

Die Hysteresiskurve

Gegenstand:

Unter der Überschrift "Materie im Magnetfeld" werden die Erscheinungen Dia-, Para- und Ferromagnetismus vorgestellt. Für ferromagnetische Stoffe ist das Auftreten eines Hystereseeffektes charakteristisch. Es wird unter anderem der Begriff Restmagnetismus eingeführt.

Mängel:

Nicht nur Schüler, sondern auch Physikstudenten und Physiklehrer sind im Umgang mit den Erscheinungen der Magnetostatik viel weniger sicher als im Umgang mit Phänomenen der Elektrostatik, und das, obwohl die bei Magneten auftretenden Kräfte viel größer und dem Experiment leichter zugänglich sind als elektrostatische Kräfte. Hieran hat unter anderem die Tatsache Schuld, dass man den Ferromagnetismus stets im Zusammenhang mit der Hysteresiskurve vorstellt. Es entsteht beim Lernenden der Eindruck, das Verhalten von Magneten werde durch die komplizierte Hysteresiskurve bestimmt.

Tatsächlich kann man die Hysterese auch auffassen als Ausdruck der Unvollkommenheit magnetischer Materialien. Unter magnetisch perfekten Materialien wollen wir die ideal weichmagnetischen und die ideal hartmagnetischen Stoffe verstehen. Für ideal weichmagnetische Stoffe gilt, dass sie kein Magnetfeld in sich eindringen lassen. In ihrem Innern ist $\mathbf{H} = \mathbf{0}$. Sie stellen damit das Analogon zu Metallen hinsichtlich der elektrischen Eigenschaften dar: Metalle dulden in ihrem Innern keine elektrischen Felder, es ist $\mathbf{E} = \mathbf{0}$. Ideal hartmagnetische Materialien haben die Eigenschaft, dass sie eine bestimmte Magnetisierung haben, und dass sich diese Magnetisierung durch ein von außen angelegtes Feld nicht ändern lässt, es ist $\mathbf{M} = \text{const}$. Genau diese Eigenschaft soll ja ein Dauermagnet haben. Ein Dauermagnet, dessen Magnetisierung sich von außen leicht ändern lässt, wäre ein schlechter Dauermagnet. Tatsächlich lassen sich seit einiger Zeit beide Typen von perfekten Materialien in guter Näherung realisieren. Die Hysterese bringt zum Ausdruck, dass man mit hinreichend starken Feldern einen Dauermagneten eben doch kaputt machen kann bzw. dass das Weicheisen eines Transformators bei zu starker Belastung doch in die Sättigung geraten kann. Unter normalen Bedingungen werden aber diese Erscheinungen keine große Rolle spielen. Mit der Hysterese zu beginnen bedeutet also, mit komplizierten, für viele technischen Anwendungen unvollkommenen Materialien zu beginnen. Es ist so, als würde man das Studium der Feder damit beginnen, dass man sie überdehnt. Auch hier tritt ja ein Hystereseeffekt auf.

Herkunft:

Noch vor wenigen Jahrzehnten war eine Behandlung ferromagnetischer Erscheinungen, die mit der Hysterese beginnt, durchaus angemessen. Die Materialien, die man herzustellen in der Lage war, waren von dem idealen Hart- oder Weichmagneten noch weit entfernt. Dauermagneten ließen sich leicht ummagnetisieren. Bei ungeeigneter Geometrie haben sie nicht einmal ihrem eigenen Feld standgehalten. Es war den Verhältnissen angemessen, die geringe Magnetisierung, die zurückblieb, wenn man das äußere Feld abschaltete, als remanente oder Restmagnetisierung zu bezeichnen.

Entsorgung:

Man beginnt die Diskussion des Magnetismus der Materie mit der Einführung des idealen hartmagnetischen und des idealen weichmagnetischen Materials. Für hartmagnetische Stoffe ist $\mathbf{M} = \text{const}$ und für weichmagnetische $\mathbf{H} = \mathbf{0}$. Die konstante Magnetisierung eines Dauermagneten nennt man nicht diskriminierend Restmagnetismus. Die Hysterese lässt man zunächst ganz weg. Dia- und Paramagnetismus gehören in die Festkörperphysikvorlesung der Universität.