

Universitäts- und Landesbibliothek Tirol

Encyklopaedie der Naturwissenschaften

Elektricität und Magnetismus

Winkelman, Adolph August

1893

Elektroskope und Elektrometer

man andererseits auf eine ruhende HOLTZ'sche Maschine durch die zwei Spitzenkämme Elektricität (etwa von einer anderen gedrehten Elektrisirmaschine herführend) auf die bewegliche Scheibe überströmen lässt und zwar durch den einen Kamm positive, durch den anderen negative, so rotirt die drehbare Scheibe von selbst weiter, wenn man ihr einen Anstoss gegeben hat¹⁾. Denn jeder Kamm lässt ja auf die Scheibe die gleichnamige Elektricität überströmen. Die gleich elektrisirten Stellen von Scheibe und Kamm stoßen sich aber ab, während dieselben Stellen der Scheibe von dem anderen Kamm angezogen werden. Daher rotirt die Scheibe einer Influenzmaschine, wenn man ihre Kämme mit den Conductoren einer anderen, bewegten, verbindet.

Die Influenzmaschinen von TÖPLER bestehen aus einer rotirenden Glasscheibe, welche auf der einen Seite mit 2 Sektoren von Stanniol, auf der andern Seite mit zwei Streifen von Stanniol beklebt sind. Je ein Streifen und ein Sektor sind verbunden. Auf den Streifen schleifen Pinsel von feinem Draht, welche mit den Elektroden verbunden sind, die ebenso wie bei HOLTZ an einander geschoben oder ausgezogen werden können. Unter die eine Hälfte der Glasscheibe wird eine elektrisirte Metallplatte gebracht. Diese vertheilt die Elektricität in dem, über ihr befindlichen Stanniol, so dass die gleichnamige (etwa positive) durch die eine Bürste zur Elektrode geht. Bei der Drehung wird dann die negative Elektricität dieser Belegung durch die andere Bürste zur anderen Elektrode geführt, während zugleich die erste Bürste die darunter befindliche Stelle stärker positiv ladet. So verstärken sich die Ladungen. Bei neueren Maschinen werden auf einer festen Glasscheibe zwei Papierbelegungen angebracht, die Vertheiler, während auf der beweglichen Scheibe eine Reihe von Stanniolblättchen im Kreise sich befinden, die Uebertrager, auf denen die Pinsel streifen, die mit den Elektroden wie vorher verbunden sind. Die TÖPLER'schen Maschinen sind in sehr grosser Form ausgeführt, mit zum Theil abgeänderter Construction²⁾. Es werden Maschinen fabricirt, die bis 20 rotirende Scheiben auf der Axe sitzen haben, welche sich je zwischen zwei festen Glasscheiben befinden. Eine solche Maschine giebt einen Strom, dessen Stromstärke der Umdrehungsgeschwindigkeit proportional war und bei normalem Gange 0.081 Ampère betrug. Zum Schutz gegen Staub und Feuchtigkeit befinden sich die Scheiben in einem Glasgehäuse, welches durch Gasflammen erwärmt werden kann.³⁾

GRAETZ.

Elektroskope und Elektrometer.

Elektrometer sind Instrumente, welche die Messung von Elektricitätsmengen und Potentialdifferenzen ermöglichen. Elektroskope sind Instrumente, welche Elektricitätsmengen oder Potentialdifferenzen anzeigen, ohne jedoch eine Messung derselben direkt zu gestatten. Alle Elektrometer und Elektroskope beruhen auf der Anziehungs- und Abstossungswirkung, welche elektrisirte Körper nach dem COULOMB'schen Gesetz auf einander ausüben. In den meisten Fällen werden die

¹⁾ POGGENDORFF, POGG. Ann. 139, pag. 513. 1870.

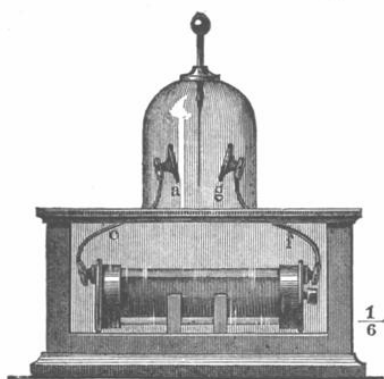
²⁾ TÖPLER, Elektrotechn. Zeitschr. 1, pag. 56. 1886.

³⁾ Weitere Literatur über Influenzmaschinen s. HEMPEL, WIED. Ann. 25, pag. 493. 1885. ELSTER und GETTEL, WIED. Ann. 25, pag. 493. 1887. LOMMEL, WIED. Ann. 25, pag. 678. 1887. HILLAIRET, Bull. Soc. internat. des élect. 2, pag. 324. 1885.

