

Versuch 240 - Hysterese der Magnetisierung von Eisen 14.11.23

Einführung

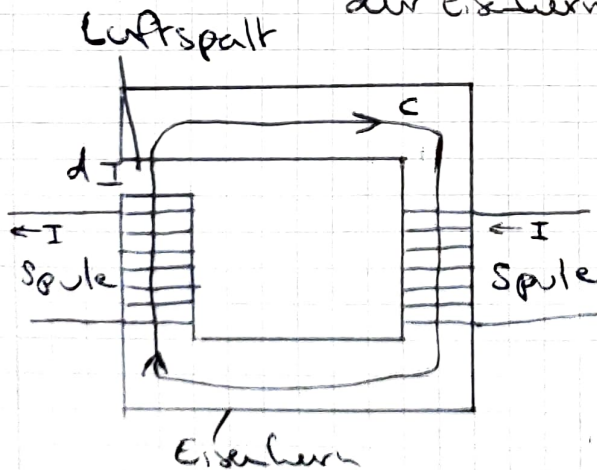
Im Rahmen dieses Versuches beschäftigen wir uns mit der Größe magnetische Flussdichte, der magnetischen Feldstärke und der Magnetisierung, deren Unterschiede und Verfahren^{zu} deren Messung. Dies geschieht durch die Untersuchung von ferromagnetischen Stoffen (Eisen) im Magnetfeld. ✓

Theorie

Wir wollen uns mit dem Verhalten von ferromagnetischen Stoffen beschäftigen. Die Hysteresekurve beschreibt dieses Verhalten abhängig von vorherigen Zustand.

Skizze zur
Hysteresekurve
wie hier
sinnvoll

In unserem Fall beschäftigen wir uns mit einem Eisenkern in der zwei Spulen gewickelt sind. Um den Effekt von Wirbelströmen zu vermeiden, hat die Spule einen Luftspalt.



Im Luftspalt herrscht ein homogenes Magnetfeld \vec{B}_L und es gelten die folgenden Zusammenhänge

$$\vec{B}_{Fe} = \vec{B}_L \quad \text{und} \quad \oint_C \vec{H} d\vec{s} = H_{Fe} \cdot l_{Fe} + H_L \cdot d = NI$$

Und aus $B_{Fe} = B_L = \mu_0 \cdot H_L$ folgt:

$$H_{Fe} = \frac{NI}{l_{Fe}} - \frac{d}{\mu_0 \cdot l_{Fe}} \cdot B_{Fe}$$

, wobei B_{Fe} im Luftspalt zu messen ist.

Um B-Felder zu messen wird eine Hall-Sonde verwendet, welche aus einem flachen streifenförmigen, stromdurchflossenen Leiter besteht. Wird dieser senkrecht von einem B-Feld durchsetzt wirkt auf die Ladungsträger des Stromes die Lorentzkraft

$$F = q \cdot v_d \cdot B$$

v_d = Driftgeschwindigkeit der Elektronen.

Die Ladungsträger werden so auf gekrümmte Bahnen gezwungen, wodurch sich an einem Ende des Plättchens ein Ladungsüberschuss aufbaut, wodurch sich ein E-Feld aufbaut, dass der Lorentzkraft entgegenwirkt.

Daraus ergibt sich eine Hallspannung:

$$U_H = E_b = v_d B b$$

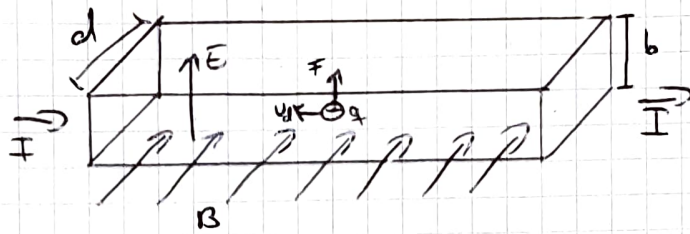
b = Breite des Leiters

und mit dem Strom $I = n \cdot q \cdot v_d \cdot A$

folgt:

$$U_H = \frac{I B}{n q b} = A_H \cdot \frac{I}{d} \cdot B = S_H \cdot B$$

wobei A_H die Hallkonstante und S_H die Sonde empfindlichkeit sind. ✓



Messwerte:

240.3a

$$B_0 = 10 \text{ mT}$$

240.6

Messintervall:

