**9. Ueber ein aperiodisches, magnet-
und nachwirkungsfreies Quadrantelectrometer;
von W. Hallwachs.**

(Aus den Nachr. d. k. Gesellsch. d. Wissensch. zu Göttingen,
math.-physik. Klasse. 1895. Heft 1.)

Bei einem früher beschriebenen Quadrantelectrometer¹⁾ waren zwar die bedeutenden Fehler, welche Flüssigkeitsdämpfungen in diesen Apparaten hervorrufen, beseitigt und ausserdem constante Empfindlichkeit erzielt worden, aber das Instrument hatte noch eine unbequem geringe Dämpfung ($k = 3,6$), und der Aufhängedraht war nicht genügend nachwirkungsfrei. Aus dem letzteren Grund traten Fehler von 0,2 Proc. der Potentiale bei Doppelschaltung auf, wenn man nicht besondere, etwas zeitraubende Correctionen für die elastische Nachwirkung anbrachte. Beide Uebelstände sind inzwischen beseitigt worden.

Anfänglich versuchte ich magnetische Dämpfungen, welche ja in vielen Formen im Quadrantelectrometer in Gebrauch sind²⁾; fand es aber für störend, dass durch dieselben das Electrometer seiner schätzenswerthen Eigenschaft, keine magnetischen Wirkungen nach aussen auszuüben und eventuell von dort zu empfangen, beraubt wird. Ersteres tritt bei festliegenden Magneten, letzteres bei festliegendem Dämpfer und beweglichen Magneten ein. Eine Luftdämpfung³⁾ wäre deshalb

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

2) Donati, Mem. di Bologna (2) **15**. p. 95. 1876; (4) **8**. p. 327—353. 1888; Rendic. di Bologna p. 92—94. 1886/7; J. Carpentier, Compt. rend. **104**. p. 1694. 1887; Gerard, Lum. él. **25**. p. 117. 1887; F. Himstedt, Wied. Ann. **50**. p. 752. 1893; Hr. Himstedt beschreibt ein Electrometer, in welchem mehrere Nadeln zur Anwendung kommen und verweist darauf, dass Hr. Guglielmo, (Nuovo Cim. **29**. 1891) diese Anordnung zuerst gebraucht habe. Historisch möge bemerkt werden, dass ein vielzelliges Electrometer von Thomson schon länger vielfach im Gebrauch ist, (Electrician **24**. 6. 1889). Uebrigens hat Hr. Guglielmo schon früher eine zweite Nadel angewendet (Riv. Scient. Industr. 1887).

3) A. Töpler, Pogg. Ann. **149**. p. 416. 1873.

vorzuziehen. Es gelang eine solche so einzurichten, dass sie die Electrometerbeobachtungen nicht beeinflusst, indem sowohl der Flügel als auch das Gefäss der Dämpfung dauernd mit der Electrometernadel in leitende Verbindung gebracht wurden.

Die Dämpfung ist regulirbar, der Aperiodicität lässt sich je nach Bedürfniss beliebig nahe kommen.

Ein auch für genauere Messungen genügend nachwirkungs-freier Aufhängedraht aus Platin kam mir gelegentlich specifischer Gewichtsbestimmungen¹⁾ in die Hände, als gerade Versuche mit versilberten Glas- und Quarzfäden beim Electrometer stattfanden. Letztere haben für manche electrometrische Methoden einen zu hohen Leitungswiderstand. Der erwähnte Platindraht war in dieser Richtung besser, auch nicht so zerbrechlich. Dass sich derselbe als fast völlig nachwirkungsfrei erwies, werden im Folgenden mitgetheilte Beobachtungen erweisen.

Das unter Anwendung der Luftdämpfung construirte Electrometer mit dem neuen Aufhängedraht gestattet Potentialdifferenzen mit einer Genauigkeit von wenigen Zehntausendsteln zu vergleichen. Das Instrument arbeitet dabei wegen der grossen Dämpfung sehr bequem. Es ist auch für Pendelschwingungen sehr gut gedämpft, sodass die in einer verkehrsreichen Stadt oft sehr störenden Erschütterungen nur sehr geringen Einfluss gewinnen. In dem hiesigen Institut können mit Galvanometern wegen der genannten und der magnetischen Störungen genauere Beobachtungen über Tag nur selten ausgeführt werden, mit dem Electrometer jederzeit, gleichzeitige Beobachtungen mit beiden Instrumenten liessen diesen Unterschied sehr hervortreten.

