

VERSUCHSBERICHT ZU

O4 - MAGNETO-OPTISCHER
KERR-EFFEKT

Gruppe 14Mo

Alexander Neuwirth (E-Mail: a_neuw01@wwu.de)
Leonhard Segger (E-Mail: l_segg03@uni-muenster.de)

durchgeführt am 25.06.2018
betreut von
Marcel Holtmann

1. Juli 2018

Inhaltsverzeichnis

1	Kurzfassung	3
2	Methoden	3
3	Ergebnisse und Diskussion	4
3.1	Beobachtung und Datenanalyse	4
3.1.1	Unsicherheiten	4
3.1.2	Bestimmung des Magnetfelds	4
3.1.3	Messung der Hysterese	5
3.2	Diskussion	7
4	Schlussfolgerung	7

1 Kurzfassung

2 Methoden

In Abb. 1 ist der Versuchsaufbau dargestellt. Dabei befindet sich eine Probe aus einem Cobalt/Platin-Schichtsystem in einem Magnetfeld, das von zwei Spulen zwischen zwei Polschuhen aufgebaut wird. Zunächst wird das Magnetfeld am Ort der Probe in Abhängigkeit vom durch die Spulen fließenden Strom gemessen, indem anstelle der Probe eine Hall-Sonde zwischen die Polschuhe gebracht wird. Diese wird in einem Winkel von ca. 45° zur Strecke, die die Polschuhe verbindet, positioniert.

Dann wird die Probe zwischen die Polschuhe gebracht und ein Laser durch einen Polarisationsfilter als Polarisator auf die Probe gerichtet. Ein weiterer Polarisationsfilter wird als Analysator mit einem Polarisationswinkel von 45° zum Polarisator in den reflektierten Strahl gebracht.

Ein Lichtsensor wird so aufgestellt, dass der Strahl in ihm endet.

Die vom Lichtsensor gemessene Intensität wird in Abhängigkeit vom Spulenstrom aufgenommen. Dabei ist der Raum durch einen Vorhang abgedunkelt.

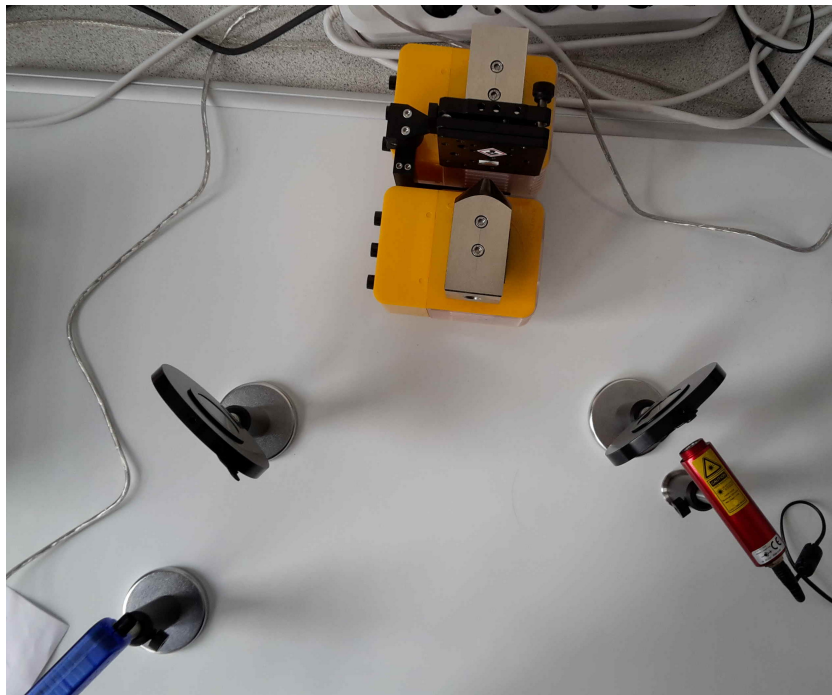


Abbildung 1: Elemente des Aufbaus des Experiments. Ein linear polarisierter Laserstrahl trifft auf eine Probe aus einem Cobalt/Platin-Schichtsystem, die sich in einem Magnetfeld befindet. Der reflektierte Strahl trifft durch einen Polarisationsfilter in einen Lichtsensor. Aus Übersichtsgründen sind keine Kabel angeschlossen. Die optischen Komponenten sind nicht justiert.

3 Ergebnisse und Diskussion

3.1 Beobachtung und Datenanalyse

3.1.1 Unsicherheiten

Die Unsicherheiten werden gemäß GUM ermittelt. Außerdem wird für Unsicherheitsrechnungen die Python-Bibliothek „uncertainties“ verwendet.

Amperemeter/Multimeter: Der Messwert des Betriebsstroms der Spulen wird auf einem Multimeter abgelesen. Das Multimeter zeigt die Stromstärke mit zwei Nachkommastellen an. Es ergibt sich also eine Unsicherheit von 3 mA (rechteckige WDF).

