

ANNALEN DER PHYSIK.

VIERTE FOLGE. BAND 42.

1. Die Koerzitivkraft des Nickels in ihrer Abhängigkeit von der Temperatur; von R. Gans.

Um den Mechanismus der Magnetisierung ferromagnetischer Körper kennen zu lernen, habe ich die Koerzitivkraft des Nickels in weitem Temperaturbereich, nämlich von -185° bis zum Verschwinden des Ferromagnetismus $+360^{\circ}$, dem sogenannten Curieschen Punkte, gemessen.

1. Die Versuchsanordnung für höhere Temperaturen. Die Meßmethode war die magnetometrische mit einigen den speziellen Erfordernissen entsprechenden Änderungen.

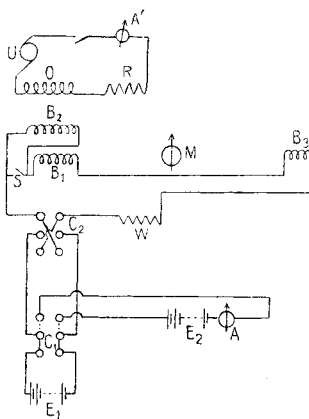


Fig. 1.

In Fig. 1 bedeutet M das Magnetometer, welches ich mir so konstruiert hatte, daß es kleine Schwingungsdauer mit sehr guter Dämpfung vereinigte.

Die Magnetisierungsspule bestand aus zwei voneinander getrennten, übereinander gewickelten Spulen B_1 und B_2 (in der Figur nebeneinander gezeichnet). Die mit Draht bewickelte Länge betrug 40 cm; die Spule hatte doppelte Wände (Fig. 2)

aus Messingrohr, ihr innerer Durchmesser betrug 4 cm, der äußere 5 cm. Zwischen diesen Wandungen konnte Wasser hindurchströmen, um den Spulendraht vor der Erwärmung des elektrischen Ofens zu schützen, der sich im Innern der Magnetisierungsspule befand.

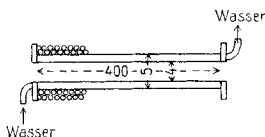


Fig. 2.

Die innere Spule B_1 bestand aus zwei Lagen Emailliedraht von 1 mm Durchmesser, deren erste 373 Windungen hatte, während die zweite 371 besaß. Der innere Durchmesser dieser Spule, der eigentlichen Meßspule, war 5 cm, der äußere 5,44 cm. Die äußere Spule B_2 war darüber gewickelt und bestand aus vier Lagen derselben Drahtsorte. Der Widerstand von B_1 war 2,8 Ohm, der von B_2 6,1 Ohm, die Summe betrug also 8,9 Ohm.

Zur Berechnung des Magnetfeldes in den mittleren Teilen der Spule B_1 wurden 130 Windungen in der Mitte der Spule abgezählt und die entsprechende Länge gemessen. Es ergab sich

für die erste Lage 130 Windungen auf 13,77 cm,

„ „ zweite „ 130 „ „ 13,75 „

so daß sich das Magnetfeld dieser Spule zu

$$\frac{\Phi}{i} = \frac{4\pi \cdot 260}{13,76 \cdot 10} = 23,74 \frac{\text{Gauss}}{\text{Amp.}}$$

berechnet.

Im Innern dieser Magnetisierungsspule befand sich der elektrische Ofen O (in der Figur daneben gezeichnet). Er bestand aus einem Glasrohr von 8 mm lichter Weite, das auf einer Länge von 26 cm bifilar mit Konstantandraht von 0,5 mm Durchmesser bewickelt war. (Konstantan ist trotz seines Gehaltes an 40 Proz. Nickel unmagnetisch!)

