stimmte im wesentlichen gut mit der von Hrn. Hankel für dies Mineral gefundenen überein.

Auch Zucker und Weinsäure liessen sich mit dem Pulvergemisch gut auf ihre Electricitätserregung untersuchen.

Auf eine bereits ausgeführte ausführliche Untersuchung des Boracits habe ich bereits oben hingewiesen.

Ich glaube, die mitgetheilten Resultate zeigen zur Genüge, dass die neue Methode bei weiterer Benutzung und eventueller Verbesserung in den Händen des Physikers, wie des Mineralogen und Krystallographen noch manche Aufschlüsse über das electrische Verhalten der Krystalle geben kann.

Zum Schluss sei noch bemerkt, dass die Pulverfiguren, selbst wenn sie ziemlich complicirt sind, sich leicht auf Papier übertragen lassen, sodass man sie aufbewahren kann.

Man bestreicht zu diesem Zweck schwarzes Seidenpapier mit ziemlich zähflüssigem Gummi arabicum und lässt denselben soweit eintrocknen, dass er noch eben klebt. Ist die Gummischicht schon zu hart geworden, so genügt es, sie mit einem etwas feuchten Schwamm zu überstreichen. Dann legt man das Papier auf eine weiche Unterlage, drückt den bestäubten Krystall auf dasselbe und hebt ihn nach kurzer Zeit vorsichtig ab. Gewöhnlich haftet dann das sämmtliche Pulver auf dem Papier. Die mitgetheilten Figuren sind nach solchen Abklatschen angefertigt.

Physik. Inst. d. Univ. Strassburg, September 1883.

V. Ueber die Messung electrischer Kräfte mittelst des electrischen Flugrades; von D. Kaempfer.

(Auszug aus der Inauguraldissertation. Marburg 1883, mitgetheilt vom Hrn. Verf.)

In dieser Arbeit wurden die an den Spitzen des electrischen Flugrade von der ausströmenden Electricität entwickelten Reactionskräfte experimentell bestimmt, alsdann

auf theoretischem Wege eine Beziehung zwischen den Reaktionskräften und den betreffenden Electricitätsmengen aufgestellt, zuletzt diese Beziehung auf einige Aufgaben der Electrostatik angewendet.

1) Zu ersterem Zwecke wurde dem Apparat eine von der gewöhnlichen abweichende Gestalt gegeben. An einem starken Messingdraht wurden die Enden zu möglichst feinen gleichen conischen Spitzen abgefeilt. Letztere wurden dann rechtwinklig zu der Länge in entgegengesetzter Richtung in eine Ebene umgebogen. Die Aufhängung dieses Flugrades geschah so, dass durch ein feines Loch in der Mitte desselben ein 270 mm langer und 0,114 mm dicker Platindraht gesteckt wurde, welcher unten mit einem Knoten versehen war, sodass das Flugrad fest auf demselben sass und den Draht bei jeder Ausweichung tordirte. Alsdann wurde der Draht gegläht und in einer Messingklemme befestigt, an welcher alle Kanten und Ecken möglichst vermieden waren. Dieselbe war in einem hölzernen Gestell festgemacht und setzte sich durch den Balken in einem Metallstäbchen fort, auf welches eine kleine Messingkugel lose aufgeschraubt werden konnte. Der Zuleitungsdraht wurde immer an das Stäbchen gelegt und die Kugel darüber geschraubt, sodass die Electricität durch den Metallstab, die Klemme und den Platindraht in das Flugrad ging, ohne auf diesem Wege Ecken und Kanten zum vorherigen Ausströmen zu finden. Der Platindraht hing natürlich vertical, sodass sich das Flugrad nur in einer Horizontalebene drehen konnte. Zur Bestimmung der Ablenkungswinkel wurde mit dem Flugrad ein Index aus Hartgummi verbunden, welcher auf einer horizontal gelegenen Kreistheilung spielte.

