

III. *Ueber die Messung hoher Potentiale mit dem Quadrantelectrometer*¹⁾; von A. Voller.

Der Verlauf einer Arbeit über die electromotorische Kraft der Reibung, über die ich später zu berichten mir vorbehalte, führte infolge der Uebelstände, mit welchen die Verwendung der bisher bekannten Hilfsmittel zur Messung hoher Potentiale (Thomson's absolutes Electrometer, dasjenige von Quincke, von Bichat und Blondlot etc.) für diesen besonderen Zweck verknüpft war, zur Construction eines neuen, sehr bequemen und eine grosse Genauigkeit gewährenden Instrumentes. Es ist dies ein Quadrantelectrometer, dessen Nadel dem Einflusse eines kräftigen magnetischen Feldes von veränderlicher Intensität unterliegt.

Die Brauchbarmachung des Quadrantelectrometers für die Messung hoher und sehr hoher electrischer Potentiale bietet eine Reihe besonderer Schwierigkeiten dar. Abgesehen von der für jedes Electrometer vorhandenen, bei hohen Spannungen aber besonders dringlichen Nothwendigkeit, die Isolation aller in Betracht kommenden Theile des Instrumentes möglichst zu sichern, sind zwei Punkte besonders ins Auge zu fassen. Es muss erstens eine Methode der Messung, resp. eine Schaltung der messenden Theile (Nadel und Quadranten) gefunden werden, welche eine einfache mathematische Beziehung zwischen dem zu messenden Potential einer Ladung und der Grösse des im Fernrohr abgelesenen Nadelausschlages abzuleiten gestattet, und es muss zweitens eine Einrichtung getroffen werden, die Grenzen der Messungen, welche das Instrument ermöglichen soll, hinreichend weit zu machen. In wie weit diese beiden Bedingungen in anderer Weise als bei einem für schwache Ladungen bestimmten Quadrantelectrometer zu erfüllen sind, und wie dieselben mit-

1) Vom Herrn Verfasser bearbeiteter Auszug aus Bd. X der „Abhandlungen aus dem Gebiete der Naturwissenschaften“. — Festschrift zur Feier des fünfzigjährigen Bestehens des Naturwissenschaftlichen Vereins in Hamburg. Hamburg, L. Friederichsen u. Co.

einander verknüpft sind, wird sich aus dem Folgenden ergeben.

Die Erweiterung der Potentialgrenzen, innerhalb deren eine genaue Messung erreicht werden soll, hängt, abgesehen von den Dimensionen des Instrumentes, im wesentlichen von der Bedingung ab, dass eine die electriche Drehung der Nadel compensirende Directionskraft benutzt werde, welche bis zu beträchtlicher Grösse gesteigert werden kann, so zwar, dass die eingetretene Aenderung dieser Kraft ihrer Grösse nach in jedem Falle leicht und sicher bestimmt werden kann. Hierfür bietet sich ein bequemes Mittel dar in der Anwendung des Magnetismus als Directionskraft, resp. eines veränderlichen magnetischen Feldes, unter dessen Einwirkung die Electrometernadel ihre Drehungen auszuführen hat. Die Anwendung leichter Magnetnadeln zur Erhaltung einer constanten Directionskraft statt der Torsion ist bekanntlich mehrfach zur Anwendung gekommen, z. B. in den ursprünglichen Thomson'schen, den Edelmann'schen und anderen Quadrantelectrometern. Es ist auch bekannt, dass der gewollte Zweck hiermit streng genommen nicht erreicht wird, da die Stärke des kleinen Richtmagneten nicht constant bleibt, und die Directionskraft sich ihrer Grösse wie ihrer Richtung nach infolge der unter gewöhnlichen Verhältnissen unvermeidlichen wechselnden Einflüsse benachbarter Eisenmassen, ja selbst bei Veränderungen des Erdmagnetismus ebenfalls ändert. Diese gewöhnlich störenden Aenderungen des magnetischen Feldes, innerhalb dessen die Nadel sich bewegt, können nun aber für den vorliegenden Zweck in ausgezeichnete Weise nutzbar gemacht werden. Es kommt nur darauf an, diese Aenderungen in weitem Umfange herbeizuführen und sie in einfacher Weise zu bestimmen: das erstere kann durch Anwendung eines künstlichen magnetischen Feldes von beliebig zu verändernder Stärke, das zweite durch Beobachtung der Schwingungsdauer der magnetisch armirten Nadel geschehen.

