

gegen alle anderen Kohlen, er scheint ausserdem der beste Wärmeleiter zu sein, was ich aber leider nicht quantitativ untersuchen konnte. Der Graphit zeichnet sich aber auffallenderweise nicht durch den Procentgehalt an Kohlenstoff und durch das specifische Gewicht aus.

Was die Hauptfrage, die Aenderung des Widerstandes mit der Temperatur, anbetrifft, so ist festgestellt, dass der Widerstand bei höherer Temperatur abnimmt, und zwar bei allen untersuchten Sorten von Kohlen.

Endlich ist noch zu erwähnen, dass Holzkohlen und Steinkohlen, welche ich untersuchte, mit dem von mir benutzten Galvanometer keine Leitung erkennen liessen.

Phys. Inst. der Univ. Strassburg, März 1881.

VIII. *Bemerkungen zu der Abhandlung von Hrn. Warburg: „Ueber einige Wirkungen der magnetischen Coërcitivkraft; von Carl Fromme.*

(Aus den Gött. Nachr. vom Februar 1881 mitgetheilt vom Hrn. Verf.)

Die von Hrn. Warburg mitgetheilten Untersuchungen¹⁾ stehen zu den Arbeiten, welche ich vor einigen Jahren²⁾ unter dem Titel „Magnetische Experimentaluntersuchungen“ veröffentlicht habe, in so naher Beziehung, dass ich mir wohl erlauben darf, einige Bemerkungen an dieselben zu knüpfen.

Die von mir mitgetheilten Versuche³⁾ bestanden darin, dass ich einen Stahlstab, dessen permanenter Magnetismus nahe seinen Maximalwerth besass, sodass er durch die angewandten Kräfte nicht mehr gesteigert wurde, der magnetisirenden Kraft P eines Stromes von zwei Bunsen unterwarf, dessen Intensität infolge der gewählten, sehr verdünnten Salpetersäure stark abnahm.

1) Warburg, Wied. Ann. **13**. p. 141—164. 1881.

2) Fromme, Wied. Ann. **4**. p. 76—107. 1878. **5**. p. 345—388. 1878.

3) Fromme, Wied. Ann. **4**. p. 102—105. 1878.

Der inducirte Magnetismus nahm dann ebenfalls ab, aber in bei weitem geringeren Verhältniss als die Kraft. Denn wenn man, nachdem die Kraft constant (p) geworden war, den Stab aus der Spirale entfernte, also die auf ihn wirkende Kraft von p auf Null reducirte, und ihn unmittelbar darauf wieder in die Spirale brachte, so war das nun von p inducirte, d. h. das ganze Moment weniger dem permanenten bedeutend (bis zu 27 Proc.) kleiner als vorher.

Dies ist aber der Versuch von Hrn. Warburg¹⁾, mit dem Unterschiede nur, dass derselbe genauere Messungen der Kräfte und der Momente vornahm und nicht nur bei einer Kraft p , sondern bei mehreren beobachtete.

Mir kam es bei diesen Versuchen hauptsächlich darauf an, festzustellen, ob, wie ich vermuthete, eine Erschütterung des einer continuirlich abnehmenden Kraft unterworfenen Stabes unter Umständen eine Abnahme des Momentes veranlassen könnte.

In der That gelang dies auch, sobald nur der Anfangswerth P hinlänglich grösser war, als diejenige Kraft p , bei welcher die Erschütterung geschah. War die Differenz $P - p$ kleiner, so konnte sich der Stab gegen Erschütterungen unempfindlich verhalten; erschütterte man endlich, als nach dem Eintritt des constanten Werthes der Stab aus der Spirale entfernt und wieder eingeschoben war, so beobachtete man eine Zunahme des Momentes. Aber es erreichte dadurch bei weitem nicht den Werth, auf welchen es vorher durch die Erschütterungen gesunken war — bei einer Beobachtung war das Verhältniss 213:153 —, und ganz entsprechend wurde auch bei Warburg's Beobachtungen²⁾ die Differenz der Momente in der ab- und aufsteigenden Reihe der Kräfte infolge von Erschütterungen zwar kleiner, aber nicht gleich Null gefunden.

