bleibt mit der Erfahrung im Einklange, mag man nur Eine Electricität oder beide Electricitäten als beweglich betrachten, und mag man im letzteren Falle die beiden entgegengesetzten Ströme von positiver und negativer Electricität ihrer Stärke nach als gleich oder verschieden annehmen.

Bonn, April 1878.

IV. *Nachtrag zu dem Aufsätze: Ueber einen Tangentenmultiplikator und über die electromotorische Kraft des Grove'schen Elementes; von Eduard Riecke.*

In dem angeführten Aufsätze¹⁾ wurde ein früher entwickeltes Princip zur Construction eines Multiplikators, bei welchem die Stromstärken den Tangenten der Ablenkungswinkel genau proportional sind²⁾, mit Hülfe eines in provisorischer Weise hergestellten Apparates einer experimentellen Prüfung unterworfen, durch welche die praktische Anwendbarkeit des Principes in befriedigender Weise bestätigt wurde. Hr. Dr. Meyerstein hat diesen Tangentenmultiplikator seitdem in vollkommenerer Weise ausgeführt, und es möge im Folgenden eine kurze Beschreibung des Instrumentes, sowie der zu seiner Prüfung ausgeführten Messungen mitgetheilt werden.

Das neue Galvanometer wird dargestellt durch Fig. 1 Taf. II. Der Multiplikator, welcher die Form eines abgeplatteten Rotationsellipsoides besitzt, besteht aus zwei getrennten Hälften; von diesen ist in der Figur die eine m sichtbar; die beiden Halbellipsoide werden getragen von den verticalen Holzstücken t und t' , welche ihrerseits an horizontalen prismatischen Schlitten befestigt sind. Mit Hülfe dieser Schlitten werden ebenso wie bei dem Wiedemann-

1) Wied. Ann. III. p. 36.

2) Pogg. Ann. CXLV p. 213.

schen Galvanometer die Hälften des Multiplicators von beiden Seiten her in die Fussplatte des Instrumentes eingeschoben, so dass die Schnittflächen der beiden Halbellipsoide, auf welche der Multiplicator aufgewunden ist, sich dicht aneinander anlegen. Der Zwischenraum zwischen den beiden Multiplicatorhälften ist dadurch auf ein Minimum reducirt, dass die beiderseitigen äussersten Windungslagen sich nicht gegen eine feste Scheidewand anlehnen, sondern nur durch einzelne in die Stirnflächen der beiden Halbellipsoide eingelassene Messingstifte auf der Oberfläche festgehalten werden. Die Fussplatte des Instrumentes besteht aus zwei hölzernen Scheiben, von welchen die obere gegen die untere beliebig gedreht werden kann. Die Enden der auf die Halbellipsoide aufgewundenen Drähte sind zwischen Kupferplatten festgeklemmt, welche gleichzeitig die zur Zu- und Ableitung des Stromes, sowie zu der Verbindung der beiden Multiplicatorhälften unter sich nothwendigen Klemmschrauben tragen. Die ersteren Klemmschrauben p und p' sind an den Holzträgern t und t' angebracht; die zu der Verbindung der beiden Multiplicatorhälften unter sich dienenden Klemmschrauben q und q' werden von besonderen Holzstücken s und s' getragen. Diese letzteren haben die Form eines rechten Winkels und sind mit Hülfe besonderer Zwischenplatten r auf den oberen Flächen der beiden Schlitten befestigt. Ueber dem Multiplicator befindet sich, getragen von den Säulen c und c' , die Dose d , welche zur Aufnahme des auf einer Spiegelplatte ausgeführten Theilkreises bestimmt ist. Auf der Säule c' ist noch ein Arm a festgeschraubt; dieser trägt an seinem Ende eine kleine Achatpfanne, in welche die den Magnet tragende Spitze eingesetzt wird. Zu der Herstellung der Spitze wurde eine feine englische Nähnaedel benutzt, welche in eine cylindrische Messinghülse eingesetzt und mit dieser in dem Bügel b festgeschraubt wurde. In diesen Bügel ist dann noch der Stift e eingeschraubt, welcher durch eine cylindrische Oeffnung in den inneren Hohlraum des Multiplicators eindringend die Magnetnaedel trägt.

Soll der Multiplicator mit astatischem Paare gebraucht werden, so wird zunächst die Glasröhre *g* auf den kupfernen Bügel *f* aufgeschraubt, welcher an der Fussplatte des Apparates befestigt ist. Diese Röhre trägt oben eine Dose *h*, welche den oberen Magnet des astatischen Paares umgibt. Dieser obere Magnetstab ist in ein kleines Schiffchen aus Messing federnd eingelegt; an dem letzteren ist ein Messingstift befestigt, welcher durch die Glasröhre *g* hindurchgehend unten eine kleine horizontale Queraxe trägt; in diese ist dann mit Hülfe eines doppelten Y-Hakens der den unteren Magnet tragende Bügel *b* eingehängt. Eine zweite Glasröhre *i* trägt unten den Deckel der Dose *h*; derselbe besteht aus einer mit einem Holzringe eingefassten Glasplatte, und dient gleichzeitig als Torsionskreis. Das obere Ende der Röhre *i* trägt den verschiebbaren Stift *k*, an welchem das astatische Paar mit Hülfe von Coconfäden aufgehängt ist. Die Metalltheile des Apparates bestehen, mit Ausnahme der Suspension, aus Kupfer; die den oberen Magnet sehr eng umschliessende Dose *h* wurde aus Buxbaumholz gedreht.

