

Beobachtungen über gleichzeitige Magneti- sierung in circularer und axialer Richtung

von

Ignaz Klemenčič.

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

(Mit 2 Tafeln.)

Die vorliegende Arbeit enthält einige Beobachtungen über den Einfluss, welchen eine circular Magnetisirung auf die Magnetisirbarkeit in axialer¹ Richtung ausübt. Die circular Magnetisirung wird bekanntlich in der Weise bewirkt, dass man durch den Versuchsdraht einen Strom schickt. Die Art des Einflusses kann in doppelter Hinsicht untersucht werden. Erstens kann man die Änderungen ins Auge fassen, welche das axiale Moment beim Entstehen oder Verschwinden des circularen Feldes erfährt. Solche Versuche sind von G. Wiedemann, Villari, Janet u. A. gemacht worden. Dann aber kann man auch fragen, wie sich die Magnetisirung eines Drahtes in axialer Richtung verhält, wenn er dauernd von einem Strom durchflossen wird. Die hier beschriebenen Beobachtungen beziehen sich nur auf diese zweite Art des Einflusses. Auch in dieser Richtung liegen schon ältere Arbeiten vor. G. Wiedemann² hat im Jahre 1862 gefunden, dass die Stärke der temporären Magnetisirung eines Drahtes abnimmt, wenn man durch denselben einen stationären Strom schickt. Seine

¹ Die Magnetisirung in der Richtung der Axe wird häufig auch longitudinal genannt.

² Pogg. Ann., 117, S. 213, 1862 und »Lehre von der Electricität«, Bd. 3, S. 456.

Angaben über die Intensität der Ströme sind nur relativ, doch lässt die Grösse des Effectes auf verhältnissmässig schwache Ströme schliessen.

Durch einige wenige Versuche von W Siemens¹ werden Wiedemann's Beobachtungen bestätigt. Auch hier fehlen absolute Angaben, insbesondere genügen die Daten nicht, um daran die aus der Hypothese der Molecularmagnete folgende Überlegung Siemens' zu prüfen, wonach für den Fall der Sättigung bei zwei zu einander senkrechten Magnetisirungen und gleichen Feldstärken nach jeder Richtung die Componente $\sqrt{1/2}$ entfällt, wenn man das Maximum der Magnetisirung für eine Richtung = 1 setzt.

Ausführliche und wichtige Messungen über die vorliegende Frage sind in neuerer Zeit von G. G. Gerosa und G. Finzi² angestellt worden. Sie untersuchten den Einfluss stationärer, unterbrochener und alternirender Ströme auf die Magnetisirbarkeit und Hysteresis von Eisen-, Stahl- und Nickeldrähten (Radius 0.4 und 0.25 mm). Ähnliche Versuche machte auch C. G. Knott;³ allein die von ihm gefundenen Resultate wurden durch Torsionen der magnetisirten Drähte sehr stark gestört, worauf er selbst in einer späteren Abhandlung⁴ hinwies. Ganz derselbe Umstand hat jedenfalls auch einen Theil der Beobachtungen von Gerosa und Finzi beeinträchtigt. Im Allgemeinen aber ergaben die Versuche dieser Physiker einen Einfluss der stationären Ströme sowohl auf die Magnetisirbarkeit in axialer Richtung, wie das schon von Wiedemann und Siemens constatirt wurde, als auch auf die Hysteresis. Die vorliegenden Versuche sind an einem Eisen- und einem Stahldraht von 4 mm Dicke gemacht worden, und es wurde die Wirkung der circularen Magnetisirung auf die axiale von verschiedenen Gesichtspunkten betrachtet. Erstens sind Beobachtungen über die Grösse des Einflusses bei verschiedenen Stärken des circular magnetisirenden Stromes angestellt worden. Hiebei kamen Ströme bis zu 23 Ampère in Anwendung. Das

¹ Wied. Ann., 14, S. 635, 1881.

Rendiconti del R. Istituto Lombardo, 1891, S. 677.

Phil. Mag., 30, S. 244, 1890.

⁴ Wied. Beibl., 1892.

Vorhandensein des circular magnetisirenden Stromes erzeugt und wirkt wie eine Spannung im Drahte; dieser Effect ist nun ferner mit der Wirkung einer Spannung, wie sie durch Erhitzen und rasches Abkühlen hervorgebracht wird, verglichen worden. Schliesslich wurden auch Messungen über die Veränderungen der Hysteresisschleifen gemacht.

Die Anordnung der Versuche.

