Sitzungsberichte

der

mathematisch-physikalischen Classe

der

k. b. Akademie der Wissenschaften

zu München.

Band VI. Jahrgang 1876.

München.
Akademische Buchdruckerei von F. Straub.
1876.

In Commission bei G. Franz.

Herr W. Beetz trug vor:

Ueber anomale Angaben des Goldblattelectroskops.

Dasjenige Goldblattelectroskop, welches in den physikalischen Cabineten allein noch angewandt zu werden pflegt, ist das Kugelelectroskop [1]). Für die meisten feineren Untersuchungen ist dasselbe zwar durch das Säulenelectroskop fast ganz verdrängt und zur Demonstration in den Vorlesungen eignet es sich seiner kleinen Dimensionen wegen auch nicht besonders; (ich bediene mich statt seiner für diesen Zweck stets des sehr empfindlichen und weithin sichtbaren Bifilarelectroskops [2]); immerhin ist aber das Goldblattelectroskop noch vielfach in Anwendung, z. B. wenn man untersuchen will, ob ein Körper ein Leiter der Electricität ist, oder nicht.

Soll ein solches Electroskop geladen werden, so lässt man die auf der Oberfläche eines geriebenen Körpers vorhandene Electricität in der Regel nur durch Influenz auf den Leiter des Electroskops wirken; unter Umständen theilt man diesem aber auch direct durch Berührung Electricität mit, z. B. wenn man die Anwendung des Electroscops zeigen will, ehe man die Lehre von der Influenz erläutert hat. In einem solchen Falle fand Herr Forster [3]), dass das Electroskop, wenn es durch Berührung mit einem stark negativ electrischen Körper geladen worden war, eine positive Ladung angenommen hatte. Die Erklärung, welche derselbe von dieser sonderbaren Erscheinung giebt, ist folgende: „Nähert

[1]) P. Riess, die Lehre von der Reibungselectricität, 1853. I. p. 60.
[2]) W. Beetz, Bifilarelectroskop, Carl. Rep. IX. p. 182.
[3]) Poggend. Ann. CXLIV. p. 489. 1871.

man dem Knopf des Electroskops die stark negativ electrische Stange, so findet Vertheilung der Electricitäten im Electroskop statt. Die + E strömt in den Knopf, in welchem sie durch die — E der Stange gebunden wird; die — E strömt in die Blättchen, welche unter ihrem Einflusse divergiren. Unter dem Einflusse der Stange strömt - E aus dem Electroskop ab, während im Knopf sich immer mehr + E sammelt und gebunden wird. Im Momente des Berührens von Stange and Knopf giebt die Stange diejenige Menge — E, welche an der Berührungsstelle vorhanden ist, an den Knopf ab und neutralisirt in demselben eine entsprechende Menge + E. Da aber die mit dem Knopfe nicht in unmittelbarer Berührung befindlichen Theile der Stange ihre — E nicht abgeben, so wird dieser Ueberschuss von — E die angedeutete Vertheilung und Bindung fortsetzen, in Folge dessen sich im Knopfe viel mehr gebundene + E, als in den Blättchen freie — E ansammelt, weil ein fortwährender Verlust an — E des Electroskops stattfindet."

Diese Erklärung ist ohne Frage richtig, nur lässt sie einen Umstand unerörtet, nämlich den: wohin strömt die — E aus dem Electroskop unter dem Einfluss der — E der Stange? Dies wird sofort klar, wenn man nicht nur die eine beschriebene Thatsache betrachtet, sondern die ganze Reihe der abnormen Erscheinungen, welche das Electroskop zeigt.

Ich stellte meine Versuche mit verschiedenen Electroskopen und verschiedenen Electricitätsquellen an, will aber in der Folge immer von ein und demselben Electroskop, einem Kugelelectroskop von Schubert in Gent mit Aluminiumblättchen, und immer von ein und derselben Electricitätsquelle, einer mit Katzenfell geriebenen Siegellackstange reden.

1) Nähert man die Stange dem Knopfe des Electroskops, ohne denselben zu berühren, so divergiren die Blättchen

und zwar zeigen sie nach Entfernung der Stange, wenn die Annäherung einige Secunden gedauert hatte oder die Stange langsam über den Knopf hingeführt worden war, positive Electricität. (Auch dies hat Herr Forster schon beobachtet). Ueberlässt man nun das Electroskop sich selbst, so fallen die Blättchen langsam zusammen. Berührt man aber den Knopf, so lange die Divergenz noch dauert, einen Moment leitend, so fallen die Blättchen plötzlich zusammen, allmählich aber gehen sie wieder auseinander und zwar mit negativer Electricität. Dieser Vorgang zeigt, wohin die — E aus dem Electroskop geströmt ist: nämlich auf die innere Glasfläche. Sobald die — e Stange dem Knopfe genähert wird, strömt — E aus den Blättchen auf die Glasfläche; im Knopfe bleibt aber + E. Entfernt man die Stange, so divergiren die Blättchen mit + E, saugen aber langsam die — E von der Glasfläche wieder ein und der Versuch ist zu Ende. Berührt man aber sofort den Knopf des mit + E geladenen Electroskops, so wird diese abgeleitet, die unelectrisch gewordenen Blättchen saugen aber ebenfalls die — E von der Glasfläche wieder ein und divergiren mit derselben. Haben sie das Maximum der Divergenz erreicht und man berührt den Knopf, so wird das Electroskop entladen.

