**9. Ueber das magnetische Verhalten des
weichen Stahls bei andauerndem Stromschluss im
Vergleich zu weichem Eisen; von Anton Abt.**

(Vorgetragen in der med.-naturw. Section des Siebenbürger
Museumvereins, 1896.)

Bei Besichtigung der neueren Einrichtungen der Reschitzaer¹⁾ Stahlfabrik im Jahre 1894 erfuhr ich durch den damaligen Chef der Maschinenabtheilung, dass in der electrotechnischen Abtheilung der Ganz'schen Fabrik zu den dynamoelectrischen Maschinen weicher Stahl aus der Reschitzaer Fabrik als Kern der Electromagnete benutzt wird. Da zu kräftigen Electromagneten gewöhnlich weiches Eisen und zu permanenten Magneten gehärteter Stahl verwendet wird, so ist auch das magnetische Verhalten des weichen Stahles weniger bekannt als das des weichen Eisens und des gehärteten Stahles. Aus diesem Grunde entschloss ich mich zur eingehenden Untersuchung des magnetischen Verhaltens des weichen Stahles, um so mehr, da ich behufs Herstellung eines kräftigen Magnetes zu diamagnetischen Versuchen in einer hiesigen Eisenfabrik einen hufeisenförmigen Kern aus weichem Eisen anfertigen liess, von dessen Güte ich mich näher überzeugen wollte.

Zu diesem Zweck liess die Direction der oben erwähnten Stahlfabrik auf mein Ersuchen in splendor Weise zwei ganz gleiche hufeisenförmige Kerne herstellen, einen aus weichem Martinstahl (I), dessen Härte 7,5 und einen aus gut ausgewählten sehnigem, weichem Eisen (II). Beide bestehen aus einem Stück, der Durchmesser der Schenkel beträgt 7,4 cm, die Länge derselben 48,4 cm, die Entfernung der Mittelpunkte der Endflächen voneinander 19,8 cm, das Gewicht von I 47,83 kg, das von II 47,63 kg. Zu beiden wurden dieselben Polcylinder verwendet, deren Länge 13,2 cm, Durchmesser 3,36 cm

¹⁾ Krassó-Szörényer Comitatus in Ungarn.

und deren Entfernung von den Endflächen der Schenkel 4 cm beträgt. Die Magnetisirungsspiralen waren aus $3\frac{1}{2}$ mm dickem Kupferdraht angefertigt, und jede derselben bestand aus 454 Windungen auf einer Länge von 33,9 cm. Bei den Versuchen wurden sie immer an dieselbe Stelle der Schenkel angebracht.

Vergleichung der magnetischen Felder bei andauerndem Stromschluss.

Meine bisher ausgeführten Versuche hatten den Zweck, die Intensitäten der magnetischen Felder von I und II bei andauerndem Stromschluss miteinander zu vergleichen mit Rücksicht auf den remanenten Magnetismus derselben. Zur Bestimmung dieser Intensitäten eignete sich wegen der Hufeisenform am besten die Methode der Inductionsströme. Es wurde zuerst auf eine schmale Rolle im äusseren Durchmesser von 7,05 cm aus dünnem Kupferdraht ein Kreis gelegt und dessen Endpunkte mit einem Wiedemann'schen Spiegelgalvanometer verbunden. Dann wurde die Rolle zwischen die 11 mm voneinander entfernten Polflächen gebracht und bei ruhigem Stande der Galvanometernadel der Inductionskreis geschlossen, dann die Rolle schnell entfernt und der erste Nadelausschlag beobachtet. Wird dieser mit e und die Fläche des Inductionskreises mit f bezeichnet, so ist die Stärke des magnetischen Feldes F an jener Stelle durch

$$F = \frac{A e}{f}$$

bestimmt, wo A eine Constante bedeutet. Bei Anwendung derselben Inductionsspirale und desselben Galvanometers sind die Feldstärken den in Scalentheilen ausgedrückten Nadelausschlägen proportional.

