

VII. *Zur experimentellen Bestimmung des Diamagnetismus durch seine elektrische Inductionswirkung; von A. Töpler in Graz.*

(Aus dem Anzeiger der K. Akad. zu Wien 1875 No. III.)

Bekanntlich haben bereits Faraday und Weber gezeigt, daß diamagnetische Körper, wenn sie in stark magnetischem Felde einer geschlossenen Spirale genähert oder von ihr entfernt werden, Inductionsströme erzeugen. Diese allerdings sehr schwachen, durch Bewegung des Diamagnets erzeugten Ströme hat Weber sogar benutzt, um mittelst eines sehr sinnreichen Apparates die Polarität des Wismuth mit der des Eisens zu vergleichen.

Man kann indeß die elektrischen Inductionsströme durch den entstehenden und verschwindenden Diamagnetismus beobachten und messen ohne Bewegung des Diamagnets, wodurch sich das Verfahren in mancher Hinsicht vereinfacht. Ich benutze hierzu einen Differentialinductor mit einem System von Commutatoren in folgender Weise:

Zwei dickdrähtige Spiralen (*A* und *B*) seyen hintereinander in den Kreis einer constanten Kette eingeschaltet; in ihre Höhlungen seyen zwei nahe gleichbeschaffene Inductionsspiralen (*a* und *b*) eingelegt. Die letzteren seyen ebenfalls hintereinander, jedoch entgegengesetzt durch ein Galvanometer geschlossen. Auf dasselbe wirkt beim Oeffnen und Schließen des Hauptstromes nur die Differenz beider Inductionen und diese Differenz wird ganz eliminiert, indem man zu der schwächer wirkenden Inductionsspirale (z. B. *b*) noch eine kleine Hülffspirale hinzufügt, welche mit in den Galvanometerkreis eingeschaltet und durch eine Mikrometerschraube so lange gegen die Hauptspirale (*B*) verstellt wird, bis die galvanometrische Wirkung der Schließung und Oeffnung selbst bei kräftigem Hauptstrom verschwindet. Legt man nun in die Mitte

der anderen Rolle (*a*) einen magnetischen oder diamagnetischen Körper ein, so giebt das Galvanometer nunmehr beim Schließen und Oeffnen des Hauptstromes die Induction des entstehenden und verschwindenden Momentes.

Allein dieses Verfahren (welches übrigens in ähnlicher Weise schon von Dove für schwach magnetische Körper, als Nickel etc., empfohlen wurde) genügt durchaus noch nicht, um die äußerst schwachen Inductionsströme durch diamagnetische Substanzen wahrzunehmen. Hierzu benutze ich ein combinirtes Multiplicationsverfahren, ähnlich dem Weber'schen, jedoch mit drei Commutatoren.

Ein Commutator (I) wechselt in sehr rascher Folge die Stromrichtung in *A* und *B*.

Ein zweiter Commutator (II), welcher durch denselben Mechanismus bewegt wird, legt die Zuleitung der Spiralen *a* und *b* zum Galvanometer derart um, daß alle Inductionswirkungen des Diamagnets, welche in *a* beim Alterniren des Hauptstromes entstehen, gleichgerichtet zum Galvanometer gelangen. Diese gleichgerichteten Inductionsstöße (10 bis 12 pro Sec.) geben nach bekannten Gesetzen eine constante Verschiebung der Ruhelage. Dieser dauernde Ausschlag kann direct beobachtet werden. Es zeigt sich in Uebereinstimmung mit allen bisherigen Untersuchungen, daß der entstehende und verschwindende Diamagnetismus in benachbarten Leitern Ströme inducirt, welche den durch magnetische Körper erhaltenen *entgegengerichtet* sind.

Die Beobachtung wird indeß bequemer und empfindlicher, indem noch ein besonderer Commutator (III) in der Galvanometerleitung angebracht wird, welchen der Beobachter nach der bekannten Multiplicationsmethode am Ende jeder Schwingung umlegt, bis die Amplitude einen Gränzwertb erreicht. Selbstverständlich sind hierbei kleine Abweichungen von der vollkommenen Compensation der Rollen *a* und *b* durch vergleichende Beobachtungen mit und ohne Diamagnet zu bestimmen und in Rechnung zu ziehen. Auf diese Art erhielt ich mit verhältnißmäßig

kleinen Spiralen (A und B mit je 500, a , b und Galvanometer mit je etwa 1000 Windungen) bei mäßiger Astasirung des Galvanometers, durch 6 Bunsenbecher und ein Bündel Wismuthstäbe von 200 Gr. Gewicht innerhalb der Inductionsspirale, eine constante Gränzamplitude von 15 Scalentheilen, während ein Stückchen feinen Eisendrahtes von nur 0,0044 Gr. Gewicht in entgegengesetztem Sinne 556 Scalentheile gab. Bei sehr feiner Astasirung genügt ein *einziger* Bunsenbecher, um mit obigen Mitteln den Inductionsstrom durch den Diamagnetismus des Wismuths wahrzunehmen.

