

## Über die magnetische Nachwirkung bei verschiedenen Feldstärken

Ignaz Klemenčič.

Aus dem physikalischen Institute der k. k. Universität in Innsbruck.

Im 106. Bande dieser Sitzungsberichte habe ich einige Beobachtungen über die Magnetisirung weicher, ausgeglühter Eisenstäbe und die dabei auftretende magnetische Nachwirkung mitgetheilt. Die Beobachtungen wurden theils magnetometrisch gemacht, indem der Zuwachs der Magnetisirungsintensität in der Zeit von 4—60 Secunden nach Erregung des Feldes gemessen wurde, theils untersuchte ich den Vorgang mit Hilfe eines ballistischen Galvanometers und eines Hiecke'schen Fallapparates. Diese letzte Untersuchungsmethode diene speciell zu dem Zwecke, um zu zeigen, dass auch beim weichen Eisen ein Theil der Magnetisirung sozusagen momentan auftritt, d. h. dass dessen Entwicklung nur durch die Selbstinduction und die Foucault'schen Ströme bedingt ist, und dass sich an diesen Theil sodann die magnetische Nachwirkung anschliesst.

Was nun die Abhängigkeit der magnetischen Nachwirkung von der Feldstärke anbelangt, so hat die Untersuchung gezeigt, dass jener Theil der magnetischen Nachwirkung, welcher in die Zeit von 4 auf 60 Secunden nach Erregung des Feldes fällt, zwar mit der Feldstärke dem absoluten Werthe nach wächst; drückt man ihn jedoch in Theilen der gesammten temporären Magnetisirungsintensität aus, so nehmen die Werthe rasch ab und sind bei Feldstärken von einigen Einheiten kaum mehr nennenswerth.

Nachfolgend will ich noch einige Versuche mit dem ballistischen Galvanometer und Hiecke's Fallapparat beschreiben, welche zeigen, dass 1. auch jener Theil der magnetischen Nachwirkung (ausgedr. in  $\%$ ), welcher sich in der ersten Zeit nach Erregung des Feldes (etwa bis 3 Secunden) entwickelt, mit der Feldstärke rasch abnimmt, sobald man mit Feldstärken zu thun hat, in denen die Susceptibilität schnell wächst, und dass 2. die magnetische Nachwirkung nahezu constant ist in sehr schwachen Feldern, wo die Magnetisirungsintensität der Feldstärke nahezu proportional verläuft.

Zunächst muss ich jedoch auf einen Fehler zurückkommen, welcher einigen Angaben der eingangs erwähnten Abhandlung anhaftet. Beim Vergleich der magnetometrisch beobachteten Verhältnisse der Magnetisirungsintensität für Stahl (St.) und Eisen (Ew.) mit den entsprechenden Daten, wie sie mit dem ballistischen Galvanometer beim Commutiren des Feldes erhalten wurden, stellte es sich heraus, dass die ersteren Werthe für die Beobachtungszeit 4 Secunden nach Erregung des Feldes nur ebenso gross, ja zum Theile kleiner ausfielen als die letzteren. Mit Rücksicht auf die kurze Schwingungsdauer der Galvanometernadel stimmte dies nicht mit den übrigen Beobachtungen. In Wirklichkeit verhält sich die Sache so, dass die dort gemachte Berechnung die beim weichen Eisen nach 4 Secunden beobachteten Ausschläge zu klein erscheinen lässt und dass die bei vertical gestellter Spule nach 4 Secunden magnetometrisch beobachteten Verhältnisse für Ew./St. bei  $H = 0.146$  und  $0.047$  thatsächlich die Werthe  $2.43$ , respective  $2.03$  haben, denen die ballistischen Verhältnisse  $2.19$  und  $1.81$  gegenüberstehen, die kleiner sind als die ersten, was nun mit den sonstigen Beobachtungen übereinstimmt. Obwohl es darnach nicht nothwendig ist, anzunehmen, dass sich die magnetische Nachwirkung in der Mitte schneller entwickelt als an den Enden, so schien mir doch die Möglichkeit einer für die verschiedenen Theile des Stabes ungleichzeitigen Ausbildung dieser Erscheinung ganz gut möglich, und ich machte in dieser Richtung einige orientirende Versuche. Zu diesen Beobachtungen bediente ich mich ebenfalls des ballistischen Galvanometers und des Hiecke'schen Fallapparates.