Elektrometer nur benutzt, um Ladungen oder Potentiale mit einander zu vergleichen, speciell sie auch mit der festgewählten Einheit der Elektricitätsmenge und des Potentials zu vergleichen und dann so ihre absoluten Werthe festzustellen. Dagegen giebt es auch Elektrometer, welche die erwähnten Kräfte direkt im mechanischen Maass zu bestimmen gestatten; diese ergeben also von selbst die Elektricitätsmengen und Potentiale in mechanischem (absolutem) Maass. Man nennt diese deshalb absolute Elektrometer.

Von den Elektroskopen ist das einfachste eine pendelnde Hollundermarkkugel, welche an einem Stäbchen befestigt ist, das auf einen elektrisirten Leiter aufgesetzt wird. Durch Influenz wird sie elektrisch und von dem Leiter abgestossen, wodurch sie sich, je nach der Stärke seiner Ladung, um einen mehr oder minder grossen Winkel hebt.

Gebräuchlicher, weil empfindlicher, ist das Goldblattelektroskop. Zwei dünne Streifen von Blattgold sind an einem metallischen Stil befestigt, der an



(P. 16.)

seinem andern Ende eine Kugel oder eine Platte trägt. Der Stil ist durch den Hals eines Glasgefässes gesteckt, in dessen Innerem die Goldblättchen schweben, wodurch sie einerseits isolirt, andererseits den Luftströmungen nicht ausgesetzt sind. Der Knopf wird mit dem Körper berührt, dessen Elektricität angezeigt werden soll. Um etwaige Elektrisirungen der Glashülle, die uncontrolierbar sind, einflusslos zu machen, ersetzte BEETZ¹⁾ die Glashülle durch eine Metallhülle mit Glasfenster. Das Elektroskop von BOHNENBERGER (Fig. 16) besteht aus einem einzigen Goldstreifen, das auch an einem Metallstil mit Knopf befestigt ist und

in einem Gehäuse in der Mitte zwischen zwei Platten vertikal hängt, welche mit den Enden einer ZAMBONI'schen (trocknen) Säule (bestehend aus an einander geschichteten kreisförmigen Gold- und Silberpapierblättchen, die mit ihren Papierseiten an einander geklebt sind) verbunden und dadurch (die eine positiv, die andere negativ) elektrisch sind. Wird das Goldstreifen geladen, so wird es von der ungleichnamigen Platte angezogen, von der gleichnamigen abgestossen. Das Elektroskop giebt also sowohl die Elektrisirung als ihre Art zu erkennen. Alle Elektrometer sind natürlich von selbst auch als Elektroskope benutzbar.

Die Elektrometer lassen sich in zwei Klassen theilen. Bei denen der ersten werden zwei isolirte Leiter, beide, mit Elektricität von dem zu untersuchenden Conductor versehen, wodurch sie einander abstossen. Dazu gehören die Drehwaage, das Sinuselektrometer, das absolute Elektrometer von THOMSON.

Die Elektrometer der zweiten Klasse enthalten einen durch eine fremde Quelle stets geladenen Leiter und die zu messende Elektricitätsmenge wird einem andern Leiter mitgetheilt. Die entstehenden Anziehungs- oder Abstossungskräfte werden gemessen. Zu diesen gehören das Elektrometer von HANKEL und das Quadrantelektrometer von THOMSON mit seinen Modifikationen.

Sobald man die beiden Leiter, den festen und beweglichen, elektrisirt und dann isolirt, so ist die auf ihnen befindliche Elektricitätsmenge das Objekt der Messung. Wenn man dagegen diese Leiter (oder einen von ihnen) mit Körpern

¹⁾ BEETZ, POGG. Ann. 158, pag. 320. 1876.

dauernd verbindet, die bestimmtes Potential haben, so dass die Leiter auf demselben Potential sind, so werden durch die Elektrometer Potentiale gemessen.

