

28.11.19

Versuch 240 - Hysterese der Magnetisierung von Eisen

Versuchsbeschreibung

Ziel dieses Versuchs ist es, das Verhalten von Eisen in einem äußeren Magnetfeld zu untersuchen.

Dazu wird zunächst der Aufbau entmagnetisiert.

Die Magnetspulen werden an ein Regeltrafo angeschlossen und der Ausgangsstrom wird kurzzeitig von 0A bis 4A hochgezogen und dann wieder zurück auf 0A.

Mit einer Hallsonde wird eine Kontrollmessung durchgeführt. Anschließend wird \vec{B} im Luftspalt als Fkt. des erregenden Stroms I gemessen bzw.

die Neutkurve & Hysteresekurve werden vermessen.

Aus B & I soll das wahre H berechnet und gegen B aufgetragen werden. μ_A & μ_{max} sind aus dem Diagramm zu bestimmen.

Theorie

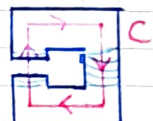
- Für Magnetfeld im Luftspalt gilt aufgrund der Stetigkeitsbedingungen:

$$(240.1) \quad \vec{B}_{FE} = \vec{B}_L$$

\vec{B}_{FE} : Magnetfeld im Eisenkern
 \vec{B}_L : Magnetfeld in Luft

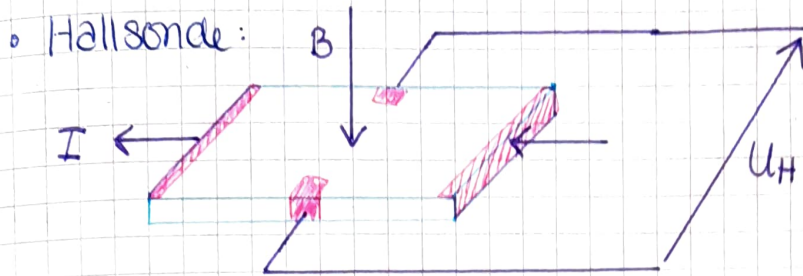
- Ringintegral durch Zentrum d. Eisenkerns:

$$(240.2) \quad \oint_C \vec{H} d\vec{s} = H_{FE} \cdot l_{FE} + H_L \cdot d = NI$$



$$\Rightarrow H_{FE} = \frac{N \cdot I}{l_{FE}} - \frac{d}{\mu_0 \cdot l_{FE}} B_{FE} \quad \text{mit} \quad H_L = \frac{|\vec{B}|}{\mu_0} \quad (240.3)$$

H_{FE} hängt somit von I und B_{FE} ab. Für die Bestimmung des B -Felds wird eine Hallsonde verwendet



+ Lorentzkraft $F = q \cdot v_d \cdot B$ wirkt auf freie Ladungsträger
 → Ladungsträger sammeln sich an Seitenwänden

+ Bildung eines el. Felds, das Lorentzkraft kompensiert

für Spannung zwischen Wänden gilt:

Ansatz:

$$F_{el} = F_L$$

$$q \frac{U_H}{b} = q v B$$

$$= q \cdot E$$

$$U_H = E \cdot b = v_d \cdot B \cdot b \quad (240.5)$$

und

$$I = n \cdot q \cdot v_d \cdot A \quad (240.6)$$

$$\Rightarrow U_H = \frac{I B}{n q d} = A_H \frac{I}{d} B = S_H \cdot B \quad (240.7)$$

v_d : Driftgeschwindigkeit d. Ladungsträger

b : Breite d. Leiters

d : Dicke d. Leiters

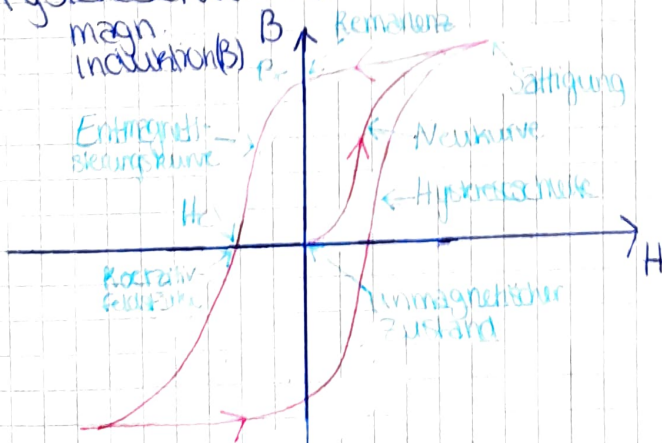
S_H : Sensitivität

A_H : Hallkonstante

n : Ladungsträgerdichte

U_H kann gemessen werden und daraus B bestimmt werden.