Um trotz der Wärmeableitung an den Enden eine gleichmäßige Temperaturverteilung zu erzielen, wurden die Enden dichter bewickelt als die Mitte, und zwar befanden sich an jedem Ende 29 Windungen auf 4,5 cm (= 6,45 Windungen/cm), in der Mitte 87 Windungen auf 17 cm (= 5,12 Windungen/cm). Der Draht war auf dem Glasrohr mit einem Brei von Magnesia

usta und Wasserglas festgelegt, damit er sich durch die Ausdehnung bei hohen Temperaturen nicht verschöbe. Schließlich wurde Asbestpappe herumgewickelt, bis der Ofen einen Durchmesser von 3,9 cm hatte und somit bequem in die Magnetisierungsspule von 4,0 cm hineinging.

Der Ofen wurde mit dem Wechselstrom eines Gleichstrom-Wechselstrom-Transformers U geheizt, die Stromstärke am Amperemeter A' abgelesen und mit dem Ruhstratschen Widerstand R auf einen beliebigen Wert eingestellt.

Die Messung vollzog sich folgendermaßen. Zuerst wurde der Schlüssel S geschlossen, so daß die Spule B_2 kurz geschlossen war und somit der Strom nur durch die Meßspule B_1 und die Kompensationsspule B_3 floß; dann wurde ein für alle Male die Lage von B_3 gesucht, in der sie die magnetische Wirkung von B_1 auf das Magnetometer M kompensierte.

Sodann wurde der Strom ausgeschaltet, S wieder geöffnet, der Nickelstab von 12 cm Länge und 0,6 cm Durchmesser aus der Argentanfabrik von Dr. Geitner (Auerhammer bei Aue, Erzgebirge) in den Ofen gelegt und unter dauernder Kühlung der Spule mittels hindurchfließenden Wassers der Ofen angeheizt, bis seine mit einem Thermoelement (vgl. unten) gemessene Temperatur konstant geworden war, und die Magnetisierung des Stabes vorgenommen. Zu dem Zwecke wurde bei offenem Schlüssel S , wodurch B_1 und B_2 hintereinandergeschaltet waren, der Widerstand W ausgeschaltet, die Wippe C_1 in die in der Figur ausgezogen gezeichnete Stellung gebracht und die Wippe C_2 einige Male kommutiert. Dabei war also die Batterie E_1 in den Strom eingeschaltet, deren Spannung bei der ersten Versuchsreihe 60 Volt, bei der letzten 120 Volt betrug. Der bei der Magnetisierung verwendete Strom betrug 6,74 bzw. 13,78 Amp., das hierdurch erzeugte äußere Feld 475 bzw. 950 Gauss.

Daß die Magnetisierungsfeldstärken von 950 Gauß stark genug waren, wurde dadurch bewiesen, daß die so bestimmten Koerzitivkräfte nur ganz wenig größer waren als bei der Magnetisierung mit 475 Gauss. Man erkennt es für Zimmertemperatur auch aus den Messungen von Weiss¹⁾ über die

1) P. Weiss, Journ. de phys. Mai 1910. Separatabdruck p. 17.

Sättigung des Nickels, die ergeben, daß bei dieser Feldstärke der Stab bis auf ca. 1 Proz. gesättigt ist.

Darauf verminderte man durch Einschalten der Ruhstratschen Widerstände W den Strom, den man schließlich durch Herausheben des Bügels der Wippe C_2 ganz öffnete.

Sodann wurde der Schlüssel S geschlossen, also die Spule B_2 ausgeschaltet, die Wippe C_1 umgelegt, somit die Akkumulatoren-batterie E_2 und das Präzisionsamperemeter A eingeschaltet und der Strom wieder, aber in entgegengesetzter Richtung, mittels C_2 geschlossen und so lange verstärkt, bis der Magnetometer-ausschlag Null war. Das dieser Stromstärke entsprechende Feld ist die gesuchte Koerzitivkraft.