Die Beobachtungen wurden gemacht erstens an einem 50 cm langen und 4 mm dicken ausgeglühten Draht aus Frisch-eisen und zweitens an einem 52 cm langen, $4\cdot17\text{ mm}$ dicken Draht aus Federstahl. Der erste Draht soll kurzweg als weicher Eisendraht und der zweite als Stahldraht bezeichnet werden. Zu den Messungen wurde sowohl die magnetometrische als auch die ballistische Methode benützt. Als Magnetisirungsspule diente eine Rolle von $68\cdot5\text{ cm}$ Länge, 2 cm innerem Durchmesser und 15 Windungen pro Längeneinheit; dieselbe war ost-westlich aufgestellt. In der Verlängerung der Spulenaxe, 105 cm von der Spulenmitte entfernt, stand die Magnetometernadel, ein Glockenmagnet mit Kupferdämpfung. Über die Magnetisierungsrolle, und zwar knapp um die Mitte derselben waren mehrere Secundärspulen zu 12, 22 und 745 Windungen gewickelt. Der Versuchsdraht wurde conaxial mit der Rolle so angebracht, dass seine Mitte mit jener der Rolle zusammenfiel. An die Enden desselben waren gleich dicke Messingdrähte befestigt, welche über die Spule hinausragten; durch diese wurde der circular magnetisirende Strom zugeleitet, und zwar wurden die Leitungsdrähte der hiefür bestimmten Batterie an der vom Magnetometer abgewendeten Seite angelegt und der Strom durch den Versuchsdraht hin und dann durch einen ihm parallelen, an der Aussenseite der Magnetisierungsrolle angebrachten Kupferdraht zurückgeführt.

Zur Bestimmung der Magnetisierungsintensität in absolutem Masse diente eine von den Secundärspulen, welche mit einem ballistischen Galvanometer (Schwingungsdauer der Galvanometernadel = 10 Sekunden) und mit einem für die Aichung bestimmten Magnetinductor in eine Leitung geschaltet war. Bei den Messungen wurden nun einige über das ganze Bereich

der Magnetisierungscurven vertheilte Beobachtungen gleichzeitig mit dem Magnetometer und mit dem ballistischen Galvanometer gemacht und die übrigen Magnetometerangaben durch graphische Interpolation auf absolutes Mass zurückgeführt.

Obwohl die Magnetisirbarkeit des Eisens und Stahles erst bei sehr hohen Temperatursteigerungen eine ausgiebige Veränderung erfährt, habe ich doch, um jede Störung durch die Erwärmung, wie sie ja beim Hindurchleiten von Strömen bis zu 23 Ampère auftreten musste, zu vermeiden, eine Kühlung des Drahtes durch Wasser eingerichtet. Die Magnetisierungsrolle war an den Enden durch Korke verschlossen, welche Durchbohrungen für die Zuleitungsdrähte des Stromes und für den Ein- und Abfluss des Wassers hatten.¹

Die Stärke des axial magnetisirenden Stromes wurde an einer für die indirecte Strommessung hergerichteten Boussole, jene des circularmagnetisirenden aber an einem Federgalvanometer von Kohlrausch gemessen.

Ein Theil der Versuche bestand darin, dass die sogenannte aufsteigende Commutirungscurve bei verschiedenen Stärken des circular magnetisirenden Stromes aufgenommen wurde.

Um nun unter denselben Umständen immer wieder die gleichen Werthe der Magnetisierungsintensität zu erhalten, habe ich folgenden Weg eingeschlagen. Vor Beginn der Messungen wurde der Draht bei der höchsten Feldstärke und beim höchsten circular magnetisirenden Strome sehr oft (circa hundertmal) ummagnetisirt, und zwar sowohl in axialer, als auch circularer Richtung. Sodann wurde er vor Aufnahme der Magnetisierungscurven jedesmal durch Stromwechsel und allmähliche Stromschwächung soweit als möglich entmagnetisirt, was gewöhnlich bis auf kleine Spuren des remanenten Magnetismus gelang.² Schliesslich wurde der Draht bei jeder Feldstärke

¹ Gerosa und Finzi haben nur in einem Falle (Strom 3 Ampère, Drahtdicke 0.5 mm) eine Petroleumkühlung angewendet. Eine Erwärmung des Drahtes kann vielleicht auch eine etwa vorhandene Torsion und auf diese Weise indirect die Magnetisirung beeinflussen.

² An den Hysteresisschleifen macht sich ein zu Beginn der Beobachtungen vorhandener remanenter Magnetismus sofort bemerkbar.

vor der Ablesung ebenfalls noch einigemal ummagnetisirt. Dadurch gelang es eine grosse Regelmässigkeit zu erzielen.

Bei Beobachtungen an weichem Eisen nach der ballistischen Methode kann das sogenannte »Kriechen« Fehler in den Messungen verursachen. Es ist dies eine Erscheinung, welche von Lord Rayleigh und Ewing¹ studirt wurde und die darin besteht, dass der Draht erst einige Zeit nach dem Auftreten der Feldstärke die entsprechende Magnetisirungsintensität voll annimmt. An dem hier verwendeten Eisendrahte konnte diese Erscheinung am Magnetometer deutlich constatirt werden; sie äusserte sich in der Weise, dass die Magnetometernadel, welche sonst nach 6 Secunden zu voller Ruhe gelangte, bei einer Ummagnetisirung des Eisendrahtes nach dieser Zeit immer noch ein wenig weiter kroch, allerdings nur um Beträge, die ein bis zwei Procent oder noch weniger der gesammten Ablenkung erreichten. Die Schwingungsdauer des ballistischen Galvanometers betrug, wie schon erwähnt, 10 Secunden; da werden in Folge dessen die Messungen etwas zu kleiner Werthe der Intensität ergeben haben. In unserem Falle handelt es sich aber hauptsächlich um relative Werthe, und da kommt die ebengenannte Fehlerquelle kaum in Betracht.