Das Flugrad wurde nun mit dem positiven Conductor einer kleinen Influenzmaschine verbunden, indem der zuleitende dünne Kupferdraht in die lose Schraube oberhalb der Klemme umgelegt und die Messingkugel fest darüber geschraubt wurde. Das andere Ende des Kupferdrahtes wurde mit der Conductorstange in deren Hartgummilager eingeschoben; der negative Conductor aber zur Erde abgeleitet. Setzte man darauf die Maschine in Thätigkeit und entfernte

bei möglichst gleichmässiger Drehung den einen Conductor von dem anderen, so bewegte sich das Flugrad sehr heftig nach rückwärts, indem es den Platindraht tordirte, und schwankte um eine neue Gleichgewichtslage, die es zuletzt fest einnahm, wenn man fortgesetzt gleichmässig drehte.

Um die Schwankungen um die Gleichgewichtslagen zu vermindern, wurde in der Mitte des Index ein durch Blei beschwertes Glasstäbchen angekittet, an letzterem aber ein vertical hängendes Glimmerblatt angebracht, welches ganz in eine beliebige ölige Flüssigkeit eintauchte. Das Glimmerblatt konnte, solange nur Gleichgewichtslagen beobachtet wurden, keinerlei Einwirkung ausüben, da es im Gleichgewicht von der Flüssigkeit keine Kräfte erfährt. Die an den Spitzen des Flugrades ausströmenden Electricitäten haben also vermöge ihrer Reactionskraft nur dem Drahte in einer gewissen Torsion das Gleichgewicht zu halten und können aus den Torsionskräften des Platindrahtes berechnet werden.

Mit dem so veränderten Apparat wurden unter, im übrigen gleichen Umständen, fünf Versuche angestellt. Sie ergaben die Gleichgewichtslagen:

$$150^{\circ}, 142^{\circ}, 145^{\circ}, 147^{\circ}, 153^{\circ},$$

also im Mittel $147,4^{\circ}$.

Um die zugehörige Reactionskraft zu berechnen, muss vorerst der Torsionscoefficient des Platindrahtes bestimmt werden. Er wurde nach der Schwingungsmethode als:

$$n = 452.19 \text{ mg gefunden.}$$

Diese Zahl drückt diejenige Masse in Milligrammen aus, welche am Ende des Drahtes rechtwinklig zu seiner Längenausdehnung an einem Hebelarm von 1 mm Länge durch ihr Gewicht, also durch die Anziehungskraft der Erde wirken müsste, um dem Drahte bei einer Torsion vom Winkel Eins das Gleichgewicht zu halten.

Bei obigen Versuchen war der Hebelarm, an welchem die Reactionskraft der Electricität wirkt, nicht gleich 1 mm, sondern = 48,15 mm, der halben Länge des Flugrades, sodass für einen Abweichungswinkel von einem Grad die Reactionskraft der Electricität:

$$\frac{n}{48,15} \cdot \frac{\pi}{180} = 0,1639 \text{ mg ist.}$$

Eine Electricitätsquelle also, die einer Torsion von einem Grad des angewandten Drahtes das Gleichgewicht hält, bringt dieselbe mechanische Wirkung hervor, wie eine Masse von 0,1639 mg infolge der Erdschwere durch den Druck auf ihre Unterlage hervorbringen würde.

Eine solche Electricitätsquelle repräsentirt in absolutem Maasse die Kraft:

$$\begin{aligned} P &= g \cdot 0,1639 \text{ mm} \cdot \text{mg} \cdot \text{sec}^{-2} \\ &= 1607,9 \text{ mm} \cdot \text{mg} \cdot \text{sec}^{-2}. \end{aligned}$$

Ist die Electricität im Stande, einer Torsion von α^0 das Gleichgewicht zu halten, so entspricht sie der Kraft $P \cdot \alpha$.