Da die Theorie erfordert, dass auf die Längeneinheit der Multiplicatoraxe durchweg dieselbe Anzahl von Windungen kommt, so wurden in dem Aequatorialkreis und in der senkrecht zu den Windungsebenen stehenden Meridianellipse in passenden Entfernungen Messingstifte in der Richtung senkrecht zu der Multiplicatoraxe eingeschlagen; jede Hälfte des Multiplicators wurde dadurch in 25 Abschnitte getheilt, in welche bei der Aufwindung des Multiplicators eine gleiche Anzahl von Windungen gelegt werden musste. Bei dem im Folgenden geprüften Multiplicator wurden gleichzeitig zwei Drähte aufgewunden, welche zuvor zu einem einzigen Strange vereinigt worden waren. Die Gesamtzahl der Windungen jedes einzelnen Drahtes betrug 300 in 3 Lagen übereinander, die ganze Breite des Multiplicators 112 mm. Hieraus ergibt sich, da die sonstigen Verhältnisse genau dieselben waren, wie bei dem in dem früheren Aufsätze besprochenen Mul-

tiplicator, die theoretisch berechnete Empfindlichkeit jeder einzelnen Windungslage gleich 28,67. Der Widerstand der ersten Windungslage wurde gefunden gleich 24,17, der der zweiten gleich 17,39 Siemens'schen Einheiten.

Bei der Bestimmung der Empfindlichkeit der ersten Windungslage dienten 4 Grove'sche Elemente zur Stromerzeugung. In der folgenden Tabelle sind die eingeschalteten Widerstände zusammengestellt mit den entsprechenden Ablenkungen und den daraus berechneten Werthen der Empfindlichkeit:

Widerstand . .	6525,3	3225,3	2025,3	1425,3	975,3	675,3	475,3.
Ablenkung . .	11° 34'	22° 36'	33° 25'	43° 6'	53° 45'	63° 13'	70° 22'.
Empfindlichkeit	333,7	332,5	333,7	333,5	332,5	334,2	333,0.

Im Mittel:

$$C_1 = 333,3 \cdot \frac{T}{G},$$

hier bezeichnet T die horizontale Intensität des Erdmagnetismus, G die electromotorische Kraft des Grove'schen Elementes.

Die grösste Abweichung vom Mittelwerthe beträgt 0,27 %.

Zu der Bestimmung der Empfindlichkeit der zweiten Windungslage konnten nicht dieselben Elemente verwandt werden, da inzwischen eine Reparatur derselben nothwendig geworden war. Es wurden daher 4 Bunsen'sche Elemente zur Stromerregung benutzt und mit diesen die folgenden Resultate erhalten:

Widerstand . . .	6518	3218	2018	1418	968	668	468.
Ablenkung . . .	11° 48'	23° 3'	34° 12'	43° 48'	54° 39'	64° 1'	71° 11'.
Empfindlichkeit	340,5	342,2	342,7	340,2	341,2	342,7	343,5.

Im Mittel:

$$C_2 = 341,8 \cdot \frac{T}{B},$$

wo B die electromotorische Kraft des Bunsen'schen Elementes bedeutet. Die grösste Abweichung vom Mittelwerthe beträgt bei dieser zweiten Windungslage 0,49 %.

Die Differenz der Empfindlichkeiten C_1 und C_2 wurde direct bestimmt, indem der Strom der 4 Bunsen'schen Elemente durch die beiden Windungslagen hintereinander in entgegengesetzter Richtung geführt wurde; es ergab sich:

$$C_1 - C_2 = 1,353 \cdot \frac{I}{B}.$$

Schliesslich wurde noch die electromotorische Kraft der 4 Bunsen'schen Elemente nach der Ohm'schen Methode gemessen, es ergaben sich bei zwei verschiedenen Bestimmungen die Werthe $\frac{B}{T} = 11,75$ und $\frac{B}{T} = 11,72$, im Mittel also:

$$\frac{B}{T} = 11,73.$$

Mit Hülfe dieses Werthes wurden aus den vorhergehenden Resultaten die absoluten Werthe der beiden Empfindlichkeiten berechnet und es wurde gefunden: $C_1 = 29,25$, $C_2 = 29,14$, während der theoretische Werth der Empfindlichkeit nach dem Früheren gleich 28,67 ist.