• Hysteresekurve:



magn. Feldstärke (H)

Messungen

Aufgabe 240. a

$$B_{01} = 1 \text{ mT}$$

$$B_{02} = 18 \text{ mT}$$

$$B_{02} = (4 \pm 2) \text{ mT}$$

Aufgabe 240. b

An dieser Stelle wird auf die Messdaten verzichtet, da diese zu viel Platz einnehmen würden. Gemessen wurde $t[\text{s}]$, $f[\text{Hz}]$, $I[\text{A}]$, $B[\text{mT}]$ mithilfe von Cassy.

Auswertung - Aufgabe 240. c

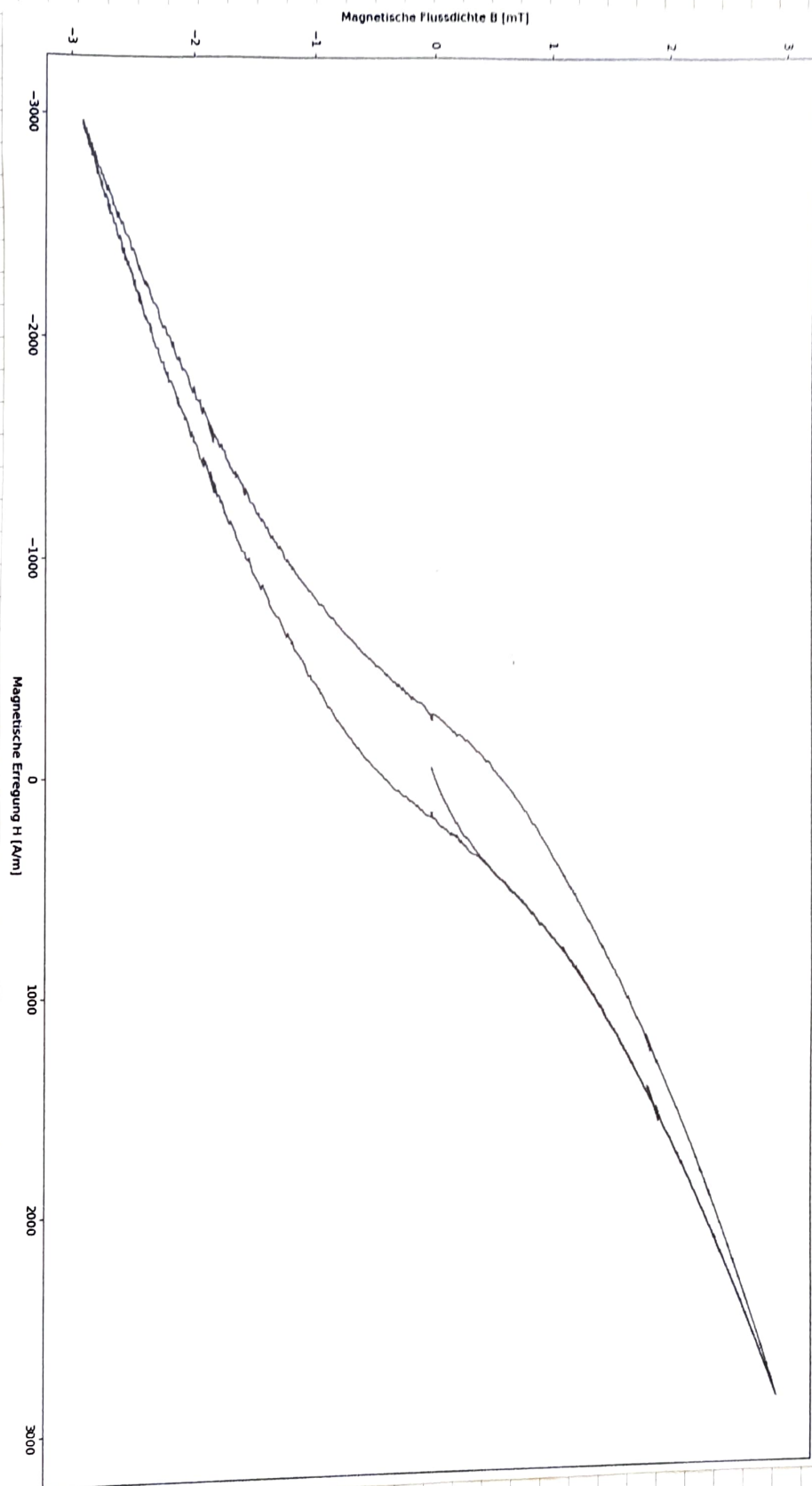
Es ist das wahre $\mu[\text{A/m}]$ im Eisen zu berechnen. B ist gegen H aufzutragen und μ_H und μ_{max} zu bestimmen.

