XI. Einige Bemerkungen zu dem Thomson'schen Elektrometer ¹⁾; von K. A. Holmgren.

1. Obgleich das Thomson'sche Elektrometer in vielen Beziehungen alle älteren bei weitem übertrifft, so ist es doch von Mängeln und Schwierigkeiten nicht ganz frei. — Um irrige Resultate zu vermeiden, muß es mit der größten Vorsicht und Aufmerksamkeit benutzt werden. Ueberdiß ist es mit einem besonderen, sehr trügerischen Fehler behaftet, der mit der Eigenthümlichkeit seiner bisherigen Construction aufs Engste zusammenhängt. Vielleicht hat der Erfinder selber durch einige seiner Vorschriften über die Einrichtung des Apparates (die Höhe des Zeigers über den Scheiben und den gegenseitigen Abstand der Scheiben betreffend) das Vorhandenseyn dieses Fehlers andeuten sollen. Aber noch hat dieß meines Wissens Niemand, ungeachtet der weiten Verbreitung, die dieser Apparat gefunden, ausdrücklich angegeben. Im Gegentheil sieht sich der Verfasser einer bedeutenderen Abhandlung ²⁾ nicht im Stande, eine aus eben diesem Fehler leicht verständliche Erscheinung, die natürlich seine volle Aufmerksamkeit in Anspruch nahm, zu deuten. Es besteht diese Erscheinung in der Verschiedenheit der elektrischen Spannung, welche der positive und der negative Pol einer galvanischen Säule, wenn sie mit dem Thomson'schen Elektrometer gemessen werden, zeigen können ³⁾.

1) Das Exemplar, durch dessen Anwendung die mitzutheilenden Bemerkungen veranlaßt worden sind, stimmt mit der Beschreibung des „*Électromètre à circle divisé et à miroir*“ in *Ann. de Chim. et de Phys.*

(4) VII, p. 149 wesentlich überein. Anstatt des gläsernen Aufhängefadens habe ich jedoch bei den Versuchen dieses Aufsatzes einen silbernen durch ein Schellackstäbchen isolirten benutzt.

2) Pogg. Ann. Bd. CXLIV, S. 161.

3) Wenn ähnliche Schwankungen bei dem Dellmann'schen Elektrometer zum Vorschein kommen — wie es schon Dellmann selbst (Pogg. Ann. Bd. LXXXVI, S. 536) bemerkt hat — so sind sie vermuthlich

Im Thomson'schen Elektrometer steht bekanntlich der Zeiger stets mit der inneren Belegung einer schwach geladenen Leydnerflasche in leitender Verbindung. Der Nullpunkt des Zeigers befindet sich gerade über der Spalte, mit der die zwei halbkreisförmigen, gleich großen und in einer gemeinsamen Ebene isolirt befestigten Metallscheiben von einander abstehen. Eine dieser Scheiben — der Condensator — wird gewöhnlich in leitende Verbindung mit der Erde gesetzt, die andere — der Collector — nimmt mittelst einer aus dem Elektrometergehäuse hervorragenden Theiles — der Elektrode — die zu prüfende Elektrizitätsmenge auf.

2. Die Bewegung, die der Zeiger eines solchen Apparates von einer dem Collector mitgetheilten Elektrizitätsmenge erhält, wird zwar von dem Potential der Elektrizität der Flasche und der beiden Scheiben auf einander bestimmt; und es müßten somit die Ablenkungen den Elektrizitätsmengen vollkommen entsprechen. Allein es sind hierbei einige sehr wichtige Umstände durchaus nicht zu übersehen. Als solche beachte man folgende:

a) Die Bewegung des Zeigers setzt eine elektrische Differenz der Ladungen der beiden Scheiben voraus. Aber hieraus ergibt sich mit Nothwendigkeit, daß das Elektrometer, bis auf einen einzelnen Fall, numerisch gleiche elektrische Größen von entgegengesetztem Zeichen durch ungleich große Ablenkungen angeben muß.