Um die Brauchbarkeit dieser Schlussfolgerung einer vorläufigen Prüfung zu unterwerfen, bediente ich mich eines gewöhnlichen Edelmann'schen Quadrantelectrometers mit langen Quadranten und rahmenförmiger Nadel, das ich mit

einer magnetischen Armatur von folgender Beschaffenheit versah. Das Electrometer blieb in seinem Zinkring an der Wand befestigt, jedoch wurde der kleine Magnet der Nadel durch drei etwas kräftigere Magnetchen, welche mit gleicher Polrichtung an einem innerhalb der Nadel angebrachten leichten Messingstäbchen befestigt waren, ersetzt. Mit Hülfe eines unterhalb angebrachten verschiebbaren Tischchens wurde sodann eine Armatur, welche aus zwei durch einen Eisenstab verbundenen senkrechten Magnetstäben bestand, deren entgegengesetzte Pole unten an den Enden des eisernen Querstabes lagen, resp. sich oben frei gegenüberstanden, von unten her so über die Glashülle des Electrometers geschoben, dass die durch den Erdmagnetismus allein indicirte Gleichgewichtslage sich nach eingetretener Ruhe wieder herstellte. Behufs Einstellung der Armatur in die hierzu erforderliche Lage war dieselbe auf einem drehbaren Fusse angebracht, und behufs Aenderung des Abstandes der Magnetstäbe von den Magnetchen der Nadel war die Armatur vermittelt einer Messingführung in senkrechter Richtung verschiebbar und beliebig festzustellen. Versuche mit dieser Vorrichtung ergaben die vollständige Brauchbarkeit grösserer magnetischer Directionskräfte. Ehe ich jedoch einiges über diese Versuche mittheile, schicke ich das Erforderliche über die bei hohen Spannungen anwendbaren Schaltungsweisen eines Electrometers voraus.

Die Schaltung eines Quadrantelectrometers für hohe Potentiale.

Bekanntlich kann ein Quadrantelectrometer in verschiedener Weise zur Potentialmessung benutzt, resp. die Schaltung der Nadel und der Quadranten abgeändert werden. Für die Benutzung des Instrumentes zur Messung niedriger Potentiale sind die gewöhnlich gebrauchten Schaltungsweisen, besonders auch mit Rücksicht auf die Eliminirung der in dem Electrometer selbst auftretenden Contactpotentialdifferenzen kürzlich durch W. Hallwachs¹⁾ discutirt worden. Unter Benutzung seiner Bezeichnungsweise sind dies:

1) W. Hallwachs, Wied. Ann. 29. p. 1. 1886.

1) Die Quadrantschaltung: Die Nadel wird auf ein bekanntes hohes Potential geladen und das zu messende kleine Potential mit einem der beiden Quadrantenpaare verbunden, während das zweite zur Erde abgeleitet oder mit einem ebenso grossen Potential von entgegengesetztem Zeichen verbunden wird.

2) Die Nadelschaltung: Die Quadranten werden auf bekanntem, entgegengesetzt gleichem hohen Potential erhalten und die Nadel mit dem zu messenden Potential verbunden.

3) Die Doppelschaltung: Ein Quadrantenpaar und die Nadel erhalten beide das zu messende Potential, während das zweite Quadrantenpaar zur Erde abgeleitet bleibt.