Die Beobachtungsergebnisse.

Im Nachfolgenden bedeutet:

J die Magnetisirungsintensität,

k die Susceptibilität,

H_s das Spulenfeld; also $H_s = 4\pi ni$, wo n die Anzahl der Windungen der Magnetisierungsrolle pro Längeneinheit und i die Stromstärke in absoluten Einheiten ist.

H das wirksame Feld; es ist $H = H_s - NJ$; der Factor N wurde in diesem Falle nach den Angaben von Du Bois² berechnet.

j die Stärke des circular magnetisirenden Stromes in Ampère, und

¹ Vide Ewing, Magnetische Induction in Eisen und verwandten Metallen, S. 120.

² Du Bois, Magnetische Kreise, deren Theorie und Anwendung, S. 45.

H_c die mittlere durch diesen Strom erzeugte circulare Feldstärke.

1. Weicher Eisendraht.

Es wurden mit diesem Draht aufsteigende Commutirungscurven aufgenommen, zunächst für $j = 0$, dann bei vier verschiedenen Werthen von j und schliesslich wieder für $j = 0$. Die Resultate sind in Tabelle I enthalten und in den Curven der Fig. 1 graphisch dargestellt. Die Beobachtungen gehen hier bis zu Feldstärken von einer Einheit. Zur Bestimmung der Magnetisirungsintensität in noch schwächeren Feldern wurde nur die ballistische Methode verwendet; zu diesem Zwecke diente die Secundärspule mit 747 Windungen. Es schien genügend, die Beobachtungen auf die beiden Fälle $j = 0$ und $j = 23$ auszudehnen. Die gewonnenen Daten sind in Tabelle II und in Fig. 2 verzeichnet.

Ferner ist mit diesem Draht ein Magnetisirungscyclus für $j = 0$ und $j = 23$ zwischen den Grenzen $H_s = \pm 45 \cdot 63$ vorgenommen worden. Die hiezu gehörigen Daten und Hysteresisschleifen sind in Fig. 3 verzeichnet. Dabei bezieht sich die dickere Curve auf den Fall $j = 0$, die feinere gilt für $j = 23$.

Nach diesen Versuchen wurde der Draht zur Rothgluth erhitzt und hierauf rasch ins Wasser getaucht. Eine abermalige Bestimmung der Magnetisirungcurve ergab dann die Daten der Tabelle III, welche in der Fig. 1 durch die gestrichelte Curve dargestellt sind; ebenso ist durch die gestrichelte Hysteresisschleife ein Magnetisirungscyclus zwischen den früher erwähnten Grenzen verzeichnet, welcher jetzt mit dem Draht aufgenommen wurde.

Tabelle I.

Weicher Eisendraht, 50 *cm* lang, 0·4 *cm* dick.

H_s	$j = 0$			$j = 4$		$j = 10\cdot5$		$j = 15\cdot7$		$j = 23$		$j = 0$	
	H	J	k	H	J	H	J	H	J	H	J	H	J
1·00	0·90	35	39	0·91	30	0·93	26	0·94	24	0·94	22	0·90	35
1·73	1·44	99	69	1·51	78	1·54	65	1·57	57	1·58	52	1·44	98
2·22	1·72	172	100	1·86	125	1·92	104	1·98	85	2·00	78	1·72	169
3·07	2·11	334	159	2·39	238	2·54	185	2·62	158	2·68	136	2·11	333
4·95	2·99	679	227	3·48	510	3·79	405	4·01	325	4·11	289	2·99	676
7·71	4·71	1041	221	5·26	852	5·80	665	6·07	571	6·27	499	4·71	1036
10·85	7·51	1163	155	7·74	1082	8·20	922	8·57	789	8·91	675	7·51	1157
20·08	16·45	1264	77	16·31	1243	16·62	1200	16·80	1141	17·01	1066	16·45	1265
32·38	28·58	1317	46	28·61	1307	28·68	1285	28·75	1261	28·86	1224	28·58	1315
45·63	41·74	1349	31	41·76	1343	41·80	1333	41·83	1317	41·92	1292	41·74	1347

Tabelle II.

H_s	$j = 0$			$j = 23$	
	H	J	k	H	J
0·014	0·0135	0·167	12·4	0·0136	0·143
0·031	0·030	0·37	12·4	0·030	0·343
0·062	0·060	0·80	13·3	0·060	0·68
0·122	0·117	1·77	15·1	0·118	1·46
0·240	0·228	4·13	18·1	0·231	3·09
0·380	0·357	8·00	22·4	0·363	5·95
0·567	0·528	13·50	25·6	0·541	8·97

Tabelle III.