Um diesen Satz zu beweisen, denke man sich in den Schwerpunkten des Zeigers, der einen und der andern Scheibe, die Elektrizitätsmengen bez. μ , M und m ; die Vorzeichen lasse man unbestimmt.

Die der gegenseitigen Einwirkung dieser Agentien entsprechende Kraft kann mit

viel unregelmäßiger als bei dem Thomson'schen, namentlich wenn das eine Quadrantenpaar abgeleitet wird. Zu den erstgenannten Abweichungen tragen ohne Zweifel mehrere Ursachen bei, wovon eine vielleicht sehr wichtige, aber wenig bekannte, in den Abhandlungen der Schwed. Acad. der Wissensch. Bd. 11 No. 803 erwähnt wird.

$$e \cdot \frac{M\mu}{R^2} + e \cdot \frac{m\mu}{r^2}$$

— wo die Bedeutung der Buchstaben e , R und r selbstverständlich ist — bezeichnet werden, und der bewegliche Zeiger macht dabei eine Ablenkung, deren numerischer Werth u sey. Läßt man nun die Größen M und m ihre Vorzeichen wechseln, so werden die im vorigen Falle stattfindenden Anziehungen sich in Abstofsungen vertauschen und umgekehrt, und der Zeiger wird in entgegengesetzter Richtung eine Ablenkung machen, deren numerischer Werth u_1 sey. — Die entsprechende Kraft bezeichnen wir mit:

$$e \cdot \frac{M\mu}{R_1^2} + e \cdot \frac{m\mu}{r_1^2}.$$

Die Bedingung $u = u_1$ setzt aber voraus, daß eine gleich große Drehkraft des Aufhängsfadens des Zeigers in beiden Fällen überwunden werden muß und dies erfordert:

$$e \cdot \frac{M\mu}{R^2} + e \cdot \frac{n\mu}{r^2} = - \left(e \cdot \frac{M\mu}{R_1^2} + e \cdot \frac{m\mu}{r_1^2} \right).$$

Andererseits ist aber, wenn $u = u_1$, $R_1 = r$ und $r_1 = R$. Folglich bekommt man als Bedingung für $u = u_1$, die Gleichung

$$(R^2 + r^2)(M + m) = 0,$$

d. h. $M = -m$. In allen anderen Fällen wird $u > u_1$ werden.

Man findet also, daß z. B. bei der gewöhnlichen Anordnung des Ableiters der einen Scheibe immer $u > u_1$ werden muß und zwar $u > u_1$ wenn die Agentien M und μ entgegengesetzte Vorzeichen haben und umgekehrt $u < u_1$, wenn sie gleichnamig sind; denn der Abstand R muß ja im Falle der Anziehung einen kleineren Werth als in dem der Abstofsung des Zeigers erhalten.

b) Es variirt ferner das Potential der wirksamen Agentien auf einander mit den elektrischen Zeichen des an die Elektrode angelegten Körpers auch deshalb, weil die elek-

trische Anordnung der Leydner Flasche, des Collectors und des genannten Körpers davon abhängt. Um diesen Zusammenhang kurz darzulegen, bezeichne man mit Z das Agens des Zeigers und mit K dasjenige des zu prüfenden Körpers. Setze man zuerst Z gleich Null, was natürlich damit gleichkommt, als wenn die Leydner Flasche keine Ladung bekommen hätte und lege man so den mit dem Agens K versehenen Körper an die Elektrode an. Es müßte dann die Gestalt des aus diesem Körper, der Elektrode und dem Collector zusammengesetzten Conductors nebst der Rückwirkung der in dem Condensator und dem Zeiger durch Induction angesammelten Agentien den Antheil des Agens K , der in das Gehäuse eintreten würde, sowie die Anordnung desselben, bestimmen. Ersichtlich müßte die Gröfse $(s \cdot K)$ dieses Antheiles von dem Vorzeichen des Agens K völlig unabhängig seyn. Wäre nun aber, während der elektrische Körper der Elektrode noch anläge, dem Zeiger ein Agens von außen ertheilt worden, so würde, wenn dies mit K das entgegengesetzte Vorzeichen hätte, durch die gegenseitige Anziehung der Gröfsen K und Z auf einander, die Gröfse $s \cdot K$ zu etwa $(s + t) K$ vermehrt und umgekehrt, im Falle von gleichen Vorzeichen durch die entstehende Abstofsung zu etwa $(s - t') K$ vermindert worden seyn. Aber nicht nur die oben mit M bezeichnete Gröfse wird aus diesen Gründen größer werden im Falle der Anziehung als in dem der Abstofsung; das Gesagte gilt gewissermaßen selbst von der Gröfse μ ; weil in jenem Falle durch Emporsteigen der Elektrizität der Leydner Flasche von ihren übrigen Theilen die Gröfse Z vermehrt und in diesem durch Entweichen aus dem Zeiger vermindert werden muß. Die Ablenkungen des Zeigers, diese Verhältnisse ausdrückend, müssen folglich bei entgegengesetzten Vorzeichen der Agentien K und α größer ausfallen als im Falle gleicher Vorzeichen derselben.