Für die oben gebrauchte Holtz'sche Influenzmaschine war $\alpha = 147,4^0$. Die Reactionskraft der von ihr gelieferten positiven Electricität ist demnach:

$$P \cdot 147,4 = 237\,020 \text{ mm} \cdot \text{mg} \cdot \text{sec}^{-2}.$$

Diese Kraft ist eine potentielle Energie, analog dem Drucke, den eine in einer Erhebung über der Erde ruhende Masse auf ihre Unterlage ausübt. Könnte sie, wie ein solches Gewicht durch den Fall, sich in kinetische Energie verwandeln, so würde sie eine Arbeit verrichten. In einer Secunde würden dann leisten:

Die Kraft $P \text{ mm} \cdot \text{mg} \cdot \text{sec}^{-2}$ die Arbeit $P \text{ mm}^2 \cdot \text{mg} \cdot \text{sec}^{-2}$,
die Kraft $P \cdot \alpha \text{ mm} \cdot \text{mg} \cdot \text{sec}^{-2}$ die Arbeit $P \cdot \alpha \text{ mm}^2 \cdot \text{mg} \cdot \text{sec}^{-2}$;
sodass auch die mechanischen Arbeiten, die die einzelnen Reactionskräfte leisten könnten, den Ausschlagswinkeln α proportional sind, wenn die zu bewegende Masse dieselbe bleibt.

Auf obige Weise kann man für jede constante Electricitätsquelle das entsprechende Aequivalent an Energie, welche sich an den Spitzen eines mit derselben verbundenen Flugrades bethätigt, finden. Naturgemäss schliesst sich daran die Frage, ob man nicht daraus auf die Electricitätsmengen, resp. ihre Potentiale schliessen kann.

2) Die vorhergehenden Erörterungen haben immanente Gültigkeit und sind von der Theorie der Spitzenwirkung

sowie von der Erklärung der Reaction der Electricität unabhängig. Will man aber ein Urtheil über die wirksamen Quantitäten der Electricität gewinnen, so muss man eine Theorie über das Ausströmen der Electricität aus Spitzen zu Grunde legen.

Nach der Lehre vom electrostatischen Potential ist die Dichtigkeit der Electricität an Spitzen electrisirter Leiter, wie z. B. des Flugrades, unendlich gross, wenn die Leiter vollkommen leiten, und die Spitzen vollkommene Spitzen sind. Da diese Voraussetzungen aber nie ganz zutreffen, so stellt diese Theorie wie jede Theorie nur eine Annäherung an die Wahrheit dar. Als Näherung wird man aber an den Metallspitzen des Flugrades die electricische Dichtigkeit als überwiegend gross annehmen können, und zwar als so gross, dass eine schnelle Ausströmung der Electricität stattfinden muss. Je strenger das Flugrad die zwei angeführten Bedingungen erfüllt, um so schneller und gleichmässiger findet die Ausströmung statt. Wären jene Bedingungen absolut erfüllbar, so würde die Ausströmung momentan geschehen; in unserem Falle kann man nur annehmen, dass sie in immer sehr kleiner Zeit stattfindet, und zwar nehmen wir noch an, dass die ganze Electricität ausströmt, keine zurückbleibt oder sich in Wärme umsetzt.

Unter diesen Voraussetzungen kann man die gewünschte Beziehung zwischen den Quantitäten der Electricität und ihren Reactionskräften aufstellen.

Zwei Electricitätsquellen E_1 und E_2 mögen in derselben Zeit unter gleichen Umständen die Electricitätsmengen Q_1 , resp. Q_2 liefern. Hat nun E_1 am Flugrad die Gleichgewichtsstellung bei einer Torsion von α Grad, E_2 eine solche bei β Grad bewirkt, so sind die mechanischen Arbeiten, welche Q_1 und Q_2 von den jedesmaligen Gleichgewichtslagen aus durch ihr Verschwinden aus den Spitzen des Flugrades leisten, nach dem Gesagten $P. \alpha$, resp. $P. \beta$.

Ferner mögen W_1 und W_2 die Potentiale der Electricitätsmengen Q_1 und Q_2 auf sich selbst bezeichnen, und zwar zu den Zeiten, wenn diese Electricitätsmengen einzeln auf

denselben Körpern, dem Conductor, dem Leitungsdraht und dem Flugrad ausgebreitet sind.