Unmittelbar nach dieser Messung wurde die Magnetisierung in entgegengesetzter Richtung wie vorher erzeugt und auf dem entgegengesetzt laufenden Hysteresisast die Koerzitivkraft bestimmt. Das Mittel der beiden so beobachteten Werte ist frei von einer während der Zeit des Anheizens etwa auftretenden Nullpunktverschiebung des Magnetometers.

Je nach dem Werte der Koerzitivkraft wählte ich für die Spannung der Batterie E_2 6 bis 10 Volt.

Aus folgenden Gründen habe ich die soeben beschriebene Versuchsanordnung gegen die übliche ein wenig verändert.

Da es darauf ankam, die Sättigung zu erreichen, so mußte das Magnetisierungsfeld stark sein, während das Koerzitivfeld schwach ist, besonders bei hohen Temperaturen. Deshalb wurde die Spule zur Erzeugung der Felder in zwei unterteilt. B_1 und B_2 hintereinandergeschaltet dienten zur Magnetisierung, B_1 allein zum Messen. Das hatte den weiteren Vorteil, daß zum Messen nur die beiden innersten Lagen der Spule benutzt werden konnten, die infolge ihres geringeren Durchmessers ein gleichmäßigeres Feld erzeugten. Ferner konnte man, wenn man beim Absteigen auf dem Hysteresisast den Strom Null erreicht hatte, die Batterie E_1 mit der hohen Magnetisierungsspannung (60 bzw. 120 Volt) durch Umlegen der Wippe C_1 mit der Batterie E_2 (6—10 Volt) zum Messen der Koerzitivkraft vertauschen, wodurch man bequemer die schwächeren Ströme erzeugen konnte, die zum Koerzitivfeld nötig waren. Und schließlich konnte man das Präzisionsamperemeter dauernd mit empfindlicherem Meßbereich hinter E_2 einschalten, ohne

es den häufigen Kommutierungen des Magnetisierungsstromes auszusetzen, was natürlich nicht möglich gewesen wäre, wenn man eine einzige Spule und eine einzige Batterie gehabt hätte.

Es sei noch darauf aufmerksam gemacht, daß man den Entmagnetisierungskoeffizienten des Nickelstabes nicht zu kennen braucht, noch das Erdfeld am Orte des Magnetometers bestimmen mußte, da die Koerzitivkraft durch die Magnetisierung Null charakterisiert ist.

2. *Die Eichung des Thermoelementes.* Das Thermoelement bestand aus Konstantan und Kupfer. Es wurde vor der Eichung einige Male auf über 400° erhitzt und änderte dann die Konstanten seiner Thermokraft nicht mehr, war also für meine Zwecke zu gebrauchen.

Es wurde so benutzt, daß die kalten Lötstellen sich stets auf 0° befanden. Zum Eichen diente der Siedepunkt des Wassers, sowie die Schmelzpunkte des Zinns (232°), Bleis (327°) und Zinks (419°), die als chemisch reine Metalle von Merck in Darmstadt geliefert waren.

Die Methode war die von Holborn und Day¹⁾ in der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt ausgearbeitete Tiegelmethode.

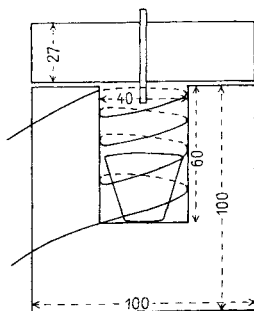


Fig. 3.

Der Ofen zum Eichen war folgendermaßen konstruiert (vgl. Fig. 3). Ein Messingrohr von 4 cm Durchmesser und 6 cm Höhe war, durch sehr dünnes Asbestpapier isoliert, mit einer Spule von Konstantandraht von 0,5 mm Durchmesser umwickelt und unten durch eine kreisförmige Asbestscheibe geschlossen. Das Ganze war eingebaut in einen würfelförmigen

1) A. Holborn u. L. Day, Ann. d. Phys. 2. p. 523. 1900.