Es sey mir hier noch die Bemerkung gestattet, daß vielleicht auch die von Versuch zu Versuch stattfindenden Abänderungen der Anordnung der freien Elektrizität

der Leydner Flasche auf die Messungen nachtheilig einwirken. Denn offenbar ist damit wenigstens ein Bestreben der gebundenen Elektricität der Flasche, sich ebenso anderweitig zu ordnen, verbunden. Nun aber hat diese ihren Sitz an den isolirenden Theilen der Flasche und sie scheint darum nach einer Entladung des Collectors erst allmählig ihre normale Anordnung wieder annehmen zu können. Daß hierdurch ein der Abwechslung in der Stärke der Flaschenladung entsprechender Fehler entstehen könne, dürfte wohl als wahrscheinlich angesehen werden müssen.

c) Durch den fortgesetzten Einfluß des elektrischen Zeigers werden die oberen Theile der Isolatoren der beiden Scheiben (sowie die Scheiben selbst) in thätigem elektrischen Zustande erhalten; und dabei muß die Elektricität der Isolatoren mit der des Zeigers von entgegengesetztem Zeichen seyn. Deshalb wird in der That eine Elektricitätsmenge, die man dem Collector mittheilt, zwischen je zwei entgegengesetzt elektrischen Körpern — dem Zeiger und dem Isolator — eingeführt. Mithin muß z. B. in dem Falle, daß diese eingeführte Elektricität von der nun, bei Bindung derjenigen des Zeigers, frei gewordenen des Isolators angezogen wird, dem Zeiger ein Theil der sonstigen Abstoßung abgehen.

Wie aus dem Gesagten ersichtlich, wirken die drei, soeben angeführten Fehlergründe in derselben Richtung und zwar so, daß von zwei, der Größe nach gleichen, aber dem Zeichen nach entgegengesetzten Elektricitätsmengen das Elektrometer diejenige als kleiner angiebt, *welche mit der Ladung seiner Leydner Flasche dasselbe Vorzeichen hat*¹⁾.

Einen mathematischen, den Einfluß der verschiedenen Fehleranlässe genau wiedergebenden Ausdruck anzusetzen,

1) Die auf S. 29, 30 und 162 der oben citirten Abhandlung angeführten Versuchsreihen bestätigen diesen Schluß völlig, wenn es erlaubt ist, bei den Versuchen eine positive Ladung der Leydnerflasche und außerdem in der letzten Reihe S. 162 ein vom Anfange an nur wenig fehlerhaftes Einstellen der Nadel vorauszusetzen.

ist selbst unter sehr einfachen Voraussetzungen eine sehr schwierige Aufgabe. Statthaft scheint jedoch die Annahme, daß der betreffende Fehler mit dem Verhältniß der GröÙe der Ablenkungen zu der Entfernung des Zeigers von den Scheiben, sowie mit der Entfernung der Scheiben aus einander wachse. Uebrigens ist es klar, daß, dem Fehler zufolge, selbst bei Elektrizitätsmengen von gleichem Zeichen aber verschiedener GröÙe die numerischen Werthe der Ablenkungen nicht ohne Correction mit einander völlig vergleichbare Ausdrücke seyn können.

