



UNIVERSITÄTS-  
BIBLIOTHEK  
PADERBORN

# **Lehrbuch der Experimentalphysik**

**Lommel, Eugen von**

**Leipzig, 1908**

246. Die magnetischen Eigenschaften des Eisens

---

[urn:nbn:de:hbz:466:1-83789](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:hbz:466:1-83789)

die Molekularmagnetchen jetzt sämtlich oder wenigstens zum Teil in dieser Weise geordnet sind, ist der Stab zu einem Magnet geworden, dessen Nordpol zur Linken des Ampèreschen Schwimmers liegt, oder, was dasselbe ist, der seinen Südpol an jenem Ende hat, von wo aus gesehen der Strom in der Richtung des Uhrzeigers kreist (Fig. 208). — Man kann diesen Vorgang versinnlichen durch eine Reihe kleiner um ihre Mitte drehbarer Magnete, welche zur Hälfte (dem Nordpol entsprechend) schwarz gefärbte Papierscheiben tragen, und durch die Windungen des sie umgebenden Schraubendrahtes hindurch weithin sichtbar sind (Fig. 214). Anfangs ungeordnet, richten sie sich, wenn ein Strom durch die Spirale geschickt wird, mit ihren schwarzen Hälften nach der einen Seite, und kehren ihre Lage um, wenn der Strom umgekehrt wird.

Da ein Stab weichen Eisens unter dem Einfluß einer genäherten stromdurchflossenen Spirale zu einem Elektromagnet wird, dessen näherer Pol ungleichnamig ist, so wird er stets in die Spirale hineingezogen. Die Kraft, mit der dies geschieht, ist dem Quadrat der Stromstärke proportional, weil sie zunächst dem Produkt der Stromstärke und des Magnetismus des Stabes, dieser aber selbst wieder (für schwächere Ströme) der Stromstärke proportional ist.

246. **Die magnetischen Eigenschaften des Eisens.** Da man mit Hilfe von Solenoiden magnetische Felder von beliebiger Stärke herstellen kann, so läßt sich die Abhängigkeit der induzierten Magnetisierung des Eisens von der Stärke des induzierenden Feldes unter Anwendung elektrischer Ströme genau untersuchen. Wird z. B. ein Eisenstab in einer Magnetisierungsspirale magnetisch, so kann man sein induziertes Moment durch seine Wirkung auf eine Magnetnadel genau so wie für einen permanenten Magnet bestimmen (140), wenn man die gleichzeitige Wirkung der stromdurchflossenen Spule auf die Magnetnadel durch eine passend aufgestellte zweite, von demselben Strom durchflossene Spule aufhebt. Man beobachtet dann, daß bei allmählich zunehmender Stromstärke der Magnetismus anfangs nahezu proportional der Stromstärke wächst, später aber immer langsamer. Das Eisen nähert sich seiner Sättigung (134); ist diese erreicht, so vermag auch eine noch so große Stromstärke die Magnetisierung nicht mehr höher zu steigern.

Die Polstärke (Magnetismusmenge), welche auf jeder Endfläche eines Stabes pro Flächeneinheit hervorgerufen wird, kann man zunächst der Stärke  $\mathfrak{H}$  des Magnetfeldes proportional setzen, also gleich  $\kappa \mathfrak{H}$ , wenn  $\kappa$  einen für die Substanz des Stabes charakteristischen Zahlenwert, die Magnetisierungszahl, bedeutet. Ist  $q$  der Querschnitt,  $l$  die Länge,  $v = lq$  das Volumen des Stabes, so erlangt er unter dem Einfluß des Magnetfeldes  $\mathfrak{H}$  die Polstärke  $m = \kappa q \mathfrak{H}$  und das Moment  $M = \kappa l q \mathfrak{H} = \kappa v \mathfrak{H}$ . Die Zahl  $\kappa$ , welche das Verhältnis des an einer Stelle des Magnetfeldes in der Volumeneinheit induzierten magnetischen Moments zu der dort herrschenden Feldstärke ausdrückt, ist das Maß für die magnetische Empfänglichkeit (Suszeptibilität) der magnetisierbaren Substanz. Für weiches Eisen liegt  $\kappa$  zwischen 100 und 200.