Nun ist aber „die Summe aller durch eine electriche Entladung hervorgebrachten Wirkungen gleich der dabei eingetretenen Abnahme des Potentials der gesammten Electricitätsmengen auf sich selbst“ oder auch: das Potential einer Electricitätsmenge auf sich selbst ist gleich der Arbeit, welche die Electricitätsmenge beim Verschwinden leisten kann. Q_1 und Q_2 leisten durch ihr Verschwinden die Arbeiten $P.\alpha$, resp. $P.\beta$. Folglich sind die Potentiale von Q_1 und Q_2 auf sich selbst gleich diesen Arbeiten, also:

$$W_1 = P.\alpha, \quad W_2 = P.\beta,$$

oder auch:

$$(1) \quad W_1 : W_2 = \alpha : \beta.$$

Bedeuteten ferner V_1 und V_2 die Potentiale von Q_1 und Q_2 in den angegebenen Lagen, so bestehen die Gleichungen:

$$W_1 = \frac{1}{2} V_1 \cdot Q_1, \quad W_2 = \frac{1}{2} V_2 \cdot Q_2.$$

Nun sind aber die Potentiale V_1 und V_2 von Electricitätsmengen, die nacheinander auf demselben Körper im Gleichgewicht sind, diesen Electricitätsmengen (Q_1 und Q_2) proportional, also $V_1 = A \cdot Q_1$, $V_2 = A \cdot Q_2$. Demnach ist:

$$W_1 = \frac{1}{2} A \cdot Q_1^2, \quad W_2 = \frac{1}{2} A \cdot Q_2^2,$$

woraus die Proportion folgt:

$$(2) \quad W_1 : W_2 = Q_1^2 : Q_2^2.$$

Durch Verbindung von (1) und (2) erhält man schliesslich:

$$Q_1 : Q_2 = \sqrt{\alpha} : \sqrt{\beta}.$$

Die in gleichen Zeiten von zwei constanten Electricitätsquellen erzeugten Electricitätsmengen sind demnach den Quadratwurzeln aus den Abweichungswinkeln der neuen Gleichgewichtslagen von den alten proportional.

Im allgemeinen kann man sagen, dass dieser Satz eine mit der Feinheit der Spitzen und der Leitungsfähigkeit der angewandten Metalle wachsende Annäherung an die Wirklichkeit darstellt. Er wurde abgeleitet, ohne eine Annahme über die Art und Weise zu machen, wie die Electricität beim Ausströmen die Reaction bewirkt. Darüber existiren hauptsächlich zwei Ansichten von gleichem Ansehen. Wir

wollen sehen, ob obiger Satz sich mit denselben in Uebereinstimmung bringen lässt.

Nehmen wir zuerst mit Riess an, dass die Ausströmung in der Weise stattfindet, dass die nächstgelegenen Luftpartikelchen gleichnamig electricisirt und abgestossen werden, wodurch immer neue neutrale Lufttheilchen an die Spitzen des Flugrades kommen, so ist ersichtlich, dass eine doppelt so grosse Dichtigkeit eine viermal so grosse Abstossung hervorrufen wird. Denn sei h die Dichtigkeit an der Spitze, a die Electricitätsmenge, die in einem unendlich kleinen Zeittheilchen dt ausströmen kann, so ist die Abstossungskraft zwischen a und einem ihm gleichen electricischen Theilchen auf der Spitze in der Entfernung r :

$$\frac{aa}{r^2}.$$

Ist die Dichtigkeit aber $2h$, so strömt in der Zeit dt die Electricitätsmenge $2a$ aus. Dieselbe wird von $2a$ auf der Spitze abgestossen, und zwar in der Entfernung r mit der Kraft:

$$4 \frac{aa}{r^2}.$$

Da nun im ersten Falle sovielmals a auf der Spitze sich befinden und ausströmen müssen als im zweiten Falle $2a$, so ist die ganze von der Electricität beim Ausströmen entwickelte Abstossungskraft im zweiten Falle $4K$, wenn sie im ersten Falle mit K bezeichnet ist.

Dies gilt immer nur für dieselbe Spitze, bei welcher die Dichtigkeit h an der Spitze proportional mit der ganzen Electricitätsmenge wächst. Ist die ganze Electricitätsmenge dreimal so gross, also die Dichtigkeit an der Spitze $3h$, so ist dem Vorigen analog die Abstossungskraft $9K$, für $4h \dots 16K$ etc. Die ganzen Electricitätsmengen oder die Dichtigkeiten auf derselben Spitze verhalten sich demnach auch nach der Riess'schen Hypothese wie die Quadratwurzeln der an den Spitzen wirkenden Reactionskräfte, also auch wie die Quadratwurzeln der Ablenkungswinkel.