2) Berührt man den Knopf mit der Stange und entfernt diese dann, so divergiren die Blättchen heftig mit positiver Electricität; die Divergenz verliert sich nur schwer. Berührt man den Knopf, so bleibt die Divergenz mit positiver Electricität bestehen. Sehr allmählich nimmt sie ab; berührt man unterdess wieder den Knopf, so nimmt sie sogar wieder zu und nur sehr schwer nimmt das Electroskop seinen völlig unelectrischen Zustand wieder an. Die Erklärung dieser auffallenden Erscheinung ist folgende: Beim Berühren des Knopfes mit dem stark — e Körper wird das Electroskop ganz in der von Herrn Forster angegebenen

Weise mit + E geladen. Hat man statt der geriebenen Siegellackstange eine geriebene Ebonitplatte genommen, so sieht man beim Aufstreuen eines Gemisches von Schwefel- und Mennigepulver eine positive Staubfigur an der Stelle entstehen, an welcher der Funke zwischen dem Knopf und der Platte übergegangen ist. Nach dieser Richtung entweicht also, wie sich von selbst versteht, + E aus dem Knopfe; aber die — E, durch deren Austritt die + e Ladung des Electroskops allein erklärt werden kann, ist in grosser Menge auf die Glasfläche übergetreten. Berührt man den Knopf, so leitet man die + E nicht ab, weil sie zu stark durch jene, auf der Glasplatte ausgebreitete — E gebunden ist. Fallen die Blättchen langsam zusammen, und man berührt den Knopf wieder, so ist immer noch — E genug auf dem Glase vorhanden, um durch Influenz bedeutende Mengen von + E in den Blättchen festzuhalten. Man nimmt also durch Berührung nur die in die Blättchen zurückgekehrte und nicht gebundene — E, aber nicht die + E fort. Nur langsam kann die grosse Menge der auf dem Glase haftenden Electricität ihren Ausweg durch die Blättchen finden.

Alle beschriebenen Erscheinungen setzen gar nicht etwa sehr kräftige Electricitätsquellen voraus; man kann dieselben auch mit einem an einem Kautschuktuch oder an Amalgam geriebenen Glasstabe leicht hervorrufen. Wohl aber ist die Länge der Blättchen nicht gleichgültig: mit etwas längeren Blättchen treten alle Erscheinungen stärker auf; selbstverständlich dürfen dieselben unter keinen Umständen bis an die Kugelwände reichen.

Wenn nach diesen Angaben das Electroskop geradezu eins der unbrauchbarsten physikalischen Instrumente zu werden scheint, so ist dies nur deshalb der Fall, weil man eine höchst einfache Zugabe zum Electroskop, welche Herr Riess in der oben angezogenen Beschreibung desselben ganz

klar angegeben und abgebildet hat, als ganz überflüssig unbeachtet gelassen hat: das ist die Stanniolbekleidung auf der Aussenseite der Glaskugel, welche den Messinghals des Instrumentes mit dessen Fussgestell leitend verbindet. Die älteren Electroskope von Cavallo, Volta, Bennet trugen solche Stanniolbelege an der Innenseite des Glasgefässes, um die etwa zu stark divergirenden Pendel zu entladen, wenn sie an die Gefässwände anschlagen. Am Kugelelectroskop sind die Belege aussen angebracht; hiedurch sind zunächst die störenden Einflüsse vermieden, welche durch jede noch so leichte Reibung der den Blättchen gegenüberstehenden Glaswände entstehen müssen, dann aber wird auch die aus den Blättchen auf die Innenseite der Glaswände überströmende Electricität sofort grösstentheils gebunden. Der geringe ungebunden bleibende Ueberschuss, im betrachteten Falle — E, reicht deshalb nicht hin, um eine erhebliche Menge + E in den Blättchen festzuhalten, und deshalb divergiren dieselben selbst nach der Berührung mit dem — e Körper niemals mit + E, sondern, wie man es immer erwartet hat, mit — E. Berührt man den Knopf der Electroskops, während die Blättchen divergiren, so erfolgt in der That eine Entladung und ebenso kann man das nicht mit Stanniolbelegen versehene Electroskop scheinbar vollständig entladen, wenn man die untere Kugelhälfte mit einer Hand bedeckt, während man mit der anderen den Knopf berührt. Aber eine solche Entladung trifft noch nicht die Glaskugel, in welcher vielmehr beide Electricitäten wie in einer leydener Flasche festgehalten sind, so dass je nach zufälligen Umständen doch noch Störungen in den normalen Angaben des Electroskops stattfinden können. Ebenso wirkt jeder noch so schwach leitende Ueberzug auf der äusseren Glasfläche, z. B. Feuchtigkeit, bindend auf die innen haftende Electricität; die oben beschriebenen Vorgänge finden deshalb am reinsten statt, wenn man die äussere Glasfläche zuvor mit Alkohol