Nebenbei empfehle ich an dieser Stelle für ähnliche Beobachtungen eine sehr einfache Modification des Spiegelgalvanometers, durch welche der vierfache anstatt des doppelten Ausschlagswinkels gemessen wird. Dem Galvanometerspiegel stelle man einen festen, horizontalen Spiegelglasstreifen in 10 bis 15 Cm. Entfernung gegenüber und justire Fernrohr und Scale so, daß die Lichtstrahlen zweimal den Galvanometerspiegel treffen, bevor sie ins Fernrohr gelangen, was bei passenden Dimensionen der Spiegel leicht zu erreichen ist. Aus der Ablesung s findet sich der Ausschlagswinkel α nach der Formel

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{s}{4(D+d)},$$

worin D und d die Distanzen der Scale und des festen Hülfs spiegels vom Galvanometerspiegel bedeuten. Diese Einrichtung ist in solchen Fällen zu empfehlen, in denen man die Winkelmessung nicht durch gesteigerte Fernrohrvergrößerung oder große Scalenabstände verfeinern kann.

Bei dem oben mitgetheilten Verfahren, den Diamagnetismus zu beobachten, muß neben der kleinen zu messenden Wirkung eine unverhältnißmäßig größere, nämlich die directe Induction der Spiralen, compensirt werden. Es ist also bei dem Apparate Hauptsache, daß sich die Compensation sicher herstellen und ungeändert erhalten lasse. Dies ist nur möglich, wenn das Commutatorsystem (I II) gewissen, an anderer Stelle näher zu beschreibenden Con-

structionsbedingungen genügt und wenn die Spiralen gut isolirt sind, so daß in ihren Windungen keine mit der Temperatur etc. veränderlichen Nebenschließungen bestehen.

Diese Bedingungen sind nun, wie die Beobachtung lehrt, mit sehr beachtenswerther Vollkommenheit erfüllbar und es werden daher nach dieser Methode mit kräftigeren Spiralen diamagnetische Messungen in meinem Institute ausgeführt werden.

Ich habe auch noch eine andere, bisher, so viel ich weiß, nicht beschriebene Form eines Differential-Inductors ausgeführt, bei welcher die Induction des entstehenden und verschwindenden Magnetismus auf den Hauptstrom beobachtet wird. Vier Zweige $ABCD$ seyen nach Art der Wheatstone'schen Drahtcombination derart verbunden, daß der Hauptstrom sich in die Zweige $A+B$ und $C+D$ theilt und daß die Brücke nebst Galvanometer zwischen den Eckpunkten AB und CD der Figur eingeschaltet ist. Es enthalten die Zweige A und C je eine einfache Spirale von großer magnetisirender Kraft. Nun compensire man die Wirkung des stationären Stromes aufs Galvanometer durch Widerstände in B und D ; die im Allgemeinen noch vorhandene Wirkung der Extraströme beim Schließen und Oeffnen der Kette wird für sich compensirt, indem man in der schwächeren Spirale feine Eisenstäbchen mikrometrisch verschiebt, bis das Galvanometer weder stationäre, noch momentane Ablenkung zeigt. Oeffnungs- und Schließungsinduction tritt aber sofort wieder hervor, wenn man in die andere Spirale einen schwach magnetischen Körper einlegt; man kann sie ähnlich wie oben multipliciren und messen.

Diese Methode ist zwar practisch weit schwieriger. Dafür dürfte sie aber geeignet seyn, gewisse Reactionen auf die strömende Elektrizität zu untersuchen. So z. B. wäre damit die Frage zu studiren, ob die in magnetischen oder diamagnetischen Körpern unter Einfluß des Stromes gedrehte Polarisationsrichtung des Lichtes eine Reaction

auf den Strom äussere, was bei den dermaligen Ansichten über Elektricität und Lichtäther nicht unwahrscheinlich ist. Beabsichtigte Beobachtungen dieser Art sind es, welche mich zu obigen Vorversuchen über elektrische Inductionsströme durch diamagnetische Körper veranlaßt haben.

**VIII. Ueber eine optische Methode, die Schwingungen starrer Körper zu studiren;
von Ogden N. Rood,**

Prof. d. Physik am Columbian College in New-York.

(Mitgetheilt vom Hrn. Verf. aus d. *American Journ. of. Science*,
1874, Vol. VIII.)

Im J. 1855 beschrieb Lissajous eine schöne Methode, zwei Stimmgabeln genau in Einklang zu bringen, welche seitdem zur Herstellung genauer Copien von Normalgabeln, die eine bekannte Zahl von Schwingungen in der Secunde machen, von großem Nutzen gewesen ist. Diese Methode ist gegenwärtig so bekannt, daß eine nähere Beschreibung derselben überflüssig seyn würde: ich schreite daher sogleich zur Beschreibung eines analogen Verfahrens, das zwar hinsichtlich der Genauigkeit dem Lissajous'schen etwas nachsteht, dagegen leichter ausführbar ist und eine allgemeinere Anwendung auf das Studium der Schwingungen starrer Körper von sehr verschiedener Form gestattet. Die Natur dieser Methode wird am besten durch ein Paar Beispiele erläutert werden.

Stimmgabeln. Gesetzt, es werde verlangt, zu ermitteln, ob zwei Stimmgabeln im Einklang seyen oder wie groß der Unterschied der von ihnen in der Secunde vollführten Schwingungen sey. Zu dem Ende bringe man zwei Gabeln in solche Stellung, daß sie rechtwinklich gegen einander