Sitzungsberichte

der

mathematisch-naturwissenschaftlichen Abteilung

der

Bayerischen Akademie der Wissenschaften zu München

1932. Heft I

Januar-März-Sitzung

München 1932

Verlag der Bayerischen Akademie der Wissenschaften

in Kommission bei der C. H. Beck'schen Verlagsbuchhandlung

Longitudinale und transversale ferromagnetische Widerstandsänderung.

Von W. Gerlach.

Vorgetragen in der Sitzung vom 5. März 1932.

I.

Es kann als sichergestellt angesehen werden, daß die longitudinale Widerstandsänderung ferromagnetischer Metalle nicht durch das Feld, sondern durch die Magnetisierung bzw. eine Funktion der Magnetisierung gegeben ist. In einer im Druck befindlichen Arbeit konnte ich zeigen, daß Messungen von Herrn M. Auwärter auch die Entscheidung gestatten, daß J und nicht die Induktion $\mathfrak{B}$ für die Widerstandszunahme maßgebend ist. So ist es merkwürdig, daß die Widerstandsänderung, nicht nur als Funktion des Feldes $\mathfrak{H}$, sondern auch als Funktion der Magnetisierung J betrachtet, eine Hysterese zeigen kann. Im folgenden soll gezeigt werden, daß diese Hysterese insofern nur eine scheinbare ist, als sie dadurch zustande kommt, daß bei der Magnetisierungsmessung alle Magnetisierungsvorgänge gemessen werden, welche durch eine Änderung von Lage und Richtung der Elementarbereiche zum magnetischen Moment beitragen, während die Widerstandsänderung nur mit solchen Lagenänderungen verknüpft ist, welche eine Änderung der quadratischen Winkelorientierung bedingen, also nicht mit Änderungen von 180^0. In der heute üblichen Ausdrucksweise heißt das, daß der Widerstand nur durch „Drehprozesse", nicht durch „Umklappprozesse" verändert wird.

Untersucht man die Widerstandszunahme als Funktion der Magnetisierung, so ergibt sich, wie wir in den beiden letzten Jahren zeigen konnten, allgemein eine quadratische Abhängigkeit von der Art

$$+\Delta W = a\,(J^2 - J_o^2);$$

d. h. der Widerstand nimmt mit steigender Magnetisierung zunächst nur langsam zu und beginnt erst stark zu wachsen, wenn die Magnetisierung merkliche Beträge, oft sogar fast die Sätti-

gung erreicht hat. J_0 ($0 \leqq J_0 \leqq \frac{1}{\sqrt{3}} J_\infty$ für Ni) hängt von der mechanischen Vorgeschichte des Materials — wir beschränken uns im folgenden auf Nickel und Eisennickellegierungen — ab. Generell ergab sich, daß die Größe der Hysterese — in der J^2-Darstellung — um so kleiner wird, je kleiner J_0 ist. Im Grenzfall $J_0 = 0$, welcher z. B. durch stark gezogenes Nickel repräsentiert wird, ist die Widerstandsänderung eine eindeutige, also hysteresefreie Funktion des Quadrates der Magnetisierung. In diesem Fall ist auch die maximale „gesättigte" Widerstandszunahme am größten.

Die magnetische Struktur, d. h. die Orientierung der Elementarmomente in einem solchen stark gezogenen Nickeldraht, ist nun dadurch ausgezeichnet, daß die Mehrzahl der Momente senkrecht zur Drahtachse gerichtet ist. Diese magnetische Struktur ist also durch mechanische Spannungen bedingt, gegen welche nach R. Beckers Theorie durch das äußere Feld magnetische Arbeit geleistet wird. Die longitudinale Magnetisierung erfolgt daher durch kontinuierliches Eindrehen der Momentachsen in die Feldrichtung, also nur durch „Drehprozesse", mit welchen eine Widerstandsänderung verknüpft ist: deshalb ist die Widerstandsänderung maximal und eine eindeutige Funktion des Quadrates der Magnetisierung.

Als Funktion des Feldes betrachtet, zeigt allerdings auch in diesem Fall sowohl die Magnetisierung als auch die Widerstandsänderung eine Hysterese. Dies lehrt, daß die Drehprozesse nicht hysteresefrei erfolgen müssen, daß vielmehr die magnetische Struktur unter der Wirkung eines Feldes auch noch eine Funktion der magnetischen Vorgeschichte sein kann, wenn nur — oder mindestens weit überwiegend — Drehprozesse vorliegen. Man geht wohl nicht fehl, wenn man als Ursache hierfür eine wechselseitige Beeinflussung, etwa von der Art des Gansschen Streufeldes verantwortlich macht, so daß es sogar zu diskontinuierlichen Magnetisierungsänderungen kommen kann, nicht aber — wegen der elastischen Spannungen — zu Umklappprozessen.