Eine Secundärspule wurde an verschiedene Stellen (Mitte und beide Enden) eines in einer Magnetisirungsspirale liegenden weichen, ausgeglühten Eisenstabes gelegt und an jeder Stelle folgende Beobachtungen gemacht. Es wurde der inducirte Strom an dem mit der Secundärspule verbundenen Galvanometer beobachtet 1. wenn der Primärstrom mit der Hand unterbrochen und die Secundärleitung geschlossen gehalten wurde; in diesem Falle konnte ein Theil der magnetischen Nachwirkung, wie dies durch die Schwingungsdauer der Galvanometernadel bedingt ist, ablaufen; 2. wenn der Primärstrom und kurze Zeit darauf die Secundärleitung durch das fallende Gewicht des Hiecke'schen Apparates unterbrochen wurde; in diesem Falle wurde nur der momentan abfallende Theil der Magnetisirungsintensität beobachtet.

Als Galvanometer diente wieder ein Rubens-Du Bois'sches Instrument mit einer Schwingungsdauer von  $5 \cdot 2$  Secunden (einf.) und mit parallel geschalteten feindrahtigen Rollen. Das logarithmische Decrement (brig.) war bei geschlossener Galvanometerleitung  $0 \cdot 364$  und bei offener  $0 \cdot 150$ . In vielen Fällen war vor dem Galvanometer ein Nebenschluss angebracht.

Die Primärrolle (auf ein Glasrohr gewickelt) hatte eine Länge von  $94 \text{ cm}$  und  $10 \cdot 5$  Windung pro Längeneinheit. Die Secundärrolle, ebenfalls auf Glas gewickelt, war  $6 \cdot 3 \text{ cm}$  lang und hatte insgesamt 1400 Windungen.

Am Fallapparat diente der tiefste Contact zum Öffnen der Secundärleitung; zwei andere waren für die Unterbrechung des Primärstromes bestimmt. Die Zeitdifferenz zwischen dem Öffnen der beiden Kreise betrug in einem Falle  $0 \cdot 134$  und im anderen  $0 \cdot 031$  Secunden. Die Secundärrolle hatte insbesondere bei eingelegtem Eisenstab und namentlich bei höheren Feldstärken einen ziemlich grossen Selbstinductionscoefficienten, so dass der Ablauf des inducirten Stromes verhältnissmässig langsam vor sich ging. Durch Beobachtungen bei beiden Zeitintervallen konnte man einen Aufschluss erhalten, wie weit der inducirte Magnetismus thatsächlich verschwunden war.

Nachfolgend bedeutet:

$\alpha$  den Galvanometerausschlag beim Öffnen der Primärleitung mit der Hand, wobei die Secundärleitung geschlossen blieb.

und  $\gamma$  die Galvanometerausschläge beim Öffnen der Primär- und Secundärleitung durch den Fallapparat, und zwar für das Zeitintervall 0·134, respective 0·031 Secunden. Diese Ausschläge sind überall auf die Dämpfung bei geschlossener Secundärleitung reducirt.

Es sei noch erwähnt, dass die angeführten  $\alpha$ ,  $\beta$  und  $\gamma$  Mittelwerthe sind, die aus mehreren Beobachtungen abgeleitet wurden. Die Beobachtungen in der Mitte und an den beiden Enden eines 6 *mm* dicken und 50 *cm* langen, ausgeglühten weichen Eisenstabes ergaben nun bei den unten verzeichneten Feldstärken  $H$  folgende Resultate:

$$H = 0\cdot065$$

	Mitte $\frac{\alpha}{\beta}$		1. Ende $\frac{\alpha}{\beta}$		2. Ende	
$\alpha$	51·0	1·24	26·0	1·21	27·7	1·25
$\beta$	41·0		21·6		22·1	

$$H = 0\cdot194$$

$\alpha$	186·5	1·19	89·6	1·16	93·0	1·17
$\beta$	156·4		77·2		79·6	

Aus den Verhältnissen  $\frac{\alpha}{\beta}$  folgt nicht mit Sicherheit, dass sich der Vorgang der magnetischen Nachwirkung an verschiedenen Stellen des Stabes in zeitlicher Beziehung ungleich entwickeln würde.

Beobachtungen beim Zeitintervall von 0·031 Secunden lehrten, dass die durch Selbstinduction und Foucault'sche Ströme bedingte Verzögerung in diesem Falle nicht über 0·134 Secunden hinausgeht. Ein Umstand verdient jedoch erwähnt zu werden: Während beim grösseren Zeitintervall die unter gleichen Bedingungen nacheinander beobachteten Ausschläge sowohl in der Mitte, als auch an den beiden Enden ziemlich gleich ausfielen und nur geringe Abweichungen zeigten, war dies beim kleineren Zeitintervall anders. Hier zeigten die Ausschläge nur bei den Beobachtungen in der Mitte eine gute Übereinstimmung, während sie bei den Beobachtungen an den beiden Enden ziemlich unregelmässig hin- und hersprangen.

so dass es den Eindruck machte, als wenn die Molecularmagnete erst nach einigen Schwingungen in ihre definitive Ruhelage gelangen würden.

