

Praktikum

Grundlagen der Meßtechnik

Versuchsprotokoll für den Versuch

Hysterese



Fachhochschule Fulda
Fachbereich Elektrotechnik

Theoretische Grundlagen

Bei ferromagnetischen Stoffen, wie Eisen, Nickel oder Kobalt gibt es ein physikalisches Phänomen, die Hysterese.

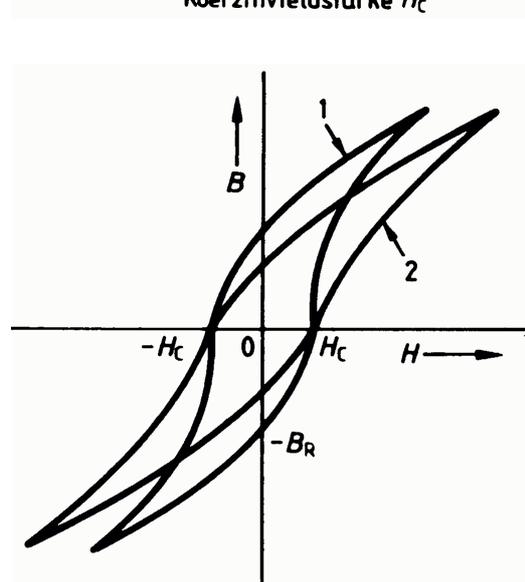
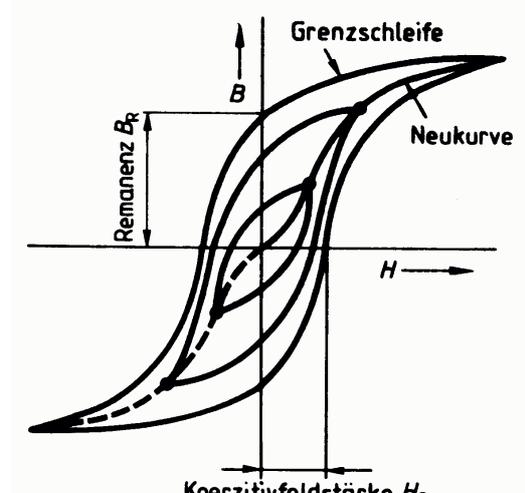
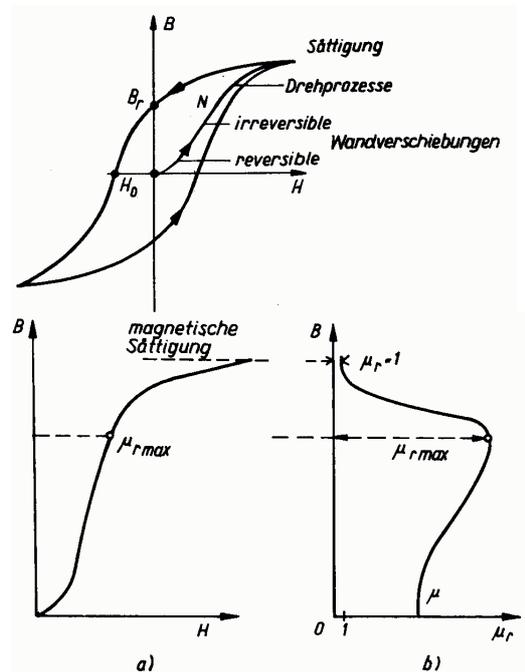
Läßt man in einer Spule mit Eisenkern die Feldstärke H durch Erhöhung des Spulenstroms schrittweise anwachsen, so steigt die Induktion B nicht proportional zu H , sondern zuerst relativ steil und dann langsamer bis zur magnetischen Sättigung, siehe Bild 1. Bei erstmaliger Magnetisierung entsteht die **Neukurve N**.

Ursache: Die Kristallite des Eisens bestehen aus kleinen Domänen (Weißsche Bezirke) einheitlicher Magnetisierungsrichtung, die aber unterschiedliche orientiert sind. Bei Feldstärkenzunahme kommt es am Beginn der Neukurve zu einer anfänglichen **reversiblen** Zunahme günstig zur Feldrichtung gerichteter Bereiche. Im Steilsten Teil der Neukurve wird diese **Irreversibel**. Die damit verbundenen Wandverschiebungen der Weißschen Bezirke werden bei weiterer Felderhöhung im oberen Teil der Neukurve durch **Drehung** (Drehprozeß) der Magnetisierungsrichtung der Bereiche in die Feldrichtung ersetzt.

Bei anschließendem Feldabbau wird die Kurve nicht wieder durchlaufen, sondern ein höherliegender absteigender Ast, da die zuvor eingetretene irreversible Drehung der Domänen z.T. aufrechterhalten bleibt. Durch anschließende zweimalige Feldumkehr entsteht die Hysteresisschleife.

Wichtig sind deren Schnittpunkte mit den Koordinatenachsen. Auch bei verschwindender Feldstärke H , d.h. bei Stromlosigkeit der Spule, ist noch eine beträchtliche remanente Induktion B_r vorhanden. Der Eisenkern ist zu einem permanent Magneten geworden. Um die Remanenz B_r zum Verschwinden zu bringen, ist die Koerzitivfeldstärke H_0 aufzuwenden.

