4. Ueber die Magnetisirung von Stahl und Eisen durch kleine Kräfte; von L. Holborn.

(Mittheilung aus der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt.)

(Der k. preuss. Akademie d. Wissensch. im Auszug vorgelegt
am 11. Febr. 1897.)

Da die bisher angestellten Beobachtungen über Magnetisirung in schwachen Feldern theilweise zu verschiedenen Ergebnissen geführt haben und da die Versuche vielfach mit nur schlecht definirtem Material angestellt worden sind, so schien es mir nicht überflüssig, das Verhalten bestimmter Eisen- und Stahlsorten unter dem Einfluss kleiner magnetisirender Kräfte nochmals zu untersuchen, weil dies, abgesehen von mannichfachen Anwendungen, auch für die Theorie des Magnetismus nicht ohne Bedeutung ist.

Auf die Resultate der früheren Beobachtungen brauche ich hier nicht näher einzugehen, da diese schon von P. Culman¹⁾ zusammengestellt und theilweise neu berechnet worden sind. Als hinreichend erwiesen ist wohl anzusehen, dass der Magnetisirungscoefficient für ganz geringe Kräfte merklich constant ist. Dies Resultat ist zuerst von Lord Rayleigh²⁾ mit Hülfe einer empfindlichen Nullmethode an hartem Eisen bewiesen und neuerdings von W. Schmidt³⁾ bestätigt. Weniger aufgeklärt ist aber noch, ob der Magnetisirungscoefficient bei allen Eisensorten mit wachsender Feldstärke in eine gerade Linie übergeht, wie es zuerst die von C. Baur⁴⁾ angestellten Beobachtungen „wahrscheinlich gemacht“ haben.

Die Magnetisirung wurde im vorliegenden Fall durch die Ausschläge des Magnetometers gemessen. Von der Nullmethode wurde abgesehen, einmal weil ganz geringe Kräfte nicht zur Anwendung kamen, sodann weil das Verfahren bei weichem Eisen, das auch untersucht werden sollte, wegen der zeitlichen Verzögerung des Magnetismus keinen

1) P. Culman, Wied. Ann. **56**. p. 602. 1895.

2) Lord Rayleigh, Phil. Mag. (5) **23**. p. 225. 1887.

3) W. Schmidt, Wied. Ann. **54**. p. 655. 1895.

4) C. Baur, Wied. Ann. **11**. p. 399. 1880.

Vorzug bietet. Als Untersuchungskörper dienten cylinderförmige Stäbe von 15 cm Länge und 0,3 cm Durchmesser.

Die Magnetisirungsspule war auf ein Glasrohr von etwa 0,4 cm innerem Durchmesser gewickelt. Der Wickelungsraum hatte eine Länge von 30 cm und enthielt in zwei Lagen 1486 Windungen eines Drahtes von 0,025 cm Durchmesser. Mit einer zweiten gleichen Spule wurde die Wirkung der Magnetisirungsspule compensirt.

Beide Spulen waren auf verschiedenen Seiten des Magnetometers in der ersten Hauptlage auf Schlitten angebracht, und zwar so, dass die Mitte des zu untersuchenden Stabes wenigstens 17 cm von der Nadel entfernt war, deren Richtkraft nöthigenfalls durch Astasirung mit einem grossen Stahlmagnet auf den elften Theil vermindert werden konnte. Es wurde mit aufsteigender Commutirung beobachtet, indem der magnetisirende Strom auf jeder Stufe mindestens viermal commutirt wurde.

Die Stromstärke wurde an einem Torsionsgalvanometer abgelesen, dessen Correction mit Hülfe eines Cadmiumelementes und eines Normalwiderstandes an verschiedenen Stellen der Scala bestimmt war. Die Ablesungen wurden ferner dadurch controllirt, dass die Stromstärke aus der bekannten Veränderung des Widerstandes berechnet wurde. Abgesehen von dem Strommesser und dem Rheostaten betrug der Widerstand des Stromkreises 25,3 Ohm.