Ich habe früher die Ansicht ausgesprochen, dass die bei Erschütterung während einer continuirlich abnehmenden Kraft eintretende Abnahme des Momentes und die bei con-

1) Warburg, l. c. p. 142.

2) l. c. p. 150.

stanter Kraft erfolgende Zunahme sich gegenseitig ergänzen, indem beide Erscheinungen auf eine Art von Reibungswiderstand hindeuten, welcher der Drehung der Molecularmagnete entgegenwirkt.

Auch Hr. Warburg weist auf die Analogie der von ihm untersuchten Erscheinung mit der bei der Bewegung fester Körper auftretenden Reibung hin.¹⁾

Käme aber allein eine Art Reibung der Molecularmagnete in Betracht, so sollte man erwarten, dass die Momente in der ab- und aufsteigenden Reihe der Kräfte bei hinzutretender Erschütterung gleich würden, was weder nach Hrn. Warburg's noch nach meinen Versuchen der Fall ist.

Ich glaube deshalb, dass man besser thun wird, von einer Analogie mit der Reibung fester Körper ganz abzugehen, und will im Folgenden zeigen, dass die von Hrn. Warburg beobachtete Erscheinung vielmehr unter den Begriff der magnetischen Nachwirkung fällt, welche ich²⁾ eingehender untersucht habe.

Wir setzen voraus, ein Stab besitze ein so grosses permanentes Moment, dass eine Reihe von Kräften nicht im Stande ist, dasselbe zu vergrössern. Unterwerfen wir den Stab einer dieser Kräfte — sie sei p —, so lässt sich durch wiederholtes Einschieben und Ausziehen des Stabes aus der Spirale, d. h. durch häufigen Wechsel zwischen den Grenzen 0 und p erreichen, dass das von p inducirte Moment einen constanten Werth annimmt, sich bei weiterer Wiederholung der Impulse nicht mehr ändert.

Lassen wir dann vorübergehend eine grössere Kraft P wirken und stellen, nachdem wir zuvor P auf Null reducirt haben, p wieder her, so zeigt sich jetzt das Moment vergrössert.

Die Zunahme des Moments, welche als Nachwirkung der grösseren Kraft bezeichnet wurde, liess sich nur dadurch wieder beseitigen, dass man die Kraft p mehrmals wirken liess: Je öfter man zwischen p und 0 wechselte, desto kleiner

1) l. c. p. 163.

2) Fromme, Wied. Ann. 4. p. 88—92. 1878.

wurde das Moment, bis es schliesslich wieder den früheren Werth erreichte.

Die Zunahme des von p inducirten Momentes wuchs mit P . Blieb P constant und wurde p variirt, so nahm mit von P an abnehmendem p die Nachwirkung von Null bis zu einem Maximum zu und convergirte mit weiter abnehmendem p mit diesem gegen Null. Sie folgte aber nicht dem einfachen Gesetze:

$$N = \text{Const. } p (P - p),$$

sondern einem viel complicirteren, etwa:

$$N = \text{Const. } p^a (P - p)^b,$$

wo a und b positive echte Brüche.

Diese Nachwirkungserscheinungen mussten sich natürlich auch bei der vorhin beschriebenen Wirkung einer inconstanten, continuirlich abnehmenden Kraft zeigen, und ich habe damals auch darauf hingewiesen¹⁾, dass wenn nach dem Eintritt eines constanten Werthes p diese Kraft mit einer Reihe von Impulsen wirkte, nicht sofort beim ersten ein constantes Moment eintrat. Doch blieb die bei folgenden Impulsen noch eintretende Abnahme des Momentes klein im Vergleich zu der nach der ersten Entfernung des Stabes aus der Spirale beobachteten.

