

## Über die Verwendung des magnetischen Spannungsmessers bei der Prüfung der magnetischen Eigenschaften des Eisens.

Von

Friedrich Goltze, Berlin.

**1. Einleitung.** Die Bestimmung der Magnetisierungskurve konnte bisher einwandfrei nur mit Hilfe der ballistischen Methode an Proben, die aus in sich geschlossenen Ringen bestanden, d. h. an einem vollkommen symmetrischen magnetischen Kreise, erfolgen und es war nicht möglich, die zu irgendeinem Teil des Kraftlinienweges gehörende Feldstärke zu ermitteln.

Durch die Erfindung des magnetischen Spannungsmessers<sup>1)</sup> ist diese Schwierigkeit behoben worden. Man sollte daher den magnetischen Spannungsmesser ausgiebig zur Bestimmung der Feldstärke bei der Prüfung der magnetischen Eigenschaften des Eisens benutzen.

Im folgenden soll gezeigt werden, welche Anordnungen im Eisenprüflaboratorium der AEG-Fabriken, Berlin, Brunnenstraße, zu diesem Zwecke getroffen wurden.

**2. Magnetische Untersuchung von Dynamo-blechen.** Bei Verwendung des magnetischen Spannungsmessers zur Ermittlung von Magnetisierungskurven hat man nur nötig, dafür zu sorgen, daß die Induktion in der Probe über die vom magnetischen Spannungsmesser begrenzte Strecke konstant bleibt. Die übrigen Teile des magnetischen Kreises können beliebiges Aussehen haben.

Der Einfachheit halber wird man daher ein Joch aus fremdem Eisen zur Magnetisierung der Probe benutzen.

Die Fig. 1 zeigt, wie mit einer Drosselspule eine Epsteinsche Probe magnetisiert wird. Die vier Bündel der Probe liegen nebeneinander und schließen den Eisenweg. Über der Mitte der Probe befindet sich der magnetische Spannungsmesser. Zwischen den Enden desselben ist die Induktionsmeßwicklung um das Eisen gelegt worden.

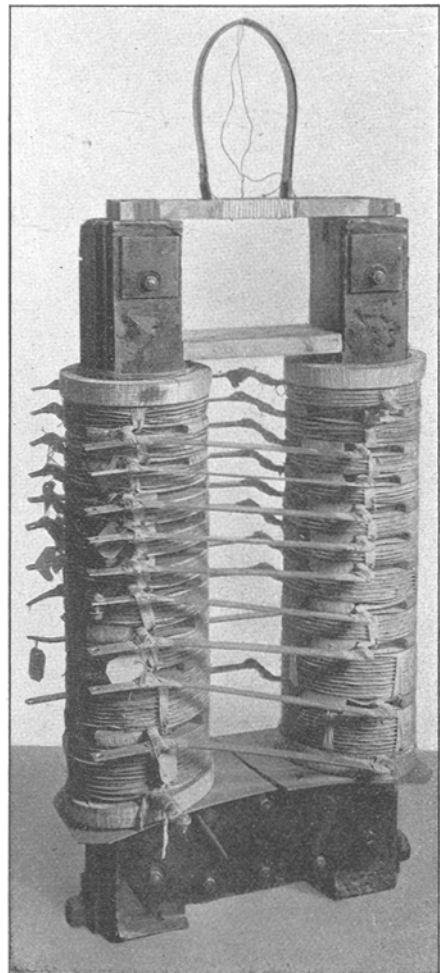


Fig. 1. Magnetische Prüfung einer Epsteinschen Probe.

<sup>1)</sup> D.R.P. Nr. 269 257 von W. Rogowski. Rogowski und Steinhaus: „Archiv für Elektrotechnik, I, S. 141.“ Rogowski: „Archiv f. Elektrotechnik, I, S. 511.“ Die Firma Siemens & Halske hat allein das Recht zur Herstellung von magnetischen Spannungsmessern erworben.

Durch Kommutieren eines konstanten, in der Wicklung der Drosselspule fließenden Gleichstromes erhält ein wahlweise an die Induktionsmeßwicklung oder an den Spannungsmesser zu schaltendes Galvanometer einen der Induktion oder einen der dazugehörigen Feldstärke entsprechenden Ausschlag.

Die Entfernung der beiden Enden des Spannungsmessers voneinander darf bei dieser Anordnung nicht zu groß sein, da die Induktion im Eisen nur auf ein verhältnismäßig kurzes Stück als konstant angesehen werden kann.

Es wurden nun nach dieser Methode eine Anzahl Epsteinscher Proben untersucht, deren Magnetisierungskurven vorher im Gumlich-Rogowski-Apparat ermittelt worden waren.

Die Tabelle I zeigt einige der erhaltenen Meßwerte.

Tabelle I.

Induktion	Amperewindungszahl					
	Probe Nr. I			Probe Nr. II		
	Spann.-mess.	Gum.-Rog.-App.	Diff. in %	Spann.-mess.	Gum.-Rog.-App.	Diff. in %
10 000	2,8	3,3	—	2,5	2,7	— 8
12 000	5,0	5,3	— 6	4,8	5,0	— 4
14 000	13,7	13,5	+ 1,46	16	16	0
16 000	48	49	— 2	66	68	— 3
18 000	147	148	— 0,7	186	194	— 4
19 000	225	226	— 0,4	278	288	— 3,5

Man findet eine sehr gute Übereinstimmung. Bei den niederen Induktionen wurden mit dem Spannungsmesser etwas weniger Amperewindungen als mit der Gumlich-Rogowski-Methode gemessen. Dies kann jedoch auf Ablesefehler zurückgeführt werden, da das benutzte Galvanometer hier nur noch sehr kleine Ausschläge ergab. Diese Methode ist also sehr gut zur Prüfung der magnetischen Eigenschaften von Dynamo-blechen zu verwenden.

