

Versuch 4: Magnetismus

Team 2-13: Jascha Fricker, Benedict Brouwer

1. September 2022

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	2
2	Theorie	2
3	Ergebnisse und Diskussion	2
3.1	longitudinale Konfiguration	2
3.2	Bestimmung von μ_r	5
3.3	transversale Konfiguration	5
4	Diskussion	6

1 Einleitung

In diesem Versuch werden die Eigenschaften des Magnetfelds einer Spule mittels einer Hall-Sonde untersucht. Dabei wird der Einfluss verschiedener Ströme und eines Metallkerns gemessen.

2 Theorie

Nach dem Biot-Savart-Gesetz kann das Magnetfeld (x) auf der Symmetrieachse einer dünnen Ringspule mit Radius R durch die Formel

$$B(x) = \frac{\mu_0 \mu_r N}{2} \cdot \frac{R^2 I}{(x^2 + R^2)^{\frac{3}{2}}} \quad (1)$$

beschreiben werden. Dabei durchfließt die Spule eine Stromstärke I mit einer Windungszahl N . Das Material in der Spule hat eine Permeabilität μ_r (bei Luft $\mu_r = 1$).

Durch Umstellung der Gleichung nach x können bei gegebenem B_{max} die Spulenränder

$$x_{min, max} = \pm \sqrt{\left(\frac{\mu_0 \mu_r N}{2} \cdot \frac{R^2 I}{B_{max}} \right)^{\frac{2}{3}} - R^2} \quad (2)$$

bestimmt werden.

Wenn ein Material in das Spuleninnere gegeben wird, kann das Magnetfeld innerhalb der Spule B_M durch das Magnetfeld B_0 ohne Material und die magnetische Permeabilität μ_r berechnet werden

$$B_M = \mu_r \cdot B_0. \quad (3)$$

Außerdem kann die Magnetisierung

$$M = \chi_m \cdot H = (\mu_r - 1) \cdot \frac{B_0}{\mu_0}. \quad (4)$$

berechnet werden.

3 Ergebnisse und Diskussion

3.1 longitudinale Konfiguration

Die rohen Messwerte der 4x3 verschiedenen Messreihen der longitudinalen Konfiguration wurden im Graph 1 geplottet.

Im Plot 2 wurde die Magnetfeldstärke abzüglich der Hintergrundmagnetisierung aufgetragen und gespiegelt. Anschließend wurde die Funktion 1 auf die Messwerte außerhalb der Spule gefittet und auch aufgetragen. Mit einem

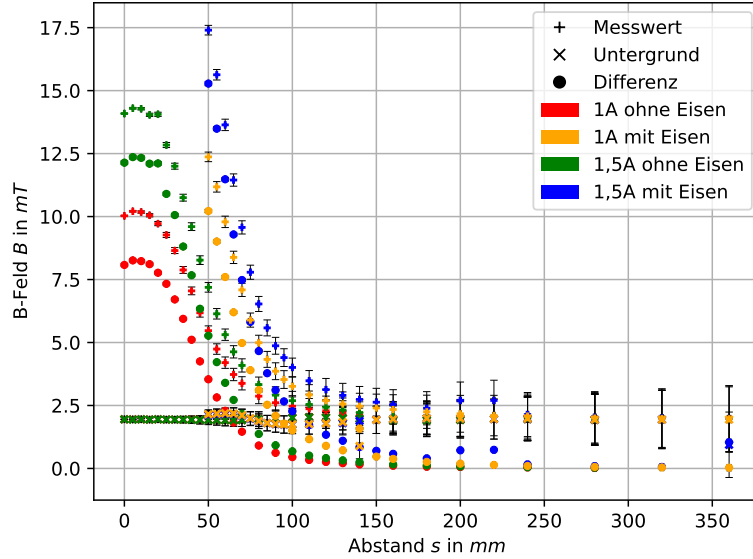


Abbildung 1: Messwerte der longitudinalen Konfiguration

abgelesenen B_{max} und den gefitteten parametern wurden die Spulenränder berechnet. Diese werden als vertikale Balken in dem Graphen dargestellt. Die Ergebnisse des Fits und die errechneten Werte sind in Tabelle 1 aufgelistet. Die gleiche Auswertung der Messreihe mit 1,5A Stromstärke ist im Graph 3 dargestellt.

Bei beiden Messreihen ist es erstaunlich, wie stark I_{eff} von der eingestellten Stromstärke abweicht. Die Abweichung ist aber bei beiden Messreihen in sich konsistent. Auch der gefittete Radius R_{eff} ist bei beiden Messreihen konsistent. Nur die Länge der Spule ist bei unterschiedlich. Dies kann aber auch daran liegen, dass die Abweichungen vom Biot-Savart-Gesetz mit der Stromstärke skalieren, und so der homogene Bereich des Magnetfeldes größer wird.

Parameter	Wert mit 1A	Wert mit 1,5A
B_{max}	8, 26mT	12, 3mT
R_{eff}	35, 6mm	35, 8mm
I_{eff}	0, 74A	1, 10A
x_{min}	25, 9mm	35, 8mm
x_{max}	-25, 9mm	-35, 8mm