Die bei verschiedenen Stromstärken erhaltenen Resultate habe ich in folgender Tabelle zusammengestellt, in welcher J die Stromintensität in Ampères, F' die Intensität des magnetischen Feldes bei geschlossenem, R dieselbe nach Oeffnung des Stromkreises oder des remanenten Magnetismus in relativen, durch Scalentheile e ausgedrückten Werthen bedeutet. Die Zahlen der zwei letzten Rubriken drücken das Verhältniss von I:II aus, sowohl bezüglich auf F , als auf R .

Weicher Stahl (I)			Weiches Eisen (II)			I / II	
<i>J</i>	<i>F</i>	<i>R</i>	<i>J</i>	<i>F</i>	<i>R</i>	<i>F</i>	<i>R</i>
15	20,1	0,5	16,5	21,0	0,3	0,977	1,194
	19,8	0,4		20,3	0,4		
	20,3	0,4		20,3	0,4		
	Mitt. 20,07	Mitt. 0,43		Mitt. 20,53	Mitt. 0,36		
25	24,8	0,6	25	24,0	0,5	1,040	1,260
	25,1	0,6		24,1	0,5		
	25,3	0,7		24,2	0,5		
	Mitt. 25,07	Mitt. 0,63		Mitt. 24,1	Mitt. 0,5		
29	25,8	0,7	30	25,0	0,6	1,027	1,233
	25,8	0,8		24,9	0,6		
	25,6	0,8		25,6	0,6		
	Mitt. 25,67	Mitt. 0,77		Mitt. 25,0	Mitt. 0,6		
35	26,0	0,8	35,5	25,0	0,6	1,041	1,333
	26,1	0,8		25,0	0,6		
	26,0	0,8		25,0	0,6		
	Mitt. 26,03	Mitt. 0,8		Mitt. 25,0	Mitt. 0,6		

Aus diesen Resultaten ergibt sich, dass bei andauerndem Stromschluss der Unterschied im magnetischen Verhalten zwischen weichem Stahl und weichem Eisen ein ganz geringer ist, und dass weicher Stahl zur Anfertigung kräftiger Electromagnete ganz gut verwendbar ist. Zugleich ist daraus der grosse Unterschied im magnetischen Verhalten zwischen weichem und gehärtetem Stahl ersichtlich, welcher letzterer bekanntlich einen geringeren temporären, aber um so grösseren remanenten Magnetismus annimmt, der bei verschiedenen Stahlsorten selbst bei gleicher Härtung sehr verschieden ist, während derselbe nach diesen Untersuchungen bei weichem Stahl ebenso unbedeutend ist, wie bei weichem Eisen.

Bei diesen ersten Versuchen bestand die Inductionsspirale, wie schon erwähnt wurde, aus einem einzigen Kreise, deshalb war auch die Inductionswirkung des remanenten Magnetismus eine geringe. Um auch dafür grössere Zahlen zu erhalten und so sowohl den temporären als auch den remanenten Magnetismus mit mehr Sicherheit zu bestimmen, habe ich noch

zwei Reihen von Versuchen ausgeführt mit einer aus 6 und mit einer aus 10 gleichen Windungen bestehenden Spirale, deren Durchmesser 5,92 cm betrug. Die Resultate dieser Untersuchungen sind in der folgenden Tabelle enthalten, in welcher J , F und R die frühere Bedeutung haben.

Weicher Stahl (I)			Weiches Eisen (II)		
Mit der Inductionsspirale aus 6 Windungen					
<i>J</i>	<i>F</i>	<i>R</i>	<i>J</i>	<i>F</i>	<i>R</i>
14,0	68,0	1,1	14,0	71,0	0,8
14,5	68,5	1,1	15,0	73,5	0,9
24,2	77,0	1,3	26,0	83,5	1,2
24,4	77,5	1,2	27,0	84,0	1,3
34,5	83,0	1,2	34,5	87,5	1,2
34,5	82,5	1,3	35,0	87,5	1,2
Mit der Inductionsspirale aus 10 Windungen					
15,0	109,0	1,5	15,5	115,0	1,5
15,0	109,0	1,5	15,6	116,0	1,6
25,0	124,0	1,6	25,0	127,0	1,8
25,0	125,0	1,6	24,8	128,5	1,8
34,5	132,5	1,7	34,0	136,0	1,9
34,5	133,0	1,8	34,5	137,0	1,9