Kasten aus Asbestpappe von 10 cm Seitenlänge, der völlig mit *Magnesia usta* gefüllt war, und dessen Kanten mittels dünnen Asbestpapiers und Wasserglas gut verklebt waren.

Auf diesen Kasten paßte gut ein Deckel aus Asbestpappe von 2,7 cm Höhe, ebenfalls mit *Magnesia usta* gefüllt, durch dessen Mitte ein dünnes Glasrohr ging, um dem Thermoelement den Eintritt in den Kasten zu gestatten.

Im Innern desselben befand sich ein glasierter Porzellantiegel von 3,5 cm Durchmesser und 3 cm Höhe, der mit dem betreffenden Metall zum Eichen gefüllt war. Die Lötstelle wurde nicht direkt durch das Glasrohr des Deckels in den Tiegel eingeführt, sondern, um die Berührung mit dem Metall zu vermeiden, mit einem unten geschlossenen dünnwandigen Glasrohr von $2\frac{1}{2}$ mm lichter Weite umgeben.

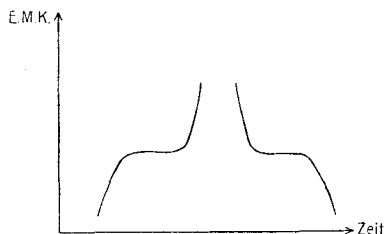


Fig. 4.

Sodann wurde die Spule elektrisch geheizt und jede Minute die Thermokraft durch Kompensation mit einem Akkumulator von genau gemessener EMK. bestimmt. Schmilzt das Metall, so bleibt bei geeignetem Heizstrom infolge der Schmelzwärme die EMK. längere Zeit konstant. Dasselbe findet beim Erstarren statt, so daß man zwei Kurven bekommt, deren Abszisse die Zeit, deren Ordinate die EMK. ist, aus denen man die dem Schmelz- bzw. Erstarrungspunkte entsprechende EMK. genau bestimmen kann (vgl. Fig. 4).

Die Resultate sind folgende (vgl. auch Fig. 5):

| Temp. | EMK. in Volt | EMK. ber. | beob. — ber. |
|-------|-----------------------|-----------------------|--------------|
| 99,3° | $44,03 \cdot 10^{-4}$ | $43,69 \cdot 10^{-4}$ | +0,34 |
| 232 | 111,8 „ | 112,0 „ | -0,2 |
| 327 | 167,9 „ | 167,9 „ | ±0,0 |
| 419 | 227,6 „ | 227,6 „ | ±0,0 |

Die EMK. e läßt sich in ihrer Abhängigkeit von der Temperatur t durch die Formel

$$e = 0,4079 t + 0,0003228 t^2 \text{ in } 10^{-4} \text{ Volt}$$

darstellen, wie die berechneten Werte der Tabelle zeigen.

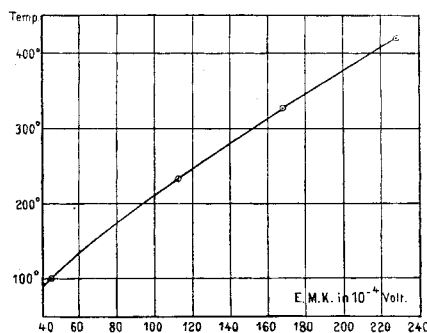


Fig. 5.

Nach Beendigung aller Messungen wurde das Thermoelement noch einmal in schmelzendem Blei (327°) geprüft und ergab die EMK. $166,8 \cdot 10^{-4}$ Volt, während bei der ersten Eichung $167,9 \cdot 10^{-4}$ Volt gefunden war, d.h. die Konstanz war befriedigend.