**3. Magnetische Untersuchung von Stahl- und Grauguß.** Zur Untersuchung von Stahl- und Graugußproben wurde im Eisenprüflaboratorium der AEG aus Blechen ein kleines Joch angefertigt, welches für die Magnetisierung von Stäben mit den Abmessungen  $300 \times 30 \times 10$  mm geeignet erschien. Diese Proben können auch gleichzeitig für die Zerreißversuche verwendet werden, so daß die magnetischen und die mechanischen Eigenschaften, die bekanntlich in gewissem Zusammenhange miteinander stehen<sup>1)</sup>, an der gleichen Probe ermittelt werden können.

Die den Stab magnetisierenden Windungen befinden sich auch hier auf den Schenkeln des Joches. Die Induktionsmeßwicklung wurde auf eine dünne geschlitze Metallhülse, welche innen den Querschnitt des Probestabes aufweist, gewickelt. Sie besitzt eine Länge von etwa 10 cm und 100 Windungen. An den Enden der Hülse ist gleichzeitig der magnetische Spannungsmesser befestigt worden. Der Probestab wird in die Hülse eingeschoben und auf den Enden des Joches mittels Spannschrauben festgeklemmt.

Die Fig. 2 zeigt die Anordnung.

Tabelle II.

Aw pro cm	Induktion im Stab				
	Am Joch. 0 mm	50 mm	Mitte 100 mm	150 mm	Am Joch. 200 mm
20	14 000	13 730	13 680	13 800	14 280
50	16 540	15 900	15 750	15 950	16 780
100	18 800	17 350	17 030	17 400	18 850
		Spannungsmesser			

<sup>1)</sup> Goltze: „Die magnetischen Eigenschaften des Gußeisens.“ Gießerei-Zeitung, Heft 1, 2 und 3, 1913.

Es konnten mit diesem Apparat eine Anzahl interessanter Versuche ausgeführt werden. Zunächst wurde die Verteilung der Induktion über die Länge des Probestabes ermittelt. Die Tabelle II und die Fig. 3 zeigen das Ergebnis dieses Versuches. Die Induktion bleibt, wie man erkennt, zwischen den Auflagepunkten des Spannungsmessers noch genügend konstant.

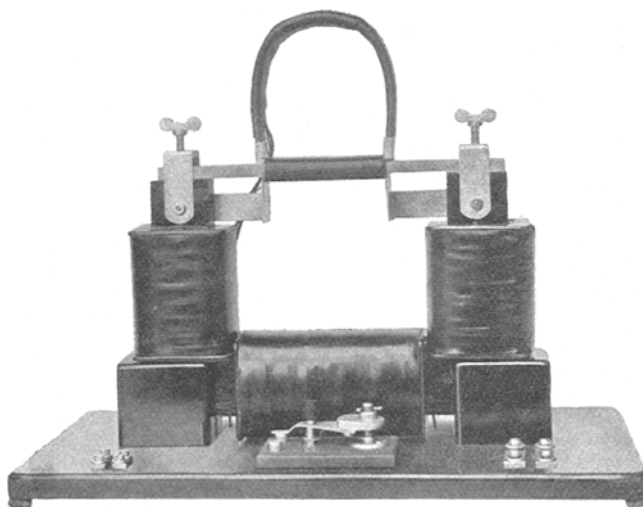


Fig. 2. Apparat zur magnetischen Prüfung von Eisenstäben.

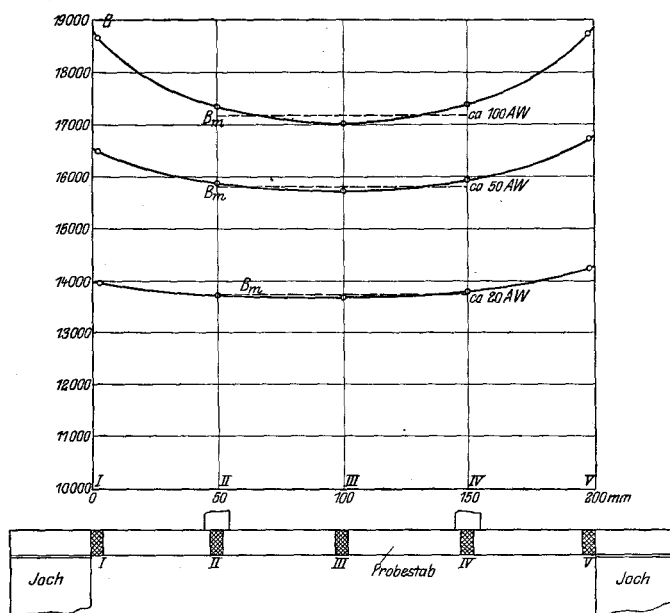


Fig. 3. Verteilung der Induktion über die Länge eines Probestabes.

Weiter war es interessant zu ermitteln, ob die Angaben des Apparates durch die Güte der Stoßfugen zwischen Stabend und Joch beeinflusst werden. Es wurde daher zunächst an einem Stahlstab bei möglichst guter Stoßfuge die Magnetisierungskurve aufgenommen. Durch Einlegen von Preßspan wurden die Stoßfugen auf 1, 2 bzw. 4 mm vergrößert. Es ergaben sich dann die in der Tabelle III befindlichen Resultate.