Die COULOMB'sche Drehwaage besteht aus einem cylindrischen Glasgefäß, oben mit einer Glasplatte verschlossen, welche eine lange Glasröhre trägt. In der Glasröhre befindet sich ein Draht, der oben an einem Theilkreis befestigt ist, während er unten in der Mitte des Glaszylinders eine horizontale Fassung trägt, durch die der horizontale Waagebalken der Drehwaage hindurchgeht. Der Waagebalken besteht aus einem Schellackcylinder mit angeklebten Glasfäden, und trägt an dem einen Ende eine vergoldete dünne Hollundermarkkugel, an dem andern eine vertikal gestellte kleine Glimmerscheibe. Durch eine seitliche Oeffnung der Glasscheibe auf dem Cylinder wird eine Hollundermarkkugel (oder auch Metallkugel), die an einem Glas- oder Schellackstab befestigt ist, bis in die Höhe der beweglichen Kugel eingeschoben. Diese heisst die Standkugel. Die Stellung des Waagebalkens wird entweder auf einer Skala abgelesen, die in dem Glaszylinder eingerissen oder auf ihn aufgeklebt ist, oder sie wird durch ein Fernrohr mit Okularmikrometer beobachtet. Zweckmässig kann man auch an der Axe des Balkens einen Spiegel befestigen, den man mit Fernrohr und Skala beobachtet. Die Torsion des Fadens wird an dem Torsionskreis oben abgelesen. Standkugel und bewegliche Kugel werden gleichnamig elektrisirt, indem man die bewegliche zuerst mit der elektrisirten Standkugel in Berührung bringt. Wenn zunächst beide Kugeln unelektrisch sind, so möge der Winkel, den der Waagebalken mit dem durch die Standkugel gehenden Radius bildet, gleich φ sein. Werden dann beide Kugeln geladen und bildet nun im Gleichgewicht der Waagebalken den Winkel ϑ mit der Axe, so ist die Entfernung der beiden Kugelmittelpunkte von einander $2a \sin \frac{\vartheta}{2}$, wenn a den Abstand jeder Kugel vom Centrum der Drehwaage bezeichnet.

Ist in dieser Stellung die Kraft zwischen beiden Kugeln F , so ist $F \cos \frac{\vartheta}{2}$, die Kraft senkrecht zum Hebelarm der beweglichen Kugel, also $Fa \cos \frac{\vartheta}{2}$ das Drehungsmoment der Kraft um den Aufhängefaden. Ist M der Torsionscoefficient des drehbaren Theiles, so ist

$$Fa \cos \frac{\vartheta}{2} = M(\vartheta - \varphi).$$

M ist bekannt und leicht zu bestimmen. Wenn K das Trägheitsmoment des Waagebalkens und T die Dauer einer Torsionsschwingung ist, so ist

$$M = 4\pi^2 \frac{K}{T^2}.$$

Daraus bestimmt man F und da $F = \frac{ee'}{4a \left(\sin \frac{\vartheta}{2}\right)^2}$ ist, so ergibt sich

$$ee' = 4M(\vartheta - \varphi) a \sin \frac{\vartheta}{2} \tan \frac{\vartheta}{2}.$$

Dabei ist jedoch nicht beachtet, dass die geladenen Kugeln auf dem Glasgehäuse Elektricität influenziren. Angenähert kann man diesen Einfluss berechnen.¹⁾ Bezeichnet nämlich b den Radius des Gehäuses der Drehwaage, so ist die genauere Formel

$$ee' = \frac{M(\vartheta - \varphi)}{a^2 \sin \vartheta \left(\frac{1}{8a^3 \sin^3 \frac{\vartheta}{2}} - \frac{1}{b^3} \right)}.$$

¹⁾ MAXWELL, Treatise on Electr. I. pag. 342 (deutsche Ausgabe).

Das Elektrometer von DELLMANN¹⁾ mit der Verbesserung von R. KOHLRAUSCH²⁾ ist äusserlich der Drehwaage ähnlich. Ein Metallgehäuse mit oberer Spiegelglasplatte trägt eine Glasröhre, in der oben in einem Torsionskreis ein Glasdraht befestigt ist. Der Glasdraht trägt unten einen geraden Silberstreifen (Nadel) mit kugelförmigen Enden, welcher vor einem Silberstreifen spielt, der isolirt auf dem Boden des Metallgehäuses aufsitzt. Im Boden des Gehäuses ist eine Kreistheilung angebracht. Die Einstellung der Nadel wird durch eine Lupe beobachtet. Den Silberstreifen kann man bis zur Berührung mit der Nadel heben. Beim Gebrauch stellt man die Nadel senkrecht zum Streifen, bringt sie zur Berührung mit dem Silberstreifen und theilt ihnen zusammen Elektricität mit. Dadurch stossen sich Streifen und Nadel ab und man muss den Glasdraht um einen Winkel α tordiren, damit Streifen und Nadel einen bestimmten Winkel β mit einander bilden. Bei einer andern Elektricitätsmenge e_1 muss man den Glasfaden um einen andern Winkel α_2 tordiren. Es ist dann