Spulen: $N = 500$

$N_{\text{ges}} =$

$$L = 8 \text{ mH}$$

$$R = 2,5 \Omega$$

$$I_{\text{max}} = 2,5 \text{ A}$$

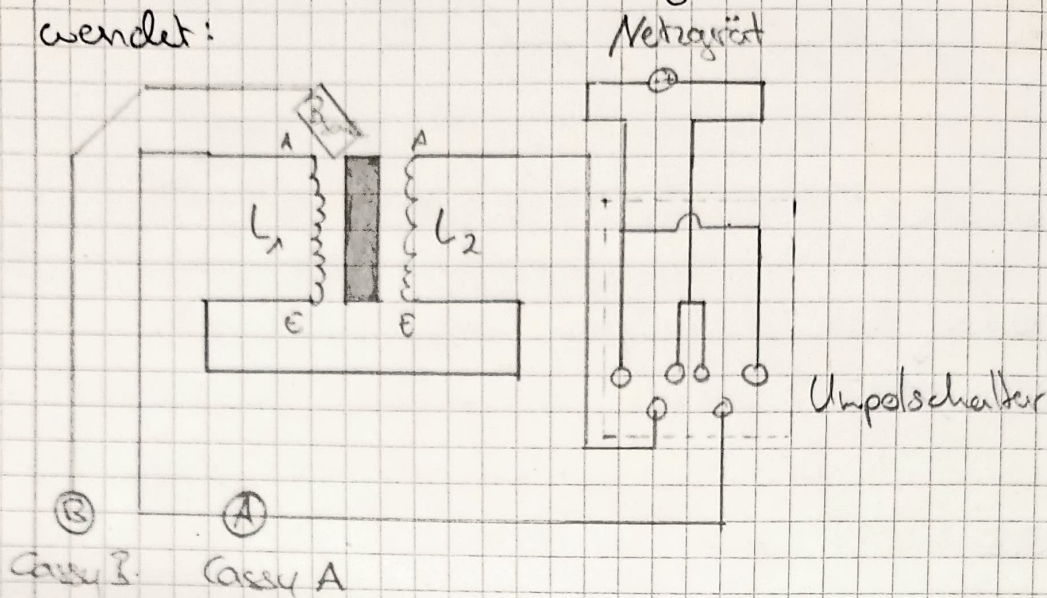
Ergebnis:

$$L = (477 \pm 4) \text{ mH}$$

$$d = (2,00 \pm 0,05) \text{ mm}$$

Durchführung:

Für den Versuch wird folgender Aufbau verwendet:



Vor Beginn der eigentlichen Messung muss der Eisenkern zunächst entmagnetisiert werden. Dazu wird der Spulen-Aufbau zunächst an einen Regelkreis angeschlossen und der Strom sehr rüchig von 0 auf 4 A erhöht und dann wieder auf null A-père geregelt. Dann wird der Strom in eigentlichen Versuch von 3 A auf 3 A und wüchregelt, dann umgepolt und den wieder von 0 auf 3 A und wüchregelt und den erneut auf 3 A erhöht. Das Casy-system misst dabei kontinuierlich I und B in 0,1 s intervallen auf.

Auswertung:

Zunächst bestimmen wir das wahre H im

Eisen:

$$H_{Fe} = \frac{N \cdot I}{l_{Fe}} - \frac{d}{\mu_0 l_{Fe}} \cdot B_{Fe}$$

mit

$$\Delta H_{Fe} = \left[\left(\frac{\partial H_{Fe}}{\partial I} \Delta I \right)^2 + \left(\frac{\partial H_{Fe}}{\partial l_{Fe}} \Delta l_{Fe} \right)^2 + \left(\frac{\partial H_{Fe}}{\partial B_{Fe}} \Delta B_{Fe} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}}$$

und

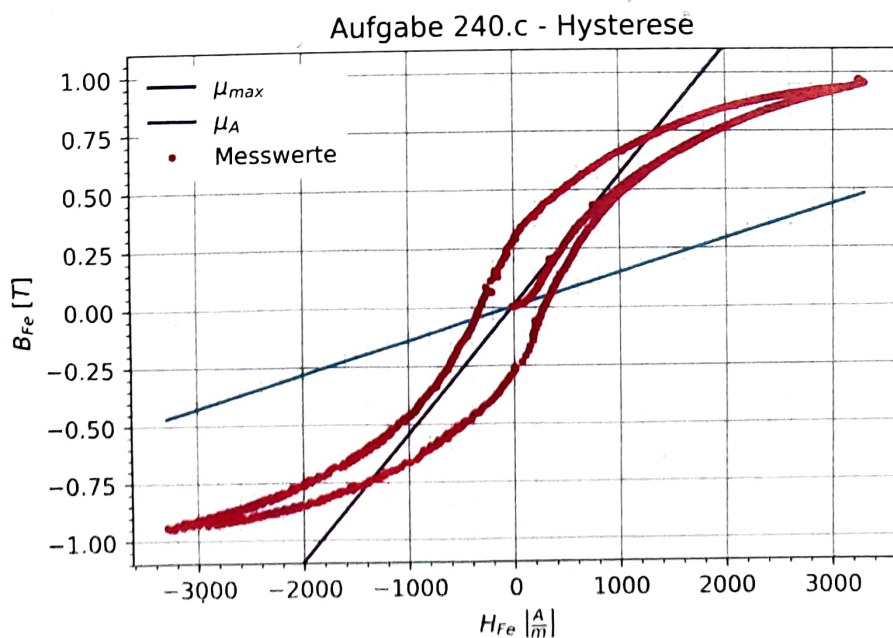
$$N = 1000, l_{Fe} = (47 \pm 4) \text{ mm}, d = (2,06 \pm 0,05) \text{ mm}$$

und der Genauigkeit der Hallsonde:

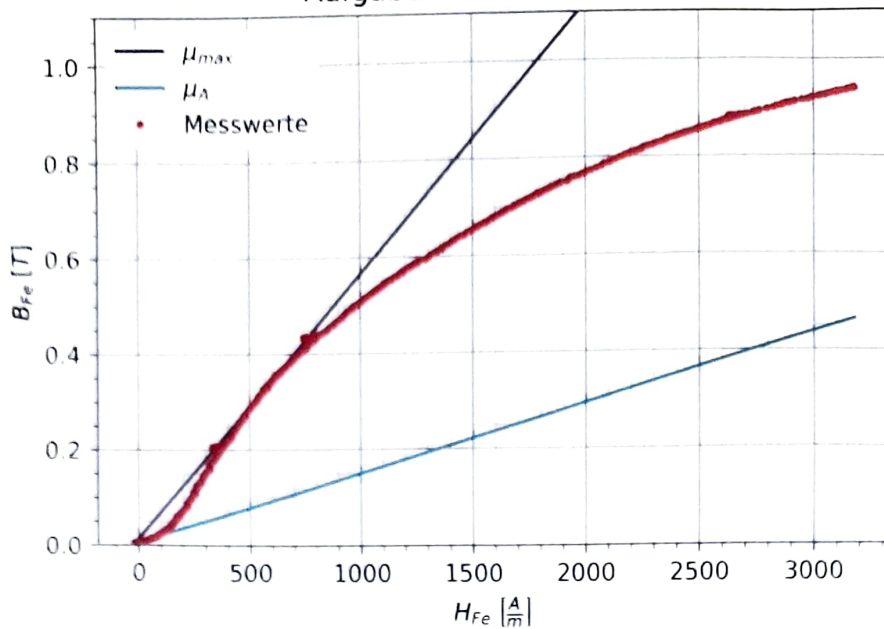
$$\Delta B = B \cdot 3\%$$

$$\Delta I = I \cdot 1\%$$

Von hier die Hysteresekurve und die Neukurve
(jeweils B_{Fe} gegen H_{Fe}) aufgetragen werden.
aus der Neukurve werden dann μ_A und μ_{max}
graphisch bestimmt.



Aufgabe 240.c - Neukurve



Dafür werden Geraden für μ_{max} und μ_A an der Neukurve angelegt, indem zwei passende Punkte aus den Messwerten ausgewählt werden.

Punkte: $\left(\frac{A}{m}\right)$ (T)
 Nullstelle: $(-16,431 | 0,004)$

Anfangssteigung: $(60,014 | 0,015)$

Maximalsteigung: $(631,328 | 0,3455)$

So erhält man zwei Geradengleichungen

$$B_A(H) = (1,44 \pm 0,5) \cdot 10^{-4} \frac{m \cdot T}{A} \cdot H + 63,7 \cdot 10^{-4} T$$

$$B_{max}(H) = (5,52 \pm 0,5) \cdot 10^{-4} \frac{m \cdot T}{A} \cdot H + 131,1 \cdot 10^{-4} T$$

relativ zu μ_0 ergibt sich für die Steigungen:

$$\mu_{A,r} = (114, \pm 50)$$

$$\mu_{max,r} = (435 \pm 50)$$

Bei Vergleich mit Literaturwerten $\mu_A = (300 - 500) \mu_0$ und $\mu_{max} = (2000 - 20000) \mu_0$ fällt auf, dass die gemessenen

Werte deutlich darunter liegen (<https://pironmetals/reisiz>)
Dies könnte daran liegen, dass entweder die Legierung
des Eisens eine andere war als die in der Literatur
oder auch, dass daran, dass es die Festlegung
nur bis auf μ_{Fe} ~~zu entfernen war~~ entfernt wurde.
Ich würde die Werte hier dennoch als richtig
annehmen, da in anderen Literaturquellen
(<https://www.chemie.de/lexika/Permeabilitaet/>) für die
Relativpermeabilität ein Bereich von 300-10000
angegeben wird. So kann man sagen, dass die gemessenen
Werte ungefähr in zu erwartenden Bereich
liegen. OK

Fazit

Die Messungen verliefen sehr reibungslos und unproblematisch
obwohl ~~es~~ für die Entmagnetisierung mehrere Versuche
verwendet wurden. Hierbei konnte sich ein gutes
und umfassendes Verständnis für das Verhalten
ferromagnetischer Stoffe in Magnetfeldern erarbeitet
werden und das Lernziel wurde somit erfüllt.

Die gemessenen Werte μ_{Fe} (114 ± 50) und $\mu_{Fe,Fe}$ (439 ± 50)
liegen in einem erwartbaren Bereich und die Hysteresis-
kurve zeigt die für Eisen charakteristische Form.

Bestanden