Die Verhältnisszahlen der Werthe von I und II bezüglich F' und R bei Anwendung der Spirale mit 10 gleichen Windungen zeigt die folgende Tabelle:

I : II			
J	15	25	34,5 Amp.
F	0,948	0,974	0,972
R	1	0,888	0,921

Auch aus diesen Resultaten ist ersichtlich, dass bei andauernder Stromschliessung der Unterschied im magnetischen Verhalten zwischen weichem Stahl und weichem Eisen ein ganz geringer ist. Die Verhältnisszahlen weichen von der Einheit sehr wenig ab, das Plus des totalen und des remanenten Magnetismus beim weichen Eisen ist nur ganz gering, wenigstens für Stromstärken bis zu 35 Ampères. Daraus folgt, dass zur Herstellung kräftiger Electromagnete Kerne aus weichem Stahl ganz gut verwendbar sind, die dabei noch den Vortheil grösserer absoluter Festigkeit haben.

Bestimmung der magnetischen Felder von I und II in absoluten Maassen.

Zur Bestimmung der Intensität des magnetischen Feldes nach $F = Ae:f$ musste früher die Constante A ermittelt werden. Unter den verschiedenen Methoden wurde jene angewendet, bei welcher in einer langen Inductionsspirale von bekannter Windungszahl mittels eine Magnetes, der aus der Mitte der Spirale schnell entfernt wird, Ströme inducirt werden, die an einem Galvanometer gemessen werden. Ist N die Anzahl der Windungen der Spirale auf der Länge von 1 cm, M das magnetische Moment des angewandten Magnets und e' der Ausschlag der Galvanometernadel in Scalentheilen ausgedrückt, so ist

$$A = \frac{4\pi NM}{e'}.$$

Die zur Bestimmung von $F = Ae:f$ angewandte flache Inductionsspirale bestand aus 7 gleichen Windungen vom Durchmesser 6,135 cm mit einer Gesamtfläche $f = 206,92695 \text{ cm}^2$, während die zur Ermittlung von A verwendete Spirale auf einer Länge von 26,5 cm 295 Windungen hat, und daher $N = 11,132$ ist.

Der Versuch wurde mit dem durch II bezeichneten Electromagnet ausgeführt bei einer Stromintensität von 15,6 Amp., wobei die Polflächen 11 mm voneinander entfernt waren. Die flache Inductionsspirale und die lange Spirale waren mittels eines langen Drahtes mit einem Spiegelgalvanometer verbunden. Die flache Spirale wurde in die Mitte zwischen die beiden Polflächen gebracht, dann nach erfolgter Schliessung des Stromkreises bei ruhigem Stand der Nadel schnell aus dem magnetischen Felde entfernt und der erste Ausschlag der Nadel beobachtet. Aus drei Versuchen ergaben sich die Werthe 51,8, 51,4 und 52, daraus das Mittel 51,733 Scalentheile, als der Werth von e .

Der Werth von e' wurde mittels eines vierseitigen Stahlmagnetes bestimmt, dessen magnetisches Moment nach der Gauss'schen Methode $= 783,40 \text{ C}^{\frac{1}{2}} \text{ G}^{\frac{1}{2}} \text{ S}^{-1}$ erhalten wurde. Dieser Magnet wurde mit Hülfe einer passenden Vorrichtung bis zur Mitte der 26,5 cm langen Spirale hineingeschoben,

dann nach erfolgtem Schluss der Stromleitung bei ruhigem Stand der Nadel schnell herausgezogen und entfernt und der Nadelausschlag beobachtet. Aus drei Versuchen ergaben sich die Werthe 32,1, 32,3, 32,3, im Mittel $e' = 32,2333$ Scalentheile.

Aus diesen Resultaten erhält man für die Constante den Werth von $3399,8771 \text{ C}^{5/2} \text{ G}^{1/2} \text{ S}^{-1}$ und für die Stärke des magnetischen Feldes des Electromagneten II mit weichem Eisenkern den Werth von $850,0434 \text{ C}^{1/2} \text{ G}^{5/2} \text{ S}^{-1}$.

(Eingegangen 29. April 1897.)