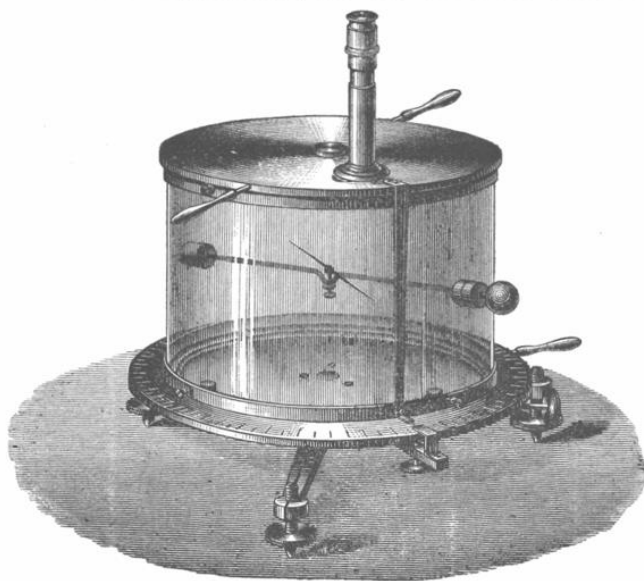
$$e^2 = \text{const} (\alpha + \beta), \quad e_1^2 = \text{const} (\alpha_1 + \beta),$$

also

$$\frac{e}{e_1} = \sqrt{\frac{\alpha + \beta}{\alpha_1 + \beta}}.$$

Sinuselektrometer von RIESS.

Das Sinuselektrometer von RIESS³⁾ (Fig. 17) benutzt als beweglichen Leiter eine Magnetnadel, die auf der Mitte eines Metallstabes auf einer Spitze



(P. 17.)

drehbar befestigt ist. Der Stab ist durch einen Glas-cylinder hindurchgesteckt, an den Wänden eingekittet. Der Glas-cylinder ist oben mit einer drehbaren Metallplatte verschlossen und sitzt unten drehbar auf einer Kreistheilung auf. Beim Gebrauch wird der Stab und mit ihm die Magnetnadel elektrisirt und diese wird dadurch aus ihrer früheren Standlage um einen Winkel abgelenkt. Man dreht nun den ganzen Cylinder mit Stab nach, so dass die Nadel wieder dieselbe Lage gegen den Stab hat,

wie früher. Ist φ der Winkel, um den der Cylinder nachgedreht wurde, so wirkt der Erdmagnetismus mit einer Kraft, die proportional $\sin \varphi$ ist, auf die Nadel, es ist also

$$e^2 = C \cdot \sin \varphi \quad \text{und} \quad e_1^2 = C \cdot \sin \varphi_1,$$

wenn C eine Constante, e und e_1 zwei Ladungen des Systems sind. Also ist

¹⁾ DELLMANN, POGG. Ann. 55. 1848. 86. 1852.

²⁾ R. KOHLRAUSCH, POGG. Ann. 72. 1847. 74. 1848.

³⁾ RIESS, POGG. Ann. Bd. 96, pag. 513. 1855.

$$\frac{e}{e_1} = \sqrt{\frac{\sin \varphi}{\sin \varphi_1}}.$$

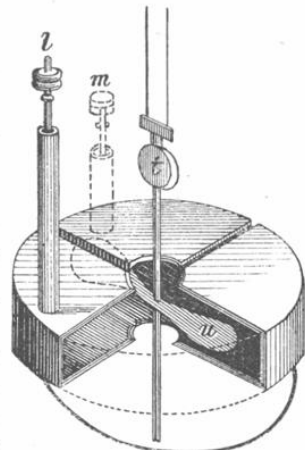
Diese Apparate isoliren also die Elektricitätsmengen, welche auf das bewegliche System übergeführt sind und messen daher direkt die Ladungen.

Elektrometer von HANKEL.

Von den Elektrometern der zweiten Art ist das HANKEL'sche das einfachste. Es ist ein zum Messen eingerichtetes BOHNENBERGER'scher Elektroskop. Ein Goldblättchen befindet sich zwischen Metallplatten, welche mit den Polen einer Batterie von VOLTA'schen Elementen (100—200 Gläser mit Wasser als Flüssigkeit Zink und Kupfer als Metallen isolirt auf Schellack oder Paraffin gesetzt) verbunden sind. Die Metallplatten lassen sich durch eine Mikrometerschraube auf einer Theilung verschieben, so dass sie einander genähert oder von einander entfernt werden können. Die Stellung des Goldblattes wird durch ein Mikroskop mit Okularmikrometer beobachtet. Das Goldblatt ist ziemlich lang und an einem Metallstab befestigt, der aus dem Gehäuse des Elektrometers herausragt und einen Knopf trägt, durch den er mit dem Untersuchungskörper verbunden werden kann. Zwischen Säule und Platten befindet sich noch ein isolirter Commutator, um die Art der Elektricität auf den Platten wechseln lassen zu können. Die Platten befinden sich auf einem bestimmten Potential und haben bestimmte Elektricitätsmengen. Das Goldblatt erhält eine Elektricitätsmenge, die dem Potential des Untersuchungskörpers proportional ist. Der Ausschlag des Goldblättchens, der immer klein bleibt, ist daher dem Potential des untersuchten Körpers proportional. Nach demselben Princip hat BRAUN¹⁾ einfache Elektrometer construirt, welche die Potentiale direkt in VOLTS abzulesen gestatten²⁾.