3. *Die Prüfung des Ofens.* Vor Beginn der Messungen wurde der elektrische Ofen auf die Gleichmäßigkeit der Temperatur untersucht. Da die Länge des Nickelstabes 12 cm betrug, wurde mit einem Kupfer-Konstantanthermoelement die Temperatur von 2 zu 2 cm auf einer Strecke von 12 cm gemessen, und zwar bis zu einer Entfernung von 6 cm von der Mitte nach jeder Seite.

Die Resultate dieser Prüfung sind folgende:

| Heizstrom 1 Amp. | | Heizstrom 1 Amp. (2. Messung.) | |
|-----------------------|--------|--------------------------------|--------|
| Abstand von der Mitte | Temp. | Abstand von der Mitte | Temp. |
| -6 cm | 127,0° | -6 cm | 127,0° |
| -4 „ | 127,0 | -4 „ | 126,9 |
| -2 „ | 126,6 | -2 „ | 126,4 |
| 0 „ | 127,6 | 0 „ | 126,2 |
| +2 „ | 127,8 | +2 „ | 127,2 |
| +4 „ | 127,8 | +4 „ | 127,4 |
| +6 „ | 127,4 | +6 „ | 127,4 |
| Mittel: 127,17° | | Mittel: 126,93° | |

Heizstrom 1,72 Amp.

| Abstand von der Mitte | Temp. |
|--------------------------|--------|
| -6 cm | 289,8° |
| -4 „ | 290,0 |
| -2 „ | 289,7 |
| 0 „ | 289,2 |
| +2 „ | 289,3 |
| +4 „ | 289,3 |
| +6 „ | 289,0 |

Mittel: 289,47°

Heizstrom 1,72 Amp.

(2. Messung.)

| Abstand von der Mitte | Temp. |
|--------------------------|--------|
| -6 cm | 289,3° |
| -4 „ | 289,7 |
| -2 „ | 289,4 |
| 0 „ | 289,0 |
| +2 „ | 289,3 |
| +4 „ | 289,3 |
| +6 „ | 289,0 |

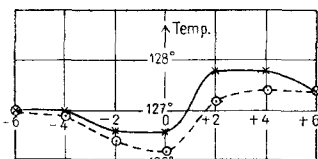
Mittel: 289,29°

Heizstrom 2 Amp.

| Abstand von der Mitte | Temp. |
|--------------------------|--------|
| -6 cm | 366,0° |
| -4 „ | 365,1 |
| -2 „ | 364,5 |
| 0 „ | 363,6 |
| +2 „ | 364,8 |
| +4 „ | 365,4 |
| +6 „ | 365,4 |

Mittel: 364,97°

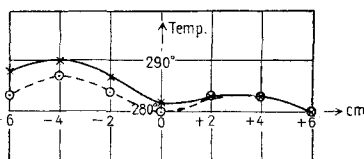
Heizstrom 1,0 Amp.



x ——— erste } Messung.
 o - - - - - zweite }

Fig. 6a.

Heizstrom 1,72 Amp.



x ——— erste } Messung.
 o - - - - - zweite }

Fig. 6b.

Wie man aus den Tafeln und den Diagrammen Fig. 6a, 6b, 6c sieht, ist die Gleichförmigkeit der Temperatur im Ofen hervorragend, zumal wenn man berücksichtigt, daß durch das Einführen des gut leitenden Nickelstabes die Temperaturdifferenzen noch stark heruntergedrückt werden.

Dieser Ofen war ausnahmsweise gut. Er ging am Schluß der Messungen entzwei, und da ich noch einige Kontrollmessungen machen wollte, baute ich mir mit derselben Sorgfalt wie vorher einen anderen. Wie man aber aus der folgenden Tabelle und dem Diagramm Fig. 6d ersieht, war die Temperaturverteilung in demselben ungleichförmiger, doch auch hier wird der Nickelstab die Temperaturdifferenzen bis auf kleine Beträge ausgeglichen haben.

Heizstrom 2,0 Amp.

