15. Ueber den thermomagnetischen Longitudinal- effect beim Wismuth; von Robert Defregger.

Gelegentlich der Wiederholung der Versuche von A. v. Ettingshausen und W. Nernst¹⁾ über den „thermomagnetischen Transversal- und Longitudinaleffect“ fand ich, dass die Bemerkung der Beobachter, es sei die Stärke der Wirkung von der Natur der Electroden Drähte unabhängig, für den longitudinalen Effect nicht zutrifft.

Wie aus der l. c. beschriebenen Versuchsanordnung hervorgeht, treten im Kreise immer Thermostrome auf und meine Untersuchungen beschäftigen sich zunächst mit der Frage, welchen Einfluss dieselben auf den Verlauf des Longitudinaleffectes üben.

Die Messung des magnetischen Feldes geschah mit Hilfe einer Lenard'schen Wismuthspirale, deren Widerstand mittels eines astatischen Galvanometers nach Wiedemann gemessen wurde. Zur Messung der Ströme diente ein Deprezgalvanometer Edelman'scher Form. Im Ablesefernröhr waren beide Scalen übereinander sichtbar, sodass beide Ablesungen gleichzeitig erfolgen konnten.

Um den Einfluss der Electroden ganz zu beseitigen und vor allem zu erreichen, dass die Thermostrome, die bisher immer compensirt wurden, *gar nicht zu Stande kommen*, mussten auch die Ableitungen aus Wismuth hergestellt werden. Als zweckmässig bewährte sich folgende Anordnung: Es wurden Wismuthplatten mit einem winkelförmigen Steg BB_1 als ein Ganzes gegossen (Fig. 1). An die Schmalseiten derselben wurden Kupferröhren D und D_1 (Fig. 2) angelöthet²⁾, welche von Wasser und Wasserdampf durchströmt einen Temperaturunterschied zwischen diesen Stellen aufrecht erhielten. Zugleich

Fig. 1.

1) A. v. Ettingshausen und W. Nernst, Wied. Ann. 29. p. 343. 1886.

2) W. Nernst, Wied. Ann. 31. p. 765. 1887.

waren hier die üblichen Kupferdrahtelectroden eingelöthet worden (im Folgenden mit Cu bezeichnet). An die schmale Fläche S (Fig. 1) wurde ein Kupferdraht aufgelöthet und hierauf in der Linie $a b$ (Fig. 2) mit der Laubsäge vorsichtig ein Schnitt geführt, der die metallische Berührung von B und B_1 aufhob. Zur Unterstützung der zerbrechlichen Stangen war ein Hartgummiplättchen H (punktirt gezeichnet) auf die Wismuthplatte vorher aufgekittet worden. Diese beiden Stangen, die sich nunmehr bei L und L_1 in dem Kupferdraht $A A_1$ fortsetzen, bilden ein zweites aus Wismuth bestehendes Paar von

Fig. 2.

Ableitungselectroden für den Longitudinal-effect (im Folgenden mit Bi bezeichnet).

Die Platte wurde nun in Watte verpackt ins Magnetfeld eingebracht und ihre beiden Ableitungen so geschaltet, dass sie abwechselungsweise durch das Galvanometer geschlossen werden konnten; bei ein und

derselben Feldstärke wurden die jeweiligen Ablenkungen bei beiden Ableitungen bestimmt und diese Operation mit anderen Feldstärken wiederholt. Im unverzweigten Theile des Stromkreises lag ein so überwiegender Ballastwiderstand, dass die Stromstärken, die aus der Cu-, und diejenigen, welche aus der Bi-Ableitung flossen, unmittelbar vergleichbar waren. Die Zahlen eines Versuches mittlerer Güte sind z. B. in der Tabelle auf folgender Seite angegeben.