Nach der zweiten Hypothese von Mascart vermindert sich durch das Ausströmen der Electricität die Oberflächenspannung auf der Spitze; auf der entgegengesetzten Seite

bekommt dieselbe das Uebergewicht, also muss sich die Spitze rückwärts drehen. Nun ist für jeden beliebigen Leiter, bei welchem sich die statische Electricität nur an der Oberfläche befinden kann, die ganze Electricitätsmenge:

$$Q = -\frac{1}{4\pi} \int \frac{\partial V}{\partial n} ds,$$

das Integral über die ganze Oberfläche ausgedehnt; $-\partial V/\partial n$ bedeutet hierin die erste Ableitung des electrischen Potentials nach der nach aussen gerichteten Normale der Oberfläche. Ist aber h die Flächendichtigkeit der Electricität, so ist:

$$Q = \int h ds = -\frac{1}{4\pi} \int \frac{\partial V}{\partial n} ds.$$

Demnach ist die nach aussen, normal zur Oberfläche gerichtete Kraftcomponente, welche auf die Einheit der Electricität im Punkte P wirkt:

$$-\frac{\partial V_P}{\partial n} = 4\pi h_P.$$

In dem Oberflächenelement ds , in welchem P liegt, befindet sich die Electricitätsmenge $h_P ds$, wenn man die Dichtigkeit ds constant $= h_P$ annimmt; also ist die auf einem Oberflächenelement wirksame Spannung im ganzen:

$$-h ds \frac{\partial V}{\partial n} = 4\pi h^2 ds.$$

Die Oberflächenspannung ist also dem Quadrat der electrischen Dichtigkeit proportional.

Bringt also die Aufhebung der Oberflächenspannung an den Spitzen ihr Zurückweichen hervor, so ist die entwickelte Reactionskraft, da sie der Spannung proportional sein muss, dem Quadrat der Dichtigkeit proportional oder umgekehrt. Die Dichtigkeiten der Electricität oder die betr. Electricitätsmengen verhalten sich wie die Quadratwurzeln aus den Reactionskräften oder aus den Abweichungswinkeln der alten Gleichgewichtslage von den neuen.

Dieser Satz stimmt also mit beiden Hypothesen über die Spitzenwirkung überein.

3. Der im Vorhergehenden abgeleitete Satz kann nun Anwendung auf mehrere praktische Aufgaben finden. Zu-

nächst eignet er sich zur Vergleichung der Wirksamkeit constanter Electricitätsquellen.

Verbindet man das Flugrad in der unter 1. beschriebenen Form mit einer Electricitätsquelle, welche beständig und gleichmässig functionirt, so wird durch die an den Spitzen wirkenden Reactionskräfte der Electricität der Platindraht tordirt und das Flugrad in einer neuen Gleichgewichtslage festgehalten. Für verschiedene Electricitätsquellen, bei welchen in gleichen Zeiten verschiedene Electricitätsmengen erzeugt werden, sind die Ablenkungswinkel der neuen Gleichgewichtslagen von der alten verschieden. Da sich aber die Electricitätsmengen, die unter gleichen Umständen zugeführt werden, wie die Quadratwurzeln aus den Reactionskräften oder aus den Ablenkungswinkeln verhalten, so sind die Intensitäten verschiedener Electricitätsquellen oder die von ihnen in gleichen Zeiten erzeugten Electricitätsmengen den Quadratwurzeln aus den Abweichungswinkeln der betreffenden Gleichgewichtslagen vom Ruhepunkt proportional.