d) Eine vierte Fehlerquelle, die jedoch bei den neueren Constructionen des Apparates wahrscheinlich ganz oder doch zum größten Theil vermieden ist, verdient noch bemerkt zu werden. Wenn man nämlich auch die Elektrometerscheiben wegnähme, so würde nichtsdestoweniger im Augenblicke des Elektrisirens der Flasche eine Ablenkung des Zeigers entstehen; denn es gelingt wohl kaum den Zeiger mit seinen Anhängen so symmetrisch einzurichten, daß nicht seine Elektrizität von Seite derjenigen der übrigen Flaschentheile eine Abstofung erleiden würde. In meinem Exemplar — mit nur zwei Scheiben und einem darnach abgepaßten Zeiger — tritt bei Elektrisiren der Flasche diese Wirkung so deutlich hervor, daß man daraus den ungefähren Betrag der Ladung schätzen kann. Der Nullpunkt verschiebt sich, selbst wenn die Scheiben im Voraus abgeleitet worden sind. Später zieht er sich, Tag für Tag, mit der abnehmenden Ladung allmählig in seine ursprüngliche Lage wieder zurück.

Da die Richtung, in welcher diese letzterwähnte Fehlerquelle den Zeiger zu führen strebt, offenbar weder von dem Zeichen der elektrischen Flaschenladung, noch davon abhängt, welche der beiden Scheiben als Collector oder Condensator angewandt wird, so kommt es folglich darauf an, wie die Anordnung in diesen Beziehungen getroffen ist, ob der gegenwärtige Fehler das Ergebniß der übrigen verstärken oder ihm entgegenwirken werde. Die GröÙe des Fehlers hängt aber natürlich von der Einrichtung der

verschiedenen Theile des Apparates und außerdem noch von dem Betrage der Ladung desselben ab.

Hoffentlich wird man schon aus dem bereits Gesagten ersehen, daß das Elektrometer mit einigen Fehlerquellen behaftet ist. Es fragt sich jedoch, in wie weit dieselben auf die Ergebnisse der Messungen einzuwirken vermögen. Daß diese Einwirkung, wenigstens unter besonderen Umständen, ganz erheblich seyn kann, wird aus dem Folgenden hervorgehen. Nur will ich die Bemerkung vorausschicken, daß die den Fehler, der obigen Darstellung gemäß, befördernden Umstände absichtlich nicht verringert worden sind.

3. Der eine Pol einer hundertpaarigen, aus Zink, Kupfer und destillirtem Wasser zusammengesetzten galvanischen Säule ¹⁾ mit besonders gut isolirten Paaren stand mit der Mauer des Arbeitszimmers in leitender Verbindung. Die Ladung des andern wurde bei den Versuchen durch einen größeren und mit einer gut isolirenden Handhabe versehenen Conductor — den ich im Folgenden kurz *Uebertrager* nenne — an den Collector des Elektrometers übergeführt. Die dem negativen Pole entsprechenden Ablenkungen werden mit N , die des positiven mit P , die mittlere GröÙe beider, $\frac{P+N}{2}$, mit k und deren Unterschied, $P - N$, mit A bezeichnet. Der Kürze wegen wird endlich $\frac{A}{k} = \alpha$ gesetzt. Uebrigere Bezeichnungen und Abkürzungen wird man hoffentlich ohne Erklärung verstehen.

4) Die Leydner Flasche des Elektrometers war mehrere Tage vorher mittelst Berührung mit dem *positiven* Pole der hundertpaarigen Säule geladen worden.

- 1) Sechs Paare einer kleinen Daniell'schen Säule, deren die Flüssigkeiten trennende GefäÙe aus Holz bestanden, gaben als Mittel mehrerer Bestimmungen $6 D = 18,91$, während zwölf Paare der Wassersäule $12 W = 19,88$ ergaben. Man kann also, um eine ungefähre Vorstellung von dem im Folgenden vorkommenden elektrischen GröÙen zu erhalten, $W = \frac{1}{2} D$ annehmen.

