abänderung wiederholen. Der unelektrische Deckel wird auf die elektrische Platte gestellt. Hierauf fasse ich den isolierenden Stiel am äussersten Ende, drücke den Deckel kräftig an und drehe ihn zugleich um den Stiel als Achse. Dadurch bewirke ich, dass sich Deckel und Platte an einer grösseren Zahl von Stellen berühren. Hebe ich ihn nun ohne ihn abzuleiten ab, so gibt er Funken von Centimeterlänge. Seine Ladung ist positiv. Diese Ladung stellt die algebraische Summe dar der durch die Trennung der beiden Körper auf dem Deckel erzeugten positiven Elektrizität und der auf dem Deckel vorhandenen negativen Influenzelektrizität.

Von diesen beiden Versuchen kann der zweite leicht mit unserem umgekehrten Elektrophor nachgemacht werden, der erste nicht, weil das Quecksilber mit der Ebonitscheibe eine zu gute Berührung gibt.

Man verfährt in folgender Weise: Die Doppelplatte wird von dem Quecksilber abgehoben; man erhält am Elektrometer einen Ausschlag von  $-30^{\circ}$  (die Vorzeichen geben die Art der Ladung an). Das Elektrometer wird durch Berührung mit der Hand entladen — Ausschlag  $0^{\circ}$  — und die geladene Platte aufgesetzt. Man erhält einen Ausschlag von  $-10^{\circ}$ . Sobald die Platte abermals abgehoben wird, fällt der Zeiger sehr rasch. Doch ehe noch das Aluminiumblättchen Zeit hat, den Nullpunkt zu erreichen, ist die Ladung des Elektrometers mit negativer Elektrizität vollendet. Das Aluminiumblättchen krümmt sich stark, schnell zurück und geht sogar über seinen früheren Stand hinaus.

Der Ausschlag beträgt ungefähr  $-20^{\circ}$ .

Versuch II. Der Deckel wird auf die Hartgummischeibe gestellt und mit der Hand berührt. Dadurch wird zunächst die Influenz-  
elektrizität zweiter Art abgeleitet; infolgedessen gleichen sich die entgegengesetzten Elektrizitäten der Scheibe und der Unterseite des Deckels aus. Zugleich wird eine entsprechende Menge positiver Elektrizität auf der Unterseite der Scheibe frei und strömt durch die Metallunterlage zur Erde ab. Dadurch wird abermals negative Elektrizität auf der Oberseite der Scheibe frei, stösst negative auf dem Deckel ab, die durch die Hand abgeleitet wird, und gleicht sich gegen die angezogene positive Elektrizität des Deckels aus. Kurz, der ganze Apparat wird entladen wie eine schwach geladene Leydener Flasche auf leitender Unterlage, deren Knopf ich mit der Hand berühre. Berühre ich den Deckel und die metallene Unterlage zugleich, so erhalte ich einen schwachen Schlag, genau so, wie wenn ich die beiden Belege der Leydener Flasche anfasse. Die Hartgummiplatte, die metallische Unterlage und der Deckel — alles ist jetzt unelektrisch. Die Metallunterlage, oder auch die blosse Tischplatte, dient also dazu, die auf der Unterseite der Scheibe frei werdende positive Elektrizität rasch und vollständig zur Erde abzuleiten.

Durch die zwischen der Oberseite der Hartgummischeibe und der Unterseite des Deckels stattfindenden Entladungen werden aber die leicht beweglichen Luftteilchen mit grosser Heftigkeit auseinander geschleudert; die Folge davon ist, dass an einer grossen Zahl von Stellen eine unmittelbare Berührung des Deckels und der Scheibe stattfindet. Und gerade an diesen Stellen wird beim Abheben des Deckels die Elektrizität erzeugt.

Hieraus ersieht man aber auch, warum man die Hartgummi-

scheibe elektrisieren muss, wenn man das Elektrophor in Thätigkeit setzen will.

Könnte man die Berührung des Deckels und der Ebonitplatte auf andere Weise bewirken, so liesse sich das Peitschen mit dem Fuchsschwanze gänzlich ersparen.