Quadrantelektrometer von W. THOMSON.

Das Quadrantelektrometer von W. THOMSON, das empfindlichste und am meisten benutzte Elektrometer, hat folgende Einrichtung. Eine cylindrische Kapsel aus Messing, (Fig. 18), ist in vier Quadranten zerschnitten, welche durch Glasfüsse in dem Apparat befestigt sind. Drei Quadranten sind fest, der vierte lässt sich mikrometrisch verschieben. Innerhalb der Quadranten schwingt eine lemniskatenförmig geschnittene Nadel *M* aus Aluminiumblech, welche an einem feinem Coconfaden aufgehängt ist, der einen kleinen Spiegel trägt zur Beobachtung mit dem Fernrohr oder in der THOMSON'schen Construction zur Entwerfung des Bildes einer Lampe auf eine Skala. Unterhalb der Nadel, als Verlängerung der Cocons, befindet sich ein Platindraht, der in Schwefelsäure taucht. Je zwei gegenüberstehende Quadranten sind mit einander und mit je einem Knopf *l*, *m* verbunden, der auf dem Deckel des Apparates steht. Durch diese Knöpfe werden die Quadranten mit den beiden Leitern verbunden, deren Potentialdifferenz gemessen werden soll, von denen der eine auch die Erde sein kann. Die Nadel wird stets auf einem constanten hohen



(P. 18.)

¹⁾ BRAUN, WIED. Ann. 31, pag. 856. 1887.

²⁾ Ueber das Goldblattelektroskop s. KOLACZEK, WIED. Ann. 28, pag. 525. 1886.

Potentialniveau gehalten. Das hat THOMSON dadurch erreicht, dass er den ganzen Apparat in eine Glasglocke setzte, welche unten die Schwefelsäure enthält, aussen mit Staniol beklebt war, und so eine Leydener Flasche bildete, die durch einen in die Schwefelsäure tauchenden Draht von aussen geladen werden konnte. Von der Schwefelsäure ging dann die Ladung durch den Draht zur Nadel. Zugleich dient die Schwefelsäure zur Dämpfung der Nadelschwingungen. Bei anderen (nicht den Original-) Quadrantelektrometern wird das hohe Potential der Nadel dadurch hervorgebracht, dass man einen Pol einer vielpaarigen Säule mit der Schwefelsäure verbindet, den andern ableitet. Dann sind die Quadranten auch nicht in einer Leydener Flasche befestigt, sondern stehen in einem Glas oder Metallgehäuse.

Bei den THOMSON'schen Elektrometern ist noch eine Vorrichtung angebracht, um das Potential der inneren Belegung der Flasche und damit der Nadel auf constantem Niveau zu erhalten und dies zu erkennen. Das erste erreichte THOMSON durch den Replenisher (Füllapparat), der auf pag. 55 beschrieben und erklärt ist. Um die Constanz der Ladung zu prüfen, ist die innere Belegung der Flasche verbunden mit einer kreisförmigen Metallplatte und einem darüber befindlichen Aluminiumblech, welches in einen langen Hebel ausläuft. Der Hebel trägt, wie beim Schutzringeletrometer näher besprochen werden wird, ein Haar, das zwischen zwei Marken einsteht, wenn die Ladung unverändert geblieben ist. Der Replenisher wird so lange gedreht, bis diese Einstellung erfolgt ist.

Ist V das Potential der Nadel, V_1 und V_2 die Potentiale der beiden Quadrantenpaare, so ist die Ablenkung der Nadel¹⁾

$$D = (V_1 - V_2)[V - \frac{1}{2}(V_1 + V_2)].$$

Ist nun V sehr gross gegen $V_1 + V_2$, so ist

$$D = (V_1 - V_2)V$$

und bei zwei verschiedenen Potentialdifferenzen $V_1 - V_2$ und $V_1' - V_2'$ sind die entsprechenden Drehungen der Nadel D und D_1 .

$$D = (V_1 - V_2)V, \quad D_1 = (V_1' - V_2')V.$$

Ist das eine Quadrantenpaar (II) zur Erde abgeleitet, so ist

$$D = V_1 V, \quad D_1 = V_1' V,$$

also

$$\frac{D}{D_1} = \frac{V_1}{V_1'}.$$

V_1 resp. V_1' ist das Potential des Leiters, wenn dieser mit dem Quadrantenpaar verbunden ist. Es sei K die Capacität des Leiters, K' die des betreffenden Quadrantenpaares, A das gesuchte Potential des Leiters ohne Verbindung mit den Quadranten, A' das der Quadranten, so ist

$$V_1 = \frac{KA + K'A'}{K + K'},$$

also

$$A = V_1 + \frac{K'}{K}(V_1 - A').$$

Ist also K gross gegen K' oder $V_1 - A'$ sehr klein, so ist $A = V_1$.