1. Ein Uebertrager (a) durch die Säule geladen und zwar durch deren

negativen Pol ($-p$)

$$\begin{array}{r} N = -39,5 \\ -37,0 \\ -38,0 \\ \hline N_1 = -38,17 \end{array}$$

positiven Pol ($+p$)

$$\begin{array}{r} P = +21,5 \\ +23,0 \\ \hline P_1 = +22,25 \end{array}$$

Folglich: $A_1 = -15,92$; $K_1 = 30,21$; $\alpha_1 = -0,53$

2. Ein Uebertrager (b)

$$\begin{array}{r} -p \\ N'_1 = -34,0 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} +p \\ P'_1 = +20,0 \end{array}$$

Also: $A'_1 = -14,0$; $k'_1 = 27,0$; $\alpha'_1 = -0,52$.

B) Die Leydner Flasche wurde nun mit dem *negativen* Pole der hundertpaarigen Säule geladen.

1. Der Uebertrager b

$$\begin{array}{r} -p \\ N' = -28,0 \\ -28,0 \\ \hline N'_2 = -28,0 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} +p \\ P' = +27,5 \\ +27,5 \\ \hline P'_2 = +27,5 \end{array}$$

$$A'_1 = -0,5; \quad k'_2 = 27,8; \quad \alpha'_2 = -0,02.$$

2. Der Uebertrager a:

$$\begin{array}{r} -p \\ N = -35,0 \\ -34,0 \\ \hline N_2 = -34,5 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} +p \\ P = +50,5 \\ +52,0 \\ \hline P_2 = +51,25 \end{array}$$

$$A_2 = +16,8 \quad k_2 = 42,9; \quad \alpha_2 = +0,39.$$

3. Der Uebertrager b noch einmal

$$\begin{array}{r} N' - -p \\ N' = -22,5 \\ -22,5 \\ \hline N'_3 = -22,5 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} +p \\ P' = +29,0 \\ +28,0 \\ \hline P'_3 = +28,75 \end{array}$$

$$A'_2 = +6,3; \quad k'_3 = 25,7; \quad \alpha'_3 = +0,25.$$

C) Die Rollen der beiden Elektrometerscheiben wurden gegen einander vertauscht, d. h. die vorher als Collector gebrauchte Scheibe wurde abgeleitet und der vorige Condensator, um nun als Collector zu dienen, isolirt.

1. Der Uebertrager *b*:

$$\begin{array}{rcl}
 & -p & +p \\
 N' & = -21,0 & P' = +24,5 \\
 & -20,5 & +24,5 \\
 \hline
 N'_4 & = -20,75 & P'_4 = +24,5 \\
 A'_4 & = +3,7; & k'_4 = 22,7; \quad \alpha'_4 = +0,16.
 \end{array}$$

2. Der Uebertrager *a*

$$\begin{array}{rcl}
 & -p & +p \\
 N & = -27,0 & P = +39,0 \\
 & -26,0 & +40,0 \\
 \hline
 N_3 & = -26,5 & P_3 = +39,5 \\
 A_3 & = +13,0; & k_3 = 33,0; \quad \alpha_3 = +0,39.
 \end{array}$$

D) An einem anderen Tag, nachdem die Leydner Flasche mit dem positiven Pole der Säule geladen und die Bedeutung der Scheiben zu der in den Versuchsreihen *A)* und *B)* wiederhergestellt worden war, wurde, um den Einfluß einer fehlerhaften Einstellung des Zeigers zu prüfen, ein um etwa 30° seitwärts von der die Scheiben trennenden Spalte abstehender Punkt als Nullpunkt gewählt. Dieß geschah durch Drehung der Aufhängevorrichtung des Zeigers nach der Seite