Beispielsweise wurde ein Stab einer Kraft $P = 467$ ausgesetzt, welche continuirlich bis $p = 369$ abnahm. Das inducirte Moment war dann $TM_0 = 418$. Darauf wurde, während die Spirale ein constanter Strom von der magnetisirenden Kraft $p = 369$ durchfloss, der Stab aus der Spirale entfernt und wieder eingeschoben. Er gab nun $TM_1 = 307$. Reducirte man nochmals die Kraft auf Null und steigerte sie wieder auf p , so war $TM_2 = 300$, und so fiel bei weiteren Impulsen TM bis zu einem (hier nicht beobachteten) kleinsten Werthe TM_n , der von der Grösse von P ganz unabhängig war.

Während ich nun früher die Differenz $TM_1 - TM_n$ als Nachwirkung der Kraft P bezeichnete, scheint es mir rich-

1) l. c. p. 104.

tiger, mit TM_0 zu beginnen und unter der durch P erzeugten Nachwirkung den Unterschied $TM_0 - TM_n$ zu verstehen.

Die Berechtigung hierzu liegt auf der Hand; man vergleiche aber auch die von Hrn. Warburg mit y bezeichneten Differenzen der magnetischen Momente, welche der obigen Differenz $TM_0 - TM_1$ entsprechen, mit meinen Nachwirkungszahlen N .¹⁾

Zum Beispiel:

Warburg ²⁾						
$y = TM_0 - TM_1$	0	39	43	27	0	
bei p	0	20	41	60	89	(P)
Fromme ³⁾						
$N = TM_1 - TM_n$	0	4,3	15,3	10,5	5,2	0
bei p	0	31	72	129	214	357 (P)

Man sieht sofort, dass die y und N denselben Verlauf haben: sie sind beide der Null gleich für $p = 0$ und $p = P$ und besitzen bei einer zwischen 0 und P liegenden Kraft ein Maximum, sie lassen sich beide nicht durch eine Gleichung von der Form $N = \text{Const. } p(P - p)$ darstellen.

Hiernach dürfte es mehr als wahrscheinlich sein, dass die von Hrn. Warburg gemessenen Unterschiede der magnetischen Momente zu der Erscheinung der magnetischen Nachwirkung gehören, d. h. einen Theil derselben, aber den weitaus grössten bilden. Die magnetische Nachwirkung ist aber eine Erscheinung, welche sich aus den hypothetischen Vorstellungen, die in die Lehre vom Magnetismus bis jetzt Eingang gefunden haben, schwerlich erklären lässt; es entspricht ihr auch keine analoge Erscheinung auf einem anderen Gebiete der Physik; es wäre denn die nach Hrn. Streintz bei den Torsionsschwingungen von Metalldrähten eintretende „Accommodation“, deren Bestehen indess durch die Beobachtungen von Hrn. P. M. Schmidt einigermassen in Frage gestellt ist.

1) l. c. p. 89.

2) l. c. p. 152 (unter IIb).

3) l. c. p. 89.

Es soll nun untersucht werden, ob die Differenz der magnetischen Momente und folglich die Arbeit, welche dem Stabe bei Durchlaufung eines Cyclus $P..p..0..p..P$ zugeführt wird, von der Geschwindigkeit, mit welcher die Kraft geändert wird, abhängt.

Hr. Warburg¹⁾ hält es für wahrscheinlich, dass eine solche Abhängigkeit nicht besteht, wenigstens nicht bei dünnen Drähten.

Ich will im Folgenden auf Grund der Versuche, welche ich in der 3. Abhandlung²⁾ mitgetheilt habe, diese Frage zu beantworten suchen.

Nachdem von v. Waltenhofen vor längeren Jahren schon beobachtet war, dass es bei plötzlicher Unterbrechung des magnetisirenden Stromes möglich ist, einem Eisenstab ein permanentes Moment zu ertheilen, dessen Vorzeichen dem des temporären Moments entgegengesetzt ist, hatte G. Wiedemann in seinem „Galvanismus“ darauf aufmerksam gemacht, dass diese anomale Magnetisirung vielleicht nicht in der Natur des Magnetismus, sondern in den Strömen begründet sei, welche beim Oeffnen des magnetisirenden Stromes in der Masse des Eisens inducirt werden.