Der ursprüngliche Thermostrom wurde beiderseits nicht compensirt, sodass schon ohne magnetische Einwirkung Ablenkungen eintraten, die bei Bi-Ableitung nur noch den sechsten Theil derjenigen bei Cu-Ableitung betrugen, wie aus der ersten Zeile der Tabelle zu ersehen ist. Wenn das Feld nun erregt wurde, änderten sich diese Ablenkungen. Man sieht aber

sofort, dass die Stellungsänderungen der Nadel (Spalte $e - e_0$) bei Bi-Ableitung weit geringfügiger sind als bei Cu-Ableitung (Einfluss der Electroden). Ja noch mehr: Bildet man die Quotienten e/e_0 und vergleicht die Werthe derselben bei Cu- und Bi-Ableitung, so zeigt sich, dass für ein und dieselbe Feldstärke sich der jeweilige Thermostrom um denselben Bruchtheil seiner ursprünglichen Stärke geändert hat (vgl. Columnne e/e_0).

Tabelle.

Feldstärke	Cu-Ableitung			Bi-Ableitung		
	e	$e - e_0$	$\frac{e}{e_0}$	e	$e - e_0$	$\frac{e}{e_0}$
0	95,5			14,9		
+ 11500	110,6	15,4	1,16	17,6	2,6	1,19
0	98,9			15,0		
0	96,3			14,7		
- 11500	117,2	19,2	1,19	18,0	3,2	1,21
0	99,8			14,9		
0	99,7			14,7		
+ 7000	110,8	11,1	1,11	16,0	2,2	1,07
0	99,8			15,0		

Die Auffassung der Entdecker also, dass die Stellungsänderung der Nadel einer electromotorischen Kraft zuzuschreiben sei, die im Wismuth allein ihren Sitz hat, ist hier nach nicht mehr haltbar. Denn nach dieser Auffassung müssten gerade die *Stellungsänderungen* $e - e_0$ für ein und dieselbe Feldintensität dieselben sein, ob Cu- oder Bi-Ableitung eingeschaltet sein mochte.

Nun war es bei einigen recht homogen gerathenen Platten möglich, den ursprünglichen Thermostrom im Bi-Kreise ganz zum Verschwinden zu bringen, dadurch, dass mittels eines Gebläses ständig Luft in kräftigem Strome an die Löthstellen bei LL_1 herangeführt wurde. Da zeigte sich, was sich erwarten liess: die Nadel entfernte sich bei Benutzung der Bi-Ableitung auch bei stärksten Feldern *nicht mehr vom Nullpunkt*, während bei Cu-Ableitung Stellungsänderungen bis zu 30 Scalentheilen vorkamen.

Der Longitudinaleffect ist also verschwunden, nachdem kein Thermostrom mehr im Kreise bestand.

So folgt, dass ein thermomagnetischer Longitudinaleffect als Analogon des thermomagnetischen Transversaleffectes nicht existirt, sondern die Erscheinung lediglich in einer Aenderung des ursprünglichen Thermostromes beruht; diese hat ihrerseits ihren Grund in der von Grimaldi entdeckten Eigenschaft des Wismuths, im Magnetfelde seine thermoelectrische Spannung anderen Metallen gegenüber zu ändern.¹⁾

Die von Nernst²⁾ beobachtete Erscheinung einer longitudinalen „galvanomagnetischen Temperaturdifferenz“³⁾ ist dementsprechend dahin zu deuten, dass sich der Betrag der *Peltier'schen Wärme* an den Wismuthstabenden im Magnetfeld ändern muss, wodurch eine geringe Temperaturänderung an diesen Stellen hervorgerufen wird.

Auch die von Nernst vorgeschlagene Auffassung der Widerstandsänderung des Wismuths im Magnetfelde als einen „longitudinalen Halleffect“ entbehrt nunmehr der Grundlage, nachdem das Analogon anderer longitudinaler Effecte nicht existirt.

Im Anschluss an die besprochenen mehr qualitativen Untersuchungen wurde dazu geschritten, die quantitativen Verhältnisse des „Thermoeffectes“, wie wir die Wirkung des Magnetfeldes auf den Thermostrom kurz nennen wollen, festzustellen. Viele Schwierigkeiten verursachte hierbei der auch von früheren Beobachtern bemerkte Umstand, dass entgegengesetzte aber gleich starke Felder verschieden starke Wirkung üben. Es wurde vielfach versucht den störenden Einfluss, dem diese Anomalie zugeschrieben werden musste, zu beseitigen.