Die Richtkraft des Magnetometers wurde mit einer Normalspule bestimmt und controllirt. Die Magnetisirung J wurde aus den beobachteten magnetischen Momenten unter der Voraussetzung berechnet, dass für die benutzten cylinderförmigen Stäbe derselbe Entmagnetisirungsfactor gilt, wie für die Ellipsoide von entsprechendem Dimensionsverhältniss. Die Werthe für den Magnetisirungscoefficienten k folgen alsdann aus der Gleichung

$$J = k \mathfrak{H},$$

wo unter $\mathfrak{H}$ die wahre magnetisirende Kraft, also die Feldstärke der Spule, vermindert um die entmagnetisirende Kraft des Stabes zu verstehen ist. J bezieht sich auf die Einheit des Volumens, das durch Wasserwägungen bestimmt wurde.

Die Probestäbe wurden vor der Beobachtung durch Aus-

glühen und Erschüttern, zuweilen auch durch absteigende Commutirung möglichst von remanentem Magnetismus befreit.

Alle Grössen sind in C.G.S.-Einheiten ausgedrückt.

Stahl und Gusseisen.

Weicher Gussstahl. Es soll hier mit dem Gussstahl begonnen werden, weil sich die Ergebnisse bei diesem Material am einfachsten gestalten. Es wurden vier verschiedene Sorten im ausgeglühten Zustande untersucht, nämlich englischer Wolframstahl (Nr. 1), der zur Herstellung permanenter Magnete dient, und drei Werkzeugstahlsorten: Silberstahl (Nr. 2), Jonas & Colver (Nr. 3) und Marsh Brothers & Co. (Nr. 4). Es sind dies dieselben Sorten, die ich früher auf¹⁾ ihren permanenten Magnetismus untersucht habe. Sie wurden damals auch einer chemischen Analyse unterzogen, und es ergab sich ein Kohlenstoffgehalt von 1,1, 1,1, 0,9 und 1,4 Proc.; ausserdem enthält Nr. 1 2,1 Proc. Wolfram. Diese Angaben werden für die jetzt benutzten Stäbe natürlich nur näherungsweise zutreffen, da sie von anderen Stangen stammen als die früher analysirten.

Die Beobachtungsergebnisse, die sich für die vier Gussstahlstäbe ergeben haben, sind in Tab. I (Fig. 1) zusammengestellt, wo der Magnetisirungscoefficient k für verschiedene Werthe der magnetisirenden Kraft $\mathfrak{H}$ angegeben ist. Die einzelnen Beobachtungssätze, die meistens zu verschiedenen Zeiten und mit verschiedener Empfindlichkeit erhalten wurden, sind durch Absätze voneinander getrennt.

Der Magnetisirungscoefficient verläuft bei allen vier Gussstahlsorten von $\mathfrak{H} = 0$ bis $\mathfrak{H} = 2$ als eine gerade Linie, und zwar hat diese Gerade nur eine geringe Neigung gegen die Abscissenaxe. Infolge dessen weicht auch die Magnetisirungscurve (die J als Function von $\mathfrak{H}$ darstellt) nur wenig von einer Geraden ab. Ausserdem ist bemerkenswerth, dass sich auch die absoluten Werthe von k für die vier Stäbe nur wenig voneinander unterscheiden. Die Anfangswerthe liegen zwischen 8 und 9.

1) L. Holborn, Zeitschr. f. Instrumentenk. p. 113. 1891.

Tabelle I.

Ausgeglühter Gussstahl.

Nr. 1. Wolfram- stahl		Nr. 2. Silberstahl		Nr. 3. Stahl von Jonas u. Colver		Nr. 4. Stahl von Marsh Brothers	
§	k	§	k	§	k	§	k
0,027	8,86	0,014	8,73	0,021	8,19	0,052	8,28
0,052	8,86	0,052	8,69	0,053	8,23	0,098	8,31
0,099	8,88	0,097	8,71	0,100	8,30	0,133	8,29
0,134	8,89	0,133	8,69	0,136	8,29	0,176	8,31
0,177	8,92			0,179	8,29	0,258	8,32
0,211	8,96	0,207	8,70	0,213	8,32	0,331	8,32
0,260	8,96	0,255	8,74	0,263	8,35		
0,339	8,96	0,332	8,78	0,342	8,41	0,395	8,34
0,400	9,03	0,392	8,78	0,404	8,43	0,482	8,33
		0,478	8,79			0,554	8,33
0,488	9,03	0,549	8,86	0,492	8,50	0,645	8,39
0,562	9,04	0,639	8,89	0,567	8,49	0,756	8,41
0,663	9,08	0,749	8,93	0,668	8,57	0,855	8,44
0,807	9,09	0,847	8,98	0,813	8,61		
0,871	9,11			0,877	8,66	0,909	8,45
		0,901	9,00			1,159	8,44
1,054	9,15	1,149	9,02	1,061	8,73	1,368	8,55
1,299	9,22	1,355	9,18	1,307	8,83	1,568	8,59
1,693	9,35	1,552	9,24	1,701	9,03	1,834	8,63
1,995	9,43	1,813	9,35	2,003	9,18	2,205	8,74
2,428	9,59	2,179	9,51	2,469	9,30	2,440	8,88
3,099	9,85	2,410	9,69	3,097	9,90	3,146	9,14
		3,103	10,04				