Beschreibung des Instruments.

(Vgl. Fig. 1.)

Das messende Drehmoment wird von einem von Hrn. Heräus bezogenen, $\frac{1}{40}$ mm dicken Platindraht geliefert, welcher in einer Doppelhülle aus Silber und Kupfer gezogen ist. Kleine Federklemmen mit Ring fassen die Enden des Drahtes. Die obere Federklemme steckt in einer Hülse des Aufhängestiftes α

1) F. Kohlrausch u. W. Hallwachs, Wied. Ann. 53. p. 14. 1894.

federnd fest, die untere trägt ein Doppelypsilon b zum An-

hängen des Nadelhalters c .

Der Aufhängestift kann sowohl drehend als vertical verstellt werden, er besitzt eine erhebliche Länge, um je nach der gewünschten Empfindlichkeit mit Drahtlängen von 10—30 cm benutzt werden zu können. Oben endigt er in einer Klemmschraube für die Leitung zur Nadel. Der ihn tragende Torsionskopf ist zur Verbesserung der Isolation unter Vermittelung einer dickeren Schellackschicht auf das Suspensionsrohr aufgekittet.

An dem erwähnten Nadelhalter c ist die aus 0,06—0,08 mm dickem Aluminiumblech bestehende Nadel so befestigt, dass sie bequem losgenommen und eventuell

Fig. 1.

für grössere Empfindlichkeit mit einer grösseren Nadel vertauscht werden kann. Zwei schwarze Striche, welche der Symmetriexaxe der Nadel folgen, erleichtern die Orientirung derselben.

Das untere Ende des Nadelhalters trägt wieder ein Doppelypsilon d , in welches der Halter des rechteckigen, aus dünnem Aluminiumblech bestehenden Dämpferflügeln e eingehängt ist. Letzterer schwebt im Innern eines parallel-epipedischen Dämpferkästchens f mit verstellbaren Querwänden. Zum Verstellen dienen Schrauben aussen am Kästchen, welche nach Oeffnen der Thür g im Gehäuse ohne Aenderung der Orientirung des Apparates gehandhabt werden können. Auf dem gleichen Wege lassen sich die Deckel des Dämpfers entfernen und aufsetzen. Um zu verhindern, dass durch die Dämpfung ein Drehmoment auftritt, erhalten Flügel und Kästchen gleiches Potential und zwar das der Nadel, sodass auf den dann ganz umhüllten Flügel keine Kräfte ausgeübt werden. Der Flügel steht zu diesem Zwecke mit der Nadel direct in metallischer Verbindung, das Kästchen ruht auf einem in Paraffin gekochten und schellackirten Hartgummicylinder h und ist durch einen isolirt das Dämpfergehäuse bei i durchdringenden Draht aussen herum mit dem Aufhängestift a verbunden. Zur richtigen Orientirung des Dämpferkästchens dienen erstens drei Stellschrauben k , welche im Boden des vor Luftströmungen schützenden Dämpfergehäuses laufend die Bodenplatte des Hartgummicylinders h tragen. Sie besorgen die erforderlichen Neigungen gegen die Verticale, bez. die Einstellung in dieselbe. Die von ihnen getragene Platte wird durch eine Feder l gegengepresst, damit beim Platzwechsel keine Verrückungen eintreten. Zweitens gestattet eine federnde Rohrverschiebung m des Dämpfergehäuses Verticalverschiebungen und Drehungen auszuführen. Das Rohr n , über welches sich das Gehäuse schiebt, sitzt an seinem oberen Ende an einem System von zwei Ringen o fest. Diese sind an der Bodenplatte des eigentlichen Electrometergehäuses horizontal verschiebbar befestigt und lassen sich auch gegeneinander so verschieben, damit das Kästchen drittens auch in der Horizontalebene geeignet eingestellt werden kann. Beide Verschiebungen werden durch Schrauben ausgeführt, ihre Richtungen stehen senkrecht aufeinander.¹⁾

1) Bei einigen neueren Instrumenten ist die Horizontalverschiebung am Boden des Dämpfer- statt des Electrometergehäuses angebracht.

