

Theorie übereinstimmend, *daß der Gang der Magnetisirung in weichen, magnetisirbaren Metallkörpern gleicherweise von Gestalt, wie von Dichtigkeit des Magneten abhängt, und daß diese Abhängigkeit aus der Wechselwirkung der magnetischen Molecüle zu erklären ist.*

### III. *Bemerkungen zu der Abhandlung von Dr. H. Streintz über die Dämpfung der Torsionsschwingungen von Drähten; von Oskar Emil Meyer.*

Im Novemberheft dieser Annalen<sup>1)</sup> hat Hr. Dr. Streintz, bisher in Wien, jetzt Professor an der Universität Graz, einen Auszug aus einer, vor einiger Zeit in den Sitzungsberichten der Wiener Akademie<sup>2)</sup> erschienenen Abhandlung über die Dämpfung der Torsionsschwingungen von Drähten veröffentlicht. Diesem Aufsätze hat der Verf. eine Besprechung der inzwischen über denselben und verwandte Gegenstände erschienenen Arbeiten neu hinzugefügt. Die Bemerkungen, welche er über meinen Versuch einer Theorie der elastischen Nachwirkung<sup>3)</sup> macht, veranlassen mich zu dieser Erwiderung, durch welche ich ein augenscheinlich vorliegendes Mißverständniß in der Absicht, daß nicht auch andere Leser dieser Annalen in dieselbe irrige Auffassung meiner Theorie verfallen mögen, aufzuklären suchen werde.

Die Bemerkungen, welche Streintz über und gegen meine genannte Abhandlung macht, sind in *einem* Punkte gerechtfertigt: ich habe einmal von einem „durch ein Gewicht belasteten“ Drahte gesprochen, wo es, wie Hr.

1) Bd. 153, S. 387. 1874.

2) Bd. 69, Abth. 2, März 1874. S. 337.

3) Bd. 151, S. 108.

Streintz richtig angiebt, hätte heißen sollen: „durch eine Kraft gespannt“. Ich glaube aber nicht, daß dieser allerdings ungenaue Ausdruck zu einem wirklichen Mißverständniß Anlaß geben könnte, ebensowenig wie der von Hrn. Streintz gebrauchte Ausdruck<sup>1)</sup>, daß „Drähte gedämpft werden“, jemals anders als auf deren Schwingungen gedeutet werden möchte.

Es besteht aber zwischen uns ein Mißverständniß anderer Art, welches sich in der Polemik des Hrn. Streintz gegen die Zulässigkeit meiner theoretischen Auffassung deutlich offenbart; am deutlichsten tritt es in folgendem, seiner Abhandlung entnommenen Satze<sup>2)</sup> hervor, zu dessen Verständniß ich daran erinnere, daß ich die Ursache der als elastische Nachwirkung bezeichneten Erscheinungen in einer Verzögerung der Elasticität durch eine zwischen den Theilen des elastischen Körpers stattfindende innere Reibung, also durch eine von der Geschwindigkeit abhängende Kraft suche.

„Daß durch diese Annahme“, sagt Hr. Streintz, „das Wesen der elastischen Nachwirkung nicht erklärt werden kann, ergiebt sich sogleich, wenn man bedenkt, daß in dem Falle, daß ein Draht unter einem bestimmten Winkel tordirt gehalten wird, sich fortwährend die Gleichgewichtslage desselben ändert, somit eine Abnahme des Drehmomentes und Verlust an potentieller äußerer Energie stattfindet, während der Draht gar keine Geschwindigkeit hat.“

Streintz hat übersehen, daß diese angebliche Widerlegung meiner Hypothese eine andere unbewiesene Hypothese enthält, welche allerdings der meinigen direct widerspricht. Es ist die Hypothese, daß „der Draht gar keine Geschwindigkeit hat“. Nach meiner Auffassung besitzt der Draht so lange eine Geschwindigkeit, als er seine Gleichgewichtslage ändert.

1) a. a. O. S. 394.

2) S. 405.

So einfach das in Rede stehende Phänomen zu seyn scheint, so sind doch zwei ganz verschiedene Auffassungen des Vorganges möglich. Das Verhalten eines tordirten Drahtes, der, je länger eingespannt, desto mehr an seinem Drehmoment einbüßt, zeigt unzweifelhaft einen fortwährenden Verlust an potentieller äußerer Energie. Dieser Verlust wird compensirt entweder durch einen Gewinn an potentieller innerer Energie von gleichem Betrage oder durch eine äquivalente Summe actuellder Energie. Das erstere nimmt vermuthlich Streintz an, der die gewonnene innere Energie in einer entsprechenden Umlagerung der kleinsten Theilchen des elastischen Drahtes suchen wird. Die zweite Möglichkeit eines Gewinnes an actuellder Energie bildet das Fundament meiner Hypothese, nach welcher in dem tordirt gehaltenen Drahte, auch nachdem er wieder losgelassen worden ist, noch lange Zeit elastische Bewegungen und Verschiebungen der Querschnitte stattfinden. Die Energie dieser inneren Bewegungen bilden das Aequivalent der eingebüßten Torsionskraft des Drahtes, die derselbe allmählig wieder gewinnt in dem Maasse, als jene Bewegungen mit der Zeit erlöschen.