Streng genommen ist es nicht nöthig, dass sich alle Beobachtungsreihen für einen Stab durch dieselbe Gerade darstellen lassen, da der Magnetisirungscoefficient bei geringen Feldstärken durch mannichfache äussere Einflüsse, wie Temperatur, remanente Magnetisirung, Erschütterungen etc. beeinflusst wird.¹⁾ Im vorliegenden Falle sind die Abweichungen jedoch sehr gering. Sie betragen selten mehr als zwei Tausendstel des Ganzen.

Der Magnetisirungscoefficient wird zwischen den angegebenen Grenzen durch folgende Gleichungen dargestellt:

1) H. Tomlinson, Phil. Trans. 182. (I) p. 341. 1891.

Nr. 1. $k = 8,90 + 0,264 \mathfrak{G}$

Nr. 2. $k = 8,66 + 0,384 \mathfrak{G}$

Nr. 3. $k = 8,30 + 0,409 \mathfrak{G}$

Nr. 4. $k = 8,27 + 0,210 \mathfrak{G}$

Fig. 1.

Diese Formeln sind ebenso, wie die unten angegebenen, auf graphischem Wege abgeleitet.

Gehärteter Gussstahl und Gusseisen. Aehnlich gleichmässig wie der ausgeglühte Gussstahl verhält sich der glasharte. Es wurde ein gehärteter Stab aus Wolframstahl

(Nr. 5) untersucht. Der Magnetisierungscoefficient ist kleiner und steigt noch weniger mit wachsender Feldstärke an. Auch für Gusseisen (Nr. 6), das

Fig. 2.

am besten hier angeschlossen wird, ergeben sich ähnliche Resultate, die in Tab. II (Fig. 1) zusammengestellt sind. Der Stab Nr. 6 wurde in dem Zustande untersucht, wie er von der Drehbank kam; er war nicht ausgeglüht.

Tabelle II.
Harter Gussstahl und Gusseisen.

Nr. 5.		Nr. 6.	
Harter Wolframstahl		Gusseisen	
§	k	§	k
0,015	2,24	0,015	3,18
0,030	2,24	0,030	3,16
0,110	2,21	0,061	3,18
0,150	2,23	0,115	3,17
0,198	2,23	0,156	3,19
0,236	2,22	0,195	3,20
0,380	2,24	0,232	3,21
0,547	2,25	0,286	3,22
0,630	2,26	0,373	3,24
0,744	2,26	0,537	3,28
0,906	2,27	0,619	3,30
0,975	2,27	0,730	3,32
		0,889	3,36
0,919	2,26	0,956	3,38
1,180	2,27		
1,456	2,28	1,158	3,42
1,901	2,28	1,427	3,49
2,233	2,30	1,861	3,59
2,737	2,29	2,670	3,80
3,506	2,31	3,409	4,01

Die Gleichungen für k lauten folgendermaassen:

$$\text{Nr. 5. } k = 2,23 + 0,032 \S^1)$$

$$\text{Nr. 6. } k = 3,16 + 0,236 \S$$

Raffinirter Stahl. Von den früheren Beobachtungen bezieht sich nur eine auf weichen Stahl. Diese ist von Schmidt (l. c.) angestellt und ergiebt einen höheren Anfangswerth für den Magnetisirungscoefficienten und auch ein stärkeres Ansteigen als für Gussstahl. Ich habe deshalb noch nachträglich einen raffinirten Stahl untersucht, der sich von dem Guss-

1) Werthe von derselben Grössenordnung haben die Bestimmungen des Inductionscoefficienten permanenter Magnete ergeben, vgl. F. Kohlrausch, Wied. Ann. 22. p. 415. 1884 und H. Sack, Wied. Ann. 29. p. 53. 1886. Die hier angegebenen Werthe für die Feldstärke sind natürlich noch wegen der entmagnetisirenden Wirkung der Stäbe zu verkleinern, wenn man sie mit den unsrigen vergleichen will.