Drei hohe, schräg stehende Füsse halten die Bodenplatte des Electrometers, wobei das Dämpfergehäuse bequem zugänglich bleibt. Sie tragen an ihren Enden Stellschrauben für den ganzen Apparat.

Damit die Orientirung der Quadranten gegen die Nadel auch nach erfolgter Einstellung der Luftdämpfung ausführbar bleibt, muss der Quadrantenkreis zu drehen, etwas auf- und abwärts zu schieben und etwas gegen die Horizontalebene zu neigen sein. Zu diesem Zwecke stehen die Quadrantenfüsse auf einem ebenen Messingring p , der sich in einem zweiten Ring q drehen lässt. Letzterer ruht auf drei in der Bodenplatte laufenden Stellschrauben r mit Haltung an dem Ring. Die centrale Oeffnung beider Ringe ist genügend gross, um die Dämpfungsvorrichtung hindurch zu lassen und die erforderlichen Horizontalverschiebungen derselben zu gestatten. Der Dämpfer ragt über die Ringe genügend weit heraus, um die freie Handhabung der Querwandregulirung zu ermöglichen.

Die Construction der übrigen Electrometertheile ist im wesentlichen wie früher¹⁾ geblieben.

Das Instrument wird von Hrn. Mechaniker Stieberitz, Dresden A., Josephinenstrasse 22, hergestellt.

Beobachtungsbelege.

Bei den folgenden Versuchen hatte der Aufhängedraht eine Länge von 12 cm und die kleinere Nadel kam zur Anwendung. Ein Theil der Versuche ist mit einem Dämpfungsverhältniss von 300—500 ausgeführt, ein anderer mit einem solchen von 24—33. Die Dämpfung wächst mit den Ausschlägen, der grösste angegebene Werth gilt für Ausschläge von Ende zu Ende, der andere für sehr kleine.

Für die geringere Dämpfung betrug die Schwingungsdauer 11 Secunden, für die grössere 15.

Bei Quadrantschaltung mit 140 Volt Nadelpotential und 2000 Scalentheilen Abstand liefert ein Volt 140 Scalentheile commutirten Ausschlag. Durch Einhängen eines längeren Drahtes und der grösseren Nadel kann die Empfindlichkeit etwa vervierfacht werden; zur Verringerung derselben wird ein dickerer Draht eingezogen.

1) W. Hallwachs, Wied. Ann. 29. p. 27. 1886.

Zur Orientirung über die Genauigkeit des Instrumentes mögen folgende Beobachtungsreihen bei verschiedener Schaltungsweise desselben dienen.

1. Versuche bei Doppelschaltung. Eine Serie von Potentialdifferenzen wurde erst bei steigenden und unmittelbar anschliessend bei fallenden Werthen angelegt. Zur Definition derselben dienten gleichzeitige Messungen mittels Galvanometer und Variometer. Das Galvanometer lag in einem Stromkreis mit sehr grossen Widerständen, von deren Enden zum Electrometer abgezweigt wurde.

Bei dem früheren Electrometer hatte sich ergeben, dass bei einer entsprechend angeordneten Versuchsreihe (l. c. p. 32) die aus den Ausschlägen berechneten Potentiale bei steigender Serie etwa um 0,2 Proc. kleiner waren wie bei fallender. Nur durch etwas umständliche Correctionen für elastische Nachwirkung liessen sich die Differenzen auf $\frac{1}{3000}$ herabbringen. Letztere Genauigkeit liefert das jetzige Instrument für die directen Ablesungen ohne Nachwirkungs correctionen.

Folgende beiden Versuchsreihenpaare mögen zum Beweis dienen. Beim ersten Paar wurde zwischen zwei Potentialen zur Erde abgeleitet, beim zweiten folgte Ablenkung unmittelbar auf Ablenkung. Einen systematischen Unterschied der Ausschläge führte dies, wie die Tabelle zeigt, nicht herbei, woraus hervorgeht, dass elastische Nachwirkung nicht stört. Des besseren Vergleichs wegen ist die Tabelle angeordnet wie früher (l. c. p. 32).