Man erkennt aus der Tabelle III, daß die Meßergebnisse tatsächlich etwas von der Größe der Stoßfuge abhängig sind. Praktisch ist dies jedoch nicht von Bedeutung, da bis zu 1 mm starken Zwischenlagen keine Meßdifferenzen vorhanden sind.

Tabelle III.

Induktion	Amperewindungszahl				Magnetisierungsstrom in Amp.			
	Ohne Zwischenlage	Mit Zwischenlagen			0 mm	1 mm	2 mm	4 mm
10 000	6,1	6,1	5,8	5,5	0,3	0,7	0,92	1,55
12 000	9,7	9,7	8,2	7,9	0,4	0,9	1,1	1,8
14 000	19,0	19,0	18,3	17,2	0,73	1,35	1,55	2,18
15 000	29,0	29,0	28,5	28,0	1,00	1,63	1,95	2,5
16 000	45,0	45,0	45,0	44,5	1,55	2,10	2,60	3,05
17 000	65,5	65,5	65,5	65,5	2,35	3,00	3,45	3,90

Ferner wurde untersucht, ob durch das unsaubere Aufliegen der Enden des Spannungsmessers auf dem Eisen merkliche Meßfehler entstehen können, indem man zwischen den Enden des Spannungsmessers und dem Probestab Preßspanstückchen einschob und so die Kurven aufnahm.

Die erhaltenen Meßergebnisse zeigt Tabelle IV.

Tabelle IV.

Induktion	Amperewindungszahl bei Abstand des Spannungsmessers vom Eisen		
	0 mm	1 mm	2 mm
10 000	6,5	6,2	6,2
12 000	9,7	9,7	9,6
14 000	19,0	19,0	18,5
15 000	28,1	28,1	27,8
16 000	42,0	42,0	42,0
17 000	73,0	73,0	73,0

Selbst bei 2 mm Abstand der Enden des Spannungsmessers von der Eisenoberfläche sind noch keine wesentlichen Meßunterschiede vorhanden.

Aus den vorhergehenden Angaben wird man zur Genüge ersehen, daß mit einem derartigen Apparat eine für die Praxis auf alle Fälle ausreichende Meßgenauigkeit erzielt werden kann. Aber auch für wissenschaftliche Zwecke wird die Methode anwendbar sein, wenn gut durchkonstruierte und sorgfältig ausgeführte Prüfapparate benutzt werden.

Im Gießereilaboratorium usw. wird ein derartig einfacher und zweckmäßiger Apparat sich sicher als gut brauchbar erweisen. Es wäre sehr dankenswert, wenn sich die Meßinstrumentenfirmen mit dieser Frage eingehend beschäftigen würden.

Der Apparat sollte nun im Eisenprüflaboratorium der AEG auch für die laufenden Untersuchungen von Stahl- und Grauguß benutzt werden. Zu diesem Zwecke erhielt er zunächst einen empfindlicheren magnetischen Spannungsmesser, dessen Beschreibung weiter unten noch folgt. Es konnte nun ein ballistisches Zeigergalvanometer benutzt werden, wie es beispielsweise Siemens u. Halske (Mldr. 14) herstellt.

Um die Einrichtung noch handlicher zu gestalten, wurde ein Meßtisch angefertigt, von dem die Fig. 4 ein Bild gibt. Der Tisch enthält alle für die Meßeinrichtung notwendigen Instrumente und Schalter. Der Kommutator, dessen Griff auf der Tischplatte sichtbar ist, ist unter derselben befestigt.

Die Bedienung der Einrichtung ist sehr einfach und kann von einem angelernten Monteur erfolgen.

Die Auswertung der Meßergebnisse kann, ähnlich wie es der Verfasser in seiner Arbeit über den Epsteinschen Apparat nach Gumlich und Rogowski vorgeschlagen hat<sup>1)</sup>, leicht ohne jede Rechnung mit Hilfe von Tabellen durchgeführt werden.

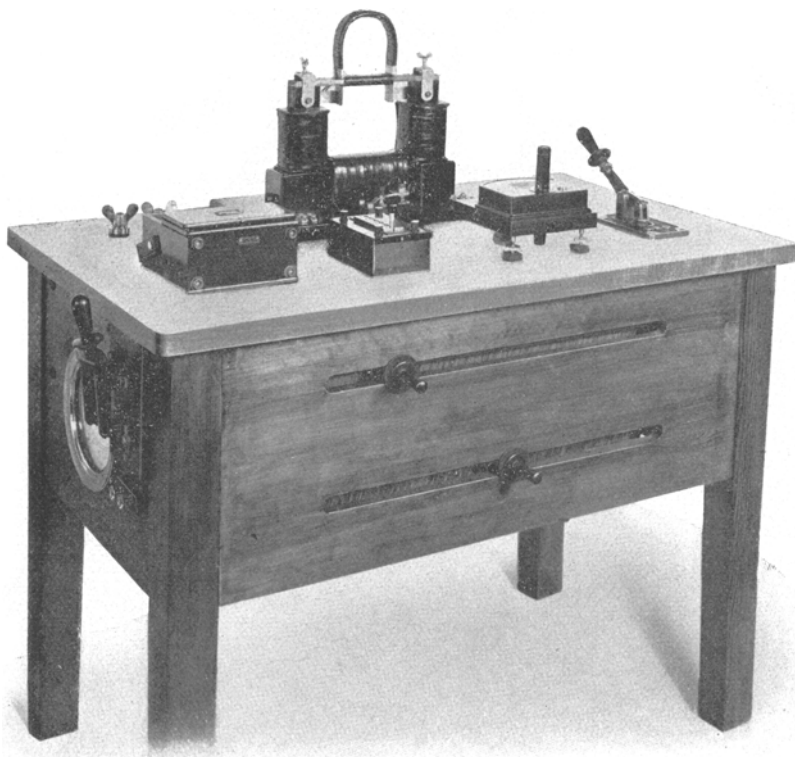


Fig. 4. Meßtisch für den Apparat zur magnetischen Prüfung von Eisenstäben.