stahl durch die Herstellungsweise unterscheidet. Während letzterer nämlich durch Umschmelzen des Rohmaterials gewonnen wird, verbessert man den raffinirten Stahl durch Hämmern in der Schweisshitze. Der Stab von raffinirtem Stahl (Nr. 7), der zur Untersuchung kam, war im ausgeglühten Zustande weicher als der Gussstahl, liess sich aber noch gut härten. Er wurde im ausgeglühten Zustande untersucht. Die Ergebnisse sind in Tab. III (Fig. 2) enthalten. Sie sind den von Schmidt gewonnenen ziemlich ähnlich, namentlich auch darin,

Tabelle III.

Nr. 7. Raffinirter Stahl.

$\S$	k	$\S$	k
0,019	11,1	0,318	11,88
0,051	11,0	0,374	12,02
0,093	11,2	0,455	12,15
0,126	11,42	0,523	12,29
0,167	11,51	0,615	12,44
0,198	11,61	0,715	12,65
0,244	11,74	0,800	12,78

dass sich die Werthe für k nicht mehr durchweg durch eine Gerade darstellen lassen. Wohl ist dies für die Werthe von $\S = 0,244$ an aufwärts der Fall, die der Gleichung

$$\text{Nr. 7. } k = 10,28 + 1,92 \S$$

entsprechen. Die sieben ersten Werthe liegen dagegen tiefer als diese Gerade.

Es ist möglich, dass diese Abweichung, die wir bei dem weichen Eisen in noch verstärktem Maasse wiederfinden werden, durch die Ungleichmässigkeit des geschweissten Materiales hervorgerufen wird, da sie bei dem gegossenen Stahl nicht auftritt.

Weiches Eisen.

Von weichem Eisen sind die vier Stäbe Nr. 8—11 untersucht. Nr. 8 stammt von einem kohlenstoffreichen Eisen, das dem Stahl sehr nahe steht. Nr. 9 ist Stahlguss; Nr. 10 und 11 Schmiedeeisen, und zwar das erste Walzeisen (aus einer Platte von 2 cm Dicke), das andere Stabeisen (Marke P.S.B.A.).

Bei allen diesen Stäben wurden im Gegensatz zu Stahl und Gusseisen zeitliche Verzögerungen des Magnetismus be-

obachtet, die besonders bei den Schmiedeeisensorten sehr stark waren. Sie nahmen ferner zu, wenn die Stäbe ausgeglüht wurden. Es wurde deshalb nach jedem Stromwechsel eine volle Minute gewartet, bis das Magnetometer abgelesen wurde, obwohl die Nadel so stark gedämpft war, dass sie bei momentaner Magnetisirung schon nach sechs Secunden zur Ruhe kam. Erschütterungen waren möglichst dadurch vermieden, dass das Magnetometer nebst der Magnetisirungsspule auf einem schweren Steinpfeiler aufgestellt war. Auch wurden die Beobachtungen nur Abends angestellt.

Tabelle IV.
Weiches Eisen.

Nr. 8.	Nr. 9.		Nr. 10.		Nr. 11.	
Kohlenstoff- reiches Eisen	Stahlguss		Walzeisen		Stabeisen	
§ k	§	k	§	k	§	k
0,012 16	0,008	18	0,010	36	0,0033	31
0,024 16	0,023	18	0,018	40	0,0043	32
0,046 16	0,044	19	0,033	45	0,0096	33
0,085 17,7	0,082	19,8	0,060	50	0,0178	38
0,149 19,1	0,111	20,1	0,080	52,1	0,033	45
0,175 19,8	0,145	20,7	0,103	54,2	0,056	52,9
0,215 20,5	0,211	21,5	0,121	55,9	0,074	56,9
0,276 21,7	0,319	23,0	0,146	58,6	0,093	60,4
0,323 22,5	0,385	23,6	0,185	61,9	0,108	62,8
0,388 23,8	0,438	24,5	0,214	64,4	0,128	66,3
0,440 24,7	0,509	25,4	0,255	67,4	0,160	70,6
0,511 26,0	0,591	26,5	0,287	70,2	0,193	75,6
0,589 27,5	0,653	27,4	0,325	73,6	0,227	79,9
0,647 28,7			0,381	78,5	0,255	83,6
	0,603	26,9	0,409	80,7	0,290	88,0
0,597 27,8	0,727	28,1			0,357	96,6
0,714 29,6	0,900	30,9	0,372	78,0		
0,871 33,7	1,049	33,5	0,438	83,0	0,33	93,7
1,004 37,4	1,182	35,7	0,527	91,7	0,39	99,7
1,099 41,7	1,350	39,1	0,604	98,8	0,472	110,8
1,259 46,0	1,574	44,0	0,671	105,1	0,532	118,3
1,431 54,0	1,726	46,9	0,767	111,0	0,596	125,2
1,538 59,3			0,889	120,6	0,680	132,7
1,682 64,9			0,980	124,6	0,801	141,8
1,841 73,4			1,094	129,4	0,872	147,4
			1,242	135,3	1,107	158,5
			1,335	138,6	1,197	161,0