Ich habe den Versuch v. Waltenhofen's wieder aufgenommen in der Meinung, dass, wenn auch die Vermuthung Wiedemann's sich als richtig ergeben und dem Versuche sein theoretisches Interesse nehmen sollte, er doch für die Praxis magnetischer Untersuchungen von fundamentaler Bedeutung bleibt.

Die Untersuchung wurde in der Weise geführt, dass man den magnetisirenden Strom entweder schloss, bevor der Eisen- oder Stahlkörper (langsam und ohne Erschütterung) in die Spirale eingeschoben wurde, und ihn öffnete, nachdem der Körper ebenso aus der Spirale entfernt war, oder dass man ihn schloss und öffnete, während sich der Körper in der Spirale befand. Die bei beiden Verfahren resultirenden magnetischen Momente wurden miteinander verglichen.

1) l. c. p. 156.

2) Fromme, Wied. Ann. 5. p. 345—388. 1873.

Ich führe nur folgende Ergebnisse der Untersuchung an:

1. Das ganze von einer Kraft erregte Moment, also das temporäre plus dem permanenten Moment, ist bei Befolgung des zweiten Verfahrens grösser, das permanente Moment kleiner, als bei Magnetisirung nach dem ersten Verfahren.

2. Die Unterschiede sind desto geringer, je härter der Körper ist, und je gestrecktere Form er besitzt, derart, dass der Unterschied der ganzen Momente, welcher immer viel kleiner ist als der der permanenten, sowohl bei Stahlstäben und -drähten, als auch bei sehr dünnen Eisendrähten nahezu der Null gleich wird.

3. Der Unterschied der permanenten Momente wächst bei compacten Stäben stetig mit der magnetisirenden Kraft, bei dünnen Drahtbündeln dagegen zeigt er Maxima und Minima.

4. Wenn der zu magnetisirende Körper mit einem geschlossenen leitenden Rohr umgeben ist, sodass sich im Augenblick der Stromschliessung und -öffnung Inductionsströme in demselben bilden können, so werden die obigen Unterschiede bedeutend kleiner, namentlich der der permanenten Momente, welcher bei Stahlstäben und Eisen- oder Stahldrahtbündeln und nicht zu grosser magnetisirender Kraft sogar ein dem oben angegebenen entgegengesetztes Vorzeichen erhält.

5. Reducirt man bei dem zweiten Verfahren die Kraft derart auf Null, dass man sie zunächst auf einen sehr kleinen Werth bringt — etwa durch Einschaltung einer Parallelschaltung von sehr kleinem Widerstande zur Magnetisirungsspirale — und dann erst den Strom unterbricht, so findet man bei Eisenstäben den Unterschied der permanenten Momente kleiner, bei Stahlstäben und Eisendrahtbündeln aber nahezu gleich Null und mit einem dem in 1. angegebenen entgegengesetzten Vorzeichen.

Auf Grund dieser Resultate glaubte ich schliessen zu müssen, dass den Unterschieden, welche die magnetischen Momente bei den genannten beiden Magnetisirungsverfahren aufweisen, eine Ursache zu Grunde liegt, welche aus dem Wesen des Magnetismus selbst abgeleitet werden muss.

Dass die Erscheinung sich nicht auf Inductionsströme zurückführen lässt, beweist am besten ihr Auftreten auch bei Bündeln dünnsten Pariser Blumendrahts, es ist aber auch daraus schon ersichtlich, dass sie viel weniger ausgeprägt ist und sogar verschwinden kann, wenn man absichtlich das Auftreten von Inductionsströmen befördert durch Umgebung des Stabes mit einem geschlossenen Metallrohr oder durch Reduction der magnetisirenden Kraft bei geschlossen bleibender Leitung.

Ich habe deshalb versucht, meine Resultate mit Hülfe der Vorstellungen zu erklären, welche wir uns nach der Hypothese drehbarer Molecularmagnete von dem Vorgang der Magnetisirung bilden, und ich denke, dass dieser Versuch die Möglichkeit einer solchen Erklärung für die Mehrzahl der von mir beobachteten Thatsachen gezeigt hat.