Die Ersparnisse, welche durch Verwendung einer derartigen Einrichtung gegenüber der ballistischen Ringmethode gemacht werden können, sind recht erheblich. Für die Kosten, die durch Herstellung und Prüfung einer Ringprobe entstehen, können ca. 5 Stabproben angefertigt und untersucht werden.

**4. Magnetische Untersuchung von Polgehäusen.** Bei größeren Maschinenteilen läßt sich das Angießen von Probestäben, die nachher für die magnetische Untersuchung abgetrennt werden, leicht durchführen. Handelt es sich dagegen um sogenannten Formmaschinenguß, wie er für Massenartikel, beispielsweise Polgehäuse von mittleren und kleinen Gleichstrommaschinen, zur Anwendung kommt, so stellen sich dem Angießen von Stäben Schwierigkeiten verschiedener Art entgegen. Trotzdem ist es aber auch hier erwünscht, sich von Zeit zu Zeit über die magnetischen Eigenschaften des Materials ein Urteil zu verschaffen. Zu diesem Zweck mußte bisher das eine oder andere Gehäuse zu Proberingen oder Probestäben zerschnitten werden. Wegen der Kostspieligkeit dieses Verfahrens konnte die Prüfung naturgemäß nicht so häufig vorgenommen werden, wie dies im Interesse der Verarbeitung eines guten Materials wohl wünschenswert erschien.

Es wurde daher versucht, die magnetischen Eigenschaften an den ganzen unzerschnittenen und unbearbeiteten Polgehäusen zu ermitteln.

<sup>1)</sup> Goltze: „Der Epsteinsche Apparat nach Gumlich und Rogowski.“ Archiv für Elektrotechnik, Heft 4, S. 148, 1913.

Die Gehäuse wurden zunächst auf die als Magnetisierungsjoch dienende, bereits aus Fig. 1 bekannte Drosselspule gesetzt und mit einer Induktionsmeßwicklung sowie magnetischem Spannungsmesser versehen.

Die Fig. 5 zeigt die getroffene Anordnung. Der magnetische Schluß zwischen Gehäuse und Joch ist bei dieser primitiven Anordnung naturgemäß sehr schlecht und die Verteilung der Induktion im Gehäuse dementsprechend außerordentlich ungleichmäßig. Trotzdem gelang es Resultate zu erhalten, die zwar nicht sehr genau waren, aber immerhin zu weiteren Arbeiten ermutigten.

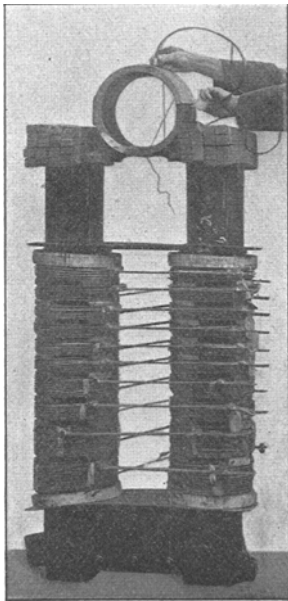


Fig. 5. Magnetische Prüfung eines Polgehäuses.

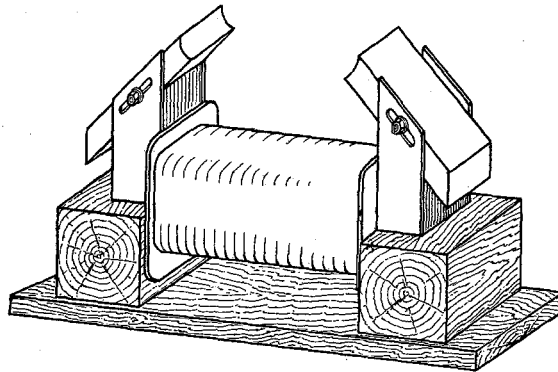


Fig. 6. Joch mit verstellbaren Polschuhen zur Magnetisierung von Polgehäusen.

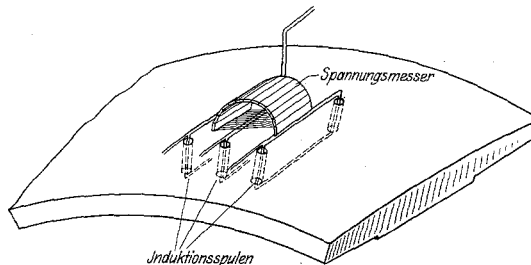


Fig. 7. Anordnung des magnetischen Spannungsmessers und der Induktionsmeßspulen.

Zunächst wurde ein für diese Zwecke besser geeignetes Joch hergestellt, wie es die Fig. 6 zeigt.

Die Pole desselben sind verstell- und auswechselbar. Je nachdem, wie sie eingesetzt werden, erhält man horizontale, vertikale oder runde der Form der Gehäuse angepaßte Polflächen.

Der Eisenquerschnitt des Joches beträgt etwa 200 qcm, so daß noch Gehäuse mit recht erheblichen Querschnitten geprüft werden können.