Die Permiabilitätszahl μ_r sinkt dagegen nach Erreichen eines Maximalwertes μ_{rmax} auf den Wert $\mu_r=1$ im Sättigungsbereich, siehe Bild 2. In Bild 3 sind verschiedene Hysteresisschleifen bei verschiedenen Aussteuerungen zu sehen, dies kann z.B. zum annähernd Entmagnetisieren von Eisen nötig sein. Dagegen sieht man in Bild 3 die



Hysteresisschleife eines Eisenkerns mit Luftspalt (2) und ohne Luftspalt (1).

Versuchsdurchführung

Bei der Durchführung des Versuches haben wir die Schaltung, wie in der Versuchsanleitung beschrieben auf (siehe Bild Nebenan). Dabei haben wir versucht, die Temperatur im Eisenkern konstant zu halten, indem wir dies immer über den angeschlossenen Thermostat überwacht haben. Dabei hielten wir die Temperatur bei 23°C stabil.

Bei der Aufzeichnung der Meßwerte konnte nur der Widerstand des Halbleiterplättchens gemessen werden. Die eigentliche Umwandlung der Widerstandswerte in die Feldstärke geschah mit Hilfe eines Graphen, der die Beziehung zwischen R und B festlegte. Alle Werte für B , die größer, wie 0,56T sind wurde der Graph mit Hilfe zweier Meßpunkte linear extrapoliert (siehe folgende Herleitung).

$$y = m \cdot x + b$$

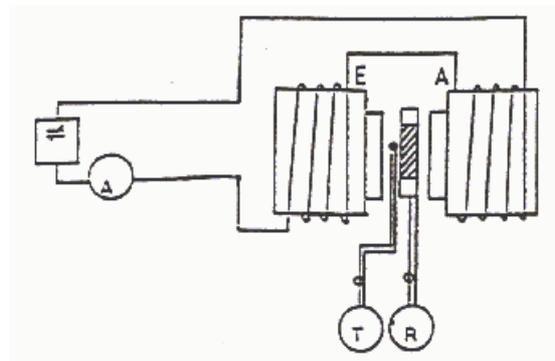
$$0,562T = m \cdot 879\Omega + b$$

$$0,550T = m \cdot 852\Omega + b$$

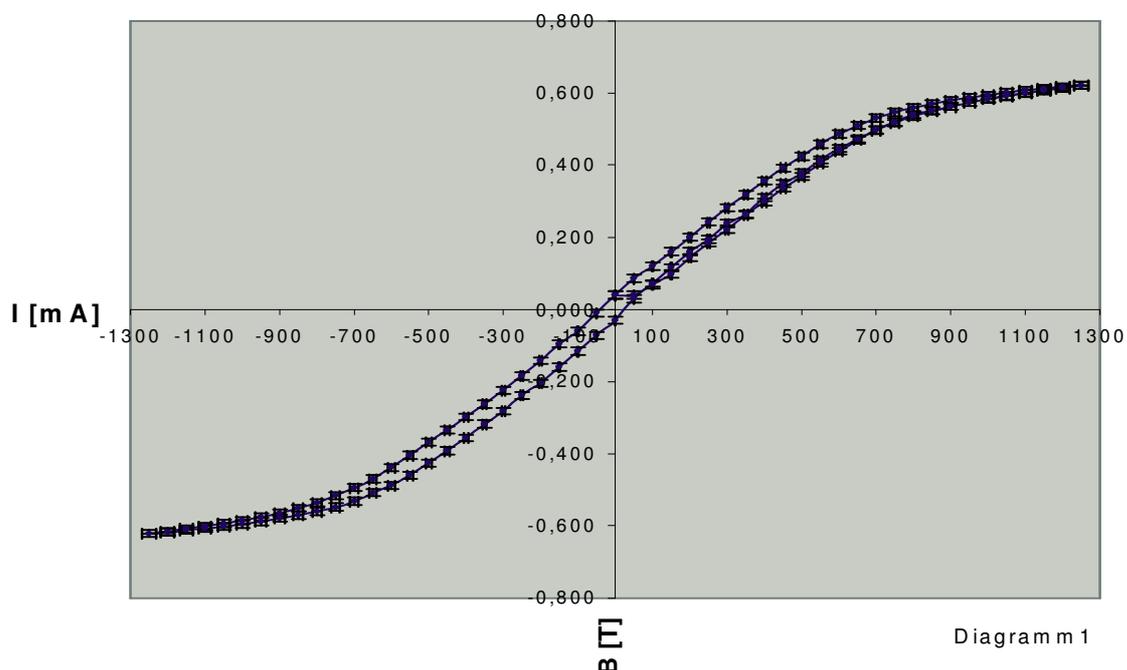
$$0,012T = m \cdot (879 - 852)\Omega \Rightarrow m = \frac{0,012T}{27\Omega} = \frac{1}{2250} \cdot \frac{T}{\Omega}$$

$$\Rightarrow b = 0,562T - \frac{879\Omega}{2250} \cdot \frac{T}{\Omega} = 0,1713T \approx \frac{6}{35}T$$