Da ein Pol von der Stärke  $m$   $4\pi m$  Kraftlinien aussendet, so geht von der Flächeneinheit der Endfläche des Eisens ein Kraftfluß von der Stärke  $4\pi \kappa \mathfrak{H}$



aus. Dieser Kraftfluß addiert sich zu dem des induzierenden Feldes, der  $= \mathfrak{H}$  ist. Folglich ist der gesamte Kraftfluß, der das Eisen durchsetzt,  $(1 + 4\pi\kappa)\mathfrak{H}$ . Diesen gesamten Kraftfluß im Eisen nennt man die Induktion  $\mathfrak{B}$ ; es ist also  $\mathfrak{B} = (1 + 4\pi\kappa)\mathfrak{H}$ . Man pflegt das Verhältnis der Induktion zur Feldstärke mit  $\mu$  zu bezeichnen, und die Permeabilität des Materials zu nennen. Die Permeabilität steht zu der Suszeptibilität in der Beziehung  $\mu = 1 + 4\pi\kappa$ .

Nach den obigen Werten für  $\kappa$  würde die Permeabilität des betreffenden Eisens zwischen 2200 und 2500 liegen. Doch sind, wie die oben besprochenen Versuche lehren, die Werte von  $\kappa$  und  $\mu$  beim Eisen nicht konstant, sondern ändern sich mit der Stärke des magnetisierenden Feldes. Da der induzierte Magnetismus zu einem Maximum ansteigt, so nimmt  $\mu$  für höhere Feldstärken mehr und mehr ab.

Das Eisen zeigt für das magnetische Feld ein Verhalten, wie es ein Isolator von sehr hoher Dielektrizitätskonstante im elektrischen Felde zeigen würde. Wie bei dem dielektrischen Körper muß auch bei den magnetisierbaren Substanzen zwischen dem magnetischen Induktionsfluß und dem magnetisierenden Kraftfluß unterschieden werden. Das Verhältnis beider ist die Permeabilität, die also dieselbe Rolle im magnetischen Felde spielt, wie die Dielektrizitätskonstante im elektrischen Felde (184).

Wenn man einen Eisenkern in einer Magnetisierungsspule durch einen allmählich ansteigenden Strom magnetisiert und dann durch langsame Schwächung des Stromes wieder entmagnetisiert, so findet man, daß den gleichen Stromstärken bei der Entmagnetisierung eine höhere Magnetisierung des Eisenstabes entspricht, als bei der Magnetisierung. Ist der Strom wieder auf Null gesunken, so ist der Kern noch etwas magnetisch, und man muß, um ihn ganz zu entmagnetisieren, einen Strom von gewisser Stärke in umgekehrter Richtung durch die Spule schicken. Dieses Zurückbleiben des Magnetismus bei auf- und absteigender Magnetisierung bezeichnet man als „Hysteresis“. Sie ist eine Erscheinungsform der Koerzitivkraft, die auch im weichen Eisen, wenn auch nur in geringem Grade, vorhanden ist.

Im Augenblicke der Magnetisierung erleidet ein Eisenstab eine kleine Verlängerung und läßt dabei einen Ton vernehmen. Sein Volumen aber bleibt unverändert.

Beim Magnetisieren und Entmagnetisieren, namentlich bei rasch hintereinander folgenden Wiederholungen dieses Vorganges erwärmt sich der Stab, indem die Koerzitivkraft wie eine Art innerer Reibung wirkt.

247. Para- und Diamagnetismus. Mit Hilfe von Elektromagneten kann man sehr viel stärkere magnetische Felder erzeugen, als mit Stahlmagneten. Durch Anwendung dieser kräftigen Wirkungen gelang es Faraday (1845) nachzuweisen, daß nicht bloß Eisen, Kobalt und Nickel, sondern — allerdings in außerordentlich verschiedenem Grade — auch alle übrigen Stoffe von einem Magneten beeinflusst werden. Dabei fand er, daß sich alle Stoffe in zwei Klassen teilen lassen.

Bringt man ein Stäbchen von Wismut, das, an einem Kokonfaden aufgehängt, wagrecht schwebt, zwischen die Pole eines sehr kräftigen Elektromagnets (Fig. 215, von oben gesehen), so wird es von beiden Polen abgestoßen und stellt sich rechtwinklig zur Verbindungslinie  $NS$  der beiden Pole, während ein Eisenstäbchen sich in die Verbindungslinie  $NS$  der Magnetpole einstellt. Die Verbindungslinie der Pole eines Magnets wird bekanntlich seine Achse,