II. Ueber das *Dellmann'sche*¹⁾ Elektrometer; von F. Dellmann.

1. Historisches.

Das durch die vortrefflichen Abhandlungen des Hrn. Dr. Kohlrausch bekannter gewordene Elektrometer nannte ich in der Programm-Abhandlung des Kreuznacher Gymnasiums vom Jahr 1842 ein *neues*, und dazu berechtigten mich die Construction und die Leistungen des Instrumentes.

Was die Construction betrifft, so ist zwar der Grundgedanken der Coulomb'schen Drehwaage beibehalten; in dessen ist derselbe durch zwei wesentliche Vorrichtungen erweitert, durch das Streifchen und den Querdraht. Letzterer ist zur Erhöhung der Empfindlichkeit sehr wesentlich, wie aus meinen früheren Angaben und aus einer Abhandlung Andriessen's (diese Annalen Bd. 62, S. 493 ff.) hervorgeht. Auch dient dieser Querdraht dazu, mit dem Principe der Torsionswaage einen Gedanken des Säulen-Elektroskops zu verbinden und dabei die Unbequemlichkeit dieses Instrumentes möglichst zu vermeiden, wie dieß Bd. 55, S. 308 dieser Annalen gezeigt worden. Zu den Eigenthümlichkeiten meines Instrumentes gehört auch eine große Leichtigkeit der Herstellung und der Behandlung, wenn man dasselbe bloß als Elektroskop benutzen will und das beachtet, was Bd. 55, S. 306 ff. und Bd. 58, S. 51 ff. dieser Annalen angegeben worden.

In Rücksicht auf die Leistungen des Instrumentes wird verwiesen auf die neun Abhandlungen des Hr. Dr. Kohlrausch, besonders auf die Vergleichung des Apparates mit der Coulomb'schen Drehwaage, welche Kohlrausch Bd. 72, S. 360 ff. dieser Annalen gegeben hat. Ferner wird auf

1) Da das Instrument die Einführung, vielseitige Vervollkommnung und so fruchtbare Anwendung Hrn. Dr. Kohlrausch verdankt, so glaube ich von dessen Benennung nicht abgehen zu dürfen.

die grofse Empfindlichkeit aufmerksam gemacht, wie sich diese besonders in der Bd. 58, S. 50 dieser Annalen unter No. 2. angeführten Erscheinung ausspricht.

Das Instrument habe ich von vornherein *Elektrometer* genannt, weil in seiner Grund-Idee die Hoffnung ausgesprochen lag, es zum Messen benutzen zu können. Hr. Kohlrausch gehört das Verdienst, diese Hoffnung weit über meine Erwartung verwirklicht zu haben.

Es sind nicht Alle, welche mein Instrument ganz oder auch nur theilweise benutzten, so gewissenhaft gewesen, wie dieser vortreffliche Physiker. Er führt schon den Hr. Dr. Romershausen an, welcher das Instrument noch einmal beschreibt mit einer ganz unwesentlichen Abänderung ohne den Namen des Urhebers zu nennen. Andriessen hat den Querdraht auf das Goldblatt-Elektroskop übertragen, und dadurch die trockene Säule entbehrlich gemacht für diess Instrument. Er schreibt eine Abhandlung (siehe oben) über: »Eine neue Einrichtung am Goldblatt-Elektroskop,« ebenfalls ohne zu sagen, dafs er diese neue Einrichtung von mir habe. Hr. Prof. Dr. Frick, Verfasser der »physikalischen Technik,« fehlt aus Unkenntniß. Die Andriessen'sche Erfindung wird in dem genannten Buche einem Dallmann zugeschrieben, und mein Apparat, der in einer verschlechterten Abbildung gegeben ist, Hr. Oersted, obgleich Hr. Dr. Kohlrausch schon Bd. 72, S. 353 und 354 gezeigt hat, dafs das Oersted'sche Elektrometer wenig vom Peltier'schen abweicht. Es ist wahr, ich habe die Abhandlung Bd. 55, S. 308 ff. dieser Annalen, in welcher mein Elektrometer beschrieben ist, mit der Ueberschrift versehen: »Ueber das Oersted'sche Elektrometer,« um dadurch anzudeuten, was auch in der Abhandlung selbst angegeben, dafs ich durch dasselbe auf meines hinüber geleitet worden.

Der Tadel, welchen Hr. Prof. Müller in seinem Bericht über die neuesten Fortschritte in der Physik S. 27 ausspricht, ist ganz unbegründet und in folgender Weise entstanden. Bd. 58, S. 49 dieser Ann. mufs die Parenthese

in der 2. Zeile meiner Abhandlung heißen: (Bd. 55. S. 301). Statt des zweiten ist hier mein erster Aufsatz citirt. Als ich dies vor etwa 9 Jahren las, wollte ich gleich die Berichtigung folgen lassen, versäumte es aber. Hr. Prof. Müller wird nun wohl nicht anstehen, seinen Tadel zurückzunehmen. Er wird in dem angeführten Aufsätze Alles finden, was er vermißt hat.