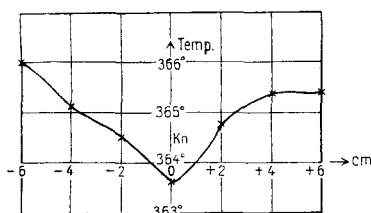


Fig. 6c.

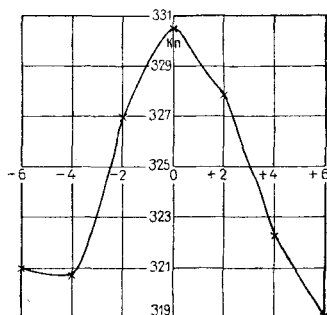
Heizstrom 1,72 Amp.
(zweiter Ofen).

Fig. 6d.

| Abstand von der Mitte | Temp. |
|--------------------------|--------|
| -6 cm | 321,0° |
| -4 „ | 320,7 |
| -2 „ | 326,9 |
| 0 „ | 330,5 |
| +2 „ | 327,9 |
| +4 „ | 322,3 |
| +6 „ | 319,0 |
| Mittel: 324,0° | |

4. Die Versuchsanordnung für tiefe Temperaturen. Um bei der Sublimationstemperatur der festen Kohlensäure in Äther (-79°) und beim Siedepunkt der flüssigen Luft, der wegen der fraktionierten Destillation als -185° angenommen wurde, die Koerzitivkraft zu messen, mußte die Versuchsanordnung verändert werden.

Die Magnetisierungsspule wurde vertikal in einem Abstände von 25 cm vom Magnetometer aufgestellt und in ihr

Inneres ein Dewarsches Gefäß eingeführt, in dem sich koaxial der Nickelstab befand, und zwar in solcher Höhe, daß der Stab in der Mitte der Spule war, damit das Feld möglichst gleichförmig wäre.

Die Magnetisierung wurde durch die Wirkung des unteren Pols auf die Magnetometernadel gemessen, dessen Lage nach Kohlrausch in einer Entfernung von $\frac{5}{12}$ der Stablänge vom Stabmittelpunkt angenommen wurde. Spule mit Dewargefäß und Nickelstab wurden so justiert, daß der fragliche Pol und die Magnetometernadel in derselben Horizontalebene lagen.

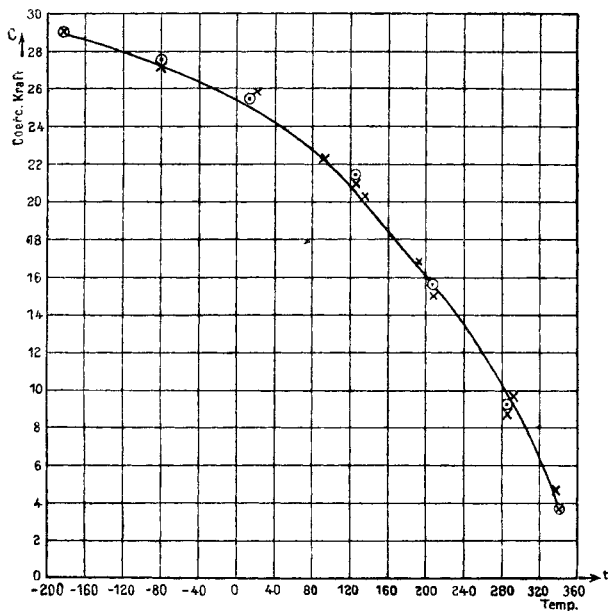
Da somit die Spule ein wenig unsymmetrisch bezüglich der Magnetometernadel lag, mußte ihr Feld am Orte der Nadel durch eine kleine horizontale Spule kompensiert werden.

Zunächst wurde dann festgestellt, daß die neue Anordnung bei Zimmertemperatur denselben Wert der Koerzitivkraft gab, wie die frühere Anordnung. Sodann wurden die Messungen bei -79° und bei -185° ausgeführt, es wurde aber nicht versäumt, dazwischen wieder die Koerzitivkraft bei Zimmertemperatur zu bestimmen.