Den zweiten Grenzfall zu finden, glückte vor kurzem Herrn E. Englert bei der Untersuchung stark gespannter Drähte aus 92% Fe + 8% Ni: die longitudinale Widerstandsänderung ver-

schwindet vollständig, $\Delta W = 0$, wenn die Magnetisierungskurve eine Rechteckschleife ist. Diese Form der magnetischen Hysteresekurve wird erhalten, wenn die Drehprozesse verschwinden und nur noch Umklappprozesse zur Magnetisierung führen.

Hierdurch sind alle anderen Fälle als Mischungen der beiden Grenzfälle erkannt. Die Magnetisierung mißt sowohl Umklapp- wie Drehprozesse, in der Widerstandsänderung treten aber nur die letztgenannten in Erscheinung. Der Anteil beider Prozesse an der Erreichung eines bestimmten J-Wertes hängt nun natürlich davon ab, ob dieser J-Wert auf der aufsteigenden oder absteigenden Kurve liegt: Die maximale Widerstandsänderung ist um so kleiner, je mehr die Umklappprozesse überwiegen; und da diese wesentlich bei kleinen Feldstärken schon erfolgen, beginnt die Widerstandszunahme erst bei mehr oder weniger großen J-Werten. Außerdem tritt Hysterese in der $(\Delta W, J^2)$-Abhängigkeit auf. Diese Hysterese in der $(\Delta W, J^2)$-Abhängigkeit beruht also darauf, daß gleiche Werte der Magnetisierung durch verschiedene Orientierungskonstellationen der Elementarmomente erhalten werden können, je nachdem ob der gleiche J-Wert auf einem aufsteigenden oder fallenden Teil der Magnetisierungsschleife gemessen ist: die Magnetisierung ist gegeben durch $J_{\sim \cos\vartheta}$, das Quadrat $J^2 = J^2_{\sim \cos\vartheta}$; die vom Quadrat der Drehmagnetisierung abhängige Widerstandsänderung ist aber gegeben durch $J^2_{\sim \cos^2\vartheta}$. Hiermit sind auch andere Anomalien der Widerstandshysterese in der Nähe des Koerzitivfeldes aufgeklärt, worüber aber hier nicht berichtet werden soll.

II.

Über die transversale Widerstandsänderung sind in der vorliegenden Literatur sehr widersprechende Aussagen vorhanden. Generell ist nur festgestellt, daß in mittleren und starken Feldern senkrecht zur Stromrichtung eine Widerstandsabnahme eintritt. Ich habe schon vor längerer Zeit darauf aufmerksam gemacht, daß zwischen der longitudinalen Widerstandszunahme und der transversalen Widerstandsabnahme ein direkter Zusammenhang bestehen muß. Bringt man einen Draht durch mechanische Verformung z. B. in einen solchen Zustand, daß seine

magnetischen Elementarmomente sämtlich in Richtung der Längsachse des Drahtes eingerichtet sind, so daß also bei „longitudinaler" Magnetisierung nur Umklappprozesse erfolgen, so kann eine „transversale" Magnetisierung nur durch Drehungen um 90^0 erreicht werden; letztere sollte also mit einer Widerstandsänderung verbunden sein, weil die Magnetisierung durch Drehprozesse erfolgt, und zwar mit einer Widerstandsabnahme, weil jetzt die Momente durch das Feld senkrecht zur Richtung des Stromes gestellt werden. Sind (im andern Grenzfall, der durch Nickel unter Längszug repräsentiert wird) die Elementarmomente an sich senkrecht zur Drahtachse gestellt, so wird der Drahtwiderstand durch eine transversale Magnetisierung überhaupt nicht geändert, weil durch diese der Winkel ϑ zwischen Magnetisierungsvektor und Stromrichtung nicht geändert wird. Die Herren Dr. Englert und Auwärter haben nun festgestellt, daß allgemein mit jeder Verkleinerung der longitudinalen Widerstandszunahme durch mechanische Verformung eine Vergrößerung der transversalen Widerstandsabnahme verbunden ist; an den schon erwähnten Drähten aus 92% Fe + 8% Ni ließ sich aber unsere Hypothese überzeugend beweisen: in dem Maße, in welchem die longitudinale magnetische Widerstandszunahme verschwand, erreichte die transversale Widerstandsabnahme ihren größten Wert; longitudinale Widerstandszunahme und transversale Widerstandsabnahme geben zusammen, absolut genommen, den gleichen Wert.

Somit glauben wir, daß die Beziehungen zwischen Magnetisierung und Widerstandsänderung experimentell aufgeklärt sind, und daß man in letzterer ein Mittel gefunden hat, jeden Magnetisierungsvorgang auf Drehprozesse und Umklappprozesse zu untersuchen. Die Gesamtheit dieser von uns gefundenen Erscheinungen steht in schönster Übereinstimmung mit Herrn R. Bekkers Theorie des ferromagnetischen Magnetisierungsvorganges.

München, Physikalisches Institut der Universität.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Sitzungsberichte der mathematisch-physikalischen Klasse der Bayerischen Akademie der Wissenschaften München

Jahr/Year: 1932

Band/Volume: 1932

Autor(en)/Author(s): Gerlach Walter

Artikel/Article: Longitudinale und transversale ferromagnetische Widerstandsänderung 41-44