Der von Hallwachs untersuchte Einfluss der in dem Instrumente selbst, sofern dasselbe nicht durchweg aus demselben Metall besteht, vorhandenen Contactpotentiale kann bei einem für hohe Potentiale bestimmten Apparate ganz ausser Acht gelassen werden, da diese Contactspannungen gegenüber den zu messenden Potentialen verschwindend klein sind. Dagegen spielen hier die vertheilenden Wirkungen der zu messenden starken Ladungen naturgemäss eine grosse Rolle. Dieselben äussern sich im allgemeinen dahin, dass der Einfluss der verschiedenen zu messenden Ladungen die Potentialhöhe der angelegten constanten Ladung in schwer übersehbarer Weise ändert, sodass die für die Quadrantschaltung und die Nadelschaltung bei kleineren zu messenden Potentialen vorhandene lineare Proportionalität derselben mit den Nadelablenkungen nicht mehr besteht.

In wie hohem Grade dies der Fall ist, zeigten eine Anzahl von Versuchen, die zum Zwecke der Prüfung dieses Verhaltens mit dem gewöhnlichen Edelmann'schen Electrometer und der demselben beigegebenen Ladungsbatterie von Zink-Wasser-Kupfer-Elementen angestellt wurden. Erforderlichenfalls war dasselbe mit der beschriebenen provisorischen Armatur versehen.

Hinsichtlich des Details dieser Versuche verweise ich auf die erwähnte ausführlichere Arbeit und fasse daher in Folgendem nur die Resultate zusammen.

1) Nadelschaltung mit constanter Quadrantladung: Während sich bei stärkeren constanten Quadrantladungen und schwachen Nadelladungen eine befriedigende lineare Proportionalität der letzteren mit den Nadelablenkungen zeigt, ist von einer solchen bei schwachen Quadrantladungen und starken Nadelladungen keine Rede mehr; die Ablenkungen werden sehr viel grösser, als der einfachen Proportionalität entsprechen würde.

2) Quadrantschaltung mit constanter Nadelladung: Hier ist lineare Proportionalität noch weniger vorhanden, als bei der Nadelschaltung, die positive Differenz der Ablenkungen ist vielmehr relativ um so stärker, je kleiner die Nadelladungen sind; die Proportionalität nähert sich hier offenbar der quadratischen. Der Grund des stärkeren Hervortretens der vertheilenden Wirkungen der zu messenden Ladungen bei der Quadrantschaltung ist leicht zu erkennen. Wird der Nadel ein starkes Potential zugeführt (Nadelschaltung), so wirkt dasselbe vermöge der symmetrischen Stellung der Nadel zu den Quadranten auf beide Paare in gleicher Weise ein, ruft also für sich allein noch kein Drehmoment hervor. Erst mit dem Eintritte einer durch das constante Quadrantpotential erzeugten Drehung der Nadel tritt eine Differenz der Influenzwirkung auf die Quadranten ein, welche offenbar um so grösser wird, je mehr der Drehungswinkel wächst, obgleich bei den in Betracht kommenden kleinen Drehungen eine gewisse, durch die Höhe der zu messenden Ladung und die Dimensionen des Instrumentes bestimmte Grösse dieses Einflusses nicht überschritten wird. Die Wirkung muss aber um so mehr hervortreten, je kleiner das dem Quadrantenpaare von aussen zugeführte Potential ist.

Wird dagegen ein Quadrantenpaar mit einem hohen Potential geladen, während die Nadel mit einem constanten, relativ niedrigen Potential verbunden bleibt (Quadrantschaltung), so ist die Influenzwirkung des ersteren auf die Nadel von vornherein eine einseitige, muss also stark hervortreten. Wird die Nadel überhaupt gar nicht von aussen geladen, so muss die electrische Vertheilung in dem System des Electrometers sich sehr einfach gestalten. Ist in diesem Falle V das

Quadrantpotential, so wird das auf die Nadel ausgeübte Drehmoment V^2 proportional werden, da das durch Influenz in der Nadel erzeugte Potential dann stets durch $-cV$ ausgedrückt werden kann, wo c der von den Dimensionen des Instrumentes abhängige Vertheilungsfactor ist.