5. *Die Resultate.* Die folgende Tabelle gibt die Werte der Koerzitivkraft in der Reihenfolge, in der sie gewonnen worden sind. Das magnetisierende äußere Feld betrug stets 475 Gauss. Die erste Spalte gibt die Temperatur, die zweite die zur Erzeugung der Koerzitivkraft nötige Stromstärke i , die dritte die nach der Formel $C = 23,74 i$ berechnete Koerzitivkraft.

| Temp. t | i in Amp. | C in Gauss |
|-----------|-------------|--------------|
| 19,0° | 1,101 | 26,13 |
| 92,5 | 0,940 | 22,31 |
| 17,3 | 1,098 | 26,06 |
| 135 | 0,855 | 20,30 |
| 193 | 0,706 | 16,76 |
| 19,5 | 1,071 | 25,42 |
| 292 | 0,410 | 9,732 |
| 19,2 | 1,081 | 25,66 |
| 335 | 0,200 | 4,747 |
| 246 | 0,541 | 12,84 |
| 14 | 1,080 | 25,63 |
| 348 | 0,123 | 2,919 |
| 190 | 0,699 | 16,59 |
| 15 | 1,076 | 25,53 |

Wie man sieht, haben wir in dieser Versuchsreihe die Temperatur zwischen 14° und 348° steigen und fallen lassen. Wir erkennen aus dem Diagramm Fig. 7, daß die Koerzitivkraft eine eindeutige Funktion der Temperatur ist, unabhängig von der Vorgeschichte, daß wir es also mit einer reversiblen Erscheinung zu tun haben.



Die Kreuze in dem Diagramm bedeuten die Messungen bei Magnetisierung mit einem äußeren Felde von 475 Gauss, die Kreise bei Magnetisierung mit 950 Gauss, und zwar sind die Messungen bei Zimmertemperatur zum Mittel vereinigt.

Fig. 7.

Um sodann zu sehen, ob bei einem äußeren Felde von 475 Gauss bereits genügend Sättigung eingetreten war, wurde noch eine Meßreihe mit Magnetisierungsfeldern von 475 und 950 Gauss gemacht, deren Ergebnisse in folgender Tabelle niedergelegt sind.

| Temp. t | i in Ampere bei Magnetisierungsfeld von | | C in Gauss bei Magnetisierungsfeld von | |
|------------------|--|-----------|---|-----------|
| | 475 Gauss | 950 Gauss | 475 Gauss | 950 Gauss |
| 15° | 1,075 | 1,102 | 25,51 | 26,16 |
| 122,7 | 0,881 | 0,895 | 20,92 | 21,24 |
| Zimmertemperatur | | | | |
| 207,2 | 0,639 | 0,662 | 15,17 | 15,71 |
| Zimmertemperatur | | | | |
| 286 | 0,377 | 0,387 | 8,948 | 9,186 |
| Zimmertemperatur | | | | |
| 339 | 0,162 | 0,165 | 3,845 | 3,917 |
| 15 | — | 1,059 | — | 25,13 |
| -79 | 1,151 | 1,159 | 27,33 | 27,51 |
| 15,2 | — | 1,070 | — | 25,40 |
| -185 | 1,223 | 1,220 | 29,03 | 28,96 |
| 14,8 | — | 1,068 | — | 25,35 |

6. *Funktionelle Darstellung der Ergebnisse.* Es gelingt, die Abhängigkeit der Koerzitivkraft C von der absoluten Temperatur T durch folgendes Formelsystem darzustellen:

$$(1) \quad \frac{T}{\Theta} = L(x),$$

$$(2) \quad \frac{C}{C_0} = \frac{3L(x)}{x},$$

wo

$$(3) \quad L(x) = \operatorname{ctgh} x - \frac{1}{x}$$

bedeutet.