Das angeführte falsche Citat ist wahrscheinlich auch eine Ursache gewesen, daß das in Rede stehende Instrument nicht früher bekannt geworden; denn in den neuesten physikalischen Lehrbüchern, so weit ich sie kenne, ist es nicht erwähnt¹⁾. In der genannten Programm-Abhandlung, von der ich eine Parthie Exemplare auf der Naturforscher-Versammlung in Mainz vertheilte, ist gezeigt worden, daß sich der bei Weitem größere Theil der Spannungs-Elektricitätslehre an die Erscheinungen knüpfen läßt, welche man mit diesem Instrumente leicht und sicher hervorrufen kann. Deshalb hat es noch ein besonderes didactisches Interesse, weil es zum Gebrauche in Schulen sehr geeignet ist. Da nun das Studium der Elektricitätslehre auch für das practische Leben immer mehr an Bedeutung gewinnt und unsere Zeit immer mehr zu einer Vermittelung der Wissenschaft mit dem Leben drängt, so möchte es nicht unpassend erscheinen, hier noch einmal auf den Inhalt jener Programm-Abhandlung aufmerksam gemacht zu haben; jedenfalls aber gehört die Erwähnung derselben in eine kurze Geschichte des Instrumentes.

2. Das Elektroskop.

Es ist nöthig, bei dem in Rede stehenden Instrumente fortan das Elektroskop vom Elektrometer zu unterscheiden.

1) Hr. Prof. Müller sagt im 2. Bande seines Lehrbuchs der Physik S. 140, daß das von Fechner verbesserte Säulen-Elektroskop das empfindlichste aller bisjetzt bekannten und ein für die leichte und sichere Anstellung der Volta'schen Fundamentalversuche wahrhaft unentbehrliches Instrument sey. Und doch hat er im Herbste 1842 in Mainz mein Instrument gesehen und damals eine Abhandlung von mir erhalten.

Was nun das Elektroskop betrifft, so ist mehrfach die von Romershausen zuerst angegebene Abänderung als eine Verbesserung gepriesen worden. Ich lasse die Sache dahin gestellt seyn; jedoch kann ich nicht unbemerkt lassen, daß das Biegen des Drahtes, den man zum Waagebalken nimmt, wenigstens ebenso leicht ist, wie das Ausschneiden des Streifchens, und an dem Bügel hängt der Waagebalken mit mehr Stabilität. Daß der gerade Waagebalken beim Gebrauche practischer sey, als der mit einem Bügel versehene, habe ich nicht gefunden. Hr. Prof. Müller meint, die Art, wie ich das Streifchen befestigt habe, sey etwas ungeschickt; aber bei dieser Befestigung habe ich gar keine Geschicklichkeit zeigen können, da sie zu einfach ist. Die einzige Verbesserung, welche ich seit 9 Jahren habe anbringen können, ist die, daß ich das Glas mit seinem Boden in einen papiernen oder messingenen Fuß fest eindrücke und diesen Fuß auf ein größeres Brettchen leime, oder schraube, um dem Instrument eine festere Stellung zu geben. Auch ist es eine Erleichterung in der Anfertigung, wenn man den Kokonfaden oben direct an den Draht klebt, welcher durch den Deckel geht, sowie unten an dem Bügel des Waagebalkens erst einen kurzen leinenen Faden bindet und dann an diesen den Kokonfaden kittet. Dieser äußerst einfache Apparat leistet mir weit mehr, als mein sehr empfindliches Säulen-Elektroskop.

3. Das Elektrometer.

Als ich in neuerer Zeit, aufgemuntert durch mannigfache Anerkennungen, besonders aber durch die schönen Arbeiten des Hrn. Dr. Kohlrausch, wieder anfang mich speciell mit diesem Gegenstande zu beschäftigen, war es meine Hauptabsicht, die Anfertigung und Anwendung dieses Mefs-Instrumentes möglichst zu erleichtern, sowie die Genauigkeit der Messung möglichst sicher zu stellen. Briefliche Aeußerungen des Hrn. Kohlrausch, wie, man werde sich mit der Zeit nicht mehr von diesem Instrumente wehren können, und, das Instrument verdiene weitere Ver-

breitung, konnten mich in meiner Absicht nur befestigen. Der Bau-Plan für das Instrument, wie er behufs dieses Zwecks sich allmählig mir ausbildete, war folgender.

1. Die Bewegung, durch welche Waagebalken und Streifchen mußten in Berührung gesetzt werden, sollte durch eine Schraube geschehen, weil mir die Schraubebewegung hier jedenfalls am geeignetsten schien. Es boten sich nun zwei Wege dar, entweder den Waagebalken herunter zu lassen, oder das Streifchen zu heben. Beide habe ich versucht, werde aber bei erstem stehen bleiben.

2. Die Luftströmungen mußten auf ein Minimum reducirt werden. Zu diesem Zwecke wurde der Raum des Apparates möglichst verengt. Mein Gefäß ist vom Boden bis zum Deckelglase nicht ganz einen Zoll hoch, und das Rohr, in welchem der Glasfaden hängt, ist unten nur so weit, daß der Stift, an welchem der Glasfaden oben befestigt ist, eben hindurchgeht.

3. Die Störungen des Schellacks mußten durch seine Entfernung von den Haupttheilen und durch seine Vertheilung auf den ganzen Kreis möglichst beseitigt werden.

4. Zur Vermeidung der Parallaxe und zu bequemem und schnellerem Ablesen der Winkel, welche Waagebalken und Streifchen mit einander bilden, sollte die Spiegelung benutzt werden.