Nun mögen einige Beobachtungen angeführt werden, welche sich auf die Grösse der magnetischen Nachwirkung bei verschiedenen Feldstärken beziehen, und zwar speciell auf jenen Theil, welcher in den ersten Secunden nach Unterbrechung des Feldes auftritt. Die Versuche wurden mit den soeben beschriebenen Apparaten ausgeführt. Die Daten der Tabelle I beziehen sich auf einen 6 *mm* dicken, 50 *cm* langen, jene der Tabelle II auf einen 4 *mm* dicken und ebenfalls 50 *cm* langen Eisendraht. Beide Drähte wurden auf der Kohlengluth ausgeglüht und ungefähr 6 Wochen nach dem Ausglühen untersucht. Tabelle III enthält die gleichen Versuche für einen unausgeglühten 6 *mm* dicken, 50 *cm* langen weichen Eisenstab von gleicher Provenienz wie die früheren. Die Daten dieser Tabelle sollen hauptsächlich zeigen, wie gross der Einfluss der Selbstinduction auf den zeitlichen Ablauf des inducirten Stromes ist; denn bei diesem Stabe war die magnetische Nachwirkung ausserordentlich klein.

$n$  gibt den Theil der magnetischen Nachwirkung, welcher in  $\alpha$  enthalten ist, und zwar ausgedrückt in Procenten von  $\beta$ . Zunächst lehren die Werthe der Tabelle III, dass bei diesem Stabe der inducirte Strom beim Zeitintervall von 0·134 Secunden nur etwa bis zu  $H = 1\cdot12$  noch vollständig abläuft, was man ungefähr aus dem Vergleich der Werthe für  $\beta$  und  $\gamma$  entnehmen kann. Bei höheren Feldstärken geht die Verzögerung des Ablaufes des inducirten Stromes in Folge der Selbstinduction wahrscheinlich über dieses Zeitintervall hinaus.

Tabelle I und II zeigen nun, dass bei diesen Stäben eine beträchtliche magnetische Nachwirkung auftritt, deren procentischer Werth gegen den momentan ablaufenden Theil der Magnetisirungsintensität jedoch mit der Feldstärke sehr rasch abnimmt. Die Untersuchung der Abnahme lässt sich nach dieser Methode und mit der hier gebrauchten Secundärrolle nicht bis zu noch grösseren Feldstärken verfolgen, weil die zeitliche Verzögerung durch die Selbstinduction zu gross wird. Schon in Tabelle I erscheint bei  $H = 3\cdot04$  die Angabe über

die magnetische Nachwirkung durch diese Verzögerung soweit gestört, dass  $n$  sogar etwas grösser erscheint als bei der vorhergehenden Feldstärke, was jedenfalls für die magnetische Nachwirkung nicht zutrifft. Ähnliche Verhältnisse finden sich auch in Tabelle II.

Tabelle I.

$H$			$\beta$	$\frac{\alpha}{\gamma}$	$\frac{\alpha}{\beta}$	$n^0_{/0}$
0·033	25·7	20·8	21·3	1·236	1·207	21
0·065	53·3	42·4	41·3	1·257	1·290	29
0·194	201	166	172	1·210	1·168	17
0·517	702	586	663	1·198	1·059	6
1·12	1999	1586	1920	1·260	1·041	4
3·04	8221	5689	7643	1·445	1·089	9

Tabelle II.

$H$		$\gamma$		$\frac{\alpha}{\gamma}$	$\frac{\alpha}{\beta}$	$n^0_{/0}$
0·065	21·2	17·7	17·7	1·200	1·200	20
0·194	71·7	59·8	60·3	1·200	1·189	19
0·517	250	224	224	1·116	1·116	12
1·12	719	668	684	1·076	1·051	
3·04	3187	2738	2954	1·164	1·078	8

Tabelle III.

$H$		$\gamma$		$\frac{\alpha}{\gamma}$	$\frac{\alpha}{\beta}$	$n^0_{/0}$
0·065	34·5	34·2	34·2	1·009	1·009	0·9
0·194	118·6	116·6	117·1	1·017	1·013	1·3
0·517	396	387	393	1·024	1·007	0·7
1·12	1097	1034	1076	1·061	1·017	1·7
3·04	4340	3650	4087	1·189	1·062	6·2

Während durch diese und andere bereits beschriebene Versuche zur Genüge erwiesen erscheint, dass der procentische Werth der magnetischen Nachwirkung in jenem Theile des Magnetisirungsgebietes, in dem die Susceptibilität rasch ansteigt, mit der Feldstärke ziemlich schnell abnimmt, schien es mir nicht ohne Interesse, zu untersuchen, wie die magnetische Nachwirkung bei schwachen Feldstärken verläuft, in denen die Magnetisirungsintensität mit der Feldstärke nahezu proportional geht. Einige Versuche, welche ich bei einer früheren Gelegenheit nach dem magnetometrischen Verfahren anstellte, ergaben bei einigen niederen Feldstärken folgende in Tabelle IV enthaltenen Daten für die Zunahme  $\Delta$  (ausgedrückt in Scalentheilen) der Magnetisirungsintensität in der Zeit von 2·8 bis 60 Secunden nach Commutirung des Feldes, und zwar bei einem 4 mm dicken, 50 cm langen Stabe.