Θ ist hierin die absolute Temperatur des Curieschen Punktes, d. h. die Temperatur, bei der Nickel aufhört, ferromagnetisch zu sein; C_0 ist die Koerzitivkraft beim absoluten Nullpunkt.

Nehmen wir $\Theta = 273^\circ + 360^\circ = 633^\circ$, $C_0 = 29,40$ Gauss an, so erhalten wir folgende Tabelle der Beobachtungen bei Magnetisierungsfeldern von 950 Gauss:

| T | C | T/θ | C/C_0 |
|-----|-------|------------|---------|
| 88° | 28,96 | 0,1390 | 0,9851 |
| 194 | 27,51 | 0,3065 | 0,9358 |
| 288 | 25,51 | 0,4550 | 0,8678 |
| 396 | 21,24 | 0,6256 | 0,7225 |
| 480 | 15,71 | 0,7582 | 0,5345 |
| 559 | 9,186 | 0,8831 | 0,3125 |
| 612 | 3,917 | 0,9670 | 0,1333 |

Zeichnet¹⁾ man die theoretische Kurve nach den Gleichungen (1), (2) und (3), so erhält man das Bild der Fig. 8, in der die Kreuze die beobachteten Werte bedeuten. Wie man sieht, ist die Übereinstimmung sehr gut.

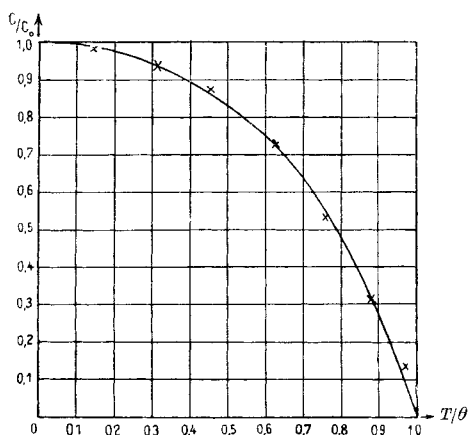


Fig. 8.

Wir haben als Curieschen Punkt 633° abs. Temp. angenommen, während dieser Wert nach Weiss²⁾ 631° abs. Temp. beträgt.

Die Funktion, welche die Beobachtungen darstellt, ist nicht etwa dieselbe, durch die Weiss³⁾ beim Magnetit die

1) Man beachte die Zahlentabelle zur Berechnung der Funktionen $L(x)$ und $L(x)/x$ bei R. Gans, Gött. Nachr. 1911. Separatabdruck p. 45.

2) Vgl. O. Bloch, Über die magn. Eigenschaften der Nickel-Kobalt-Legierungen. Dissertation. Zürich 1912.

3) P. Weiss, Bull. des séances de la soc. Franç. de Phys. 1907. Separatabdruck p. 7.

Sättigung bzw. die Remanenz R als Funktion der Temperatur so gut ausgedrückt hat, sondern die inverse, d. h. es sind Abszisse und Ordinate vertauscht, oder analytisch ausgedrückt: Wenn $R/R_0 = \varphi(T/\theta)$ die Remanenz als Funktion der Temperatur darstellt, so ist $T/\theta = \varphi(C/C_0)$ die Abhängigkeit der Koerzitivkraft von der Temperatur. Einstweilen möge die oben gegebene funktionelle Darstellung als rein empirische Beziehung gelten.

Demnächst soll an demselben Nickelstab die Remanenz als Funktion der Temperatur gemessen werden.

Die Vorversuche für obige Arbeit habe ich im Wintersemester 1911/12 im Physikalischen Institut der Universität Straßburg gemacht. Ich danke Hrn. Prof. Braun herzlichst für die Bereitwilligkeit, mit der er mir die hierzu nötigen Mittel zur Verfügung gestellt hat.

La Plata, Instituto de Física, 1. Juli 1913.

(Eingegangen 25. Juli 1913.)