Electrometer- ansschläge		Daraus berechnetes Potential in Volt		Differenzen in Proc. des Potentials
Reihe I	Reihe II	Reihe I	Reihe II	
943,55	943,30	46,627	46,621	+ 0,013
↑ 852,70	852,25	↑ 44,293	44,281	+ 0,026
766,05	766,20	41,955	41,960	- 0,010
607,00	607,25	37,292	37,299	- 0,019
466,10	465,80	32,635	32,624	+ 0,034
239,35	↓ 239,30	23,32	↓ 23,32	+ 0,00
Reihe III	Reihe IV	Reihe III	Reihe IV	
943,20	943,00	46,618	46,614	+ 0,010
852,75	852,55	44,294	44,289	+ 0,012
766,20	766,15	41,960	41,958	+ 0,003
607,10	607,20	37,295	37,298	- 0,008
466,25	466,20	32,639	32,639	+ 0,002
239,05	239,05	23,30	23,30	+ 0,000
↓ 86,65	86,60	↓ 13,99	13,98	+ 0,03

Vergleicht man mit den Beobachtungen am früheren Instrument, so ergibt sich, dass die Differenzen auf etwa den 17. Theil und auch dann, wenn man die früheren für Nachwirkung corrigirten Werthe nimmt, auf die Hälfte bis ein Drittel gesunken sind.

2. Versuche bei Nadelschaltung.

Auch bei dieser bleibt, wie die folgenden Versuche zeigen, die grosse Schärfe der Beobachtung bestehen. Da die Temperatur der angewendeten Elemente bei diesen Bestimmungen sehr constant war, und dann, wie vielfach beobachtet wurde, deren electromotorische Kraft sehr constant bleibt, konnte von einer galvanometrischen Controlle der Potentiale abgesehen werden.

Nadelpotential	Steigend		Fallend	
	Einstellungen	Doppelausschläge	Einstellungen	Doppelausschläge
Null	497,3		497,3	
- 1 Clark	566,3		566,3	
+	427,8	138,5	427,9	138,4
- "	566,2	138,4	566,3	138,4
+	427,7	138,5	427,85	138,45
		<u>138,47</u>		<u>138,42</u>
Null	497,2		497,2	
- 1 Accumulator	593,8		593,9	
+	399,6	194,2	399,7	194,2
- "	593,8	194,2	593,9	194,2
+	399,7	194,1	399,7	194,2
		<u>194,17</u>		<u>194,20</u>
Null	497,2		497,2	
- 2 Accumulatoren	689,1		689,1	
+	300,1	389,0	300,1	389,0
- "	689,1	389,0	689,1	389,0
+	300,1	389,0	300,1	389,0
		<u>389,00</u>		<u>389,00</u>
Null	497,2		497,3	
- 3 Accumulatoren	784,1		784,1	
+	198,7	585,4	198,75	585,35
- "	784,1	585,4	784,1	585,35
+	198,7	585,4	198,75	585,35
		<u>585,40</u>		<u>585,35</u>
Null	497,2		497,3	
-(3 Acc. + 1 Trockenelement)	855,1		855,15	
+	121,0	734,1	121,1	734,08
- "	855,1	734,1	855,1	734,0
+	121,05	734,05	121,1	734,0
		<u>734,08</u>		<u>734,02</u>
Null	497,2		497,2	

Die Quadranten erhielten ihre entgegengesetzt gleichen Potentiale von etwa ± 70 Volt durch eine Spamerbatterie. Da jedes Potential zweimal angelegt wurde, lässt sich das Functioniren des Apparates aus den mitgetheilten Einzelablesungen am besten ersehen.

Eine gleichartige Uebereinstimmung konnte in dem nämlichen Beobachtungsraum bei galvanometrischen Bestimmungen nicht erhalten werden.

3. Versuche bei Quadrantschaltung.

Man könnte fürchten, dass bei Quadrantschaltung, wo die Nadel auf ein beträchtliches Potential geladen wird, die Dämpfungsvorrichtung vielleicht doch Störungen veranlasst. Die folgenden Beobachtungen zeigen, dass dies nicht der Fall ist. Bei denselben erhielt die Nadel durch eine Spamerbatterie eine Ladung auf etwa 140 Volt. Gleiche zu messende Potentialdifferenzen liefern dann grössere Ausschläge wie bei Nadel-schaltung unter Anwendung der gleichen Hilfsbatterie.¹⁾

Zwischen den einzelnen Potentialen wurde nicht abgeleitet. Das Dämpfungsverhältniss besass bei diesen Versuchen einen sehr hohen Werth (400—700), während es bei den vorher mitgetheilten im Mittel gleich 30 war.