Man hat bei dieser Methode nicht nöthig, durch eine Torsionsvorrichtung auf denselben Winkel zu reduciren und dann die Intensitäten den Quadratwurzeln aus den angewandten Torsionen proportional zu setzen; denn bei den hier allein beobachteten Gleichgewichtslagen wirken die abstossenden Kräfte der Electricität stets in derselben Entfernung auf die Spitzen. Um die Anwendbarkeit der Methode zu zeigen, mussten verschiedene constante Electricitätsquellen zur Vergleichung hergestellt werden. Dies geschah an einer Holtz'schen Influenzmaschine, indem beide Conductorkugeln möglichst weit auseinander geschoben und mit je einer Kugel eines Riess'schen Funkenmessers verbunden wurden. Die mit der negativen Electrode verbundene Kugel des Funkenmessers wurde ausserdem mit der Erde, die andere bewegliche Kugel mit dem Flugrade in der oben angegebenen Weise verbunden.

Die verschiedenen constanten Electricitätsquellen wurden nun in der Weise hergestellt, dass bei derselben gleichmässigen Drehung der Maschine die bewegliche Kugel des Funkenmessers von der festen Kugel verschieden weit ver-

schoben wurde. Die Abweichung von der ursprünglichen Gleichgewichtslage war um so grösser, je weiter die Kugeln des Funkenmessers voneinander gerückt waren; denn in dem Maasse wurde in gleichen Zeiten den Spitzen des Flugrades mehr Electricität zugeführt. Fünf Beobachtungsreihen ergaben für verschiedene Stellungen des Funkenmessers die Ausschlagswinkel:

Funken- messer mm	1.	2.	3.	4.	5.	Mittel
0	0°	0°	0°	0°	0°	0°
1	1	1	1	1	1	1
2	1,5	1,5	1,5	2	1,5	1,6
3	2	2	2	2	1,5	1,9
4	2	2	2,5	3	2,5	2,4
5	3	3	3	4	3,5	3,3
6	12,5	14	13	13	14	13,3
7	20	20	19,5	20	20	19,9
8	24	28	25	25	25	25,4
10	38	40	42	46	44	42,0
20	70	79	84	78	89	80,0
∞	150	142	145	147	153	147,4

sodass sich also die bei den einzelnen Fällen in gleichen Zeiten übergeführten Electricitätsmengen oder die Intensitäten verhalten wie die Quadratwurzeln:

Funken- messer mm	1.	2.	3.	4.	5.	Mittel
0	0°	0°	0°	0°	0°	0°
1	1	1	1	1	1	1
2	1,22	1,22	1,22	1,41	1,22	1,26
3	1,41	1,41	1,41	1,41	1,22	1,37
4	1,41	1,41	1,58	1,73	1,58	1,54
5	1,73	1,73	1,73	2,00	1,87	1,81
6	3,50	3,74	3,60	3,60	3,74	3,64
7	4,47	4,47	4,42	4,47	4,47	4,46
8	4,90	5,29	5,00	5,00	5,50	5,04
10	6,16	6,32	6,48	6,78	6,63	6,47
20	8,37	8,89	9,16	8,88	9,43	8,95
∞	12,25	11,91	12,04	12,12	12,37	12,14

Z. B. verhalten sich die in gleichen Zeiten bei der Stellung von 6, 8, 20 mm des Funkenmessers in das Flugrad abgeleiteten Electricitätsmengen wie:

$$3,64 : 5,04 : 8,95 = 1 : 1,38 : 2,46.$$

Die Beobachtungen weichen nicht so sehr von dem Mittel ab, dass man nicht hoffen dürfte, die Fehler durch genaue

Construction des Apparates unwesentlich zu machen. Diese Methode wäre somit geeignet, constante Quellen statischer Electricität miteinander zu vergleichen. Will man die Reactionskräfte messen, so hat man nur die in der ersten Tabelle erhaltenen Zahlen mit dem in (1) erhaltenen Ausdruck:

$$P = 1607,9 \text{ mm. mg. sec}^{-2} \text{ zu multipliciren.}$$

4) Das electricische Flugrad kann noch eine andere Verwendung für das Studium der Electricitätserscheinungen finden. Man kann nämlich mit seiner Hülfe Electricitätsmengen im Gleichgewicht oder ihre Potentiale miteinander vergleichen. Leitet man einem Flugrad, das wie das obige eingerichtet ist, Electricität durch den Platindraht zu, oder verbindet man es leitend mit einem electricisirten Körper (natürlich vermittelt einer isolirenden Handhabe), so dreht sich dasselbe rückwärts, und zwar um einen um so grösseren Winkel, je mehr Electricität jener Körper besass.