Es ist wohl nur ein Glück zu nennen, wenn bei der Ausführung dieses Planes die einzelnen Punkte sich gegenseitig unterstützten und so das Resultat meine Erwartungen bei Weitem übertraf. Das Instrument, welches ich nun schon seit längerer Zeit gebrauche, läßt an Bequemlichkeit der Handhabung und Leichtigkeit der Herstellung kaum noch Etwas zu wünschen übrig, wenn man die Schwierigkeiten, welche mit genauen Messungen elektrischer Quantitäten verbunden sind, in Erwägung zieht.

Nach diesen Bemerkungen liegt mir nun zunächst ob, die Zeichnung auf Taf. II. ¹⁾ Fig. 15 und 16 zu erläutern, und dann noch einige Bemerkungen über die Anfertigung

1) Die Tafel ist bereits dem Hefte VI. beigegeben.

und Anwendung des Apparates beizufügen. Es wird bezeichnet durch

- a* der Boden des messingenen Gefäßes,
 - b* der breite, ringförmige Seitentheil desselben,
 - c* der schmale Ring zum Befestigen des Deckelglases,
 - d* der eiserne Ring, in welchem das Gefäß hängt,
 - e* die drei Füße desselben (von denen nur 2 zu sehen)
 - f* der Entlader,
 - g* der Zuleitungsdraht,
 - h* der Träger des Streifchens mit einem Einschnitte oben zur Aufnahme desselben,
 - i* das Streifchen,
 - k* der Waagebalken,
 - l* der kurze, dicke Schellackfaden des Waagebalkens,
 - m* der Glasfaden,
 - n* das Deckelglas,
 - o* die messingene Büchse zur Aufnahme des untern Endes des Glasrohrs,
 - p* die Mutterschraube zum Festhalten dieser Büchse,
 - q* die Büchse im Boden,
 - r* die Mutterschraube zum Festhalten dieser Büchse,
 - s* die Büchse zur Aufnahme des oberen Endes des Glasrohrs,
 - t* der Stift für den Glasfaden,
 - u* ein Haspel mit 3 Armen zum Drehen dieses Stifts,
 - v* der Doppelzeiger,
 - w* der Kloben,
 - x* die stählerne Schraube zum Heben und Senken des Waagebalkens,
 - y* ein Stahlstift, diese Bewegung zu reguliren,
 - z* ebenfalls ein solcher,
 - a'* der obere Theilkreis,
 - b'* der untere,
 - c'* das Schraubchen, welches in den Hals von *x* eingreift, um *t* und *x* festzuhalten an einander,
 - d'* eine Schellackscheibe zum Isoliren des Streifchens.
- Man sieht aus der Zeichnung, daß besondere Schwier-

rigkeiten bei der Herstellung des Apparates nicht vorhanden sind, als etwa die in keiner Weise zu umgehende, den zarten Waagebalken gerade zu bekommen. Er sowohl, wie das Streifchen, sind von Silber, das meiste ist von Messing.

Die Schellack-Säule, welche sich in der Boden-Büchse befindet, wird sehr bequem hineingebracht, wenn man einen passenden Metall-Stift so weit in die Büchse steckt von unten, als der Schellack hier gehen soll. Dann faßt man die einzelnen Schellackblättchen mit der Pinzette, erweicht sie in der Alkoholflamme und legt sie in die Büchse, bis die Masse ausreicht. Dann erhitzt man die Büchse so stark in der Flamme, daß der Schellack in der Büchse festklebt. Jetzt durchbohrt man diese Schellacksäule mit einem erhitzten Draht, steckt den Träger des Streifchens, in welchen vorher schon der Zuleitungsdraht gelöthet worden, hinein, erhitzt auch diesen etwas am oberen Ende und bringt ihn, so lange der Lack weich ist, in die geeignete Richtung, soweit man dieß mit dem bloßen Auge beurtheilen kann. Nachdem man die Büchse im Boden mittelst der Schraube *r* befestigt hat, steckt man den Theilkreis *b'* auf, welcher durch 3 Messingstifte festgehalten wird. Das Loch in der Mitte dieses Theilkreises ist nur ein paar Linien weit, und um den Träger des Streifchens genau ins Centrum zu bringen, besitze ich einen messingernen Zapfen, der genau in dieses Loch paßt und eine Oeffnung besitzt in seiner Axe, in welche wieder genau der Träger paßt. Ist der Kreis aufgesteckt, so erwärmt man den Träger am etwas hervorragenden Ende und steckt dann schnell jenen Zapfen ein, so daß durch ihn während des Erkaltes des Lacks der Träger in der gewünschten Richtung festgehalten wird. Der Träger hat etwa die Oberfläche der beiden Füßchen des Streifchens bei Kohlrausch, weshalb die von ihm aufgestellten Tabellen auch vollkommen für meine Construction gelten. Man könnte einwerfen, daß diese Construction nicht gestatte, den Zuleitungsdraht außer Berührung mit dem Streifchen zu

setzen, was allerdings wahr ist. Allein eine Vorrichtung, diese Berührung aufzuheben, hat vorzüglich den Zweck, den Elektricitäts-Verlust nach aussen zu verhüten, und ich wende, wie man sieht, gar kein Mittel an gegen Elektricitäts-Verlust, weil er, wie aus später anzuführenden Beobachtungen hervorgeht, so gering ist, dafs man ihn vernachlässigen kann. Die HH. Dr. Riefs und Dr. Kohlrausch wenden auch kein Mittel mehr an zum Austrocknen des Raumes, in welchem der Waagebalken sich bewegt. Es ist wahr, eine Vorrichtung zum Aufheben gedachter Berührung hat noch den Vortheil, untersuchen zu können, in welchem Verhältnifs sich ein bestimmtes Elektricitäts-Quantum zwischen Zuleitungsdraht und Streifen theilt; allein obgleich ich eine sehr einfache zu diesem Zweck eine Zeitlang gebrauchte, habe ich sie doch wieder verworfen, weil sie bei gewöhnlichen Messungen überflüssig ist.