An das eine Quadrantenpaar ange- legte Elemente	Fallende Reihe		Aufsteigende Reihe	
	Einstel- lung	Aus- schlag	Einstel- lung	Aus- schlag
- 1 Clark	623,9	199,9	423,7	199,7
+ „	424,0	199,8	623,4	199,9
- „	623,8	199,9	423,5	200,0
+ „	423,9	199,87	623,5	199,87
+ 1 Accumulator	383,3	280,8	664,0	280,7
- „	664,1	280,7	383,3	280,7
+ „	383,4	280,7	664,0	280,7
- „	664,1	280,73	383,3	280,70
- 2 Accumulatoren	806,4	562,6	244,0	562,6
+ „	243,8	562,6	806,6	562,6
- „	806,4	562,5	244,0	562,8
+ „	243,9	562,57	806,8	562,67
+ 3 Accumulatoren	103,5	848,2		
- „	951,7	848,1		
+ „	103,6	848,1		
- „	951,7	848,13		

1) Gouy, Journ. de phys. (2) 7. p. 97—109. 1888; cit nach Beibl. 12. p. 366. 1888.

4. Alle mitgetheilten Beobachtungen ergeben, dass die elastische Nachwirkung zu gering ist, um einen deutlichen Einfluss auf die Potentialmessung zu gewinnen. Dadurch, dass in auf- und absteigender Serie beobachtet wurde, war günstige Gelegenheit für das Hervortreten der Nachwirkung. Noch günstiger in dieser Richtung sind die im Folgenden beschriebenen Versuche angeordnet, aber selbst bei ihnen bleibt jener Einfluss sehr gering. Sie gestatten ein quantitatives Urtheil über die Grösse der Nachwirkung und zeigen, welche Anordnungen bei Ansprüchen an die grösste, erreichbare Genauigkeit zu vermeiden sind, bez. welche Fehler eventuell vorkommen können, wenn man ganz ohne besondere Vorsicht in dieser Richtung verfährt. Die Fehler bleiben auch dann sehr klein.

Man bewirkte durch ein geeignet kleines Potential einen kleinen Ausschlag und zwar zuerst, wenn vorher das Electrometer längere Zeit auf Null blieb, darauf, wenn vorher längere Zeit ein Ausschlag bis ans Scalenende bestanden hatte. Die Constanz des bei Doppelschaltung angelegten Potentials wurde mit dem Galvanometer controllirt. Im ersten Fall betrug der Ausschlag 71,3 p, erhielt dann das Instrument 6,5 Minuten lang einen Ausschlag von 450 p, so lieferte das Anfangspotential 71,5 p, also nur 0,2 p mehr.

Wurde ferner während 4,5 Minuten die Nadel beim Scalentheil 927 gehalten, dann nach einem kleinen, ähnlichen Potential wie beim vorigen Versuch umgelegt, so ergab sich

in Minuten nach Umlegen	0,3	0,8	1,3	1,8	2,3	2,8	3,3	3,8	4,3
die Einstellung	70,4	70,5	70,4	70,2	70,2	70,0	70,0	70,0	70,0

Nach abermaligem Umlegen zu grösserem Potential war

in Minuten nach Umlegen	0,3	0,8	1,3	1,8	2,3	2,8	3,3	3,8	4,3
die Einstellung	926,9	926,8	926,8	927,0	927,0	927,0	927,1	927,1	927,1

Darauf wurde das Electrometer entladen und lieferte

in Minuten nach Entladen	0,3	2,0	4,0	20
die Einstellung	506,9	506,7	506,7	506,7

Aus diesen und ähnlichen Versuchen ist zu ersehen, dass in solchen Fällen, wo einige Zehntel Scalentheile Fehler zuzulassen sind, selbst mit Dauereinschaltung gearbeitet werden kann.

Wird grössere Genauigkeit erfordert, so kann das Instrument zwar auch in den Zwischenräumen mit beliebigem Ausschlag stehen bleiben, wenn aber eine Ablesung erfolgen soll, ist ausser dieser unmittelbar darauf der Nullpunkt bez. der commutirte Ausschlag zu ermitteln.