Dass übrigens die Influenzwirkung der Quadrantladung auf die mit einem constanten Potential verbundene Nadel sich in der Störung der linearen Proportionalität der Ablenkungen und Ladungen auch dann äussert, wenn das Nadelpotential, wie bei der gewöhnlichen Quadrantschaltung der Fall ist, eine bedeutende Grösse hat, falls die zu messenden Quadrantladungen die gewöhnlich innegehaltenen Grenzen von einem oder wenigen Volt merklich überschreiten, wurde durch besondere Versuchsreihen festgestellt.

3) Auch die Doppelschaltung ohne constantes Potential erwies sich als nicht anwendbar, da — wahrscheinlich infolge des bedeutenden Zerstreuungsvermögens der mit dem zu messenden hohen Potential geladenen Nadel — es überhaupt nicht gelang, sichere Ablesungen zu erhalten; die anfangs angestrebte Ruhelage der Nadel änderte sich stetig im Sinne einer Abnahme der Ablenkungen.

Die hier erwähnten Messungen wurden an dem armirten Edelmann'schen Electrometer vorgenommen, zu welchem jedoch eine besonders mit Rücksicht auf möglichst hohe Isolation construirte Zink-Wasser-Kupferbatterie von 1200 Elementen (etwa 1000 Volt electromotorische Kraft), sowie ein gut isolirender besonderer Umschalter hergestellt wurden, betreffs deren ebenfalls auf die ausführlichere Veröffentlichung verwiesen werden möge.

Die oben mitgetheilten Erwägungen hinsichtlich der störenden Einwirkung der Influenz starker Ladungen bei den bisher gebräuchlichen Schaltungsweisen eines Electrometers führen zu einer naheliegenden Schlussfolgerung. Es wird möglich sein, wenn ein Quadrant oder Quadrantenpaar mit einem hohen Potential geladen wird, auf die Ladung der Nadel mit demselben oder einem anderen Potential ganz zu verzichten, also lediglich dasjenige Drehmoment zu benutzen,

welches aus der Anziehung der Quadrantladung auf die durch Influenz in der zur Erde abgeleiteten Nadel entstandenen Ladung von entgegengesetztem Vorzeichen entsteht.

Wie schon bemerkt, wird für irgend ein Quadrantpotential V das Potential dieser durch Influenz erzeugten Ladung so lange durch $-cV$ ausgedrückt werden können, als sich der Vertheilungscoëfficient c nicht merklich ändert, welche Bedingung beim Quadrantelectrometer als erfüllt angesehen werden kann. Folglich sind die durch zwei verschiedene Potentiale V und V_1 ausgeübten Drehmomente, wenn k die Constante des Instrumentes ist:

$$D = -kcV^2, \quad D_1 = -kcV_1^2,$$

mithin:

$$D:D_1 = V^2:V_1^2,$$

und ebenso:

$$s:\sigma = V^2:V_1^2;$$

wenn s und σ die zugehörigen Ablenkungen sind. Es ist also bei dieser, soweit mir bekannt, bis jetzt nicht benutzten Messmethode, die ich „Quadrantschaltung mit abgeleiteter Nadel“ nennen will, das von der Ladung ausgeübte Drehmoment, also auch die Ablenkung, ebenso wie bei der Doppelschaltung, dem Quadrate des Potentials proportional.

Zur Prüfung dieser Schlussfolgerung wurden mit dem armirten Edelmann'schen Electrometer, dessen magnetisches Feld auf verschiedene Intensitäten eingestellt wurde, eine grössere Zahl von Versuchen ausgeführt. Es wurde dabei der neue Umschalter so benutzt, dass die Electrometernadel dauernd zur Erde abgeleitet blieb, während abwechselnd das eine und das andere Quadrantenpaar mit dem durch eine bestimmte Anzahl Wasserelemente gelieferten Potential geladen, das nicht benutzte Paar aber ebenfalls zur Erde abgeleitet wurde.