Tabelle 1: Ergebnisse Aufgabe 5.2.2

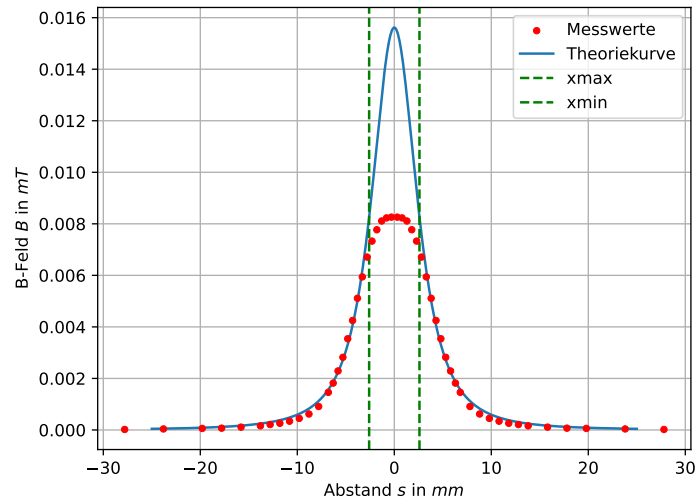


Abbildung 2: Fit der longitudinalen Konfiguration 1 Ampere

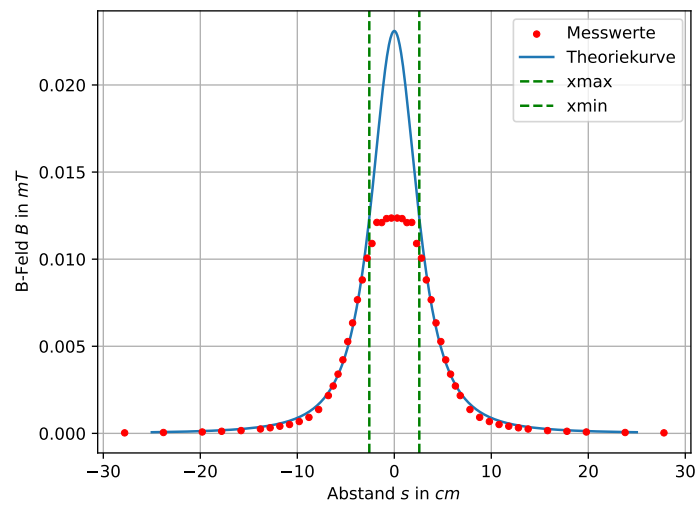


Abbildung 3: Fit der longitudinalen Konfiguration 1,5 Ampere

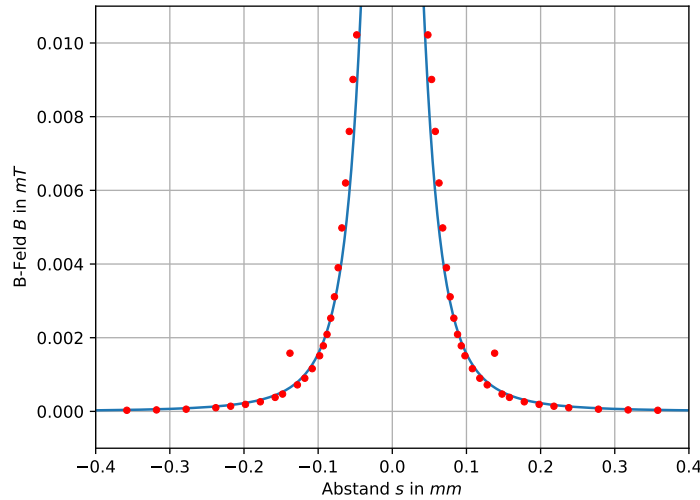


Abbildung 4: Fit der Permeabilitätsmessung

3.2 Bestimmung von μ_r

Mit den in 1 aufgelisteten Ergebnissen, kann die Funktion 1 mit einem freien Parameter μ_r auf die Messwerte der longitudinalen Konfiguration gefittet werden 4. So kann $\mu_r = 2.64$ bestimmt werden. Daraus folgt, dass es sich um einen stark paramagnetischen Stoff handelt, der vermutlich ein Legierung aus einem ferromagnetischen Stoff wie Eisen und einem paramagnetischen Stoff wie z.B. Magnesium ist. Nun kann die Magnetisierung der Spule mit Metallkern mittels 4 und die maximale magnetische Feldstärke der Spule mittels 3 berechnet werden.

$$B_M = 21.80 \text{ mT} \quad (5)$$

$$M = 10779 \text{ A m}^{-1} \quad (6)$$

3.3 transversale Konfiguration

Die gemessenen Daten der transversalen Konfiguration wurden im Graph 5 geplottet. Genauso wie bei der longitudinalen Konfiguration fällt das Magnetfeld mit größerem Abstand ab, beide fallen sogar ungefähr gleich schnell ab, nur ist erstaunlicherweise der Startwert der transversalen Messung mit 10mT direkt an der Seite der Spule größer als der Wert der longitudinalen Messung direkt in der Spule, der etwa 8mT beträgt.

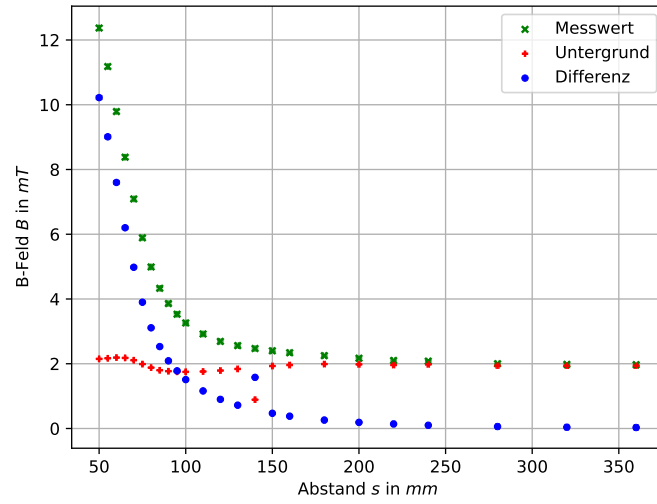


Abbildung 5: Messwerte transversale Konfiguration

4 Diskussion