Die folgenden Versuche bei Doppelschaltung mögen zum Beleg dienen. Die angelegten Potentiale wurden galvanometrisch controllirt. In der Tabelle gibt die Spalte „Electrometer-Galvanometer“ die Differenzen der mit beiden Instrumenten beobachteten Potentiale in Zehntausendsteln ihres Werthes, wenn bei beiden Instrumenten die Mittelwerthe der Ausschläge als für gleiches Potential entsprechend genommen werden.

Bemerkungen	Commutirte Ausschläge des		Electrom. minus Galvanom.
	Galvanom.	Electrom.	
10 Minuten Electrometer + 420 p Ausschlag			
	797,25	858,7	$+ 2,0 \times 10^{-4}$
	797,2	858,6	+ 2,0
	797,1	858,5	+ 2,7
	797,15	858,4	+ 1,5
10 Minuten Electrometer - 440 p Ausschlag			
	796,6	857,4	$+ 3,1 \times 10^{-4}$
	796,4	856,8	+ 1,6
	796,4	856,7	+ 1,0
	796,5	856,65	±
10 Minuten Electrometer auf Null			
	796,0	855,5	$- 1,5 \times 10^{-4}$
	796,0	855,3	- 2,2
	795,95	855,2	- 1,8
	795,9	855,15	- 1,3

Der Strom, von dessen Kreis das Potential abgezweigt wurde, war bei diesen ziemlich zu Anfang angestellten Versuchen nicht sehr constant zu halten. Bei den anderen mitgetheilten Beobachtungen gelang dies besser. Wie aus der Tabelle ersichtlich ist, ergibt sich bei der jetzigen Beob-

achtungsart auch nur ein mittlerer Fehler von 2×10^{-4} , sodass also, auch wenn grössere Genauigkeit erfordert wird, das Electrometer von beliebiger Anfangseinstellung aus in der angegebenen Weise benutzt werden kann.

Schalter für Electrometerbeobachtungen.

Bei Electrometerbeobachtungen habe ich einen Schalter bequem gefunden, der sowohl die bei jeder Schaltungsweise des Electrometers erforderlichen Commutirungen und Ableitungen vorzunehmen als auch die verschiedenen Schaltungsarten des Electrometers ohne viel Umstände nacheinander

Fig. 2.

einzurichten gestattet. Es möge gestattet sein, die Vorrichtung kurz zu beschreiben.

Eine Schellackplatte, welche auf ein Brett gekittet ist, trägt neun etwas eingeschmolzene, mit Quecksilber gefüllte eiserne Näpfe in der Anordnung der Fig. 2. In dieselben tauchen die Enden von Kupferblechstreifen, welche sich an der Napfwand federnd festklemmen. Ueber ihre äusseren Enden sind Klemmschrauben geschoben.

N , Q_1 , Q_2 werden mit der Nadel und den Quadrantenpaaren des Electrometers verbunden, E mit der Erde; B_1^+ , B_1^- , und B_2^+ , B_2^- mit den Punkten, deren Potentialdifferenz zu bestimmen ist und den Enden der allenfalls angewendeten Hilfsbatterie. Der Napf rechts in der Mitte steht durch einen nach E führenden Draht auch mit der Erde in Verbindung.

Combinationen von Drahtbügeln, welche an geeigneten Schellackstäbchen mit Schellackhaltern sitzen, vermitteln die Verbindungen. Vier Drahtgestelle sind im Ganzen erforderlich.

1. Die Zeichnung veranschaulicht die Anordnung bei Quadrantschaltung (Gestell I und II). An den beiden B_1 liegen die Enden der Hilfsbatterie für die Nadelladung, an den beiden B_2 die Punkte, deren Potentialdifferenz zu bestimmen ist. Das Vorzeichen der letzteren kann in ersichtlicher Weise gewechselt werden, auch lassen sich die Quadranten vertauschen.

2. Bei Doppelschaltung bleiben die B_1 frei. Ein einfacher Bügel (III) verbindet die Näpfe N und E . Von den B_2 führen wieder Leitungen zu der zu messenden Potentialdifferenz, rechts wird dasselbe Gestell (II) wie unter 1. angewendet. Zum Ableiten der Quadranten dient nach Entfernung von (II) ein Gestell (IV) mit drei Zinken, welche in Q_1 , Q_2 und den Mittelnapf eintauchen.