Diese Aufgabe ist leicht zu lösen: man stelle den Deckel auf die unelektrische Scheibe, drücke ihn mit der Hand leicht und reibe mit ihm einige Male auf der Scheibe hin und her, ehe man abhebt. Beim ersten und zweiten Abheben sind die Funken noch klein, bald jedoch werden sie fast doppelt so lang, als sie sonst der Apparat liefert. Dass bei dieser Reibung einzelne Teile der Platte, die nicht gerade vom Deckel bedeckt sind, elektrisch sind, ist nebensächlich. Die Berührung ist also in diesem Falle eine weit bessere als im vorigen.

Beim Abheben des Deckels wird dieser positiv, die Scheibe negativ elektrisch. Die negative Ladung der Oberseite der Scheibe wird sofort durch Zuströmen positiver Elektrizität von der Metallunterlage nach der Unterseite der Scheibe ziemlich vollständig gebunden; dies ist die zweite Wirkung der Unterlage. Wie dadurch die Leistungsfähigkeit des Apparates erhöht wird, habe ich im Abschnitt 4 auseinandergesetzt.

Es bedarf keiner weiteren Erläuterung, auf welche Weise der Versuch II mit dem umgekehrten Elektrophor ausgeführt werden kann. Nur ist dabei keine anfängliche Elektrisierung der Hartgummiplatte nötig, da, wie ich schon mehrfach erwähnte, das flüssige Quecksilber sehr gute Berührung mit der aufgesetzten Platte gibt.

Versuch III. Der Deckel kann, nachdem der Kondensator entladen ist, tagelang auf der Unterlage stehen und zeigt beim Abheben immer noch Spuren von Elektrizität. Erst nach und nach, wenn zwischendringende Luft die Berührung der beiden Körper vollständig aufgehoben hat, wird beim Abheben keine Spur von Elektrizität bemerkbar.

8. Die bisherigen Untersuchungen setzen uns in den Stand, die vorteilhafteste Konstruktion eines Elektrophors anzugeben. Vor allen Dingen muss zwischen dem Deckel und der Unterlage eine möglichst innige Berührung stattfinden. Daher eignet sich eine Spiegelglasplatte infolge ihrer ebenen Oberfläche am vorteilhaftesten zur Unterlage. Ferner muss die auf dem Glase beim Abheben des Deckels entstehende positive Elektrizität im Augenblick ihres Entstehens sofort durch Kondensatorwirkung zum grössten Teil gebunden werden. Dies ge-

schiebt, indem man die Unterseite der Glasplatte durch ein geeignetes Verfahren mit einem fest haftenden Ueberzuge von Schellack versieht. Beim Gebrauche des Apparats reibt man mit dem Deckel einige Male auf der Glasplatte hin und her und erhält beim Abheben Funken bis zu einer Länge von 8 cm. Uebrigens habe ich neuerdings statt dieses Ueberzuges eine Hartgummiplatte fest mit der Glasplatte verbunden. Kehrt man die Platte um, so dass die Schellackschicht oder die Hartgummischeibe oben liegt, so liefert der Deckel positive Ladungen, während er bei Benutzung der Glasseite negativ geladen wird. Es empfiehlt sich, den Deckel vor dem Abheben einige Augenblicke mit der Hand zu berühren, um eine vollständige Entladung des Kondensators herbeizuführen. Die Glasplatte wird übrigens durch fortgesetzten Gebrauch immer besser.

Schliesslich ist auch das Material des Deckels für die Wirkung des Elektrophors nicht gleichgültig. Der Zinndeckel gibt die beste Wirkung, wenn die Hartgummiplatte benützt wird; arbeitet man jedoch mit der Glasplatte, so ist ein kupferner Deckel bei weitem vorzuziehen. Den Beweis hierfür werde ich im nächsten Abschnitte erbringen.

Ob der Deckel + oder — elektrisch ist, pflegt man gewöhnlich durch elektroskopische Untersuchung festzustellen. Der Funke selbst zeigt für das Auge keine merkbare Verschiedenheit; dagegen macht sich eine Verschiedenheit im Gefühl bemerkbar, wenn die Funken auf den Fingerknöchel überspringen. Der negative Funken bringt eine heftigere Erschütterung der Nerven hervor. Doch lässt sich auch objektiv ein Unterschied in der Entladung zeigen. Man verfährt folgendermassen: Auf eine Glühlampe klebt man mittels Schellacklösung ein kreisförmiges Stückchen Stanniol. Dann fasst man die Glühlampe mit der linken Hand an der Metallfassung, hebt mit der rechten Hand den Deckel des Elektrophors ab und nähert ihn dem Stanniolblättchen. Sobald der Funke überschlägt, fühlt man eine Erschütterung in der linken Hand. Hatte der Deckel negative Ladung, so zeigt sich auf der dem Stanniolblättchen gegenüberliegenden Wand der Birne ein lebhaft grün fluorescierender Fleck, der selbst am Tage sehr deutlich sichtbar ist. Bei positiver Ladung des Deckels tritt dieser Fleck nicht auf. Beiläufig bemerke ich noch, dass von der fluorescierenden Stelle Röntgenstrahlen ausgehen, die stark genug sind, um einen Baryumplatincyanschirm zum Aufleuchten zu bringen.