Hauptsächlich aus dem Grunde, daß auch diese letztere Erscheinung sich auf ungezwungene Weise durch meine Hypothese erklären läßt, gebe ich dieser vor der älteren den Vorzug. Dabei leugne ich die Möglichkeit nicht, daß beide Hypothesen neben einander bestehen und beide ihre Berechtigung haben können.

Meine Hypothese hat für denjenigen, der die mathematische Entwicklung meiner erwähnten Abhandlung nicht verfolgen kann oder mag, etwas abstoßendes in der unumgänglichen Vorstellung von elastischen Bewegungen, welche Stunden, ja Tage und Wochen lang andauern sollen. Deshalb habe ich den dort gegebenen mathematischen Beweis für die Möglichkeit solcher Bewegungen zu ergänzen gesucht, indem ich durch ein Experiment das wirkliche Bestehen solcher Bewegungen nachwies.

Ich hängte einen mit einem Spiegel versehenen Apparat

an zwei, ziemlich dicken Messingdrähten auf, und befestigte etwas höher auch an jedem der beiden Drähte einen Spiegel. Auf diese drei Spiegel richtete ich mit Scalen versehene Fernröhre und las anfangs stündlich, später täglich den Stand der Spiegel ab. So beobachtete ich volle vier Wochen hindurch eine stetige Drehung des Spiegels an dem einen Draht nach rechts, des anderen nach links und eine ebenso stetig anhaltende Drehung des ganzen Apparates nach der Seite des sich stärker drehenden Drahtes. Nach vier Wochen brach ich den Versuch ab, da ich mich hinreichend davon überzeugt hatte, daß so langsame und so lang anhaltende Torsionsbewegungen, wie meine Theorie sie voraussetzt, wirklich in der Natur vorkommen. Streintz darf also nicht behaupten, „daß der Draht gar keine Geschwindigkeit hat.“

Freilich ist die bestehende Geschwindigkeit sehr gering; dennoch aber sind die aus dieser geringen Geschwindigkeit hervorgehenden Reibungskräfte, da nach meiner für Messing ausgeführten<sup>1)</sup> Werthbestimmung die innere Reibung von Metallen eine ganz gewaltige GröÙe zu besitzen scheint, durchaus nicht klein, so daß sich ohne alle Schwierigkeit durch sie die beobachteten Aenderungen des Drehmoments erklären lassen.

Außer den besprochenen und, wie ich denke, widerlegten theoretischen Einwendungen, welche Streintz gegen die Zulässigkeit meiner Hypothese erhebt, nimmt er noch aus den Beobachtungen, welche er zwar nicht über elastische Nachwirkung, sondern über die Dämpfung elastischer Schwingungen angestellt hat, Gegengründe her gegen die von William Thomson<sup>2)</sup> und mir versuchte Ausdehnung der Theorie der inneren Reibung auf feste Körper. Streintz stellt eine Reihe von Gesetzen auf, denen das logarithmische Decrement der abnehmenden Amplitudenreihe eines schwingenden Körpers nach seinen Beob-

1) Diese Annalen Bd. 113, S. 385, 1861; vergl. auch Bd. 125, S. 599, Note.

2) Phil. mag. Bd. 30, S. 63, 1865.

achtungen unterworfen seyn soll. So behauptet er z. B., das logarithmische Decrement sey von der Länge des Aufhängungsdrahts, ferner nahezu von der Dicke desselben, endlich vom Trägheitsmomente des schwingenden Apparates unabhängig. Diese Gesetze sind allerdings mit denen, welche man aus der Theorie der inneren Reibung im Drahte herleiten kann, durchaus nicht in Uebereinstimmung.

Es ist jedoch nicht zu übersehen, daß ein an einem Drahte hängender und in der Luft schwingender Körper nicht bloß deshalb eine Dämpfung seiner Schwingungen erleidet, weil im Aufhängungsdrahte dämpfende Kräfte thätig sind, sondern auch weil die Luft seine Schwingungen durch Reibung und Widerstand verringert. Die von Streintz beobachteten Werthe der logarithmischen Decremente stellen also nicht die „innere Dämpfung“ im Drahte allein dar, sondern sie bestehen aus zwei verschiedenen Theilen, von denen einer aus der inneren, der andere aus der äußeren Dämpfung durch die Luft entstanden ist.

Freilich versichert Streintz wiederholt, daß der Luftwiderstand seines aus Scheiben bestehenden Apparates sehr klein gewesen sey. Ich habe diese Ueberzeugung mir nicht anzueignen vermocht, da ich gerade durch Beobachtung von Scheiben, die in der Luft schwangen, nachgewiesen habe, daß die Reibung der Luft sehr viel größer ist, als man bis dahin glaubte. Das einzige Experiment, welches Streintz zum Beweise seiner Behauptung anführ<sup>1)</sup>, beweist höchstens, daß eine von ihm benutzte Pappschachtel geringen Widerstand an der Luft fand.