Es können in dieses Joch Gehäuse bis zu einem Meter Durchmesser eingebaut und magnetisiert werden. Der Einbau kann auf zweierlei Art erfolgen. Die beiden Möglichkeiten sind in den Fig. 9 und 11 dargestellt. Die in Fig. 9 getroffene Anordnung wird man dann vorziehen, wenn z. B. das Gehäuse mit angegossenen Polen versehen ist, die bei Verwendung der anderen Anordnung eine starke Verzerrung der Kraftlinien im Eisen hervorrufen würden.

Das Joch ist auch zur Magnetisierung von anderen Teilen, wie z. B. Induktoren von Drehstrommaschinen, Polen und Probestücken verschiedener Form und Abmessung, verwendet worden. Alle diese Teile ließen sich in gleicher oder ähnlicher Weise, wie dies weiter unten beschrieben wird, bezüglich ihrer magnetischen Eigen-

schaften erfolgreich untersuchen. Im folgenden soll nur auf die Prüfung der Polgehäuse näher eingegangen werden.

Bei den ersten Versuchen wurde die Induktionsmeßwicklung um den ganzen Querschnitt des Gehäuses herumgewickelt, wie es auch aus Fig. 5 ersichtlich ist. Zur Berechnung der Induktion war es nötig, die Größe des Querschnittes zu ermitteln, und zwar mußte dies durch Messung geschehen, was wegen der verzwickten Form mit Schwierigkeiten verknüpft war.

Es wurden jetzt an der zu untersuchenden Stelle, senkrecht zur Kraftlinienrichtung und in gewissem Abstände voneinander kleine Löcher gebohrt (ca. 3 mm Durchm.), durch die man die Wicklung, bestehend aus 10 Windungen eines schwachen Drahtes hindurchführte. In der Fig. 7 ist dies in einer Skizze dargestellt.

Die Ermittlung des Eisenquerschnittes zur Berechnung der Induktion ist jetzt sehr einfach. Man hat nur nötig, die Entfernung der Löcher voneinander, außen und innen, und die Wandstärke zwischen den Löchern genau festzustellen.

Diese Anordnung der Induktionsmeßspulen hat auch noch eine Reihe weiterer Vorteile. Man kann z. B. die Polgehäuse fast an jeder beliebigen Stelle genau untersuchen.

Im allgemeinen wurde die Induktion an drei Spulen ermittelt, von denen sich je eine in der Nähe der beiden Enden des Spannungsmessers und die dritte in der Mitte zwischen diesen befanden. (Vgl. Fig. 7.)

Bei Verwendung von Spannungsmessern mit kurzen Abständen zwischen den Enden genügt es auch wohl, wenn man nur zwei Löcher bohrt und nur eine Spule zur Bestimmung der Induktion benutzt. Eine Reihe von Versuchen zeigte hier das gleiche Resultat wie bei dem Stabprüfapparat. Die aufgenommene Magnetisierungskurve ist unabhängig von den Stoßfugen zwischen Gehäuse und Joch, solange zwischen den Enden des Spannungsmessers die Induktion im Eisen noch genügend konstant ist, was man leicht durch Bestimmung der Induktion an jeder einzelnen der drei Induktionsmeßspulen nachprüfen kann.

Mehrere Fehlerquellen sind bei dieser Anordnung vorhanden. Sie lassen sich jedoch alle vermeiden, so daß man ein für die Praxis ausreichend genaues Resultat erhält.

Die Löcher für die Induktionsmeßwindungen müssen klein sein im Verhältnis zum Abstände voneinander. Die magnetischen Kraftlinien weichen den Löchern aus und drängen sich infolgedessen zwischen denselben um so mehr zusammen, je größer die Löcher im Verhältnis zu ihrem Abstände voneinander sind. Man erhält dann für die gemessenen Feldstärken zu hohe Induktionen.

Trotzdem das Joch aus Blechen zusammengesetzt ist, erreicht die Induktion nach dem Kommutieren des Stromes erst langsam den Maximalwert. Man muß daher ein möglichst langsam schwingendes Spiegelgalvanometer für die Messungen benutzen.

Im allgemeinen wird man von den an einer beliebigen Stelle eines Gehäuses ermittelten Werten auf die Eigenschaften des ganzen Gußstückes schließen wollen. Man darf sich dann nicht in dem Bestreben, zwischen den Enden des Spannungsmessers eine möglichst gleichmäßige Induktion und Feldstärke zu besitzen, auf ein zu kleines Volumen für die untersuchte Stelle beschränken.

Tabelle V.

Induktion	Amperewindungszahl, gemessen an den in der Skizze, Abb. 8, bezeichneten Stellen					
	1	2	3	4	5	6
4000	6,0	9,2	8,5	7,2	11,2	8,0
6000	19,5	19,5	16,5	14,0	25,0	14,8
7000	30,7	28,5	25,0	19,2	38,0	23,0
8000	45,5	40,7	37,0	27,5	55,7	37,0
9000	65,5	57,0	58,0	41,5	—	58,0

Besonders Gußeisen ist sehr ungleichmäßig in seiner Beschaffenheit, und man kann an verschiedenen Stellen ein und desselben Gußstückes unter Umständen erheblich voneinander abweichende Werte messen.

Ein Beispiel hierfür geben die im folgenden mitgeteilten Versuchsergebnisse.

Ein Polgehäuse aus Gußeisen wurde an verschiedenen Stellen, die in der nebenstehenden Skizze, Fig. 8, bezeichnet sind, untersucht.