Tabelle IV

$H$	$\Delta$	$\frac{\Delta}{H}$
0·047	3·4	
0·094	7·1	
0·141	9·9	70
0·188	11·4	62

Wie die Tabelle lehrt, sind die Verhältnisse  $\frac{\Delta}{H}$  in einem kurzen Intervall, in welchem ja auch die Magnetisirungsintensität nahezu proportional der Feldstärke steigt, constant.

Mit den hier verwendeten magnetometrischen Hilfsmitteln konnten jedoch die Beobachtungsgrenzen nach unten nicht erweitert werden; ich versuchte daher dieses Ziel mit Hilfe des ausserordentlich empfindlichen ballistischen Galvanometers und einer Secundärspule von sehr vielen Windungen zu erreichen. Da bei diesen schwachen Feldern die inducirte Magnetisirungsintensität sehr klein ist, so war selbst bei einer mit

mehreren tausend Windungen gewickelten Spule, eine durch die Selbstinduction bewirkte Verzögerung, welche über das Zeitintervall von 0·134 Secunden hinausreichen würde, nicht zu befürchten. Es wurde daher eine neue, 11 *cm* lange Secundärspule mit 7688 Windungen, auf ein der Länge nach geschlitztes Messingrohr gewickelt. Ebenso wurde für diese Versuche eine neue, etwas weitere Primärrolle von 98 *cm* Länge auf einem Glasrohr hergestellt.

Bei dieser Gelegenheit müssen noch die Thermostrome erwähnt werden, welche die Versuche nach dieser Methode sehr schwierig machen und eine ausserordentliche Vorsicht erheischen, falls man bei den niedersten Feldstärken verlässliche Resultate erzielen will. In der Secundärleitung waren immer thermoelektrische Kräfte vorhanden, welche Ströme erzeugten, die durch das Öffnen der Secundärleitung unterbrochen wurden. In vielen Fällen erwies es sich als sehr vortheilhaft, die Ablenkung in Folge des thermoelektrischen Stromes durch eine andere constante schwache elektromotorische Kraft zu compensiren.

Die Versuche der Tabellen V und VI wurden mit je einem 6 *mm*, jene der Tabelle VII mit einem 4 *mm* dicken Draht aus weichem, ausgeglühtem Eisen gemacht. Jeder Draht hatte die Länge von 50 *cm*.

Tabelle V

<i>H</i>		$\beta$	$\frac{\alpha}{\beta}$	$n'_{0}$
0·0053	19·0	15·6	1·218	22
0·0101	37·2	30·2	1·232	23
0·0193	71·8	58·3	1·232	23
0·0634	258·0	207·4	1·244	24

<sup>1</sup> Eine Bestimmung des Ausschlages beim Zeitintervall 0·031 ergab  $\gamma = 202·9$ , ein Zeichen, dass die Verzögerung durch die Selbstinduction in diesem Fall über das Zeitintervall von 0·134 wohl kaum hinausreicht.



Tabelle VI.

$H$			$\frac{\alpha}{\beta}$	$n\%$
0·0053	13·6	11·5	1·183	18
0·0101	26·0	22·5	1·156	16
0·0193	50·5	42·7	1·182	18
0·0634	176·2	151·8	1·161	16

Tabelle VII.

$H$			$\frac{\alpha}{\beta}$	$n\%$
0·0101	15·8	13·6	1·162	16
0·0193	30·5	25·1	1·215	21
0·0634	105·6	88·3	1·196	20

Die Daten dieser Tabellen bestätigen die schon früher angedeutete Thatsache, dass die magnetische Nachwirkung in schwachen Feldern proportional der Feldstärke zunimmt, respective dass ihr procentischer Werth constant ist.

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Sitzungsberichte der Akademie der Wissenschaften mathematisch-naturwissenschaftliche Klasse](#)

Jahr/Year: 1897

Band/Volume: [106\\_2a](#)

Autor(en)/Author(s): Klemencic Ignaz

Artikel/Article: [Über die magnetische Nachwirkung bei verschiedenen Feldstärken. 676-684](#)