Der Waagebalken besitzt in der Mitte einen nach oben gehenden Theil, welcher dadurch hervorgerufen wird, dafs man die beiden Hälften des Silberdrahtes da, wo sie zusammenstossen, einige Linien lang um einander dreht und dann an das Ende ein Kügelchen schmilzt, welches zum Scheibchen ausgeklopft wird. Dann werden die freien Enden rechtwinklich zum gedrehten Theil ausgebogen und platt geklopft. Der gedrehte Theil hat nicht blofs den Zweck, den Schellack zu entfernen, sondern auch ein Correctionsmittel an die Hand zu geben, und ein Mittel, den Waagebalken leicht zu befestigen. Das Silberscheibchen wird eben in die Alkoholflamme gehalten und dann mit Schellack versehen. Diesen erweicht man abermals in der Flamme und bringt ihn schnell mit dem unteren Ende des vorher schon aufgehängten Glasfadens in Berührung. Geräth die Operation auch nicht jedes Mal, so läfst sie sich leicht wiederholen und durch Ausziehen des Lacks die erforderliche Länge des Fadens herstellen. Man kann jetzt, wo der Waagebalken hängt, meist durch Biegen des gedrehten Theiles einen beim Ankleben gemachten Fehler corrigiren.

Auch das Gerade-Biegen des Waagebalkens muß jetzt beendet werden, da durchs Ankleben die vorangegangene Bemühung zu diesem Zweck meist wieder vernichtet wird. Um zu sehen, ob der Waagebalken gerade ist, läßt man ihn genau im Centrum auf dem Träger des Streifchens ruhen und sieht nach, ob er auf beiden Seiten gleiche Ausschlagswinkel zeigt. Läßt man ihn bei dieser Probe im Centrum hängen, so wird er beim Nachsehen durchs Ueberbiegen des Körpers oder durch das Herumgehen um den Apparat gar zu leicht aus dem Centrum kommen, wenn man ein nicht ganz festes Gebäude bewohnt.

Bleibt der Waagebalken beim Drehen nicht im Centrum, so läßt sich dieser Fehler durch neues Ankleben oder Biegen des gedrehten Theils leicht bis dahin beseitigen, daß beim Messen durch die Stellschrauben des Fusses das Centriren selten erforderlich wird. Beim Nichtgebrauche des Instrumentments muß der Glasfaden ausruhen und der Zuleitungsdraht mit dem Entlader in dauernde Berührung gesetzt werden.

Unter den vielen Verdiensten des Hrn. Dr. Kohlrausch um den Apparat gehört auch das nicht geringe, die Glasfäden in Anwendung gebracht zu haben. Ich bin der festen Ueberzeugung, daß man diese fortan zu genauen Messungen kleiner Kräfte häufiger benutzen wird, da sie durch Nichts zu ersetzen sind nach meinen bisherigen Erfahrungen. Die Glasfäden sind zwar sehr zerbrechlich und in der nöthigen Feinheit anscheinend schwierig herzustellen; aber dabei besitzen sie auch eine so vortreffliche Elasticität, daß man sich, wenn man sie nicht zu sehr anstrengt, fast vollkommen auf ihre Angaben verlassen kann. Die elastische Nachwirkung ist bei ihnen sehr gering, wie man sich leicht überzeugt. Ihre Zerbrechlichkeit stört bei einer sorgfältigen Behandlung nicht und sie in der nöthigen Feinheit herzustellen ist nicht schwer, wenn man eine recht kleine Quantität Glas recht weißglühend macht und dann möglichst schnell auszieht. In wie weit die Leichtflüssigkeit des Glases und die Wärme des Raumes, in welchem das

Aus-

Ausziehen geschieht, mitwirken, das habe ich weniger ermitteln können. Mit ein Paar Glasstäbchen, welche mir Hr. Greiner jun. in Berlin zu überlassen die Güte hatte, gelang es mir beim zweiten Versuche vollkommen, Fäden zu ziehen, von denen der erste in Anwendung gebrachte am freien Pole einer Säule aus 128 Plattenpaaren einen Ausschlagswinkel von 77° gab, wenn der andere Pol mittelst eines Kupferdrahts, der an eine in die Erde vergrabene Zinkplatte gelöthet worden, abgeleitet war. Dieser Faden war also empfindlicher, als mehrere von Kohlrausch gebrauchte. Man erhält die Fäden, wenn man sie sich selbst auszieht, auch leicht in der nöthigen Länge und braucht sie also nicht aus Stücken zusammen zu leimen. Es ist zwar für manche Versuche, namentlich für die, welche man behufs der Aufstellung der Tabelle I (Bd. 72, S. 385) von Kohlrausch anstellt, besser, nicht so feine Fäden zu gebrauchen; aber für viele Versuche, namentlich auch für die, welche man aufstellt, um die Luftströmungen und die Strömungen durch Schellack kennen zu lernen, sind sehr feine Fäden unerlässlich. Und je feiner die Fäden sind, desto kürzer kann man sie nehmen, desto bequemer wird also das Instrument im Gebrauche.