H_s	H	J	H_s	H	J
1·00	0·89	40	7·71	5·65	715
1·73	1·44	100	10·85	8·38	858
2·22	1·73	170	20·08	16·88	1110
3·07	2·23	291	32·38	28·71	1274
4·95	3·45	520	45·63	41·74	1344

2. Stahldraht.

Auch bei diesem Probestück wurden zunächst die Magnetisierungscurven wie im vorhergehenden Falle für verschiedene Werthe von j bestimmt, worüber die Daten der Tabelle IV und die Curven der Fig. 4 Aufschluss geben. In diesem Falle war es nicht nothwendig, den Einfluss der circularen Magnetisierung bis in die schwächsten Felder zu verfolgen, da aus den Werthen der Tabelle IV hervorgeht, dass schon bei den schwächsten dort angeführten Feldern ein solcher kaum mehr zu constatiren ist. Eher weisen die Zahlen dieser Tabelle dahin, dass die Magnetisierungsintensität bei gewissen Werthen von j (z. B. $j = 15$) zuerst etwas über die normale steigt, um dann erst

abzunehmen. Es war daher angezeigt, noch einen Versuch mit dieser Drahtsorte, bei verschiedenen zwischen den Grenzen 0·6 und 10 liegenden Feldern für $j=0$ und $j=15$ anzustellen. Die neue Probe war ebenso lang wie die frühere. Diesmal wurde die Secundärspule mit 747 Windungen benützt. Die Tabelle V enthält die Resultate, und zwar sind bloß die Ausschläge des ballistischen Galvanometers α angeführt. Die Werthe für $j=0$ sind das Mittel aus zwei Bestimmungen.

Tabelle IV

H_s	$j=0$			$j=4$		$j=10$		$j=15$		$j=22$	
	H	J	k	H	J	H	J	H	J	H	J
1·91	1·88	11·5	6·1	1·88	12	1·88	12	1·88	12	1·88	12
3·70	3·64	22·3	6·1	3·64	22	3·64	22	3·64	24	3·64	23
6·07	5·96	41	6·9	5·96	43	5·96	44	5·96	45	5·96	44
8·05	7·88	62	7·8	7·88	62	7·88	64	7·88	66	7·88	65
11·53	11·20	118	10·5	11·20	120	11·20	120	11·20	119	11·22	110
14·29	13·72	199	14·5	13·72	202	13·72	197	13·74	193	13·76	186
18·47	17·08	493	28·8	17·14	474	17·23	442	17·30	414	17·40	380
28·24	25·38	1034	40·7	25·41	986	25·62	923	25·75	874	25·92	811
37·55	34·00	1244	36·6	34·07	1212	34·22	1166	34·35	1123	34·52	1056
46·23	42·46	1312	30·9	42·49	1300	42·55	1280	42·63	1254	42·76	1209

Tabelle V

H_s	$j=0$	$j=15$ α	H_s	$j=0$	$j=15$ α
0·66	15·3	15·5	3·30	83·8	82·2
1·17	27·7	27·8	5·52	152·8	150·1
1·74	41·9	41·6	7·10	211·4	208·1
2·21	53·9	53·6	9·6	325·5	327·5

Ebenso wie mit dem weichen Eisendraht sind auch mit diesem Magnetisirungen im Cyclus für $j=0$ und $j=22$

zwischen den Grenzen $H_s = \pm 46 \cdot 23$ vorgenommen worden; die entsprechenden Curven sind in Fig. 5 verzeichnet.

Schliesslich wurde der Draht bis zur Rothgluth erhitzt und dann rasch ins Wasser getaucht. Die Daten für die sodann aufgenommenen Magnetisierungscurven sind in Tabelle VI verzeichnet und die entsprechenden Curven in Fig. 4 gestrichelt eingetragen. Ebenso ist die jetzt bestimmte cyclische Magnetisierungscurve und die entsprechende Hysteresisschleife in Fig. 5 gestrichelt dargestellt.

Tabelle VI.

H_s	$j = 0$			$j = 22$	
	H	J	k	H	J
1·91	1·88	9	4·8	1·88	9
3·70	3·65	17	4·7	3·65	17
6·07	5·98	31	5·1	5·98	32
8·05	7·94	42	5·3	7·94	42
11·53	11·34	70	6·2	11·34	69
14·29	14·02	97	6·9	14·02	95
18·47	18·03	154	8·6	18·06	146
28·24	27·24	355	14·6	27·37	315
37·55	36 00	550	15·3	36·19	484
46·23	44·15	714	16·2	44·47	619

Discussion der Resultate.

Aus den Daten der vorher angeführten Tabellen und den dazugehörigen Curven der Figuren 1, 2 und 3 ist ersichtlich, dass die Magnetisierbarkeit eines Drahtes in axialer Richtung abnimmt oder besser gesagt, dass das Moment in axialer Richtung schwächer ist, wenn der Draht von einem Strom durchflossen wird. Die Abnahme wächst mit der Stromstärke, jedoch in keiner einfachen Weise. Der Einfluss ist beim weichen Eisen viel grösser als beim Stahl und wird auch bei diesem verringert, wenn man den Draht härtet. Es besteht noch ein Unterschied zwischen Eisen und Stahl. Während man beim

Eisen eine Abnahme der Magnetisirbarkeit in axialer Richtung selbst in den schwächsten Feldern ($H_s = 0.014$) constatiren kann, macht sich beim Stahl der gleiche circular magnetisirende Strom erst bei Feldstärken von ungefähr 10 Einheiten bemerkbar. Beim Eisen erstreckt sich der Einfluss bis in das Gebiet constanter Susceptibilität.