1. des Condensators:

$$\begin{array}{rcl}
 N_4 & = -49,75 & P = +32,25 \\
 A_4 & = -13,5; & k_4 = 41,0; \quad \alpha_4 = -0,33
 \end{array}$$

2. des Collectors:

$$\begin{array}{rcl}
 N_6 & = -52,75 & P_6 = +38,0 \\
 A_6 & = -14,75; & k_6 = 45,38; \quad \alpha_6 = -0,33.
 \end{array}$$

3. Schließlich ergaben einige Versuche, bei welchen der Zeiger gerade über die Spalte wieder hineingerichtet war, als Mittel

$$\begin{array}{rcl}
 N_6 & = -70,0 & P_6 = +52,5 \\
 A_6 & = -17,5; & k_6 = 61,25; \quad \alpha_6 = -0,29.
 \end{array}$$

Diese Versuche scheinen die oben entwickelte Anschauungsweise zu bestätigen. Unabhängig von der mehr oder weniger fehlerhaften Einstellung der Theile des Thomson'schen Elektrometers, giebt der Apparat von je zwei

gleich großen, aber der Art nach entgegengesetzten Elektricitätsmengen die mit seiner eigenen Ladung ungleichnamige größer als die gleichnamige an.

Von diesem Gesichtspunkte aus betrachtet, kann man wohl den Versuchen eine gute Uebereinstimmung zuerkennen. Doch findet man selbst in dieser Hinsicht in Versuch *B*), 1. eine Ausnahme, die aber leicht zu erklären ist. Nachdem nämlich die Leydner Flasche mehrere Tage hindurch mit positiv elektrischer Ladung gestanden hatte, wurde ihr eine neue Ladung mitgetheilt und unmittelbar darauf der Versuch angestellt. Es scheint deshalb sehr wahrscheinlich, daß beim Anfangen dieser Versuchsreihe die neue Ladung der Leydner Flasche noch nicht das elektrische Zeichen sämtlicher Isolatoren gewechselt hatte. In diesem Fall mußte aber nach Mom. *c*), Stück 2. die Ablenkung N_2 zu groß und mithin auch die Differenz A_2 zu klein ausfallen. Mit dieser Deutung stimmt auch, daß die Größe N_2 einen zu großen Betrag hat, um mit den übrigen Ablenkungen der Reihen *B*) und *C* zusammen zu stimmen. Uebrigens läßt sich durch Vergleich der sämtlichen Werthe des Verhältnisses α der Verlauf von den Abänderungen des Einflusses, welchen die elektrischen Zustände der Isolatoren auf die betreffende Erscheinung ausüben, ziemlich gut verfolgen.

4. Weil die Fehlerquellen, die in *a*), *b*) und *c*) sub 2 abgehandelt worden sind, in derselben Richtung wirkten, so konnte es fraglich seyn, ob nicht etwa die Abweichung A allein oder wenigstens hauptsächlich in dem Einflusse der gläsernen Isolatoren auf die beiden, dem Collector nach einander mitgetheilten Elektricitäten ihren Ursprung hätte. Denn das Vorhandenseyn eines solchen Einflusses dürfte, in Betracht in ähnlichen Fällen wohl bekannter Thatsachen, nicht bezweifelt werden ¹⁾.

1) Vergl. z. B. Kohlrausch, Pogg. Ann. Bd. LXXII, S. 353. Den elektrischen Zustand der die Scheiben isolirenden Stützen zu untersuchen, erlaubte nicht die Zusammensetzung des Apparates.

Im gegenwärtigen Fall übt die Ladung des Zeigers und die dem Collector mitgetheilte Elektricität ihren inducirenden Einfluß auf die gläsernen Stützen der Scheiben aus. Es konnte jedoch nur derjenige Theil von der Elektricität der Isolatoren, der durch den Zeiger inducirt wurde, einen Antheil an $\mathcal{A}$ haben, weil die Rückwirkung des übrigen Theiles auf die Agentien, durch welche er selber hervorgerufen wurde, von dem Zeichen dieser unabhängig seyn mußte. Was nun die Elektricität des Zeigers betraf, so mußte ihr directer Einfluß auf den mehr in der Nähe befindlichen Collector für $\mathcal{A}$ von größerer Bedeutung seyn als der indirecte durch die entfernteren Isolatoren. Folglich konnte $\mathcal{A}$ weder gänzlich noch hauptsächlich aus der elektrischen Einwirkung der Isolatoren hergeleitet werden ¹⁾.