Ein anderes Verdienst um den Apparat hat sich Hr. Kohlrausch dadurch erworben, daß er gezeigt hat, wie das Instrument zu laden ist, nicht beim Anliegen des Waagebalkens am Streifchen, sondern wenn beide zu einander senkrecht oder fast senkrecht stehen. Man sieht bald, wenn man das Instrument mit genauen Meßvorrichtungen ausstattet, daß beim Laden in erster Weise keine constanten Ausschläge zu erhalten sind; denn eine und dieselbe Anzahl von Elementen der Säule giebt sehr verschiedene Ausschlagswinkel; wogegen diese gleich sehr constant werden, wenn man die andere Art zu laden anwendet. Behufs dieser muß man aber eine Vorrichtung besitzen, den Waagebalken leicht und sicher mit dem Streifchen in Berührung setzen und diese wieder aufheben zu können. Die Schraube, welche dazu dient, geht durch

einen Kloben, der an dem obern Theilkreise befestigt ist. An diese Schraube ist unten ein Zapfen gedrechselt, welcher in eine Oeffnung geht, die in dem Stift sich befindet, an welchem der Glasfaden hängt. Damit der Stift beim Drehen der Schraube sich nicht mit zu drehen braucht, ist an jenen Zapfen ein Hals gedrechselt, in welchen ein Schräubchen mit seinem vorderen Ende genau paßt. Diefes Schräubchen geht von der Seite in jenes Zapfenloch und wird eingeschoben, wenn der Zapfen eingesteckt ist. Die Bewegung des Stiftes mit der Schraube ist sehr sanft, leicht und schnell zu vollziehen, giebt grofse Sicherheit (da immer aufwärts geschoben wird bis zum Anschlagen der Stifte y und z), der Raum unter dem Gefäfse bleibt frei, sie macht oben die Büchse für die sichere Verschiebung des Stiftes t entbehrlich und die Vorrichtung dazu ist leicht herzustellen.

Bei elektrischen Messungen kommt es aufer den andern Mitteln, welche gewöhnlich bei Messungen in Anwendung gebracht werden, um Sicherheit und Genauigkeit zu erzielen, auch wegen des Elektricitäts-Verlustes noch besonders auf Schnelligkeit der Messung an. Zu diesem Zweck dient besonders das Herablassen des Waagebalkens und die Spiegelung beim Ablesen der Winkel auf dem unteren Theilkreise. Ist die Ladung vollzogen, so haben unten die Hände Nichts mehr zu thun, und indem man mit der einen den oberen Zeiger auf 90° stellt ¹⁾, hat man mit der anderen schon den Stift z gefafst, mit welchem die Schraube x heruntergedreht wird. Beim Aufheben der Berührung zwischen Waagebalken und Streifchen ist es ebenso. Indem man mit der einen Hand die Schraube x hinaufdreht, sucht man mit der andern den obern Zeiger auf Null zu stellen, wenn man die Messung mittelst des Ausschlagswinkels vollziehen will. Für das schnelle Ablesen der Winkel auf dem unteren Kreise ist dieser bis zur Spiegelung polirt. Wenn Bild und Waagebalken zusammenfallen, vermeidet man sicher die Parallaxe. Man wählt am pas-

1) Der Doppelzeiger dient dazu, vorn ablesen zu können, wenn der eine Zeiger mehr nach hinten gekommen.

sendsten eine Lupe von solcher Brennweite, dafs man dieselbe, um recht deutlich ablesen zu können, auf den Rand des Gefäßes stellen kann, wobei also der Halter für dieselbe wegfällt. Da die Lupe nahe zum Object heran gebracht wird, so darf der Waagebalken, wenn er und sein Bild deutlich werden sollen, nicht weit, höchstens 1 bis 2 Linien, vom Theilkreise entfernt seyn; aber man sieht eben deshalb sehr genau, weil eine Lupe von so geringer Brennweite schon stark vergrößert. Man liest am genauesten ab, wenn man Bild und Waagebalken gleiche Winkel mit demselben oder auch mit verschiedenen Theilstrichen machen läßt im Gesichtsfelde und dann den Winkel, welchen beide mit einander bilden, halbirt. So kann man bei einiger Uebung selbst Zehntel bis Zwölftel Grad mit Sicherheit ablesen.

Ein fernerer Verdienst des Hrn. Dr. Kohlrausch besteht darin, darauf aufmerksam gemacht zu haben, dafs eine Säule am freien Pol eine sehr constante Spannung besitzt. Will man die Zuverlässigkeit dieses Mefs instruments kennen lernen, so ist Nichts besser, als sich einer Säule mit reinem Wasser zu bedienen. Da ein solcher Apparat auch sonst manches Interesse darbietet, so will ich nicht unterlassen, hier eine einfache Construction desselben anzugeben.