H wurde mithilfe von (240.3) (siehe Theorie-Teil) berechnet. Für Fehler wurde Gauß verwendet.

Auf die ^{konkrete} Aufführung von H werde ich verzichten, da dies zu viel Platz in Anspruch nähme.

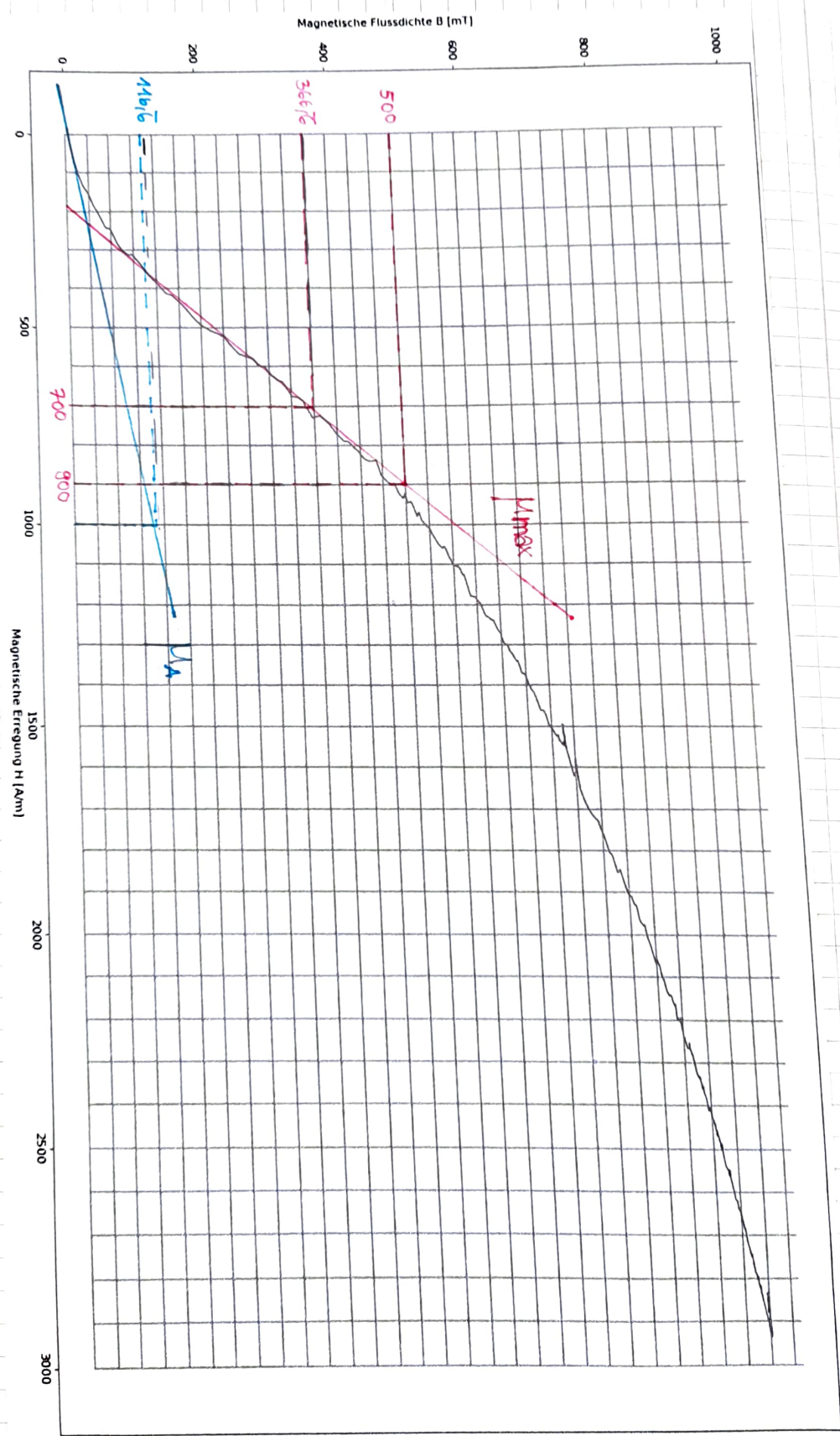
Der Wert B_{02} wurde als Anfangsmagnetisierung abgezogen.