Ich theile nur einige Beobachtungsreihen mit. Unter das Mittel der Ablesungen habe ich diejenigen Ablenkungen gesetzt, welche unter der Annahme einer strengen quadratischen Proportionalität hätten beobachtet werden müssen, wenn man von einem mittleren Potential als Maass ausgeht. Wegen der zugehörigen sehr kleinen Ablenkungen eignen sich die kleinsten benutzten Potentiale nicht gut zu einer solchen willkürlichen Maasseinheit.

1.

Quadranten- ladung	300	600	900	1200 El.			
Ablenkungen $\left\{ \begin{array}{l} 7,3 \\ 7,3 \\ 7,2 \end{array} \right.$ $s =$	$\begin{array}{l} 7,6 \\ 7,5 \end{array}$	$\begin{array}{l} 30,6 \\ 30,4 \\ 30,2 \end{array}$	$\begin{array}{l} 30,0 \\ 29,6 \end{array}$	$\begin{array}{l} 69,8 \\ 69,2 \\ 68,6 \end{array}$	$\begin{array}{l} 67,0 \\ 66,4 \end{array}$	$\begin{array}{l} 127,6 \\ 126,4 \\ 125,2 \end{array}$	$\begin{array}{l} 120,0 \\ 118,6 \end{array}$
Mittel berechnet	$\begin{array}{l} 7,4 \\ 7,5 \end{array}$	$\begin{array}{l} 30,1 \\ — \end{array}$	$\begin{array}{l} 68,0 \\ 67,7 \end{array}$	$\begin{array}{l} 122,8 \\ 120,4 \end{array}$	Scilh. „		
Differenz	—0,1	—	+0,3	+2,4	„		

2.

Quadranten- ladung	240	360	480	600	720 El.
$s = \left\{ \begin{array}{l} 6,1 \\ 6,0 \\ 6,0 \end{array} \right.$	$\begin{array}{l} 6,0 \\ 5,9 \end{array}$	$\begin{array}{l} 13,6 \\ 13,5 \\ 13,4 \end{array}$	$\begin{array}{l} 24,4 \\ 24,2 \\ 24,0 \end{array}$	$\begin{array}{l} 38,1 \\ 37,9 \\ 37,7 \end{array}$	$\begin{array}{l} 53,3 \\ 53,8 \\ 53,6 \end{array}$
Mittel berechnet	$\begin{array}{l} 6,0 \\ 5,8 \end{array}$	$\begin{array}{l} 13,4 \\ 13,1 \end{array}$	$\begin{array}{l} 23,8 \\ 23,3 \end{array}$	$\begin{array}{l} 37,3 \\ 36,4 \end{array}$	$\begin{array}{l} 52,4 \\ - \end{array}$ Selth.
Differenz	+0,2	+0,3	+0,5	+0,9	— ”

Quadranten- ladung	840	960	1080	1200 El.			
$s = \left\{ \begin{array}{l} 73,8 \\ 73,3 \\ 72,7 \end{array} \right.$	$\begin{array}{l} 70,5 \\ 70,0 \end{array}$	$\begin{array}{l} 95,2 \\ 95,8 \\ 95,4 \end{array}$	$\begin{array}{l} 90,5 \\ 90,4 \end{array}$	$\begin{array}{l} 121,8 \\ 121,5 \\ 120,8 \end{array}$	$\begin{array}{l} 115,0 \\ 114,2 \end{array}$	$\begin{array}{l} 149,6 \\ 149,4 \\ 148,9 \end{array}$	$\begin{array}{l} 141,4 \\ 140,5 \end{array}$
Mittel berechnet	$\begin{array}{l} 71,8 \\ 71,3 \end{array}$	$\begin{array}{l} 93,0 \\ 93,2 \end{array}$	$\begin{array}{l} 118,0 \\ 117,9 \end{array}$	$\begin{array}{l} 145,1 \\ 145,6 \end{array}$	Scilh. "		
Differenz	+0,5	-0,2	+0,1	-0,5			

Die Beobachtungen zeigen die vollständige Brauchbarkeit der neuen Schaltungsweise für hohe Potentiale, da die Uebereinstimmung zwischen Rechnung und Beobachtung eine sehr befriedigende ist.