9. Zum Schlusse mögen noch einige Folgerungen Platz finden, die sich ungezwungen aus den vorstehenden Untersuchungen ergeben.

Im Abschnitt 3 habe ich gezeigt, wie verschiedene Körper, die von der Quecksilberoberfläche abgehoben wurden, ein sehr verschiedenes Ergebnis hinsichtlich ihres elektrischen Zustandes lieferten. Da drängt sich unwillkürlich die Frage auf, wie sich wohl ein und derselbe Körper, z. B. Glas, gegen verschiedene Metalle verhält.

Ich schraube eine wohl geebnete Kupferplatte auf das Elektrometer und setze eine etwa ebensogrosse Glasplatte darauf, die mit einem isolierenden Griff aus Siegellack versehen ist. Die Glasplatte wird mässig fest angedrückt und zugleich um den Griff als Achse gedreht, um eine Berührung des Glases mit der Metallplatte zu erzielen. Hierbei findet keine Bewegung des Zeigers statt. Beim Abheben schlägt der Zeiger des Elektrometers kräftig aus. Eine Platte aus Zinn gibt annähernd den gleichen Ausschlag. Dagegen erhält man bedeutend kleinere Ausschläge, wenn man die Glasplatte von einer Zinkplatte abhebt. In allen drei Fällen ist das Elektrometer negativ geladen. Wie man sieht, haftet die negative Elektrizität besser an der Kupfer- als an der Zinkplatte. Mit diesem und ähnlichen Ausdrücken beabsichtige ich weiter nichts, als die Erscheinungen, d. h. die sinnlich wahrnehmbaren Ergebnisse sinnlich nicht wahrnehmbarer Vorgänge so anschaulich wie möglich zu beschreiben.

Die Ausschläge, die man bei Anwendung der Kupferplatte am Elektrometer erhält, sind ganz erheblich grösser, im Mittel um 15 bis 20°, als die, welche man bei Anwendung der Zinkplatte erhält.

### Voltas Fundamentalversuch.

Da Kupfer gegen Glas eine bedeutend grössere Spannungsdifferenz ergibt, als Zink gegen Glas, so muss notwendigerweise bei der Trennung einer Kupferplatte von einer sie berührenden Zinkplatte die erstere eine ziemlich starke negative, die letztere eine ebensogrosse positive Ladung erhalten. Ich führe den Versuch so aus, dass ich von zwei sorgfältig eben geschliffenen Platten die Kupferplatte auf das Elektrometer schraube und die an einem isolierenden Stiel befestigte Zinkplatte aufsetze. Nun hebe ich die Zinkplatte in möglichst paralleler Lage von der Kupferplatte ab, aber die erhoffte Wirkung bleibt aus.

Ein kaum merkliches Erzittern des Aluminiumblättchens tritt ein, das ebensogut durch eine geringe elektrische Ladung bewirkt sein kann, wie durch eine kaum zu vermeidende Erschütterung des Apparats. Wie soll man sich diesen Misserfolg erklären? Ich habe früher gezeigt,