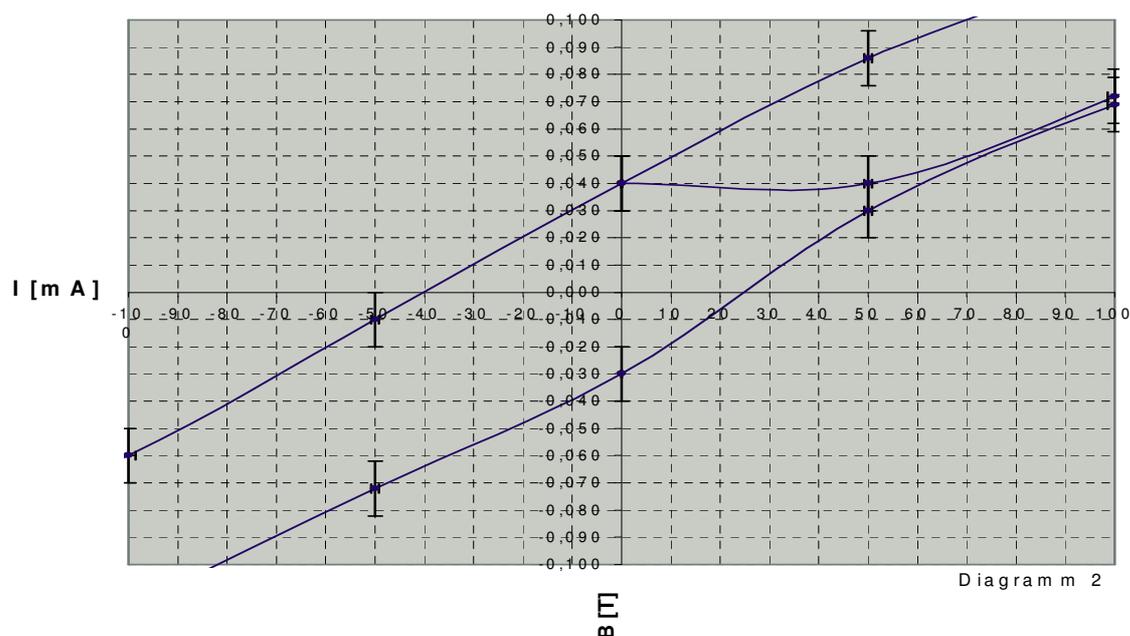
$$\Rightarrow B = \left(\frac{R}{2250} \cdot \frac{T}{\Omega} + \frac{6}{35}T \right) + 95,23 \cdot 10^{-6}T$$



Der Fehler ist vernachlässigbar klein gegenüber dem Ablesfehler von $\pm 0,5\text{mm} \cong \pm 0,01T$. Der Fehler des Labornetzgerätes für die Stromanzeige wird mit 1,5% abgeschätzt.



Bei der weiteren Auswertung sollte die Remanenz B_r und die Koerzitivstrom I_c bestimmt werden. Dafür wurde das Diagramm 1 im Ursprung vergrößert um die Schittpunkte mit den Achsen zu ermitteln. Bei einer normalen Hystereseschleife sollten die Achsenschnittpunkte symetrisch um den Ursprung liegen, da dies hier nicht der Fall ist wird einfach nur das Mittel der beiden Meßwerte genommen und mit den Fehlern verglichen, um die Genauigkeit abzuschätzen.



$$\Rightarrow B_r = (0,03 + 0,04)T / 2 = 0,035T \pm 0,005T$$

$$\Rightarrow I_c = (40 + 25)mA / 2 = 32,5mA \pm 1,5\%$$

Fehlerbetrachtung

Der Fehler für die Strommessung beträgt $\pm 1,5\%$ und der Fehler für die Widerstandsmessung beträgt $\pm 0,15\% + 3\text{Digits}$. Da der Digitfehler bei der Widerstandsmessung überwiegt ($\pm 3\Omega$) wird nur dieser im weiteren betrachtet. Dazu kommt noch der Fehler, der beim Übergang von Widerstand zur Feldstärke auftritt, der hier im mittel mit 1mm Ableseungenauigkeit abgeschätzt wird, das entspricht ca. einem Fehler von 0,002T. In diesem Fehler ist dann auch die Ungenauigkeit des Widerstandes mit einbezogen (Ablesefehler beim Graphen).

Literaturangaben

Für die theoretische Beschreibung wurde folgendes Buch verwendet:

- Taschenbuch der Elektrotechnik und Elektronik; Lindner Bauer Lehmann; Verlag Harri Deutch; 3. Neubearbeitete Auflage 1989

Die verschiedenen Graphen stammen aus dem Buch:

- Tabellen & Schaltungen; Sonderausgabe für die Deutsche Bundespost; G. Häberle; KOHL + NOLTEMEYER & Co. VERLAG GmbH und FRANKFURTER FACHVERLAG GmbH & Co KG; 1990