In der jüngsten Zeit ist nun der Waltenhofen'sche Versuch von Hrn. Righi¹⁾ als neu publicirt worden. Er hält die anomale Magnetisirung für eine in theoretischer Beziehung wichtige Erscheinung, wohingegen die Hrn. Bartoli und Alessandri²⁾ die Meinung geltend gemacht haben, dass der Erscheinung jede Bedeutung fehle, da sie bei ihren Versuchen sofort nur normalen Magnetismus gefunden hätten, sobald sie den starken Oeffnungsfunken am Quecksilber vermieden. Dies geschah, indem sie den Strom durch Entfernung zweier Zinkelectroden in Zinksulfatlösung oder durch Abwicklung eines Wheatstone'schen Rheostaten sehr stark schwächten, bevor sie ihn an Quecksilber unterbrachen.

Dieses Resultat ist nicht neu, denn dieselbe langsame Reduction der magnetisirenden Kraft erreicht man mit Hülfe des von mir vorhin als erstes bezeichneten Magnetisirungsverfahrens, das stets normale Momente lieferte.

Wenn ferner die Herren Bartoli und Alessandri den permanenten Magnetismus bei kleinen Kräften anomal, bei grösseren aber normal fanden, so entspricht das meinem Resultat³⁾, dass der Unterschied der permanenten Momente

1) Righi, *Compt. rend.* **90**, p. 688. 1880.

2) Bartoli u. Alessandri, *Il nuovo Cim.* (3) **8**, p. 16—19. 1880.

3) l. c. p. 360 a. E. p. 361 a. A.

bei den beiden Magnetisirungsverfahren, in Theilen des nach dem ersten gefundenen ausgedrückt, mit wachsender Kraft bis zu einem Maximum zunimmt, von welchem er bei Stäben wieder herabsinkt.

Die Verf. geben aber zu, dass eine vollständige Untersuchung der Erscheinung schon deshalb nützlich sei, weil sie Aehnlichkeit mit den bei der Entladung einer Leydener Batterie beobachteten Magnetisirungsvorgängen zeige.

Diese Analogie habe ich aber¹⁾ schon ausführlich begründet.

Hr. Righi²⁾ hat in einer Erwiderung auf die Bemerkungen der Herren Bartoli und Alessandri weitere in dieser Richtung von ihm gemachte Versuche in Aussicht gestellt, von denen ich noch keine Kenntniss habe nehmen können.³⁾

In einem kurzen Referat⁴⁾ über die Versuche von Bartoli und Alessandri bemerkt Hr. G. Wiedemann, dass dieselben mit seiner Erklärung der Erscheinung durch Inductionsströme stimmen.

Dass und warum ich dieser Erklärung keine Berechtigung mehr zugestehen kann, habe ich oben schon gesagt. Ich glaube vielmehr: die beschriebenen Erscheinungen liefern uns den Beweis, dass die Grösse des temporären und des permanenten Moments von der Geschwindigkeit, mit welcher

1) l. c. p. 381—382.

2) Righi, *Il nuovo Cim.* (3) 8. p. 102—103. 1880.

3) Während der Correctur lese ich in den Beibl. 5. p. 62—65. 1881 eine Zusammenstellung aller von Hrn. Righi erhaltenen Gesetze. Dieselben sind zum Theil in meiner oben citirten Abhandlung schon enthalten. Mit Bündeln von sehr dünnen Eisendrähten hat Hr. Righi, wie es scheint, nicht experimentirt.

Gegenüber den Bemerkungen des Hrn. Ref. halte ich meine Ansicht aufrecht, dass ich durch meine Versuche mit Eisendrahtbündeln, welche ebenfalls den Unterschied der permanenten Momente in der regelmässigsten Weise zeigten, schon nachgewiesen zu haben glaube, dass Inductionsströme keinesfalls zur Erklärung ausreichen können.

Uebrigens bin ich augenblicklich mit weiteren Versuchen über diesen Gegenstand beschäftigt.

4) Beibl. 4. p. 738. 1880.

man die magnetisirende Kraft bis zu dem gewünschten Werthe ansteigen oder fallen lässt, abhängt, und dass man die Erklärung direct in unseren theoretischen Vorstellungen vom Magnetismus suchen muss.