Wir wollen fortan jene Magnetisircurven, welche ohne circular magnetisirenden Strom ($j = 0$) aufgenommen wurden, als Normalcurven bezeichnen. Es empfiehlt sich statt der Stärke des circular magnetisirenden Stromes, die in circularer Richtung wirksame Feldstärke einzuführen. Ein Strom, welcher einen Draht durchfließt, übt auf jeden Punkt in der Entfernung a von der Axe die magnetisirende Kraft $2\pi au$ aus, wo u die Stromdichtigkeit bedeutet. Diese Feldstärke ist daher in der Axe gleich Null und an der Oberfläche des Drahtes $= \frac{2j}{r}$ wo wir mit r den Radius bezeichnen. Da die circulare Feldstärke also in verschiedenen Punkten von der Axe verschieden gross ist, so ist es am besten, die mittlere Feldstärke einzuführen. Diese bekommt man, wenn man die magnetisirenden Kräfte über die ganze Fläche des Drahtquerschnittes summirt und durch den Querschnitt dividirt. Den so berechneten Mittelwerth wollen wir mit H_c bezeichnen. Es ist

$$H_c = 0.666 \frac{2j}{r}.$$

Der Einfluss der circularen Magnetisirung auf die axiale, äussert sich nicht in allen Theilen des Magnetisierungsgebietes gleich stark. Dies ersieht man am besten aus folgender Zusammenstellung: Man sucht aus den Curven der Figuren 1 und 3 die Werthe der Magnetisierungsintensität, welche der Draht für verschiedene Werthe von H_c bei einer gewissen axialen Feldstärke annimmt. Diese Zusammenstellung ist in Tabelle VII für den Eisendraht und in Tabelle VIII für den Stahldraht enthalten. Einige Reihen dieser Tabellen sind auch in Fig. 6, respective Fig. 7 graphisch dargestellt. Der Werth der Magnetisierungsintensität, welcher der Normalcurve entspricht, ist gleich 100 gesetzt und die anderen sind in Theilen dieses ausgedrückt. Aus

diesen Tabellen geht hervor, dass der Einfluss einer circularen Magnetisierung bei dem hier benützten weichen Eisendraht für axiale Feldstärken von 2—3 Einheiten am grössten ist. Nahe an diesem Bereich liegt auch der Wendepunkt der Normalcurve.

Tabelle VII.

H	J				
	$H_c = 0$	$H_c = 2.7$	$H_c = 7.0$	$H_c = 10.5$	$H_c = 15.3$
1	100	80.4	65.2	56.6	
1.5	100	74.3	60.0	49.5	44.8
	100	55.4	40.7	31.4	27.8
	100	54.6	37.5	30.0	24.4
3	100	56.7	39.3	29.7	24.5
4	100	74.6	52.8	39.9	34.2
6	100	86.1	64.6	52.6	44.4
10	100	94.4	82.5	71.4	60.8
20	100	98.7	95.6	91.7	86.5
40	100	99.6	98.5	97.7	95.4

Tabelle VIII.

H	J				
	$H_c = 0$	$H_c = 2.7$	$H_c = 7.0$	$H_c = 10.5$	$H_c = 15.3$
14	100	100	96.4	92.4	88.8
15	100	97.7	91.3	86.5	81.0
16	100	96	88.7	83.0	76.7
17	100	95.3	87.2	81.0	74.0
19	100	95.8	88.0	82.3	74.9
21	100	95.5	87.8	82.2	75.4
23	100	95.4	88.0	82.5	75.7
	100	95.1	88	82.4	75.7
30	100	96.3	93.0	87.0	80.7
42	100	99	97.2	95.0	91.3

Beim Stahl fällt das Maximum des Einflusses zwischen $H = 17$ und 25 Einheiten, also auch nahe an den Wendepunkt der Normalcurve.

Für den gehärteten Stahl ist die procentische Depression der Magnetisirungsintensität durch die circulare Magnetisirung noch geringer als für den ungehärteten. Für $j = 22$ beträgt die grösste Abnahme für diesen 74% , während sie für jenen nirgends unter 86% herabsinkt, wie das aus den gestrichelten Curven der Fig. 3 hervorgeht. Man kann also sagen, dass der Einfluss eines circular magnetisirenden Stromes umso kleiner ausfällt, je grösser die magnetische Härte des Materials ist. Ein Vergleich der gestrichelten Curven mit den ausgezogenen in den Figuren 1 und 3 zeigt, wie sich die beiden Effecte, Härtung¹ und circulare Magnetisirung, der Höhe nach gegeneinander verhalten. Beim weichen Eisen fällt die gestrichelte Curve ganz zwischen die ausgezogenen. Hier wird also schon durch schwache circulare Felder von $3-15$ Einheiten die Magnetisirungsintensität in axialer Richtung ebenso heruntersetzt wie durch Spannungen, welche man dem Draht durch Erhitzen und rasches Abkühlen ertheilt. Aber selbst eine ausgiebigere Härtung, wie sie der Draht etwa durch einen Zug erfährt, würde wahrscheinlich ihrem Effecte nach mit circularen Feldstärken von $30-40$ Einheiten zu vergleichen sein. Anders ist es beim Stahl. Während die circularmagnetisirenden Ströme von der hier gebrauchten Stärke den ersten Theil der Normalcurve gar nicht beeinflussen, den weiteren aber mässig deprimiren, erscheint die Curve durch die Härtung in allen Theilen tief heruntergedrückt, und man müsste, um ähnliche Wirkungen durch circulare Felder hervorzubringen, vielleicht solche in einer Höhe von hundert und mehr Einheiten anwenden.