sauber abgeputzt und bis zum Ablaufen des Beschlages mit einer Flamme erwärmt hat. Wäscht man dagegen das Glas mit Alkohol ab, ohne es zu erwärmen, und stellt sogleich die Versuche an, so ladet sich oft das Electroskop beim Berühren mit der Siegellackstange negativ, weil die durch die Verdunstung des Alkohols entstandene Kälte die Bildung eines wässrigen Niederschlages auf der Glasfläche veranlasst hat.

Jedenfalls zeigen die vorstehenden Mittheilungen, dass das Glas überhaupt der unzweckmässigste Körper ist, aus dem man das Gehäuse eines Electroskops hat herstellen können. In der That hat man an anderen electrischen Beobachtungs- und Messapparaten dasselbe schon lange durch Metall ersetzt: so z. B R. Kohlrausch an seinem Torsions- und Sinuselectrometer, Thomson an seinem Quadrantelectrometer. Ich habe ein Electroskop construiren lassen, dessen Gehäuse ein horizontalliegendes, von Metallfüssen getragenes Messingrohr von 12 cm Durchmesser und 8 cm Länge ist. Seine beiden Endflächen sind durch verticale Glasplatten geschlossen, denen parallel die Ebene liegt, in welcher die Aluminiumblättchen divergiren. An einem solchen Electroskop bilden sich nirgends störende Rückstände; man kann alle seine Theile ganz vollständig entladen, indem man Knopf und Gehäuse leitend mit einander verbindet; ausserdem eignet es sich für objective Projection besser, als das Kugelelectroskop. Durch lange dauernde Annäherung eines — e Körpers nehmen die Blättchen wohl auch in diesem Electroskop eine geringe + E an, während die zugehörige — E abgeleitet wird, beim Berühren überwiegt aber sofort die mitgetheilte — E über die durch Influenz erzeugte + E, weil diese nicht mehr durch eine gegenüberstehende — E festgehalten wird. Die sonst vorhandene Quelle des Irrthums ist also vermieden.

Endlich hat dieses Mantelelectroskop noch die vortreff-

liche Eigenschaft, dass man es durch denselben electrischen Körper durch Influenz nach Belieben positiv oder negativ laden kann. Ist der electrische Körper wieder die geriebene Siegellackstange, so geschieht die positive Ladung wie immer. Will man aber das Electroskop negativ laden, so stellt man es auf eine Ebonitplatte, nähert die Siegellackstange dem Knopf, berührt mit dem Finger das Gehäuse, entfernt dann den Finger und darauf die Siegellackstange. Die Blättchen hängen jetzt neutral herab, wie wenn in ihrer Nähe gar kein electrischer Körper wäre; in der That aber befinden sie sich im Innern des durch Influenz positiv-electrisch gemachten Cylinders. Berührt man daher jetzt den Knopf des Electroskops leitend, so entzieht man demselben $+E$, während die Blättchen sofort mit $-E$ divergiren.

Das Mantelelectroskop vermeidet also die Fehlerquellen der bisher gebräuchlichen Apparate und gestattet ausserdem eine weitere Anwendbarkeit, als jene.

Derselbe machte folgende Bemerkung

„Ueber das electrische Leitungsvermögen des Braunsteins und der Kohle."

Auf Veranlassung des Herrn von Kobell prüfte ich einige Manganerze, welche mir Derselbe freundlichst übergab, auf ihr electrisches Leitungsvermögen. Es war ein Pyrolusit und ein Manganit. Durch Spalten und weiteres Bearbeiten mit der Feile wurden aus den gegebenen Erzen möglichst gut prismatische Stücke hergestellt. Das eine Ende eines solchen Prismas wurde durch Eintauchen in leichtschmelzbare Metalllegirung mit einer Metallhülse versehen, an welcher ein Leitungsdraht befestigt wurde; das andere Ende wurde bis zu einer bezeichneten Stelle in Quecksilber getaucht. Dann wurde der Widerstand der ganzen Combination be-

stimmt. Darauf wurde das Prisma bis zu einer zweiten bezeichneten Stelle in Quecksilber versenkt, und wiederum der Widerstand der Combination bestimmt. Die Differenz der beiden Ergebnisse ist dann der Widerstand des zwischen den beiden Zeichen liegenden Leiterstückes von bekannter Länge. Der mittlere Querschnitt desselben wurde aus dem Gewichte des Stückes und dessen Dichtigkeit berechnet.