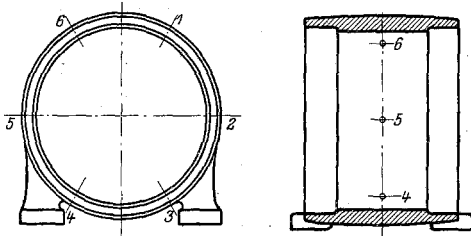


Fig. 8. Polgehäuse aus Grauguß.

Fig. 9 zeigt das Gehäuse zwischen den Polen des Joches.

Der Abstand der Enden des Spannungsmessers voneinander betrug nur drei Zentimeter, die Lochentfernung für die Induktionsmeßspulen blieb unterhalb drei Zentimeter. In der Tabelle V sind die an den verschiedenen Stellen erhaltenen Werte angegeben. Trägt man diese Werte in der üblichen Weise in ein Koordinatensystem ein, so ergibt sich die Fig. 10.

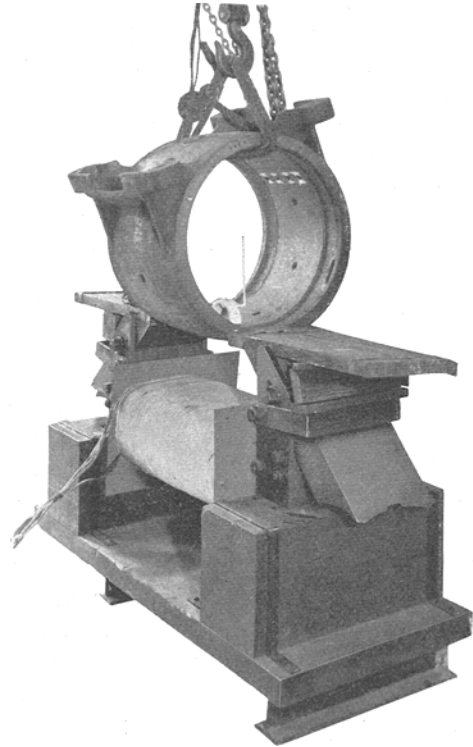


Fig. 9. Das Polgehäuse ist zur Untersuchung der magnetischen Eigenschaften seines Eisens zwischen den Polen eines Joches angeordnet. Anordnung a.

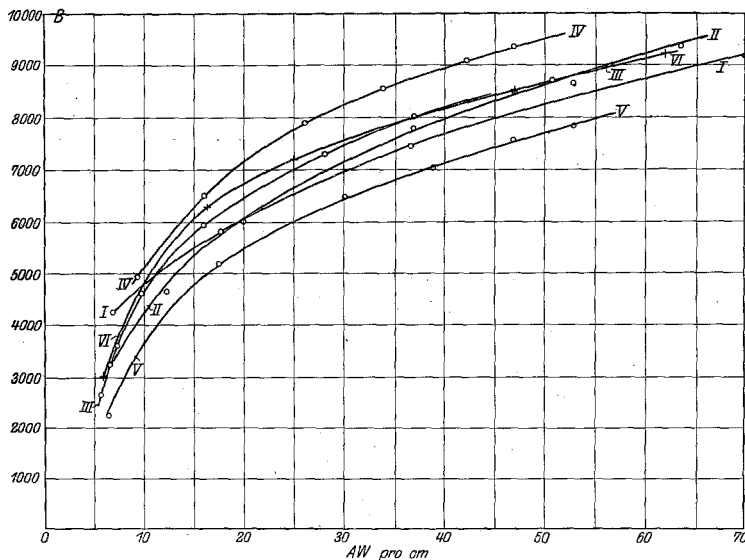


Fig. 10. Induktionskurven, die an verschiedenen Stellen eines Polgehäuses aus Grauguß ermittelt wurden.

Es sind demnach sehr erhebliche Differenzen vorhanden. Bei Stahlguß sind dieselben im allgemeinen nicht so groß, wie sie hier an Gußeisen gefunden wurden.



Besser zur Beurteilung des Materials geeignete Mittelwerte erhält man, wenn für die Induktionsmeßspulen ein möglichst großer Querschnitt und für den magnetischen Spannungsmesser ein größerer Schenkelabstand gewählt wird.

Versuche mit der in Fig. 11 dargestellten Anordnung haben z. B. ergeben, daß ein Schenkelabstand des Spannungsmessers von maximal ca. 10 % des Gehäuseumfanges gewählt werden konnte, ohne daß die Ungleichmäßigkeit der Induktion im Eisen unter dem Spannungsmesser so groß wurde, daß hierdurch ein wesentlicher Meßfehler entstand.

Zweckmäßig macht man die Breite des Spannungsmessers gleich der Lochentfernung der Induktionsmeßspulen.

Der Querschnitt der Induktionsmeßspulen hängt naturgemäß von der Größe und Form des Polgehäuses ab.

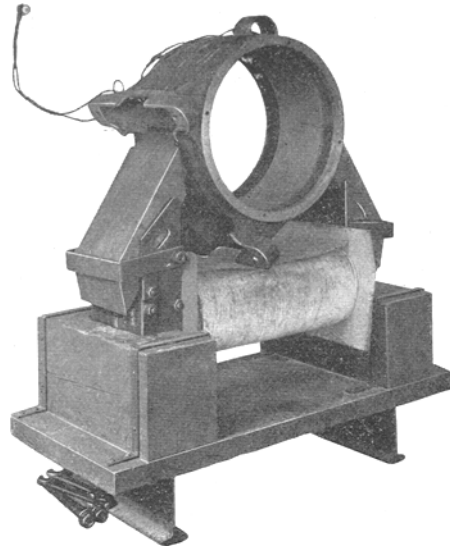


Fig. 11. Das Polgehäuse ist zur Untersuchung der magnetischen Eigenschaften seines Eisens zwischen den Polen eines Joches angeordnet. Anordnung b.