Während das circulare Feld und die Härtung die aufsteigende Commutirungcurve im selben Sinne zu verflachen

Obwohl man beim weichen Eisendraht Härtung durch Erhitzen und rasches Abkühlen nicht recht sprechen kann, so werden doch durch diese Procedur Spannungen in das Material gebracht, deren Grösse wahrscheinlich von der Oberfläche gegen die Mitte zu abnimmt.

streben, wirken sie in anderen Punkten entgegengesetzt, wie das eine Betrachtung der in Fig. 3 und 5 abgebildeten Hysteresisschleifen lehrt. Beim weichen Eisen wird durch Hindurchleitung eines constanten Stromes die Retentionsfähigkeit stark herabgesetzt, während sie durch die Härtung kaum alterirt wird. Auch beim Stahl vermindert das circulare Feld die Retentionsfähigkeit.

Die Coërcitivintensität wird durch den circular magnetisirenden Strom beim Eisen kaum verändert, beim Stahl jedoch wahrscheinlich etwas verringert. Durch die Härtung wird sie beim Stahl bekanntlich immer sehr vergrößert.

Um über die zwei letztgenannten Eigenschaften, insbesondere auch über den während eines Magnetisierungs-cyclus auftretenden Energieverlust gut vergleichbare quantitative Angaben zu erhalten, müsste man die Magnetisirung in allen Fällen bis zu derselben Intensität führen, was unter Umständen die Anwendung ziemlich hoher Felder erfordern würde. Mit Rücksicht auf die zahlreichen, von Gerosa und Finzi (l. c.) in dieser Richtung angestellten Messungen, schien es mir nicht nothwendig darauf weiter einzugehen. Bezüglich des Energieverlustes ist aber auch aus den hier verzeichneten Hysteresisschleifen, die von den beiden Physikern gefundene Thatsache ersichtlich, dass der Inhalt der Hysteresisschleifen durch das circulare Feld verkleinert wird.

Aus den angeführten Beobachtungen lassen sich daher folgende Resultate ableiten:

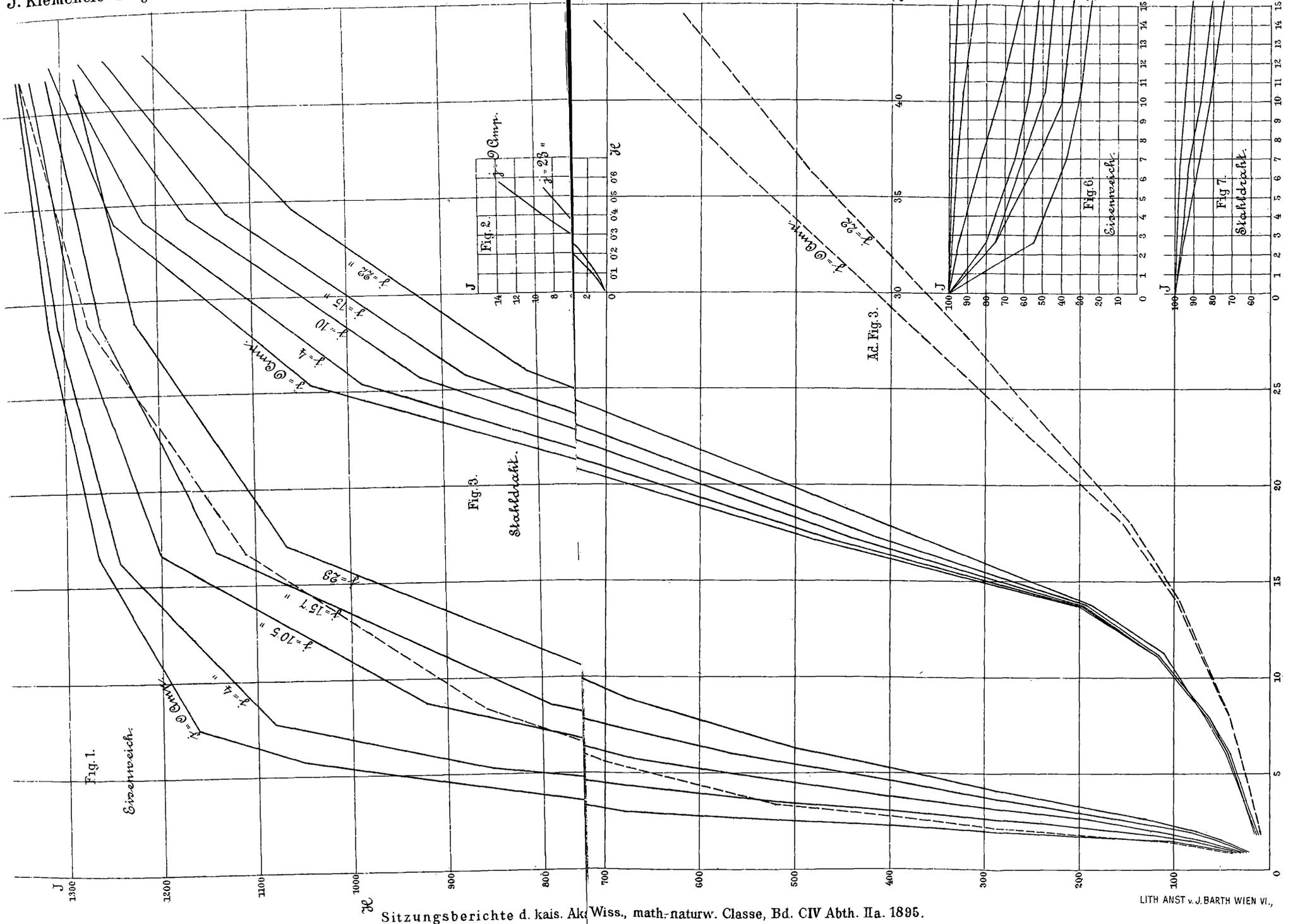
Die Magnetisirbarkeit von Drähten in axialer Richtung wird durch circularmagnetisirende Ströme herabgesetzt, und zwar wächst der Einfluss mit der Stärke des Stromes; er ist jedoch ungleich in verschiedenen Theilen der Magnetisierungscurve; am stärksten äussert er sich in der Nähe des Wendepunktes.