Plot Hysteresis



Für die Bestimmung von μ wird lediglich die Neukurve verwendet, daher habe ich diese noch einmal einzeln geplotet.

Neukurve



μ_A wird aus der Steigung bei 0 berechnet,
 μ_{\max} aus der maximalen Steigung.

μ_A :

$$m \approx 0,117 \frac{\text{mT}}{\text{A/m}} = 1,17 \times 10^{-4} \frac{\text{T}}{\text{A/m}} \approx 92,84 \mu_0$$

Es gilt: $B_{FE} = \mu \mu_0 H_{FE}$ mit $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \frac{\text{Vs}}{\text{Am}}$

$$\Rightarrow m = \mu \mu_0$$

$$\Rightarrow \mu_A = 92,84$$

Fehler: (Gauß)

Die einzelnen Fehler setzen sich zusammen aus

Ablesefehler und Messfehler. Dabei handelt es sich
Um die Fehler auf die zur Bestimmung von
m ermittelten Differenzen.

$$\sigma_H \approx 15 \frac{\text{A}}{\text{m}}$$

$$\sigma_B \approx 10 \text{ mT}$$

$$\Rightarrow \sigma_m = 1,02 \times 10^{-5} \frac{\text{T}}{\text{A/m}} = 8,08 \mu_0$$

$$\Rightarrow \mu_A = (92,84 \pm 8,08)$$

μ_{\max} :

$$m \approx \frac{(500 - 366,7) \text{ mT}}{(900 - 700) \frac{\text{A}}{\text{m}}} = \frac{0,1333 \text{ T}}{200 \frac{\text{A}}{\text{m}}} \approx 6,67 \times 10^{-4} \frac{\text{T}}{\text{A/m}} \approx 530,78 \mu_0$$

$$\Rightarrow \mu_{\max} = 530,78$$

Fehler (Gauß)

$$\sigma_H \approx 15 \text{ mT}$$

$$\sigma_B \approx 10 \text{ mT}$$

$$\Rightarrow \sigma_m \approx 8,21 \times 10^{-5} \frac{\text{T}}{\text{A/m}} = 65,31 \mu_0$$

$$\Rightarrow \mu_{\max} = (530,78 \pm 65,31)$$

Vergleich mit Literaturwerten

Da es sich um einen Weichseisenkern handelt, habe ich die Permeabilität von ARMCO-Eisen verwendet:

$$\mu_A = 300 - 500$$

$$\mu_{\max} = 2000 - 20000 \quad (\text{Quelle: Wikipedia})$$

Weder unser μ_A noch unser μ_{\max} liegt innerhalb dieser Bereiche. Dies kann daran liegen, dass das Eisen evtl. unreiner wahr. Allgemein liegt μ_r für Eisen in einem Intervall von 300 - 10.000 (Quelle: chemie.de). Unser μ_{\max} liegt also innerhalb dieses Bereichs. Der niedrige Wert von μ_A kann am Alter des Kerns liegen, da μ_A mit steigendem Alter abnimmt.

Da $\mu_A, \mu_{\max} \gg 1$ lässt dies auf einen ferromagnetischen Stoff schließen.

Fazit

Ausgrund der großen Abweichungen ist nicht direkt von einem Erfolg zu sprechen. Da die Bereiche allerdings sehr groß und der Eisenkern vermutlich bereits sehr alt ist hat das Experiment trotzdem sinnvolle Ergebnisse geliefert.

Protokoll von 3.12.19