Ueber die verschiedenen Schaltungsweisen der Quadranten und der Nadel liegt eine Untersuchung von HALLWACHS vor.²⁾

¹⁾ MAXWELL, Treatise I., pag. 353 (Deutsche Ausgabe.)

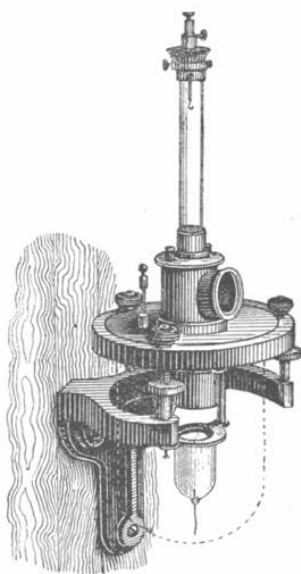
²⁾ HALLWACHS, WIED. Ann. 29, pag. 1. 1886.

Bei dem Cylinderquadrantelektrometer von EDELMANN (Fig. 19) sind die Quadranten cylindrisch in die Länge gezogen und die Nadel hat zwei den Quadranten parallele cylindrisch gebogene Endflächen. Die Dämpfung wird durch Schwefelsäure bewirkt, die Ladung der Nadel durch eine vielpaarige Wassersäule. Ein kleiner Magnet giebt der Nadel die Nullstellung.

Andere Abänderungen des THOMSON'schen Quadrantelektrometers sind von RIGHI¹⁾, MASCART u. A. angegeben worden²⁾.

Capillarelektrometer von LIPPMANN.

Auf ganz anderen Principien beruht das LIPPMANN'sche Capillarelektrometer³⁾, welches direkt zur Messung von Potentialen geeignet ist. Dasselbe basirt auf der Veränderung der Capillarconstante zwischen Quecksilber und Schwefelsäure durch Abscheidung von Wasserstoff an ihr. Es besteht (Fig. 20) aus einer langen Glasröhre, welche unten in eine sehr feine ($\frac{1}{1000}$ mm) Spitze ausläuft. Diese Spitze taucht in ein Gläschen, dessen Boden mit Quecksilber bedeckt ist, während darüber verdünnte Schwefelsäure ($\frac{33}{100}$) steht. Glasröhre und Spitze sind mit Quecksilber gefüllt. In der Spitze befindet sich die zu polirisirende Grenzfläche zwischen Quecksilber

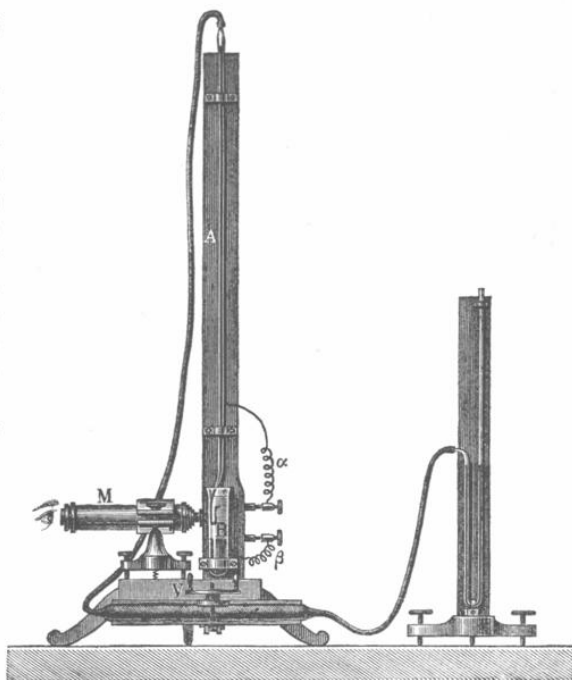


(P. 19.)

¹⁾ RIGHI, Mem. del Istituto di Bologna (3) 7, pag. 193. 1876.