3. Bei Nadelschaltung kommt die zu messende Potentialdifferenz an die beiden B_1 , und diesmal wird (II) links verwendet, (I) rechts. Die Enden der Hilfsbatterie liegen an B_2 , ihre Mitte ist mit E verbunden.

4. Bei der Nadelorientirung¹⁾ verbindet (IV) rechts die beiden Quadranten mit Erde, links stellt (I) die Verbindung der Nadel mit den an den B_1 sitzenden Enden der Hilfsbatterie her. Durch Umlegen wird das Vorzeichen des Nadelpotentials vertauscht. Zum Ableiten der Nadel dient (III).

Zusammensetzen und Orientiren des Electrometers.

Das Instrument ist so eingerichtet, dass die einmal vorgenommene Orientirung auch beim Verbringen auf einen anderen Platz erhalten bleibt. Es braucht nur die Nadel arretirt und am neuen Platz ein Senkel mit Hülfe der Fusschrauben des Instruments eingestellt und die Arretirung wieder gelöst zu werden.

Die Arretirung findet statt durch Heben der Quadranten mittels ihrer drei Stellschrauben bis zum Aufliegen der Nadel, bez. noch etwas weiter bis zum Beginn des in die Höheziehens

1) Hallwachs, Wied. Ann. **29**. p. 13. 1886.

der Luftdämpferdeckel durch den Flügel. Beim Lösen der Arretirung werden die drei Schrauben wieder in ihre ursprüngliche an einer Marke ablesbare Stellung zurückgedreht. Die Einhängungen des Nadelhalters und Dämpferflügels hängen sich beim Arretiren nicht aus und kehren beim Lösen in ihre ursprüngliche Lage zurück.

Beim erstmaligen Zusammensetzen und Orientiren des Instruments wird folgendermaassen verfahren. Die Deckplatte, der bewegliche Quadrant und die ganze Luftdämpfung sind abgenommen, die Quadrantenstellschrauben bis zur Mitte eingedreht, um spätere Regulirung in jeder Richtung zu ermöglichen.

Die Nadel wird an den Nadelhalter angeschraubt, diese sammt dem daran hängenden Dämpferflügel gelangen dann von oben ins Instrument, die Nadel kommt auf die Unterfläche der Quadranten zu liegen. Nach dem Aufsetzen der Deckplatte wird der obere Drahtalter in den Aufhängestift (*a* Fig. 1) eingeschoben, der Draht in die Suspensionsröhre gebracht und bis zum Nadelhalter herabgelassen. Man hängt dann die Nadel an und zieht den Draht soweit hoch, dass die Nadel inmitten der Quadranten hängt und der Spiegel nach dem Beobachtungsfenster weist.

Mittels der Fusschrauben erhält das Instrument die am Senkel erkennbare verticale Lage.

Nachdem die Quadranten mit Hülfe ihrer Stellschrauben der Nadel angenähert parallel gestellt sind, wird die Deckplatte so gerückt, dass der Mittelpunkt der Nadel im Centrum der Quadranten hängt.

Man schiebt nun die Luftdämpfung von unten auf und gibt dem Dämpferkästchen mittels der früher erwähnten Orientirungsvorrichtungen eine solche Lage, dass der Flügel frei schwebt. Da sich von oben in das Kästchen hineinsehen lässt, können die Querwände leicht dem Flügel parallel gestellt werden. Die ersteren sind dann geeignet einander zu nähern und die Dämpferdeckel aufzusetzen.

Eine feinere Parallelstellung der Quadranten zur Nadel gelangt nun zur Ausführung und der vierte Quadrant kommt darauf an seine Stelle. Durch Drehen des Quadrantenkreises erhält der eine Quadrantenspalt zur Symmetrieaxe der Nadel parallele Lage.

Die letzte Orientirung der Quadranten bezüglich der Nadel geschieht dann mit Hülfe der früher angegebenen electricischen Verfahren.

Beim Einziehen eines neuen Aufhängedrahtes wird das gewählte Stück in die Drahtklemmen geklemmt und dann erst nach Auflegen auf einen Glasstreifen die Drahhülle von der Mitte aus bis nicht ganz an die Enden durch Betupfen mit Salpetersäure entfernt.¹⁾

Dresden, Weihnachtsferien 1894/5.

1) Zeigt der Draht eine halbe Stunde nach dem Entweichen noch Nullpunktswanderung, so ist er in einer Kerzenflamme auszuglühen.