Ein hölzerner Rahmen trägt an den 4 Ecken kleine Pföstchen, von denen 2 und 2 durch Latten verbunden sind, welche oben Einschnitte haben, um Querleisten aufnehmen zu können. An diese Querleisten befestigt man auf irgend eine Weise an einer Seitenfläche Korkstöpsel, welche mit dem Messer Einschnitte am vorderen Ende nach der Länge der Leiste bekommen. In diese Einschnitte hängt man die zusammengelötheten Streifen von Kupfer und Zink. Auf den Rahmen mit den Pföstchen steht unter den Querleisten ein zweiter Rahmen, dessen innerer Raum durch Längs- und Querleisten in eine gehörige Anzahl Fächer zur Aufnahme irdener oder gläserner Töpfchen getheilt ist. Die Töpfchen werden mittelst ihres vorstehenden Randes in die Fächer gehängt. Nun werden die gehörig gebogenen

Metallstreifen so in die Kork-Einschnitte geschoben und der Rahmen mit den Töpfchen wird so unter die Querleisten gestellt, daß beim Einhängen dieser Querleisten der Kupferstreifen jedes Paares in das eine Töpfchen, der Zinkstreifen in das benachbarte kommt. Die Verbindung der benachbarten Reihen geschieht durch entsprechend gebogene Plattenpaare. Um den Kupferdraht, welcher die Ableitung in den Erdboden besorgt, wickelt man ein paar Mal einen etwas längeren Kupferstreifen. Dieser läßt sich an dem Ableitungsdraht leicht verschieben und das freie Ende desselben kann leicht in ein beliebiges Töpfchen gesteckt werden. Von jedem der beiden Pole gehen Kupferstreifen in die Nähe des Zuleitungsdrahtes des Elektrometers und können leicht durch Biegen mit dem Zuleitungsdraht in Berührung gebracht werden. So läßt sich leicht die Säule in jedem möglichen Verhältniß theilen und die Elektrizität eines jeden Theiles nach Qualität und Quantität bestimmen.

Durch Messungen, welche ich während einiger Monate mit einer solchen Säule vorgenommen habe, bin ich zu dem Resultate gekommen, daß die Spannung an den Polen einer geöffneten Kette von der Witterung abhängt, und wahrscheinlich von der Windrichtung. Bei Westwinden herrscht durchschnittlich die $+$ E. der Säule vor, bei Ostwinden die $-$ E. Da bei uns Westwinde vorherrschen, so ist auch durchschnittlich die $+$ E. stärker. Um eine Uebersicht zu geben über die ganze Art und Weise, wie die Messungen angestellt worden, möge folgende Tabelle der Messungen vom 2. Juni hier einen Platz finden, da diese Messungen gerade in mehrfacher Hinsicht ein Interesse darbieten. Ich bemerke zuvor, daß jede Messung nur einmal gemacht wurde und zwar immer ohne Beachtung der Luftströmungen. Der Nordostwind herrschte vor an diesem Tage. Zu der Säule besitze ich zweierlei Querleisten. An der einen sind die Korke mit Schellack befestigt, an der anderen stecken sie in Löchern, welche in die Leisten gebohrt sind. Morgens wurden die ersten gebraucht, Nachmittags die andern.

Messungen vom 2. Juni Nachmittags.

Säulen- theil.	Ausschlags- winkel.	Quan- tum.	Summe.	+ $\frac{1}{16}$.	— $\frac{1}{16}$.
+ 1	$54\frac{2}{3}$	705	705	44,06	
— 1	$55\frac{1}{3}$	720	720		45
+ $\frac{1}{16}$	$3\frac{1}{3}$	44		44	
— $\frac{1}{16}$	$53\frac{3}{4}$	686	730		45,73
+ $\frac{2}{16}$	$9\frac{3}{4}$	98		49	
— $\frac{1}{16}$	$51\frac{3}{4}$	644	742		47
+ $\frac{3}{16}$	$14\frac{1}{2}$	139		46,33	
— $\frac{1}{16}$	$49\frac{5}{6}$	606	745		46,62
+ $\frac{4}{16}$	19	184		46	
— $\frac{1}{16}$	$47\frac{1}{4}$	559	743		46,58
+ $\frac{5}{16}$	$23\frac{2}{3}$	233		46,5	
— $\frac{1}{16}$	$44\frac{5}{6}$	516	749		46,91
+ $\frac{6}{16}$	$27\frac{7}{8}$	279		46,5	
— $\frac{1}{16}$	43	486	765		46,6
+ $\frac{7}{16}$	$32\frac{1}{4}$	333		47,57	
— $\frac{1}{16}$	$39\frac{3}{4}$	434	767		48,22
+ $\frac{8}{16}$	$35\frac{1}{2}$	375		46,88	
— $\frac{1}{16}$	$36\frac{1}{4}$	385	760		48,12
+ $\frac{9}{16}$	$38\frac{1}{2}$	415		46,11	
— $\frac{7}{16}$	$33\frac{1}{2}$	348	763		49,71
+ $\frac{10}{16}$	$41\frac{1}{3}$	459		45,9	
— $\frac{6}{16}$	$29\frac{1}{3}$	297	756		49,5
+ $\frac{11}{16}$	$44\frac{5}{8}$	512		46,55	
— $\frac{5}{16}$	25	246	758		49,2
+ $\frac{12}{16}$	47	554		46,17	
— $\frac{1}{16}$	$20\frac{1}{16}$	195	749		48,75
+ $\frac{13}{16}$	$49\frac{1}{2}$	601		46,23	
— $\frac{3}{16}$	16	153	754		51
+ $\frac{14}{16}$	$51\frac{5}{8}$	642		45,86	
— $\frac{2}{16}$	$9\frac{3}{4}$	98	740		49
+ $\frac{15}{16}$	$53\frac{1}{2}$	681		45,4	
— $\frac{1}{16}$	$3\frac{3}{4}$	48	729		48
+ 1	$54\frac{3}{4}$	707	707	44,19	

Mittel: + 46,07; — 48.