Ich glaube um so fester an einen nicht unerheblichen Einfluß der Luft auf den Streintz'schen Apparat, als ich bei Gelegenheit meiner Beobachtungen über die Reibung der Luft vielfach ähnliche Erfahrungen wie Streintz gemacht habe. So habe ich z. B. mehrmals ebenfalls

1) Abschnitt V. der Abhandlung über Dämpfung usw. Wiener Sitzungsberichte Bd. 69, S. 355.

beobachtet<sup>1)</sup>, daß das logarithmische Decrement der Amplituden nicht beträchtlich verändert wurde, wenn ich den Aufhängungsdraht verkürzte. Diese Erscheinung erklärt sich einfach, wenn man erwägt, daß durch eine Verkürzung des Drahtes die innere Reibung im Drahte vermehrt wird, zugleich aber der Einfluß der Luftreibung während der ebenfalls verkürzten Schwingungsdauer vermindert wird. Ganz ähnlich verhält es sich mit dem Einflusse, den eine Veränderung des Trägheitsmomentes, sowie der Dicke des Drahtes ausübt. Für die Richtigkeit dieser Auffassung scheint mir auch der Umstand zu sprechen, daß Hrn. Streintz's eigene Beobachtungszahlen niemals genau und vollständig, sondern immer nur angenähert seine Gesetze bestätigen. Die letzteren sind nicht allgemein gültig, sondern haben nur für seinen Apparat specielle Bedeutung.

Breslau, den 10. Januar 1875.

#### Nachschrift.

Besser als durch die vorstehenden theoretischen Betrachtungen werden die Ansichten des Hrn. Streintz durch die Beobachtungen über die elastische Nachwirkung widerlegt, welche inzwischen von Hrn. Dr. Neesen im 12. Hefte dieser Annalen<sup>2)</sup> veröffentlicht worden sind. Während die von Streintz ausgeführten Versuche weder mit meiner Theorie, noch auch unter einander und sogar nicht einmal mit den vom Autor selber aufgestellten Gesetzen gehörig übereinstimmen, zeigen die von Neesen mitgetheilten Beobachtungsreihen eine alle Erwartung übersteigende, höchst genaue Uebereinstimmung unter einander und liefern eine ausgezeichnete, unzweifelhaft deutliche Bestätigung der Formeln, welche ich in meiner Theorie der elastischen Nachwirkung aufgestellt habe.

Nur in einem Umstande von untergeordneter Bedeu-

1) Diese Ann. Bd. 113, S. 396—398.

2) Bd. 153, S. 498. 1874.

tung scheint eine Abweichung zwischen Neesen's Beobachtungen und meiner Theorie zu liegen<sup>1)</sup>: die aus den Messungen hergeleiteten Werthe der Decremente  $\beta$  halten die Gränzen nicht ein, welche ihnen in meiner Theorie gestellt sind. Es ist indessen nicht zu übersehen, daß die einfacheren Voraussetzungen meiner Rechnung den Verhältnissen der Versuche Neesen's nicht genau entsprechen; es darf nicht unbeachtet bleiben, daß an den von Neesen untersuchten Kautschukfäden ein Spiegelapparat hing, und daß der dadurch verursachte Luftwiderstand auf die Werthe der Decremente Einfluß übt. Da ferner durch dieselbe Ursache die periodischen Schwingungen stärker gedämpft werden, so erscheint für Neesen's Versuche der Schluß nicht mehr unbedenklich, daß mit dem Erlöschen der periodischen Bewegungen auch die von den größeren Decrementen  $\alpha$  abhängenden Glieder fortfallen dürfen. Hierdurch erklärt sich jene Abweichung sehr einfach.

Hrn. Neesen's Beobachtungen bestätigen also meine, von Hr. Streintz bezweifelte Theorie in jeder Hinsicht; jedoch bleibt eine weitergehende Prüfung, namentlich eine Zurückführung auf die absoluten Werthe, wie sie Neesen am Schlusse seines Aufsatzes in Aussicht stellt, sehr wünschenswerth und nothwendig.

Breslau, den 5. Februar 1875.

*Zusatz bei der Correctur.*

Auch Hr. L. Boltzmann (Wiener Sitzgsber. Bd. 70, Oct. 1874) greift meine Theorie an. Er theilt zur Berichtigung derselben Rechnungen mit, die mir und meinen aufmerksamen Lesern nicht neu sind (diese Ann. Bd. 113, S. 79–82, 1861) und stellt schließlic Gleichungen auf, deren Vorzug vor den meinigen ich aus dem Grunde nicht einsehe, weil sie mit diesen vollständig übereinstimmen.

Den 16. Februar.

1) a. a. O. S. 523.