Tabelle IV (Fig. 3 und 4) enthält die Werthe von k für die vier Stäbe im ausgeglühten Zustande, und zwar waren Nr. 10 und 11 zweimal in einer Röhre im Holzkohlenfeuer längere Zeit geglüht. Die Magnetisirbarkeit des Stabes Nr. 9 aus Stahlguss änderte sich durch das Ausglühen nur sehr wenig.

Mit Ausnahme der ersten Werthe bis $H = 0,1$ etwa lässt sich der Magnetisirungscoefficient des Stabes Nr. 8 durch die Gerade

$$\text{Nr. 8. } k = 16,6 + 18,6 \mathfrak{H}$$

befriedigend darstellen. Diese Gleichung gilt aber nur bis $\mathfrak{H} = 0,7$, wo sich die Linie krümmt, um später wieder in eine gerade Strecke überzugehen.

Im Ganzen genommen verhalten sich die drei anderen Stäbe ähnlich, nur dass sich die Uebergangstellen, wo eine Krümmung eintritt, mehr oder weniger verschieben. So gilt für den Stab Nr. 9 aus Stahlguss die Gleichung

$$\text{Nr. 9. } k = 18,7 + 13,4 \mathfrak{H}$$

zwischen $\mathfrak{H} = 0,07$ und $0,9$. Die unteren Werthe weichen hier allerdings nur sehr wenig ab, die oberen stärker. Letztere bilden wieder eine Gerade, die eine grössere Neigung gegen die Abscissenachse aufweist.

Für den Stab Nr. 10 aus Walzeisen stellt die Gleichung

$$\text{Nr. 10. } k = 45,3 + 88 \mathfrak{H}$$

die Werthe von $\mathfrak{H} = 0,07$ bis $\mathfrak{H} = 0,75$ befriedigend dar. Für den ungeglühten und den einmal ausgeglühten Stab wurden innerhalb derselben Grenzen die Gleichungen

$$\text{Nr. 10 A. } k = 13,0 + 85,7 \mathfrak{H}$$

$$\text{Nr. 10 B. } k = 37,5 + 61,8 \mathfrak{H}$$

gefunden. Nach oben hin wurde die Fortsetzung dieser Linien leider nicht bestimmt; unterhalb $\mathfrak{H} = 0,07$ weichen die Werthe in derselben Weise ab, wie bei dem zweimal ausgeglühten Stabe, nur dass die Abweichungen bei diesem am grössten sind.

Für das Stabeisen Nr. 11 wurde im nicht geglühten Zustande die Gleichung

$$\text{Nr. 11 A. } k = 13,0 + 85,7 \mathfrak{H}$$

gefunden, die abwärts bis $\mathfrak{H} = 0,08$ gilt. Die unteren Werthe fallen unter diese Gerade. Die Werthe in Tab. IV, die für

den zweimal ausgeglühten Stab gelten, werden zwischen den Grenzen $H = 0,18$ bis $\mathfrak{H} = 0,55$ durch die Formel

$$\text{Nr. 11. } k = 51,3 + 127,5 \mathfrak{H}$$

dargestellt. Oberhalb und unterhalb dieses Intervalls lassen

Fig. 3.

sich die Werthe auf längeren Strecken wieder zu anderen geraden Linien vereinigen. So werden z. B. die ersten sechs Werthe durch die Gleichung

$$k = 30,5 + 433 \mathfrak{H}$$

dargestellt.