wie die durch die Trennung zweier sich berührenden Körper erzeugten Elektrizitäten das Bestreben haben, sich sofort wieder zu vereinen. In diesem Falle haben wir es nun mit zwei Leitern zu thun. Theoretisch lässt sich wohl ein genau paralleles Auseinandernehmen der beiden Platten voraussetzen, praktisch ist es unausführbar. Ist aber gleich nach der Trennung an irgend einer Stelle der Abstand der beiden Platten ein Minimum, so strömen die eben getrennten Elektrizitäten nach dieser Stelle hin, erzeugen dort eine verhältnismässig hohe Spannung und gleichen sich durch die dünne Luftschicht zwischen den Platten aus. Doch ist kaum anzunehmen, dass dieser Ausgleich ein vollständiger sein wird. Daher erscheint es nicht unmöglich, durch eine Wiederholung des Versuchs die Wirkung zu vervielfältigen. Wie das zu erreichen ist, geht aus dem letzten Versuche in Abschnitt 3 hervor. Man setzt die Zinkplatte auf die Kupferplatte, hebt erstere ab, berührt sie mit dem Finger, setzt sie wieder auf, hebt ab, entlädt sie abermals u. s. f. Nach etwa zehn- bis zwölfmaliger Wiederholung zeigt das Elektrometer einen deutlichen Ausschlag von mehreren Grad. Die Ladung ist negativ. Eine Vertauschung der Platten hat natürlich einen Wechsel des Vorzeichens der Ladung zur Folge.

Die Ausführung des Versuchs macht nicht die geringste Schwierigkeit, nur muss man darauf achten, dass die beiden Platten eine vollständig blanke Oberfläche haben. Auch hier ist es einzig und allein die Trennung der beiden Platten, die die Spannungsdifferenz auf ihnen erzeugt. Von einer chemischen Wirkung zwischen den Metallen kann dabei ebensowenig die Rede sein, wie von einer solchen bei der Berührung der Glasplatte mit der Metallplatte. Daher ist es durchaus verfehlt, den Versuch als Einführungsversuch in die Lehre vom Galvanismus zu benützen. Wie unsere Untersuchungen gezeigt haben, gehört er in das Gebiet der statischen Elektrizität.

Ein Vorgang, der sich möglicherweise auch aus den hier geschilderten Versuchen erklärt, ist die Elektrolyse. Die innigste Berührung findet im Molekül der zusammengesetzten Körper zwischen den zusammensetzenden Körpern statt. Wird ein solcher Körper, z. B. ein Salz, durch die lösende Kraft des Wassers dissociiert, so müssen die einzelnen Bestandteile nach der Trennung entgegengesetzte elektrische Ladungen besitzen. Der Körper wird durch die Lösung jonisiert (Clausius, Arrhenius). Dabei müsste man noch die Annahme machen, dass sich die Ladungen durch das Wasser nicht ausgleichen, eine Annahme, die anscheinend durch die Thatsache bestätigt wird, dass reines Wasser den elektrischen Strom nicht leitet.



Die elektrische Erregung durch Trennung zweier Körper ist sicherlich ein so gewöhnlicher Vorgang, dass fast alle Ereignisse des täglichen Lebens davon begleitet sind. Nur ist diese Erregung in den meisten Fällen so unbedeutend, dass sie sich der Wahrnehmung entzieht; in anderen Fällen gleichen sich die elektrischen Ladungen alsbald wieder durch die Luft aus oder werden nach dem Erdkörper abgeleitet.

Ich will ein Beispiel herausgreifen. Gehe ich im Zimmer hin und her, so findet durch die Schwere meines Körpers eine sehr innige Berührung zwischen den Sohlen des Stiefels und dem Fussboden statt. Beim Abheben des rechten Fusses wird dieser elektrisch, und die Elektrizität strömt auf dem kürzesten Wege über den linken Fuss zum Erdboden zurück. Beim Abheben des linken Fusses zuckt ein elektrischer Strom in entgegengesetzter Richtung über meinen Körper. Es ist leicht, diese Behauptung experimentell zu beweisen. Ich habe ja nur nötig, der Elektrizität den Rückweg zur Erde zu versperren. Zu diesem Ende stecke ich den einen Fuss in einen Gummischuh und berühre den Knopf des Elektroskops. Sobald ich den anderen Fuss in die Höhe hebe, divergieren die Blättchen des Apparates. Für diesen Versuch ist die Empfindlichkeit eines gewöhnlichen Goldblatt-elektroskopes ausreichend.











Biblioteka Politechniki Krakowskiej



II-352029

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000316090

CHNICZNE KRAKÓ

GLAWINA

431

1. X. 52. 10.000

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



II-352030

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000316092

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



II-352031

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000316093

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



II-352032

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000316094

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



II-352033

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000316095

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



II-352034

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



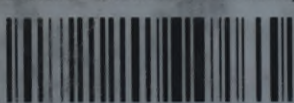
100000316096

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



II-351649

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000299088