²⁾ Weitere Literatur darüber s. HOPKINSON, Phil. Mag. (5) 19, pag. 291. 1885. BICHAT u. BLONDLOT, Compt. rend. 102, pag. 753; 103, pag. 245. 1886. LIPPMANN, Compt. rend. 102, pag. 666. 1886. CARPENTIER, Compt. rend. 104, pag. 1694. 1887. HARTWICH, WIED. Ann. 35, pag. 772. 1888. VOLLER, WIED. Ann. 34, pag. 286. 1888. GOUY, Journ. d. phys. (2) 7, pag. 97. 1888; Compt. rend. 110, pag. 1125. 1890. GUGLIELMO, Riv. Scient. Industr. 1887. LEDEBOER et MANOEUVRIER, Compt. rend. 105, pag. 571. 1887. GÖTZ u. KURZ, Ber. d. Münch. Akad. 1887, pag. 195.

³⁾ LIPPMANN, POGG. Ann. 149, pag. 547. 1873; Compt. rend. 76, pag. 1407. 1873; Ann. chim. et phys. (5) 5, pag. 494. 1875; Beibl. 4, pag. 480. 1880; Compt. rend. 83, pag. 278. 1876. GRAETZ, Beibl. 3, pag. 633. E. v. FLEISCHL, Archiv für Anatomie u. Physiologie 1879, pag. 283. CHERVET, Compt. rend. 97, pag. 669. 1883. CLAVERIE, Journ. de phys. (2) 2, pag. 420. 1883. OSTWALD, OSTWALD's Zeitschr. I, pag. 403. 1887. BERGET, Lum. él. 37, pag. 63. 1890. PASCHEN, WIED. Ann. 39, pag. 43. 1890.



(P. 20.)

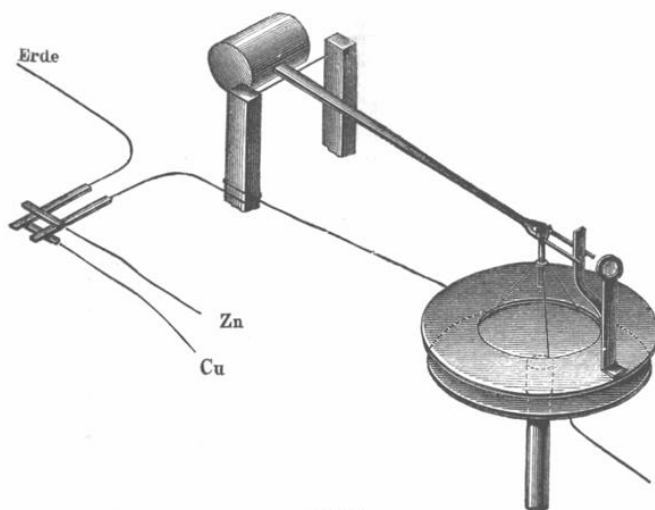
und Schwefelsäure, die durch ein Mikroskop mit Mikrometer beobachtet wird. Das Quecksilber in der Röhre ist mit dem negativen Pol, das im Gefäß mit dem positiven Pol verbunden, deren Potentialdifferenzen gemessen werden sollen. Durch die Polarisation wird Wasserstoff abgeschieden, der Meniskus geht zurück und man bringt ihn durch Luftdruck wieder an dieselbe Stelle. Zu dem Zweck ist die Glasröhre durch einen Schlauch mit einem Kautschuksack verbunden, der zwischen Brettern liegt und durch Zusammenschrauben derselben zusammengepresst werden kann. Der Druck wird an dem seitlich angebrachten Manometer gemessen und ist ein Maass für die Potentialdifferenz. Das Elektrometer kann nur bis zu Potentialdifferenzen von 0.9 DANIELL angewendet werden.

Absolutes Schutzringeletrometer von THOMSON.

Dieses Elektrometer dient dazu, um Elektrizitätsmengen in absolutem Maass aus der Kraft zu bestimmen, mit der sie sich anziehen oder abstossen. Wenn zwei Metallscheiben mit verschiedenem Potential einander sehr nahe gebracht werden, so ist die Elektrizität auf beiden fast allein auf den einander zugewendeten Flächen vorhanden und dort gleichförmig vertheilt, bis auf ein kleines Stück in der Nähe des Randes. Die Ladung E jeder Scheibe ist dann proportional ihrer Grösse F , ferner der Potentialdifferenz gegen die andere Scheibe $V_1 - V_2$ und umgekehrt proportional dem Abstand der Scheiben d , also

$$E_1 = \frac{F_1(V_1 - V_2)}{d}, \quad E_2 = \frac{F_2(V_2 - V_1)}{d}.$$

Um nur den gleichförmig geladenen Theil zu benützen, machte THOMSON¹⁾ den centralen Theil der einen Scheibe allein beweglich, während der übrige



(P. 21.)