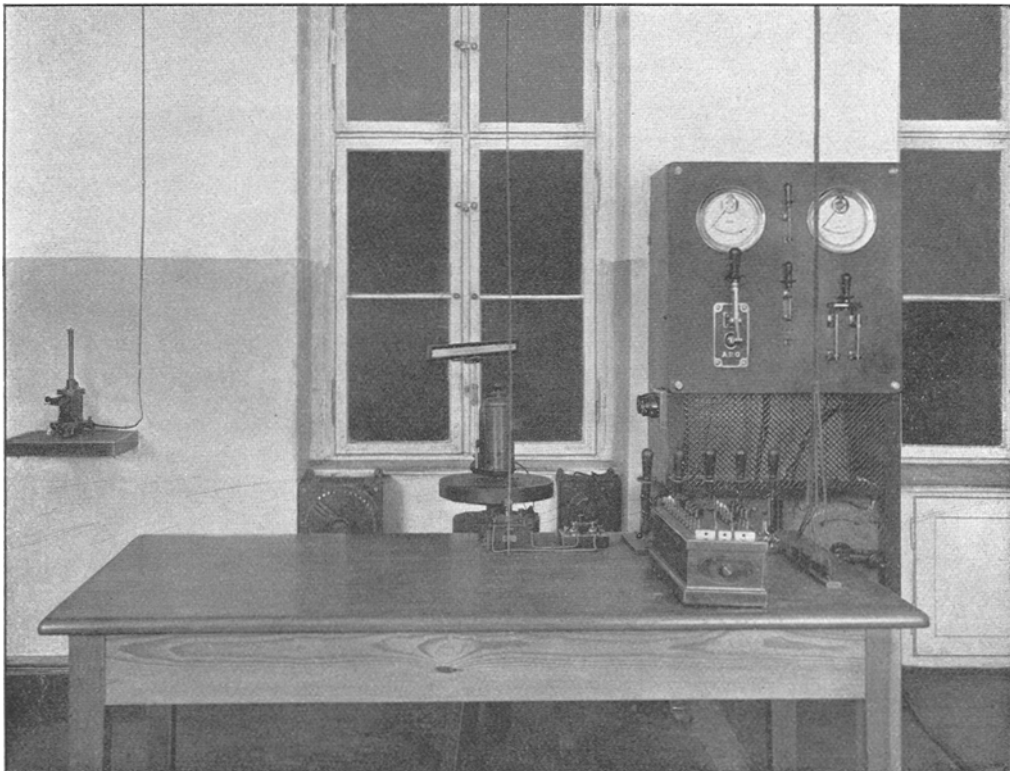


Fig. 12. Prüfstand für Polgehäuse.

**5. Beschreibung eines Prüfstandes für Polgehäuse.** Für das in Fig. 6 dargestellte Magnetisierungsjoch wird der Strom einer Gleichstrommaschine von etwa 15 KW Leistung entnommen. Dieser Strom wird über eine kleine Schalttafel geleitet, in der sich die er-

forderlichen Instrumente und Schalter, auch der Kommutator befinden (vgl. Fig. 12). Die Regulierwiderstände stehen unterhalb der Schalttafel. Auf einem besonderen Tische befinden sich die zum Galvanometerkreis gehörenden Schalter und Instrumente. Das Galvanometer steht auf einem Konsol an der Wand.

Mit dieser Anordnung sind im Eisenprüflaboratorium der AEG bereits eine große Anzahl von Messungen ausgeführt worden.

**6. Magnetische Spannungsmesser.** Im Anschluß hieran soll noch einiges über die bei den Versuchen benutzten magnetischen Spannungsmesser gesagt werden. In der Fig. 13 sind einige der für die Versuche verwendeten Spannungsmesser zu erkennen.

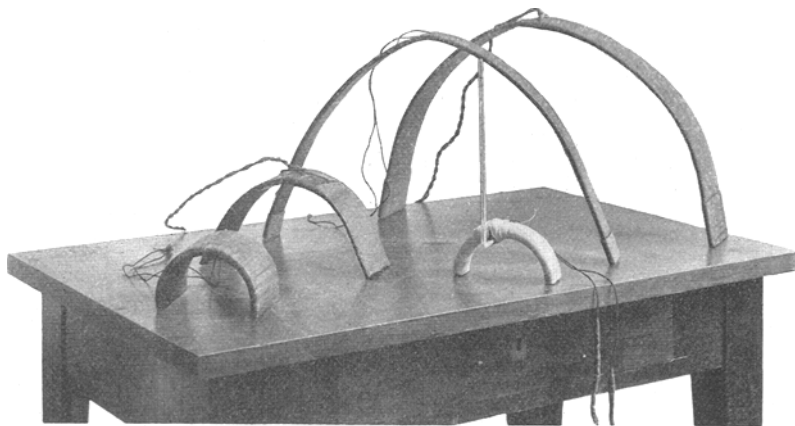


Fig. 13. Magnetische Spannungsmesser für verschiedene Zwecke.

Zunächst wurde ein magnetischer Spannungsmesser verwendet, der die von Rogowski und Steinhaus im Archiv beschriebene Form aufwies. Er bestand aus einem glatten Preßspanstreifen von etwa 75 cm Länge und 8 cm Breite, bei etwa 2,4 qcm Querschnitt. Die Bewicklung bestand aus zwei Lagen eines 0,15 mm starken, mit Seide isolierten Kupferdrahtes.