Die Richtigkeit dieser Folgerung und das Vorhandenseyn des in obig. Mom. *b*) aus der Elektricität des Zeigers abgeleiteten Fehleranlasses wurde folgendermaßen bestätigt.

Angenommen, die Leydner Flasche des Elektrometers sey mit positiver Elektricität geladen. Nach dem eben angeführten Momente würde dann von einer negativen Ladung des Uebertragers ein größerer Antheil als von einer eben so großen positiven in das Gehäuse eintreten und dem zufolge an dem Uebertrager selbst in diesem Falle ein größerer Rest als in jenem zurückbleiben. Sollte dagegen ein ähnlicher Erfolg aus der Wirkung der elektrischen Stützen abgeleitet werden können, so müßten, was leicht ersichtlich ist, die Erscheinungen den eben erwähnten gerade entgegengesetzt werden. Folglich bot sich hierin das Mittel einer experimentellen Prüfung dar.

Der obigen Voraussetzung gemäß war die Leydner Flasche mit positiver Elektricität geladen worden. Während

1) Jedoch muß man, den am Ende Mom. *b*) Angeführten gemäß, beachten, daß unter gewissen Umständen, wegen der Dauer der in den Isolatoren inducirten Elektricität, eine scheinbar entgegengesetzte Erscheinung hervortreten kann, so z. B. in den oben angeführten Versuche *B*), 1.

der Condensator mit der Mauer des Arbeitszimmers in leitender Verbindung stand, wurde nun ganz wie bei den vorigen Versuchen die Elektrizität mittelst eines Uebertragers von dem einen oder anderen der Pole der hundertpaarigen Säule dem Collector mitgetheilt und darauf der Uebertrager, ohne abgeleitet zu werden, bei Seite gestellt. Als die Ablenkung N und P abgelesen worden war, wurde sogleich auch der Condensator isolirt und an ihn der oben genannte Rest durch Anlegen des Uebertragers, wenigstens zum größten Theil, abgeliefert. Durch diesen letzten Theil des Versuches beabsichtigte ich ein Sinken der Ablenkungen N und P um einige Scalentheile n und p zu bewirken, und somit ohne besonderes Instrument die Reste zu messen.

Wenn nämlich die Versuche $p \gtrless n$ ergäben, so wäre, nach der obigen Darstellung, die elektrische Ladung des Zeigers eine Fehlerquelle, die, falls p sich größer als n herausstellte, sogar von größerer Bedeutung als die Elektrizität der Isolatoren wäre.

Die Versuche fielen folgendergestalt aus:

1. $P = + 51,0$	2. $P - p = + 41,0$
3. $\quad + 50,0$	4. $\quad + 39,0$
$P = + 50,5$	$P - p = + 40,0$

Hieraus: $p = + 10,5$

5. $N = - 75,5$	6. $N - n = - 71,5$
7. $\quad - 75,5$	8. $\quad = - 69,0$
$N = - 75,5$	$N - n = - 70,25$

Hieraus: $- n = 5,25$

d. h. gerade das halbe p .

5. Endlich werden in nachstehender Tabelle einige Versuche, wodurch der Wechsel des betreffenden Fehlers mit den hauptsächlich, beim Gebrauch des Elektrometers vorkommenden Abänderungen einigermaßen erläutert wird, zusammengestellt.