Ich gehe nunmehr zur Besprechung des zweiten, oben erwähnten Punktes über, der Erweiterung der Grenzen der nach diesem Verfahren möglichen Messungen durch Anwendung eines veränderlichen magnetischen Feldes.

Es ist zunächst daran zu erinnern, dass unter sonst gleichen Verhältnissen der durch ein bestimmtes Potential erzeugte Nadelausschlag durch die Grösse der auf die magnetisch armirte Nadel wirkenden magnetischen Directions-
kraft Δ bestimmt ist. Es kann ferner diese Directions-
kraft

welche dem Producte der Momente des Nadelmagnetismus und der von aussen einwirkenden magnetischen Kraft proportional ist, durch Aenderung des einen oder des anderen oder auch beider Factoren abgeändert werden, und es ist endlich bekannt, dass — sofern die Horizontalcomponente des magnetischen Feldes für alle Nadelausschläge dieselbe Grösse behält, und so lange das Trägheitsmoment der Nadel nicht geändert wird — die Gleichung besteht:

$$\frac{A}{A_1} = \frac{t_1^2}{t^2},$$

wenn t und t_1 die Schwingungszeiten der Nadel innerhalb des homogenen magnetischen Feldes, welche den Directionskräften A und A_1 entsprechen, bezeichnen. Es ist also die Directionskraft unter irgend welchen Verhältnissen durch die Schwingungsdauer der Nadel bestimmt, vorausgesetzt, dass das Trägheitsmoment derselben unverändert bleibt. Letzteres ist der Fall, wenn die Nadelmagnete stets dieselben bleiben, sodass eine etwaige Aenderung der Directionskraft nur durch eine veränderte Intensität des von aussen einwirkenden Magnetismus herbeigeführt wird. Wendet man nun, statt des Erdmagnetismus, ein künstliches magnetisches Feld an, so kann man statt der Aenderung des Momentes der äusseren Magnete die Entfernung derselben von den Nadelmagneten ändern, was ja gleichbedeutend ist.

Nun wurde oben nachgewiesen, dass für die Quadrantschaltung mit abgeleiteter Nadel, so lange das magnetische Feld dieselbe Intensität behält:

$$\frac{s}{\sigma} = \frac{V^2}{V_1^2}$$

ist. Da ferner für den Fall, dass unter sonst unveränderten Verhältnissen nur diese Intensität geändert wird, die durch V_1 bewirkte Ablenkung σ in eine Ablenkung s_1 übergeht, welche durch die Gleichung:

$$\frac{s_1}{\sigma} = \frac{A}{A_1}$$

bestimmt ist, vorausgesetzt, dass die Torsion der Aufhängung der Nadel vernachlässigt werden kann, was bei starken mag-

netischen Directionskräften zulässig ist, so ergibt sich Folgendes:

Es sei den Electrometerquadranten, nachdem ein Potential V bei der Schwingungsdauer t die Ablenkung s bewirkte, ein Potential V_1 zugeführt worden, während gleichzeitig die Intensität des Magnetfeldes geändert wurde, sodass nunmehr die Schwingungsdauer t_1 besteht. Ohne die letztere Abänderung wäre die Ablenkung σ entstanden, jetzt entsteht:

$$s_1 = \sigma \frac{d}{d_1} = \sigma \frac{t_1^2}{t^2}.$$

Da nun ferner: $\sigma = s \frac{V_1^2}{V^2}$, so folgt:

$$s_1 = s \frac{V_1^2}{V^2} \cdot \frac{t_1^2}{t^2}, \quad V_1 = V \frac{t}{t_1} \sqrt{\frac{s_1}{s}},$$

wo V , t und s , resp. V_1 , t_1 , s_1 zusammengehörige Werthe des Potentials, der Schwingungsdauer und der Nadelablenkung, resp. des Scalenausschlages sind. Diese Formel gestattet, Beobachtungen, die bei der Schwingungsdauer t angestellt werden, mit solchen zu combiniren, welche bei der Schwingungsdauer t_1 stattfinden.