Es liegt nun der Gedanke nahe, an einem wie oben construirten Apparate durch Hinzufügung bekannter Electricitätsmengen eine Tabelle der Ausschläge herzustellen, sodass für einen Ausschlag, den eine unbekannte Electricitätsmenge gäbe, der zugehörige Werth der Electricitätsmenge nach der Einheit, nach welcher die Tabelle angefertigt ist, aus dieser durch Interpolation erhalten würde. Man kann dabei die Empfindlichkeit des Instrumentes bedeutend steigern, wenn man einen sehr dünnen Platindraht und ein kleines Glimmerblatt anwendet.

Dieser Weg ist aber weitläufig. Er war auch nicht der einzige, der zum Ziele führte; denn es stellte sich heraus, dass sich die Electricitätsmengen hierbei ebenso wie in dem oben behandelten ähnlichen Fall als einfache Function der Ausschlagswinkel ausdrücken lassen.

Um dieses möglich zu machen, mussten das Glimmerblatt und die Flüssigkeit natürlich fortfallen, weil hier keine Gleichgewichtslagen beobachtet werden, also die Widerstände in der Flüssigkeit mit in Rechnung gezogen werden müssten. Alsdann schien es erlaubt, gerade so wie oben die Electricitätsmengen den Quadratwurzeln aus den Ausschlagswinkeln proportional zu setzen. Die ausströmende Electri-

cität ertheilt nämlich dem Flugrade ein Drehungsmoment. Dasselbe ist $= D$, der Directionskraft für eine Drehung von einem Grad; dann ist es für eine Drehung von α Grad: $P = \alpha \cdot D$.

Das Potential W der Electricität Q auf sich selbst ist demnach $= \alpha \cdot D$; denn es ist gleich der Arbeit, welche die Electricität Q beim Verschwinden leisten kann. W ist aber dem Quadrat der Electricitätsmenge proportional; es ist nämlich $W = \frac{1}{2} A \cdot Q^2$. Folglich sind die verschiedenen Electricitätsmengen $Q_1, Q_2, \dots$ den Quadratwurzeln aus den Directionskräften $\sqrt{\alpha_1 D}, \sqrt{\alpha_2 D}, \dots$ oder den Quadratwurzeln aus den Ausschlagswinkeln $\sqrt{\alpha_1}, \sqrt{\alpha_2}, \dots$, proportional.

Da auch das Potential der Electricitätsmenge Q :

$V = A \cdot Q$ ist, worin A eine Constante,

nämlich den reciproken Werth der Capacität des betreffenden Leiters bezeichnet, also das Potential der Electricitätsmenge proportional ist, so erhalten wir den Satz:

Die Potentiale von Electricitätsmengen, die auf demselben Leiter nacheinander im Gleichgewicht sind, sind den Quadratwurzeln aus den Ausschlagswinkeln proportional, welche jene Electricitätsmengen am Flugrad hervorbringen, wenn der Körper jedesmal mit demselben leitend verbunden wird.

Von der Anwendbarkeit dieses Satzes konnte ich mich mehrfach überzeugen. Ich lud eine Leydener Flasche vermittelst der Maassflasche mehrere mal in möglichst gleicher Stärke (bei derselben Stellung der Kugeln der Maassflasche sprangen jedesmal drei Funken über), ergriff sie hierauf und brachte ihren Knopf einen Augenblick an die Klemmschraube des Apparates. Der Platindraht war für diese Versuche 310 mm lang. Sechsmal wiederholt, erhielt ich, nachdem ich behufs Aufhebung der Wirkung des Residuums vorher mehrere mal geladen und entladen hatte, die Ausschläge:

4,2°; 4°; 4,5°; 4,4°; 5°; 4,8°.

Die durch Berührung ins Flugrad übergeführten inneren Ueberschüsse der Leydener Flasche an Electricität oder ihre Potentiale verhalten sich demnach wie die Quadratwurzeln jener Zahlen:

2,05:2:2,12:2,10:2,24:2,19.