Nachdem somit bewiesen ist, dass die Geschwindigkeit, mit welcher die magnetisirende Kraft von einem Werthe zu einem anderen übergeht, auf die Grösse des inducirten Moments einen Einfluss ausübt, bleibt die Frage zu erörtern, ob unter den Versuchsbedingungen, unter welchen Hr. Warburg arbeitete, dieser Einfluss überhaupt von merkbarer Grösse war?

Die continuirliche Variation der magnetisirenden Kraft wurde mit Hülfe eines dem Du Bois'schen ähnlichen Rheostaten ausgeführt, nur der Uebergang von dem kleinsten Werthe der Kraft, bei welchem das inducirte Moment beobachtet wurde, bis zur Null und umgekehrt geschah durch Ausziehen, resp. Eintauchen des Leitungsdrahts in Quecksilber. Es konnte von einer continuirlichen Ab- und Zunahme bei kleinen Kräften deshalb abgesehen werden, weil sich herausstellte, dass das obige Verfahren die gleichen Resultate lieferte — was man nach den Ergebnissen meiner Versuche ohne weiteres nicht erwarten sollte.

Drei Ursachen können eine Differenz der Resultate verdeckt haben:

- 1) Eine sehr gestreckte Form des Stabes.
- 2) Eine stahlartige Beschaffenheit desselben.
- 3) Die Wickelung der Spirale auf ein geschlossenes Metallrohr.

Die erste Ursache sowohl als die zweite sind jede für sich schon genügend, den Unterschied zwischen den inducirten (verschwindenden) Momenten fast vollständig aufzuheben, während eine jede der drei Ursachen den Unterschied der permanenten Momente vermindert, und falls zwei von ihnen zusammenwirken, auf ein Minimum reducirt.

Die erste Bedingung war in der That bei den Versuchen meist erfüllt, und auf das Stattfinden der zweiten schliesse ich aus der zuweilen bedeutenden Grösse der per-

manenten Momente. Ueber die Wickelung der Spirale liegt keine Angabe vor.

Es genügt aber auch eine sehr gestreckte Form der Eisenkörper zur Führung des Nachweises, dass die Differenzen der inducirten Momente in der ab- und aufsteigenden Reihe der Kräfte von der Geschwindigkeit, mit welcher die Kraft geändert wurde, nicht merkbar beeinflusst worden sind. Denn es sind die Momente in der aufsteigenden Reihe nach Satz 2) p. 324) und die in der absteigenden nach Satz 5) von der Geschwindigkeit fast vollkommen unabhängig.

In beiden Fällen ist dies eine Wirkung des Extrastromes, wie ich a. a. O. gezeigt habe.

Dagegen muss die Geschwindigkeit, mit welcher die Kraft geändert wird, in folgendem Sinne ihren Einfluss geltend machen, sobald man Eisenstäbe wenig gestreckter Form dem Prozesse unterwirft: Je grösser man die Geschwindigkeit wählt, desto tiefer wird der Anfangspunkt, und desto höher der Endpunkt der Curve (Taf. I Fig. 5) rücken. Die Curve erhält eine grössere Ausdehnung in der Länge, zugleich aber gehen ihre beiden Aeste näher zusammen.

In welcher Weise sich hierdurch der Flächeninhalt der Curve, also die Arbeit, ändert, lässt sich ohne weiteres nicht entscheiden.

Giessen, im Januar 1881.

IX. Die Intensität der horizontalen erdmagnetischen Kraft für Göttingen i. J. 1880, nebst der Sicularvariation derselben; von Karl Schering.

(Auszug aus den Göttinger Nachrichten vom 2. März 1881, p. 133–176.)

In dem Gauss'schen eisenfreien magnetischen Observatorium bei der hiesigen Sternwarte ist im Jahre 1880 eine Anzahl Bestimmungen der horizontalen Intensität T ausgeführt. Während einer jeden solchen Bestimmung wurden die magnetischen Variationsinstrumente abgelesen und ferner