Die Erweiterung des Umfanges der durch das armirte Electrometer möglich gemachten Messungen mit Hülfe der Aenderung des magnetischen Feldes ist eine sehr bedeutende. Beispielsweise konnte die Schwingungsdauer der abgeänderten Nadel des Edelmann'schen Instrumentes von 0,4—5,5 Sekunden, also auf das 14-fache gesteigert werden. Durch Astasirung der Nadel kann natürlich die Schwingungsdauer noch bedeutend grösser gemacht werden (bis etwa 30"), sodass das Instrument auch den Vergleich schwacher Potentiale gestatten würde; indess treten dann die störenden magnetischen Localeinflüsse in so starker Weise hervor, dass die Arbeit unbequem und unsicher wird. Bei etwa 12" Schwingungsdauer konnte noch beobachtet werden.

Die Brauchbarkeit der entwickelten Formel wurde durch zahlreiche Beobachtungen bestätigt. Dieselben konnten unter Benutzung der Batterie von 1200 Elementen (rot. 1000 Volt) leicht in ähnlicher Weise wie die früheren derart angestellt werden, dass irgend eine beliebige Zahl der Elemente bei

irgend einer Schwingungsdauer, sowie irgend eine andere Anzahl bei einer anderen Schwingungsdauer an die Quadranten gelegt und die Ablesungen beobachtet wurden; eins der benutzten Potentiale wurde dabei als unbekannt betrachtet und nach der Formel berechnet. Es hätte sich dann die angewendete Zahl der Elemente ergeben müssen. Indess sind hierbei von vornherein kleine Abweichungen zu erwarten, da erstens die electromotorische Kraft der einzelnen Elemente nicht gerade vollkommen gleich sein wird, und diese zweitens von einer Versuchsreihe zur anderen, namentlich wegen der kaum ganz zu vermeidenden Polarisation durch theilweise Entladung bei unvollkommener Isolation, nicht ganz constant bleibt. In der That zeigen die Beobachtungen derartige Abweichungen, die unter besonders ungünstigen Umständen 2—3 Proc. betragen können, meist aber 1 Proc. nicht erreichen. Die Schwingungszeiten wurden durch einen Taschenchronographen, welcher Fünftelsekunden zu markiren gestattet, und dessen Gang zu wiederholten malen durch Vergleich mit einer Normaluhr controlirt wurde, bestimmt; je nach der Schwingungsdauer wurden zur Feststellung derselben 2—3 mal 50—200 Schwingungen benutzt; die einzelnen Messungen zeigten fast ausnahmslos eine sehr gute Uebereinstimmung.

Im Nachstehenden theile ich einige Beobachtungen mit, gebe jedoch der Kürze wegen nur das Mittel aus den in der Regel gemachten 5—7 Ablesungen, wie aus den Zeitmessungen. Als Potentialeinheit ist hier der Bequemlichkeit wegen die der electromotorischen Kraft eines Wasserelementes ($V = 0,832$ Volt) entsprechende genommen.

$$\text{Prüfung der Formel } V_1 = V \frac{t}{t_1} \sqrt{\frac{s_1}{s}}.$$

$$(1) \quad \left\{ \begin{array}{l} V = 150; \quad t = 5,49''; \quad s = 46,6 \text{ Scalenth.} \\ V_1 = 1200; \quad t_1 = 0,662''; \quad s_1 = 43,1 \quad , \\ V_1 = 150 \cdot \frac{5,49}{0,662} \sqrt{\frac{43,1}{46,6}} = 1197. \end{array} \right.$$

Differenz zwischen Rechnung und Beobachtung:
 $= -3 = -0,25 \text{ Proc.}$

$$(2) \quad \left\{ \begin{array}{lll} V = 60; & t = 9,37''; & s = 20,8 \text{ Scalenth.} \\ V_1 = 1200; & t_1 = 0,685''; & s_1 = 43,8 \quad '' \\ V_1 = 60 \cdot \frac{9,37}{0,685} \sqrt{\frac{43,8}{20,8}} = 1191. \end{array} \right.$$

Differenz zwischen Rechnung und Beobachtung:
 $= - 9 = - 0,75 \text{ Proc.}$

Die Differenzen zwischen Rechnung und Beobachtung lassen bei dem Edelmann'schen Instrumente keine bestimmte Tendenz erkennen, da ihr Vorzeichen sowohl positiv wie negativ sein kann.