Diese Versuche wurden ganz auf dieselbe Weise wie die obigen Reihen ($A - D$) angestellt und die Größen P , N , A , k und α haben ebenso, mit Ausnahme der Zeichen, die-

selbe Bedeutung wie dort. A bedeutet die Anzahl der Säulenpaare, mit denen der Uebertrager geladen wurde. Bei allen Versuchen war die Ladung der Leydner Flasche positiv. In den Versuchen No. 1 bestand sie aus dem Ueberbleibsel einer mehrere Tage vorher mit dem Pol der hundertpaarigen Säule mitgetheilten Ladung; für den Versuch No. 2 war sie der Flasche mit derselben Säule und für die Versuche No. 3, 4, 5 und 6 mit einem kleinen Elektrophor, frisch mitgetheilt worden. In No. 6 stand der Zeiger höher über den Scheiben als in den übrigen. Unter L ist endlich die scheinbare, aus $k = c \cdot AL$ berechnete Ladung der Flasche aufgenommen worden. Bei dieser Berechnung wurde, aus dem Versuche No. 2 berechnet, $c = \frac{34,5}{(100)^2}$ gesetzt. Indessen war ja in der That die Ladung in den letzten vier Versuchen annähernd eine und dieselbe.

No.	A	N	P	$\mathcal{A}$	k	α	L
1	100	28,2	18,5	10,3	23,7	0,43	69
2	100	40,3	28,6	11,7	34,5	0,34	100
3	25	21,0	19,5	1,5	20,3	0,07	236
4	50	47,5	42,5	5,0	45,0	0,11	260
5	100	112,0	86,5	25,5	99,3	0,26	288
6	100	67,8	54,8	13,0	61,3	0,21	177

Obgleich diese Tabelle gar keinen Anspruch macht ihren Gegenstand zu erschöpfen, so enthält sie doch unter anderen die Weisung, daß nicht nur $\mathcal{A}$ sehr rasch (etwa im Verhältniß des Quadrates), sondern selbst α mit A wächst und daß α überdies mit abnehmender Ladung der Flasche sich vergrößert. Letzteres kann unter Umständen bis zum äußersten gehen.

Eine mit Hülfe des Thomson'schen Elektrometers vorgenommene Untersuchung, für deren Fortgang es nicht ohne Bedeutung war, den Ursprung der dabei hervortre-

tenden Gröfse $\mathcal{A}$ zu kennen, machte es dringend, diese Frage wenigstens einer beiläufigen Prüfung zu unterwerfen. Da es indessen, um die verdächtige Fehlerquelle zum Vorschein zu bringen, zweckmäfsig war, die ihrem Erscheinen günstigen Umstände angemessen zu befördern, so hat der Fehler $\mathcal{A}$ selbst bei mäfsigen Elektricitätsmengen überaus grofse Beträge erreicht; was allein durch kleine Entfernung des Zeigers von den Scheiben und durch schwache Ladungen hergestellt wurde. Natürlich kann man durch das entgegengesetzte Verfahren den Fehler bedeutend vermindern. Die beste Anordnung und die darnach abgepaßten Abänderungen der verschiedenen Theile des Apparates, wie z. B. der Höhe des Zeigers über den Scheiben, des Widerstandes des Aufhängefadens usw. mufs man hier wie anderweitig mit Erwägung des Zweckes, wozu der Apparat dienen werde, in jedem einzelnen Falle aufzufinden suchen.

VII. *Elektroskopische Notiz.*

In einer kleinen, i. J. 1867 veröffentlichten Arbeit ¹⁾ über die Elektricitäts-Erregung durch Reiben von Isolatoren an Metallen, zeigte ich, dafs das zu Elektrisirmaschinen gebräuchliche Amalgam ²⁾ alle daran geriebenen Körper positiv macht, selbst die bis dahin für die meist negativ gehaltenen, wie Pyroxylinpapier, Collodium, Schiefsbaumwolle und Ebonit (Horn- oder Hartgummi, Kamm-Masse), und zwar eben so leicht und stark wie Glas. Von dieser Erfahrung läfst sich eine Nutzenanwendung machen, die ich

1) Annalen Bd. 131, S. 631.

2) Wie es scheint, vom Dr. John Mervin Nooth zuerst bei der Elektrisirmaschine eingeführt (*Phil. Transact.* 1773, p. 351).