Messungen vom 2. Juni Morgens.

Säulen- theile.	Ausschlags- winkel.	Quan- tum.	Summe.	$+\frac{1}{16}$.	$-\frac{1}{16}$.
+ 1	54	691	691	43,19	
- 1	$55\frac{1}{6}$	717	717		44,81
$+\frac{1}{16}$	4	$50\frac{1}{2}$	$716\frac{1}{2}$	50,5	
$-\frac{1}{16}$	$52\frac{5}{6}$	666			44,4
$+\frac{1}{16}$	$52\frac{2}{3}$	663	711	44,2	
$-\frac{1}{16}$	$3\frac{3}{4}$	48			48
$+\frac{1}{16}$	51	629	733	44,93	
$-\frac{1}{16}$	$10\frac{1}{2}$	104			52
$+\frac{1}{16}$	$48\frac{1}{2}$	582	726	44,77	
$-\frac{3}{16}$	15	144			48
$+\frac{3}{16}$	$14\frac{3}{4}$	142	738	47,33	
$-\frac{1}{16}$	$49\frac{1}{4}$	596			45,85
$+\frac{1}{16}$	$46\frac{3}{4}$	549	745	45,75	
$-\frac{4}{16}$	$20\frac{1}{4}$	196			49
$+\frac{1}{16}$	$44\frac{1}{4}$	506	758	46	
$-\frac{5}{16}$	$25\frac{1}{3}$	252			50,4
$+\frac{5}{16}$	$23\frac{1}{2}$	230	744	46	
$-\frac{1}{16}$	$44\frac{3}{4}$	514			46,73
$+\frac{1}{16}$	$41\frac{2}{3}$	465	765	46,5	
$-\frac{6}{16}$	$29\frac{1}{2}$	300			50
$+\frac{9}{16}$	$38\frac{1}{2}$	415	751	46,11	
$-\frac{7}{16}$	$32\frac{1}{2}$	336			48
$+\frac{7}{16}$	32	330	751	47,14	
$-\frac{9}{16}$	39	421			46,77
$+\frac{6}{16}$	$26\frac{3}{4}$	261	740	43,5	
$-\frac{10}{16}$	$42\frac{1}{3}$	479			47,9
$+\frac{8}{16}$	$35\frac{1}{3}$	371	760	46,37	
$-\frac{8}{16}$	$36\frac{5}{8}$	389			48,62

Mittel: + 45,88; - 47,89.

Die Ueberschriften dieser Tabelle lassen kaum noch Etwas zur Erläuterung übrig. Die Quantitäten sind nach der Tabelle II. des Hrn. Kohlrausch (Bd. 72, S. 385 d. Annalen) angegeben, nur sind die Zahlen mit 100 multiplicirt oder das Komma ist weggelassen. Unter der Rubrik

»Summe« habe ich jedes Mal die Summe der Einheiten zweier zusammen gehöriger Säulentheile, abgesehen von ihrem Vorzeichen, angegeben. Ich hatte nämlich vorher immer gefunden, daß die Gesamt-Spannung der Säule, wenn die Spannung der Theile auch bedeutend ungleichförmig war, sich ziemlich auf derselben Höhe erhielt, nur mit dem Unterschiede, daß die Spannung der ganzen Säule sich um so höher zeigte, je mehr die Theile der Gleichheit sich näherten. Diefs zeigt sich also auch hier wieder.

Zur Entschuldigung mancher ziemlich starken Abweichungen will ich aufer dem bereits Angeführten noch bemerken, daß die Zeit der Berührung zwischen dem Polstreifen und dem Zuleitungsdraht ziemlich regelmäfsig eingehalten wurde, nämlich 10 Sekunden; aber nicht die Zeit von einer Messung zur anderen. Daraus ergiebt sich aber eine doppelte Fehlerquelle, nämlich wegen der ungleichförmigen Ladung der Säule und der Entladung des Mefs-Apparates. Um indessen ohne grofsen Zeitsverlust den ersten Fehler möglichst zu vermeiden, wurde, wie die Tabelle zeigt, die Säule stets so getheilt, daß die nächst vorangegangene Theilung möglichst wenig von der nachfolgenden verschieden war.

Als Haupt-Ergebniß aus den obigen Messungen steht fest, daß der — Pol eine stärkere Spannung hatte, oder daß an *diesem* Tage die — E. der Säule vorwaltete. Als ich es Morgens aus einigen Messungen schon vermuthete, hatte ich Verdacht auf den Schellack, ob er vielleicht diese Erscheinung hervorrufe; denn im April und Mai war ein Vorwalten der — E. nicht häufig. Nachdem ich die zuletzt angeführten Messungen gemacht hatte, entfernte ich deshalb die Leisten, an denen die Korke mit Schellack befestigt waren, und hing die anderen ein. Man sieht, daß hier die Mittel noch etwas höher sind, was ich dem Umstande zuschreibe, daß diese Leisten vor dem Einhängen ein paar Stunden zum Trocknen in der Sonne gelegen hatten. Diese Vermuthung stützt sich auf folgende Erfahrung.