Ich fand, dass derselbe lediglich in der *Krystallstruktur* des Wismuths beruht und konnte nachweisen, dass in einem beliebigen Krystallgefüge, das aus irgend einer Schmelzung gewonnen wird, eine Vectorgrösse (eine Art Axe im Wismuth-

1) Grimaldi, Rend. della R. Accad. dei Lincei. **3.** p. 134. 1887; **4.** p. 353. 1888; Wied. Ann. Beibl. **11.** pp. 472. 82. 68. 709.

2) Nernst, l. c.

3) v. Ettingshausen, Wied. Ann. **31.** 737. 1887.

stab) besteht, deren jeweilige in die Kraftlinienrichtung fallende Componente die Anomalie ihrer *Grösse* und *Richtung* nach bestimmt.¹⁾ Für gewisse Stellungen des Wismuthstabes im Magnetfeld verschwindet demnach die Anomalie und für diesen Fall sei die empirische Formel für die Grösse des Thermo-effectes angeführt. Sie ist aus Beobachtungen mit zwei verschiedenen Stäbchen bei 13 verschiedenen Feldintensitäten zwischen 2000 und 12000 abs. Einheiten gewonnen. Sei e die electromotorische Kraft des Thermostromes bei einer Feldstärke M , und e_0 diejenige bei Feldstärke 0, so gilt:

$$\frac{e - e_0}{e_0} = 0,003392 + 0,0000102 M.$$

Nachdem mir von Hrn. Professor Dr. Groth liebenswürdigst ein Stück homogenen Wismuthkrystalles überlassen worden, wurden daraus Stäbchen verschiedener Orientirung geschnitten und der Zusammenhang der Grösse des Thermo-effectes und der Anomalie mit der Orientirung der Krystallaxe gegen die Wärmestromrichtung und gegen die Kraftlinienrichtung untersucht.

Von den Ergebnissen dieser Versuchsreihe, die sich vorderhand noch nicht durchweg in Gesetzen zusammenfassen lassen, seien nur die folgenden erwähnt. Verläuft der Wärmestrom in der krystallographischen Hauptaxe, so verschwindet für jede Stellung des Krystalles im Felde die Anomalie. Der Thermoeffect folgt der empirischen Gleichung:

$$\frac{e - e_0}{e_0} = 0,001050 + 0,00001093 M - 0,000000000000449 M^2.$$

Verläuft der Wärmestrom senkrecht zur Hauptaxe, so ist der Thermoeffect sehr schwach ($1/10 - 1/60$ der vorhergegebenen Werthe) und zeigt ein schwankendes Verhalten.

Für gewisse Neigungen der Wärmestromrichtung nahm die Anomalie ganz aussergewöhnliche Beträge an, sodass es vorkam, dass die eine Feldrichtung den Thermostrom bis acht Mal mehr verstärkte als die entgegengesetzte, oder sogar jene den Thermostrom bedeutend verstärkte, diese denselben schwächte.

1) Dieselbe ist *nicht* abhängig von der Richtung des Wärmestromes.

Einige Gesetzmässigkeiten des Verlaufes solcher Erscheinungen liessen sich nur an der Hand des Tabellen- und Curvenmaterials mittheilen.

Uebereinstimmend zeigte sich bei allen meinen Beobachtungen, dass die Wirkung des Magnetfeldes der ersten Potenz der Feldintensität proportional wächst, ja es verringert sich sogar für stärkere und stärkere Felder der Zuwachs der Wirkung immer mehr, gleich als ob sich dieselbe einer Sättigungsgrenze näherte. Nernst findet dagegen Proportionalität mit dem Quadrat der Feldstärke, jedoch erstrecken sich seine Messungen nur auf zwei, höchstens drei Feldintensitäten, und ist die von ihm berechnete Constante der Proportionalitätsgleichung erheblichen Aenderungen unterworfen. Grimaldi findet in Uebereinstimmung mit meinen Ergebnissen Proportionalität mit der Feldstärke.

Zum Schlusse sei mir gestattet, den Herren Professoren E. v. Lommel und L. Graetz für ihre Anregung und Förderung meinen besten Dank auszusprechen.

München, Physik. Inst. der Univ., im Mai 1897.