Besonders ist hervorzuheben, dass die Krümmung der Linien, die den Magnetisierungscoefficienten darstellen, nicht mit den Endpunkten der einzelnen Beobachtungssätze zusammenfallen. Ebenso scheint der Umstand, dass die Krümmungen bei den verschiedenartig behandelten Stäben stets fast

Fig. 4.

an dieselben Stellen fallen, dagegen zu sprechen, dass der remanente Magnetismus, der ja nie vollständig zu entfernen ist, auf die Erscheinung von Einfluss ist. Es ist vielmehr wahrscheinlich, dass die Krümmung durch die Ungleichförmigkeit des Eisens hervorgerufen wird, die bei verschiedenen

Feldstärken eine verschiedene Vertheilung des Magnetismus bewirkt.

Die Beobachtungen, die bis jetzt bei schwachen Kräften mit weichem Eisen angestellt worden sind, stammen von Baur (l. c.) und Rössler.¹⁾ Sie sind von Culman (l. c.) eingehend discutirt. Er findet, dass bei Rössler die Werthe von k erst von $H = 0,09$ an auf einer Geraden liegen. Wenn auch die tiefer gelegenen Werthe sehr voneinander abweichen, so ist doch bemerkenswerth, dass sie, ebenso wie im vorliegenden Falle, alle auf der unteren Seite dieser Geraden liegen.

Die beiden Beobachtungsreihen von Baur haben eine zu geringe Ausdehnung und Genauigkeit, als dass sich viel daraus schliessen liesse. Ausserdem ist offenbar von Bedeutung, dass sich Baur einer anderen Beobachtungsmethode bediente. Er benutzte nämlich einen geschlossenen Eisenring von 39 cm Querschnitt, während alle späteren Beobachtungen an Ellipsoiden oder Stäben angestellt wurden. Da ferner das ballistische Galvanometer, mit dem Baur beobachtete, nur 4,9 Secunden Schwingungsdauer besass, so bestimmte er fast nur die momentane Magnetisirung.

Die vorliegenden Beobachtungen zeigen zur Genüge, dass ausgeglühtes Eisen auch in schwachen Feldern immer stärker magnetisierbar ist als ausgeglühter Stahl. Die entgegengesetzte Behauptung von Schmidt (l. c.), dass Stahl im allgemeinen durch kleine Kräfte stärker magnetisirt wird als Eisen, ist auf hartes Eisen zu beschränken, worauf auch schon Culman (l. c.) aufmerksam gemacht hat. Schmidt hat offenbar nur hartes Eisen untersucht, wie auch aus einer Vergleichung mit dem folgenden hervorgeht.

Hartes Eisen.

Als Probestäbe für hartes Eisen dienten zwei Stücke desselben hart gezogenen Drahtes, wie er im Handel zu haben ist. Da beide fast gar keinen Unterschied in ihrer Magnetisirung aufwiesen, so werden hier nur die Resultate der Stabes Nr. 12 in Tab. V mitgetheilt (vgl. Fig. 2.).

1) G. Rössler, Electr. Zeitschr. p. 134. 1893.

Tabelle V.

Nr. 12. Harter Eisendraht.

$\mathfrak{H}$	k	$\mathfrak{H}$	k
0,028	6,04	0,506	6,76
0,055	6,03	0,582	6,87
0,103	6,05	0,684	7,05
0,141	6,15	0,829	7,36
0,185	6,23	0,894	7,43
0,220	6,26		
0,271	6,35	0,490	6,76
0,354	6,51	0,844	7,35
0,416	6,62	1,076	7,81
0,506	6,76	1,317	8,36
		1,696	9,23
0,353	6,51	1,982	9,87
0,417	6,63	2,383	10,82

Die Werthe von k werden von $\mathfrak{H} = 0,1$ bis $\mathfrak{H} = 1,07$ durch die Formel

$$\text{Nr. 12. } k = 5,88 + 1,76 \mathfrak{H}$$

dargestellt. Die unteren Werthe liegen hier umgekehrt wie bei dem raffinirten Stahl und weichem Eisen, höher als diese Gerade, allerdings nur wenig. Jenseits der angegebenen oberen Grenze liegen die Werthe auf einer Geraden, die eine grössere Neigung gegen die Abscissenachse besitzt.

Im ausgeglühten Zustande war der Magnetismus von Nr. 12 fast derselbe wie der von Nr. 8 (Tab. IV).