Um die Mitte Mai hatte ich einen Glasfaden in Gebrauch, welcher die Gesamt-Spannung am 14. und 15. auf etwa 1050 (in obiger Bezeichnung) angab. Damals waren Nordost-Winde vorherrschend, wobei die relative Feuchtigkeit ziemlich beutend sank; denn sie war vom 13. bis 18. durchschnittlich 58,25, wogegen sie am 11. und 12. über 78 war, und auch am 21. stieg sie wieder bis über 74. Am 16. fing die Spannung meiner Säule bedeutend an zu steigen, so daß sie am 17. bis auf 1150 kam und am 18. sogar bis nahe an 1200. Bis zum 21. behielt sie eine Spannung von mehr als 1100 bei. Auch in diesen Tagen war die — E. vorwaltend. Es war mir damals noch zweifelhaft, ob nicht vielleicht die grössere Spannung von dem geringeren Elektricitäts-Verlust herrühre, den die Säule durch die Wasserdämpfe erleide; denn auf irgend eine Weise mußte doch die Verringerung der Feuchtigkeit die Steigerung der Spannung herbeiführen. Um nun darüber Aufschluß zu erhalten, stellte ich am 17. Mai folgende Beobachtungen an. Morgens 6^h 15' wurde das Elektrometer mit dem — Pol der ganzen Säule geladen und erhielt den Ausschlag von 69°,5. Nach einer Stunde war derselbe bis 62 $\frac{2}{3}$ Grad herabgesunken, der Elektricitäts-Verlust war also 217. Vorher waren Barometer und Psychrometer beobachtet worden, woraus sich der Dunstdruck 2''',13, die Feuchtigkeit 81,3 ergab. Nachmittags 4^h 20' wurde das Elektrometer mit dem + Pol wieder bis zum Ausschlag von 69°,5 geladen. Nach einer Stunde war er auf 67 $\frac{1}{8}$ Grad herabgesunken, der Elektricitäts-Verlust war also 80. Gleich nach dem Laden des Elektrometers wurden Barometer und Psychrometer beobachtet, woraus sich der Dunstdruck 2''',02 und die Feuchtigkeit 29,1 ergab. Die Spannung der Säule war dieselbe, wie Morgens, aber der Elektricitäts-Verlust ein sehr verschiedener. Also war auch die Verschiedenheit der Spannung zwischen diesem Tage und dem vorigen überhaupt nicht von einer Verschiedenheit des Elektricitäts-Verlustes abzuleiten, die Steigerung der Spannung mußte

vielmehr von einer durch das Sinken der Feuchtigkeit veranlaßten Austrocknung der Holzleisten herrühren.

Auffallend war mir bei diesen Beobachtungen das Verhalten des Elektricitäts-Verlustes zu den beiden Functionen des atmosphärischen Wasserdampfs. Offenbar ist der Elektricitäts-Verlust eine Function der relativen Feuchtigkeit. Setzt man nun eine Proportionalität beider voraus, so ist die berechnete Feuchtigkeit Nachmittags 29,9, wo die beobachtete 29,1 war. Und der berechnete Elektricitäts-Verlust ist 77,7, also der Ausschlagswinkel hätte zuletzt nicht $67\frac{1}{8}$, sondern beinahe $67^{\circ},2$ seyn müssen, ein Unterschied, der kaum zu beobachten ist. Am 19. Abends wurde das Elektrometer wieder mit $69^{\circ},5$ Ausschlag geladen. Nach einer Stunde war derselbe 6° gesunken, welches einen Elektricitäts-Verlust von 193 giebt. Berechnet man nach der Beobachtung vom 17. Morgens die Feuchtigkeit unter Voraussetzung erwähnter Proportionalität, so erhält man 72,3. Die vor der Ladung beobachtete war 74,7 (es hatte so eben geregnet), die nach der Stunde beobachtete war 69,8. Daraus ist das Mittel 72,25, welches also noch weit genauer mit der berechneten übereinstimmt. Es scheint also, daß der Elektricitäts-Verlust der relativen Feuchtigkeit proportional ist.

Durch diese Bemerkungen will ich hauptsächlich andeuten, daß hier noch ein weites Feld der Untersuchung offen liegt. Die Beobachtungen an der Säule muß ich noch lange fortsetzen und mit Beobachtungen über Luft-Elektricität in Verbindung bringen, um zu entscheidenden Resultaten zu gelangen. Am 11. Juni gaben acht Messungen mit verschiedenen Säulentheilen am $+$ Pol das Mittel von $\frac{1}{16}$ der Säule zu 49,27; das Mittel von neun Messungen am $-$ Pol gab die Spannung von $\frac{1}{16}$ der Säule zu 47,57 an. Es herrschten an diesem Tage Westwinde. Eine spätere Mittheilung wird eine Uebersicht der Beobachtungen eines größeren Zeitraumes enthalten.

Kreuznach, im August 1851.