Theil fest bleibt und einen Schutzring bildet. Der Apparat (Fig. 21) besteht also aus einer festen Platte, die auf einem Ebonitstab ruht, welcher durch eine Mikrometerschraube auf- und abbewegt werden kann. Ihr parallel befindet sich die obere Platte, bestehend aus dem Schutzringe, der befestigt, und aus der beweglichen Platte, die an einem Waagebalken an drei Fäden aufgehängt ist. Der Waagebalken ist

durch ein Gegengewicht äquilibrirt. Sein Ende, an dem die bewegliche Scheibe hängt, ist gabelförmig gestaltet und über der Gabel ist ein feines Haar gespannt, das durch eine Lupe beobachtet und zwischen zwei Punkte auf einer Emailplatte eingestellt wird. Dies kann auf weniger als 0.005 mm genau gemacht werden. Diese Einstellung dient dazu, um die bewegliche Scheibe immer genau in der Ebene des Schutzrings zu haben. Diese Lage nennt man Visirlage. Auf den

¹⁾ THOMSON, Reprint. of Papers, pag. 281.

Ring ist ein Metallgehäuse gesetzt, welches die bewegliche Scheibe umgibt. Ring, Gehäuse und bewegliche Scheibe sind leitend verbunden, aber von den übrigen Theilen des Apparates isolirt.

Um die Potentialdifferenz zweier Leiter absolut zu messen, verbindet man die beiden Platten jeden mit einem der Leiter, hebt das Gewicht G ab, das die Platte in der Visirlage hält, und schraubt die feste Scheibe so lange in die Höhe, bis sie durch die elektrische Anziehung die bewegliche Scheibe wieder in die Visirlage gezogen hat. In dieser Stellung ist die elektrische Anziehung gleich diesem Gewicht G (d. h. der Masse M mal der Beschleunigung g). Die Anziehungskraft ist aber, wenn F die Fläche der beweglichen Scheibe, V die gesuchte Potentialdifferenz, d der Abstand ist, gleich

$$\frac{V^2 F}{8\pi d^2},$$

also wird

$$V = d \sqrt{\frac{8\pi G}{F}},$$

Der Abstand d wird dadurch bestimmt, dass man die Stellung der Mikrometerschraube abliest, wenn die feste Scheibe bis ganz zur Berührung mit der beweglichen und dem Schutzring gehoben ist und davon abzieht die Stellung der Schraube bei der jeweiligen Messung. Damit die elektrische Anziehung hinreichend gross sei bei nicht zu geringem Abstand der Platten, verbindet THOMSON Schutzring und bewegliche Platte mit einer constant geladenen Leydener Flasche und zwar bildet, wie in seinem Quadrantelektrometer, das Gehäuse des Elektrometers selbst die Flasche. Um ihre Ladung constant zu erhalten, ist dann noch ein Replenischer angebracht und zur Erkennung der Constanz ein Prüfelektrometer, wie beim Quadrantelektrometer beschrieben wurde. Die feste Platte wird dann mit dem Körper verbunden, dessen Potential gemessen werden soll. Es ergiebt sich aus dem äquilibrirenden Gewicht und dem Abstand d der absolute Werth der Differenz dieses Potentials gegen das der Leydener Flasche. Man kann auf diese Weise dann andere Elektrometer mit diesem absoluten graduiren. Aehnliche Elektrometer sind in THOMSON, Reprint of Papers, pag. 292 ff., beschrieben¹⁾. GRAETZ.

Eigenschaften der Dielektrika.

I. Grundthatsachen in Bezug auf dielektrische Eigenschaften der Körper.

Die Gesetze der Elektrostatik, wie sie aus dem COULOMB'schen Gesetz sich ergeben, insbesondere die Vertheilung der Elektrizität auf Leitern durch Influenz nehmen keine weitere Rücksicht auf die zwischen den Leitern befindlichen Isolatoren als die, dass sie ihnen eben die isolirende Eigenschaft zuschreiben. Obwohl indess schon von MUSSCHENBROEK, WILKE, CUTHBERSON und CAVENDISH²⁾ gefunden war, dass die Substanz des isolirenden Mediums selbst einen Einfluss

¹⁾ S. JAUMANN, Wien. Ber. 95 (2), pag. 651. PIONCHON, Journ. de phys. (2), pag. 231. 1890. S. auch das Schraubenelektrometer von THOMSON (long range electrometer) bei QUINCKE, WIED. Ann. 19, pag. 560. 1883

²⁾ S. die Literatur in WIEDEMANN, Elektrizität, Bd. II, pag. 1. 1883.