Die Versuche zeigen somit eine sehr befriedigende Bestätigung der Formel, wenigstens bis zu Spannungen von 1000 Volt. Eine Prüfung mit noch höheren Potentialen hätte die Herstellung weiterer Ladungsbatterien erfordert, die mir überflüssig schien, da (so lange nicht grössere Isolationsverluste eintreten) kein Grund vorhanden ist, anzunehmen, dass bei Anwendung höherer Potentiale und entsprechend grösserer magnetischer Directionskräfte die Formel einer Correction bedürfe.

Nachdem die obigen Resultate an einem Edelmann'schen Electrometer, welches in der beschriebenen Weise armirt war, erhalten worden waren, liess ich unter Benutzung der gemachten Erfahrungen ein lediglich für die beabsichtigten Messungen hoher Potentiale bestimmtes Instrument in der Werkstelle von H. Schwencke hierselbst anfertigen. Es wurde dabei beabsichtigt, erstens die Magnetarmatur in bequemer Weise mit dem Instrumente selbst zu verbinden, zweitens die magnetische Directionskraft in höherem Maasse zu steigern, als dies bei der bisherigen Einrichtung möglich war, und drittens ein möglichst grosses Isolationsvermögen des Instrumentes zu sichern. Die Beschreibung dieses Instrumentes findet sich in der ausführlicheren Arbeit, über welche diese Mittheilungen kurz berichten.

Hinsichtlich des möglichen Umfanges der an diesem Instrumente zulässigen Messungen bemerke ich, dass bei Benutzung nur eines Quadranten und bei maximaler Wir-

kung der Magnete diejenige Ladung, welche eine Ablenkung von 1 Scalentheil bei 1,5 m Abstand des Spiegels von der Scala bewirkt, etwa 650 Volts beträgt, sodass bei Benutzung einer Scala von beiderseits 250 Scalentheilen, welche, wie besondere Beobachtungen gezeigt haben, noch durchaus zulässig ist, Potentialdifferenzen bis zu 10000 Volts gemessen werden könnten. In Wirklichkeit jedoch kann das hergestellte Exemplar des Instrumentes seiner kleinen Dimensionen wegen nicht so weit benutzt werden, da die so hohen Potentials zukommende Funkenschlagweite den Abstand der geladenen Quadranten und ihrer Zuleitungen von den übrigen zur Erde abgeleiteten Electrometertheilen übersteigt, sodass zwischen denselben Funkenentladungen auftreten. Die zulässige Potentialgrenze, innerhalb deren das angefertigte erste Instrument Messungen gestattet, beträgt aus diesem Grunde nur etwa 5000 Volts. Für die im Anfange dieser Mittheilungen besprochenen Zwecke reicht dies in manchen Fällen nicht aus, sodass die Herstellung eines für beträchtlich grössere Spannungen bestimmten Instrumentes in Angriff genommen wurde, über das ich seiner Zeit nähere Mittheilungen zu machen mir vorbehalte.

Im übrigen zeigen die an dem neuen Instrumente bereits in grosser Zahl ausgeführten Messungen die grosse Zuverlässigkeit und Genauigkeit der angewendeten Methode. Es möge noch bemerkt werden, dass dasselbe nach erfolgter Veröffentlichung noch eine wesentliche Verbesserung durch Anbringen einer Glycerindämpfung erfahren hat, welche — ohne die Möglichkeit der Feststellung der Schwingungsdauer der ungedämpft schwingenden Nadel zu beeinträchtigen — die Ausschläge derselben während der Arbeit fast völlig aperiodisch macht.

Hamburg, Phys. Staatslabor., im Februar 1883.