Auch durch Influenzwirkung der Flasche auf die Metallklemmen des Flugrades wurden stets Ausschläge erzielt, aber nicht in befriedigender Regelmässigkeit.

Ferner lud ich eine viel grössere, sehr genau gearbeitete Leydener Flasche durch die Lane'sche Maassflasche bis zum Maximum; bei jeder Ladung ergaben sich fünf Funken der letzteren.

Dann aber wurde dieselbe Flasche geladen, indem sie wieder auf einen isolirten Teller gestellt, und der Knopf mit dem Conductor der Maschine, jedoch die äussere Belegung mit dem Flugrad in leitende Verbindung gesetzt wurde. Die Maschine wurde immer so lange gedreht, bis das Flugrad umkehrte. Dies wurde als Zeichen angenommen, dass die Maximalladung eingetreten war. Bei sieben Wiederholungen erhielt ich die Ausschläge:

440°, 420°, 424°, 415°, 445°, 410°, 412°.

Demnach verhalten sich die Influenzelectricitäten zweiter Art aus dem äusseren Beleg der Leydener Flasche in den einzelnen Versuchen wie die Quadratwurzeln jener Zahlen:

20,98:20,49:20,59:20,37:21,09:20,25:20,30;

im Mittel 20,58. Die Umkehrung dieses Experimentes, nämlich die Verbindung des äusseren Beleges mit dem Conductor, des inneren mit dem Flugrade, ergab die Ausschläge:

476°, 480°, 465°, 480°, 499°, 486°, 470°;

sodass sich also die Influenzelectricitäten zweiter Art aus dem inneren Beleg verhalten wie:

21,82:21,91:21,56:21,91:22,34:22,05:21,68; im Mittel 21,90

Diese Versuche waren mühsam und zeitraubend, denn es musste immer die Annahme des Ruhepunktes abgewartet werden, was aber lange Zeit erforderte, da die unifilare Aufhängung keine stabile Gleichgewichtslage bewirken konnte. Für diese Versuche wird also jedenfalls die bifilare Aufhängung gewählt werden müssen, welche die gewünschte Stabilität sichert, ohne die Empfindlichkeit und Einfachheit der Operation zu beeinträchtigen.

Zuvörderst wird sich dann der Apparat dazu eignen,

die Leydener Flasche gleichmässig zu laden, resp. ihre Ladungen zu vergleichen.

Dazu stelle man die Flasche isolirt auf, verbinde die innere Belegung mit der Electrisirmaschine, die äussere mit dem Flugrad. Man hat dann die Maschine immer so lange zu drehen, bis das Flugrad um einen beliebigen, aber constanten Winkel abgewichen ist. Die Maximalladung würde für den grösstmöglichen Winkel anzunehmen sein. Da nämlich in diesem Falle das Flugrad die Influenzelectricitäten zweiter Art misst, diese aber den Potentialen der Flasche proportional sind, so kann man durch das Flugrad die Ladungen gleich machen, resp. vergleichen,

Die Anregung zu dieser Arbeit und das Modell zu dem hierbei benutzten Apparate verdanke ich der Güte des Hrn. Prof. Dr. Melde; diese Arbeit erscheint somit als eine Folge zu der Originalmittheilung des Hrn. Prof. Melde in den Beibl. 6. p. 800. 1882.

VI. Ueber die Frage, ob bei der Condensation von Wasserdampf eine Electricitätserregung stattfindet; von S. Kalischer.

Die Frage, welche den Gegenstand dieser Untersuchung bildet, ist bekanntlich von grösstem Interesse für das Problem des Ursprunges der Wolken- oder Gewitterelectricität, und die Arbeit ist auch unternommen worden in der Absicht und Hoffnung, einen Beitrag zur Lösung desselben liefern zu können. So nahe es, seitdem die electricische Natur des Gewitters erkannt war, auch lag, einen ursächlichen Zusammenhang zwischen diesem und der Condensation des Wasserdampfes zu suchen, so bildete doch der Act der Verdampfung in dieser Beziehung weit häufiger einen Gegenstand von Versuchen, als der Act der Condensation. Allen Physikern jedoch, welche in letzterem Falle das Auftreten von Electricität nachgewiesen zu haben behaupten, ist der Vorwurf