Aus der Vergleichung der Ablenkungsbeobachtungen ergibt sich, dass der Fehler der Einstellung und Ablesung bei dem in halbe Grade getheilten Kreise den Betrag von 3' kaum übersteigt. Diesem Ablesungsfehler entspricht bei dem kleinsten Ablenkungswinkel von beiläufig 12° ein Fehler der Empfindlichkeit von 0,43%; bei der grössten Ablenkung von 71° ein solcher von 0,36%. Bei der ersten Windungslage liegen somit die Abweichungen der beobachteten Empfindlichkeiten von der Constanz innerhalb der durch die Beobachtungsfehler gegebenen Grenzen, während bei der zweiten Windungslage diese Grenzen ein wenig überschritten werden. Der Grund hiervon liegt wahrscheinlich in kleinen Unregelmässigkeiten der Windung, welche durch das gleichzeitige Aufwinden zweier Drähte verursacht sein können. Bildet man nämlich die Summe der Empfindlichkeiten der beiden Windungslagen, so ergeben sich die folgenden Werthe:

11° 41'	22° 49'	33° 48'	43° 27'	54° 12'	63° 37'	70° 46'
684,0	684,4	686,2	683,5	683,4	686,7	686,3

welche von dem Mittelwerthe $684,9 \frac{T}{B}$ im Maximum nur noch um 0,26% abweichen.

Die Prüfung des Multiplicators mit astatischem Paar ergab folgende Resultate:

Widerstand . .	26110	22010	14010	9510	6510	4510	3010
Ablenkung . . .	16° 57'	19° 52'	29° 36'	39° 57'	50° 52'	60° 42'	69° 30'
Ruhelage . . .	0° 25'	0° 25'	0° 24'	0° 12'	0° 8'	0° 5'	0° 1'
Empfindlichkeit	697,6	697,9	698,4	699,0	702,1	705,3	706,5

Mittel = 700,9.

Die grösste Abweichung vom Mittelwerthe beträgt 0,8%. Die Empfindlichkeit wächst mit der Grösse des Ausschlags und damit geht Hand in Hand eine Verschiebung der aus den beiderseitigen Ablenkungen berechneten Ruhelage. Es hat dies seinen Grund ohne Zweifel in einem Localeinflusse der Metalltheile des Apparates, zu welchen das gewöhnliche Kupfer des Handels verwandt worden ist; auch der Multiplicator selbst ist aus gewöhnlichem, mit grüner Seide übersponnenem Kuperdraht gewickelt. Es ist mit Bezug hierauf vielleicht die Bemerkung von Interesse, dass die Dose, welche den oberen Magnet des astatischen Paares umgibt, ursprünglich ebenfalls aus Kupfer hergestellt war, dass aber dieses einen so starken Localeinfluss ausübte, dass von einer Constanz der Empfindlichkeit auch nicht annähernd die Rede war. Es stieg nämlich der Werth der Empfindlichkeit einer einzelnen Windungslage von 544 entsprechend einer Ablenkung von 14° bis zu 637 bei einer Ablenkung von 61°, und gleichzeitig verschob sich die Ruhelage von 0° 4' bis auf 6° 18'. Als die Kupferdose durch eine hölzerne Dose ersetzt wurde, ergaben sich die oben mitgetheilten Resultate; es wurde bei dieser Bestimmung der Strom eines Grove'schen Elementes durch die beiden nebeneinander eingeschalteten Windungen des Multiplicators geleitet.

Nachdem Hr. Dr. Meyerstein sich von seinem früheren Geschäfte zurückgezogen hat, wird das Instrument

in der Werkstätte der Hrn. Mechaniker Bartels und Dietrich in Göttingen unter Beihülfe des Hrn. Dr. Meyerstein angefertigt. Der Preis eines Tangentenmultiplicators mit einfacher Nadel beträgt 100 M.; die Einrichtung zum Gebrauch eines astatischen Nadelpaares erhöht denselben auf 125 M.

V. Ueber das Gleichgewicht eines Systems ausgedehnter Molecüle und die Theorie der elastischen Nachwirkung; von E. Warburg.

Wilh. Weber, welcher die elastische Nachwirkung entdeckte, hat auch eine physikalische Vorstellung von der Ursache dieser Erscheinung gegeben und zwar rührt nach ihm dieselbe von einer Drehung der kleinsten Theile um ihre Schwerpunkte her.¹⁾

In der That, wenn man die elastische Nachwirkung dahin beschreiben kann, dass bei gleichbleibender Gestalt eines Körpers die Spannungen in demselben sich ändern, so scheint vom Standpunkte der Atomistik aus die Weber'sche Ansicht der einfache Ausdruck der Thatsachen zu sein; es ist daher nicht zu verwundern, dass dieselbe Ansicht auch von andern Physikern ausgesprochen worden ist.

Wären nun die Molecüle isotrope Kugeln, so könnten Drehungen derselben um ihre Schwerpunkte keinen Einfluss auf die Spannungen haben; deshalb kann man vom Standpunkte der Atomistik die elastische Nachwirkung als ein Phänomen betrachten, welches durch die Abweichung der Molecüle von der Kugelgestalt bedingt ist.

Das Studium des Gleichgewichts eines Systems beliebig gestalteter Molecüle schien mir daher ein physikalisches Interesse zu bieten und Gesichtspunkte für das ex-

1) Pogg. Ann. LIV. p. 9.

Fig. 1.

Fig. 4.

Fig. 3.

Fig. 5.

Fig. 6.

Fig. 2.

Fig. 7.