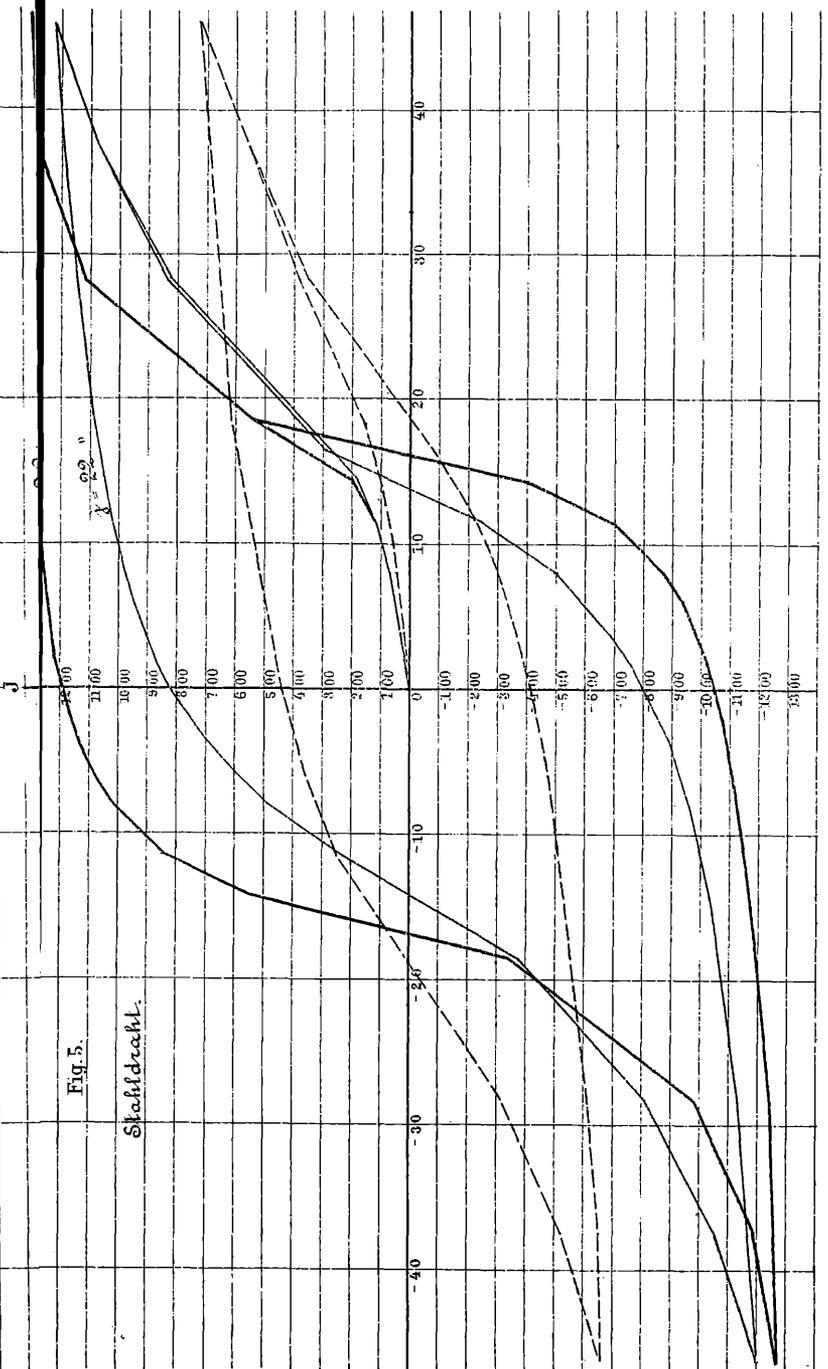
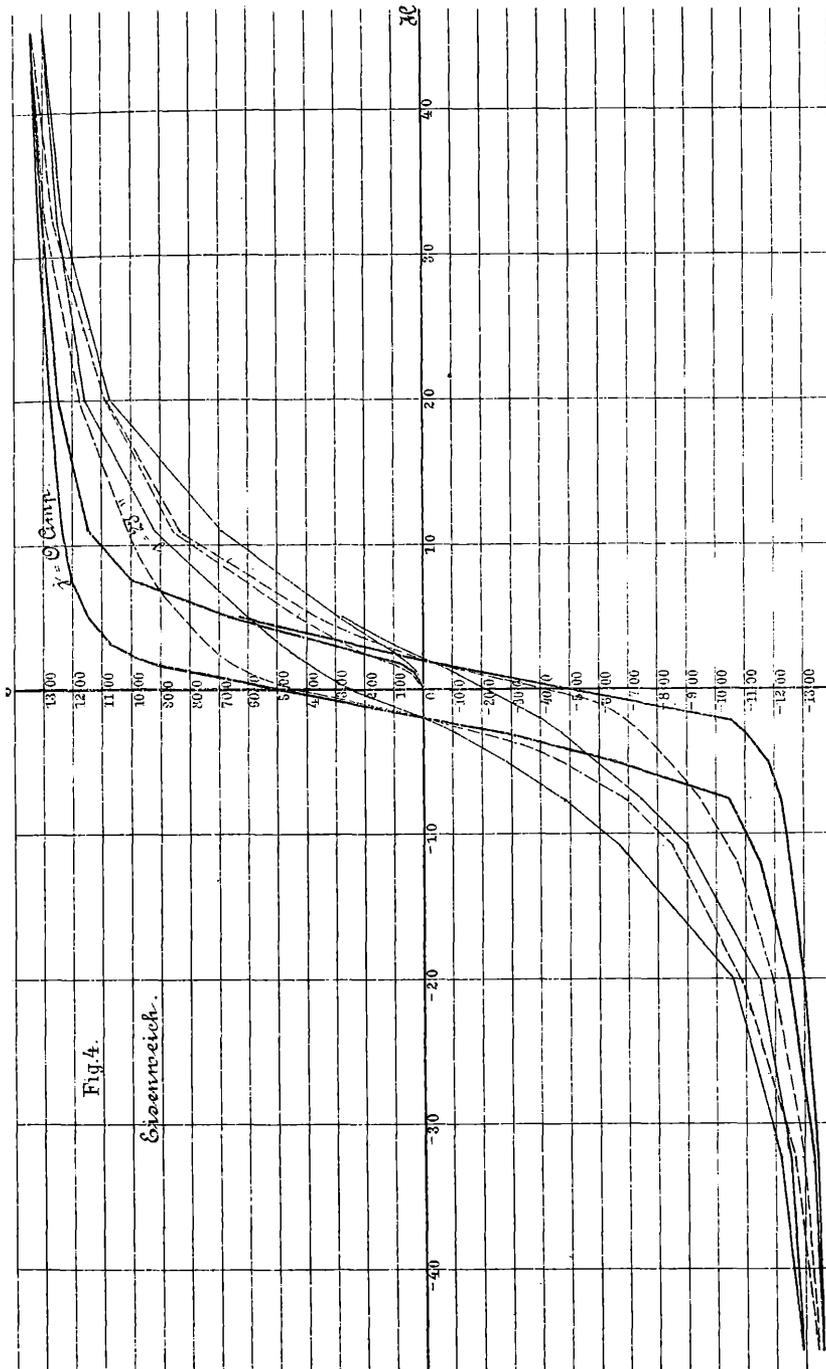
Die Abnahme der Magnetisirbarkeit lässt sich beim weichen Eisen und bei einer mittleren Stärke des circular magnetisirenden Feldes von 15 Einheiten, bis in die schwächsten axialen Felder ($H = 0.015$) verfolgen, während dieselbe beim Stahl unter den gleichen Umständen erst bei viel höheren Feldstärken bemerkbar wird.

Die circulare Magnetisirung wirkt auf die axiale Magnetisirungcurve dem Sinne nach so wie eine Härtung des Materials; in beiden Fällen wird die Curve verflacht.

Durch die circulare Magnetisirung wird die Retentionsfähigkeit in axialer Richtung vermindert und beim Stahl scheint unter diesem Einflusse auch die Coërcitivintensität abzunehmen.







ZOBODAT - 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: 1895

Band/Volume: [104_2a](#)

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

Artikel/Article: [Beobachtungen überr gleichzeitige Magnetisirung in circularer und axialer Richtung. 86-100](#)