Bei der Eichung ergab sich eine Konstante von  $C_s = 4,10$  Aw pro cm bei  $10^0$  Galvanometerausgang, wenn die Konstante des Galvanometers  $C_g = 1 \times 10^{-8}$  Coulomb pro Grad beträgt. Der Ohmsche Widerstand des Spannungsmessers war bei  $20^\circ \text{ C}$   $R = 250$  Ohm.

Für verschiedene Zwecke wurden auch Spannungsmesser mit verschiedenen Abmessungen benötigt.

In der folgenden Tabelle sind die Abmessungen und die übrigen Konstanten derselben zusammengestellt.

Spannungsmesser Nr.	Länge	Breite	Querschnitt	Empfindlichkeit Aw pro cm für $C_g = 1 \times 10^{-8}$	Ohmscher Widerstand
1	75 cm	8 cm	2,4 qcm	4,10	250 Ohm
2	72 „	3 „	0,9 „	3,64	818 „
3	30 „	7 „	2,1 „	—	—
4	—	—	—	5,13	300 „

Die hier erzielten Empfindlichkeiten waren für verschiedene Zwecke nicht genügend. Es wurde daher versucht, durch Vergrößern des Querschnittes und Erhöhung der Windungszahl kleinere Konstanten zu erreichen. Damit verlieren die Spannungsmesser jedoch sehr bald den Charakter des biegsamen Streifens. Sie werden zu einem starren halbkreisförmigen Gebilde.

Die Eichung derartiger Spannungsmesser muß innerhalb einer langen Spule, deren Feld bekannt ist, vorgenommen werden. Man kann auch das zwischen den Polen des Joches vorhandene Feld hierzu benutzen.

In der folgenden Tabelle sind die Konstanten für eine Reihe von Spannungsmessern mit hoher Empfindlichkeit eingetragen.

Spannungsm. Nr.	Länge	Breite	Querschnitt	Abstand der Enden von- einander	Empfindlichkeit für $C_g = 1 \times 10^{-8}$		Widerstand Ohm
					bei diesem Abstand	Bezogen auf Abst. 0	
5	ca 14 cm	2,5 cm	0,75 qcm	10,5 cm	0,0665 Aw/cm	0,7 Aw/cm	1420
6	„ 15 „	7,2 „	3,6 „	10,0 „	0,061 „	0,61 „	804
7	„ 9 „	1,5 „	0,75 „	6,0 „	0,053 „	0,32 „	245
8	„ 5 „	2,0 „	1,0 „	3,5 „	0,243 „	0,85 „	470

Diese Spannungsmesser sind für Eisenuntersuchungen gut geeignet.

Besitzt z. B. das Galvanometer eine Konstante von

$$C_g = 1,8 \times 10^{-8} \text{ Coulomb}$$

und nennt man den Galvanometerausgang  $\alpha$ , so ergibt sich die Amperewindungszahl aus

$$H = C_s \times \frac{1 \cdot 8 \times 10^{-8}}{1 \times 10^{-8}} \times \alpha \text{ Aw pro cm}$$

Für Spannungsmesser Nr. 5

$$H = 0,0665 \times 1,8 \times \alpha \text{ Aw pro cm}$$

Nimmt man an, daß  $10^0$  der kleinste Ausschlag ist, den man an der Skala des Galvanometers noch ausreichend genau ablesen kann, so beträgt hierfür die Feldstärke

$$H = 1,12 \text{ Aw pro cm. für } 10^0 \text{ Ausschlag.}$$

Durch Wahl eines empfindlicheren Galvanometers kann dieser Wert noch verringert werden.

**7. Zusammenfassung.** Der magnetische Spannungsmesser<sup>1)</sup> gibt die Möglichkeit zur Konstruktion einer Reihe von Apparaten zur Prüfung der magnetischen Eigenschaften des Eisens. Es werden in der vorliegenden Arbeit einige auf diesem Prinzip beruhende Anordnungen beschrieben, die im Eisenprüflaboratorium der AEG-Fabriken, Berlin, Brunnenstraße, ausgearbeitet wurden und sich dort praktisch bewährt haben.

## Über die Wellennatur der Röntgenstrahlen.

Von

W. Lenz, München.

Im Hinblick auf das allgemeine Aufsehen, das die jüngsten Entdeckungen auf dem Gebiet der Röntgenstrahlen erregten, mag ein Bericht über unsere heutige Kenntnis der Röntgenstrahlen an dieser Stelle gerechtfertigt erscheinen. Wie in der Überschrift hervorgehoben, will dieser Bericht sich auf den heute fast allgemein angenommenen Standpunkt der Wellenauffassung stellen. Doch haben wir, um diese immerhin nicht ganz unangefochten dastehende Auffassung nicht allzu ausschließlich zu vertreten, am Schluß einen Bericht über den gegenteiligen Standpunkt der Korpuskulartheorie der Röntgenstrahlen angefügt und zugleich auf die Schwierigkeiten unserer Auffassung nachdrücklich hingewiesen.

<sup>1)</sup> D.R.P. Nr. 269257 von W. Rogowski. Rogowski und Steinhaus: „Archiv für Elektrotechnik I, S. 141.“ Rogowski: „Archiv f. Elektrotechnik“ I, S. 511. Die Firma Siemens & Halske hat allein das Recht zur Herstellung von magnetischen Spannungsmessern erworben.