Da ich theils früher, theils jetzt das Leitungsvermögen einiger Kohlensorten bestimmt habe, so theile ich auch die mit diesen Körpern erhaltenen Resultate hier mit. Während die für die Manganerze erhaltenen Zahlen nur als Annäherungen an die wahren Werthe betrachtet werden dürfen, weil die gegebenen Stücke nur sehr klein und die prismatische Gestalt etwas mangelhaft war, und weil in den verschiedenen Richtungen diese Erze ihres strahligen und krystallinischen Gefüges wegen gewiss sehr verschiedene Leitungsfähigkeit besitzen, dürfen die für die Kohle gegebenen Werthe auf grössere Genauigkeit Anspruch machen, weil die angewandten Stücke von sehr regelmässig prismatischer Form und von bedeutender Länge waren. Die an verschieden langen Stücken beobachteten Widerstände stehen denn auch sehr nahe im richtigen Verhältniss zu den Längen. Die Querschnitte wurden an den grösseren Stücken (3, 5 und 6) durch Messung der Breite und Dicke direct gefunden, an allen übrigen wie an den Manganerzen aus Masse und Dichtigkeit berechnet.

Das gefundene Leitungsvermögen λ bezieht sich auf das des Quecksilbers = 1; der Siemensschen Definition der Widerstandseinheit entsprechend sind deshalb die Längen der Leiter l in Metern, ihre Querschnitte q in Quadratmillimetern ausgedrückt. Ueber die einzelnen Kohlensorten mache ich noch folgende Angaben:

4) Graphitstifte von Faber sind sehr homogene unbekleidete Stifte aus Bleistiftmasse, im Handel bezeichnet F.

Crayons d'artiste. 3) und 5) sind parallelopipedische Kohlenstücke für Bunsenelemente und zwar ist 5 eine sehr gute Kohle aus Münchener Gasretortenkohle geschnitten, 3 dagegen eine Kohle aus Nürnberg von so grossem Widerstande, dass sie sich für den Gebrauch in der Batterie als vollständig unbrauchbar erwiesen hat.

6) Ist eine Kohlenplatte aus einer Bunsenschen Plattenbatterie, wie sie Ruhmkorff seinen Inductionsapparaten beigiebt. Alle Batteriekohlen waren noch ungebraucht und vor der Messung gut getrocknet.

7) Ist ein Kohlenstab von einer Faucaultschen Lampe, von Duboscq geliefert.

Die Beobachtungen sind in folgender Tabelle zusammengestellt.

No.	Leiter	s	q	l	w	λ
1	Manganit	4,34	14,43	0,012	520	0,0000016
			10,00	0,006	230	0,0000026
2	Pyrolusit	4,66	3,23	0,024	60	0,000123
			1,41	0,026	80	0,000230
3	Nürnberger Batteriekohle	1,47	1125	0,140	0,73	0,00017
				0,070	0,37	
4	Graphitstab von Faber	2,28	2,36	0,100	8,55	0,00455
				0,050	4,30	
5	Münchener Retortenkohle	1,72	1272	0,140	0,010	0,0110
6	Kohlenplatte vonRuhmkorff	1,82	1232	0,140	0,009	0,0138
				0,070	0,005	
7	Kohlenstab von Duboscq	1,90	22,42	0,140	0,217	0,0288
				0,070	0,109	

Das Leitungsvermögen der beiden Manganerze ist also sehr gering; das einer concentrirten Zinkvitriollösung würde sogar gröss r sc:n, als das des Manganits (0,0000046). Die schlechtleitenden Kohlensorten 3 und 4 sind keine reine Kohle, sondern Gemische mit schlechten Leitern. Dagegen sind die drei letzten Stücke 5, 6 und 7 aus Retortenkohle geschnitten; ihr Leitungsvermögen nimmt in derselben Ordnung zu, wie ihre Dichtigkeit. Die Pariser Kohlen sind weitaus die am besten leitenden.

Herr Matthiessen[4]) hat auch einige Angaben über die Leitungsfähigkeit mehrerer Graphit- und Kohlensorten gemacht. Wenn dieselben auf die Leitungsfähigkeit des Quecksilbers = 1 reducirt werden, so ordnen sie sich zwischen die von mir gefundenen Werthe. Er fand nämlich für

Graphit (Bleistiftmasse) zwischen 0,0425 und 0,0024
Batteriekohle 0,00177.
Gaskohle 0,0224.

4) Poggend. Ann. CIII. p. 428.