Hallsonde: Die Stärke des Magnetfelds wird mit einer Hallsonde gemessen. Die Messwerte schwankten in der fünften Nachkommastelle, sodass eine Unsicherheit von $30 \mu\text{T}$ angenommen wird.

Photodiode: Die relative Intensität des Lichts wird mit einer Photodiode gemessen. Die Unsicherheit bei dieser Messung wurde mit 0,1 abgeschätzt.

3.1.2 Bestimmung des Magnetfelds

Die Stärke des Magnetfelds an der Position der Probe wurde mit der Hallsonde in einem Winkel $\theta = 45^\circ$ gemessen. Für ein $\theta = 90^\circ$ ergab sich $\vec{B}_{\text{Mess}} = 0,1 \text{ mT}$. In Abb. 2 sind die Winkelverhältnisse dargestellt. \vec{B} ist das Magnetfeld senkrecht zur Probenoberfläche. \vec{B}_{Hall} zeigt die Richtung der Hallsonde an. Der Messwert $|\vec{B}_{\text{Mess}}|$ ist die Projektion von \vec{B} auf \vec{B}_{Hall} :

$$|\vec{B}_{\text{Mess}}| = \vec{B} \cdot \frac{\vec{B}_{\text{Hall}}}{|\vec{B}_{\text{Hall}}|} = |B| \cdot \cos(\theta) \quad (1)$$

Mit $\theta = (45 \pm 2)^\circ$ folgt also $B = (\sqrt{2} \pm 0,05) \cdot B_{\text{Mess}}$.

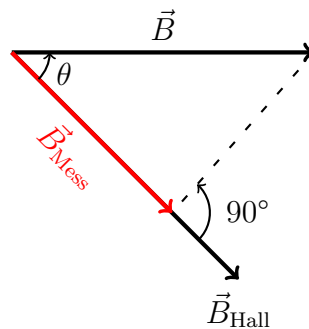


Abbildung 2: Skizze zur Veranschaulichung der Messung des Magnetfelds in Abhängigkeit vom Stromfluss durch die Spulen.

Die Messergebnisse sind in Abb. 3 dargestellt. Da ein linearer Zusammenhang erwartet wurde, wurde ein linearer Fit berechnet. Der y-Achsenabschnitt b ist vernachlässigbar klein, sodass sich als Proportionalitätsfaktor zwischen Stromstärke und B-Feld $a = (-0,0532 \pm 0,0001) \text{ T/A}$ ergibt.

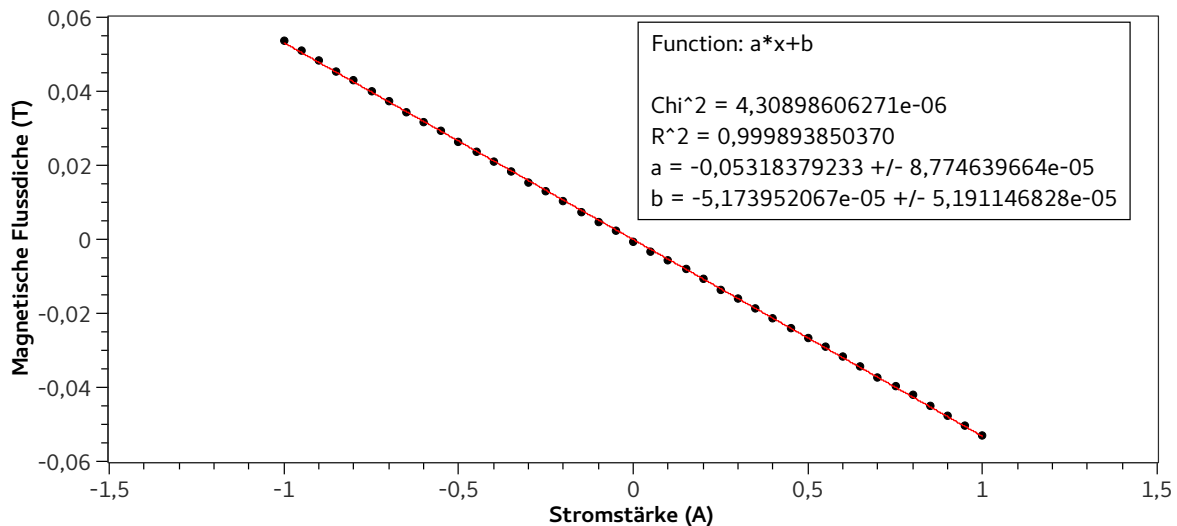


Abbildung 3: Die gemessene senkrechte magnetische Flussdichte ist gegen den Betriebstrom der Spulen aufgetragen. Die Unsicherheiten sind kleiner als die Symbole.

3.1.3 Messung der Hysterese

Aus der Einführung ist bekannt, dass die Lichtintensität proportional zur Magnetisierung ist. Die Stärke des magnetischen Felds ergibt sich aus dem in Abschnitt 3.1.2 bestimmten Proportionalitätsfaktor und aus dem Strom, der durch die Spulen fließt.

Die erste durchgeführte Messung ergab keinen stetigen Verlauf der Magnetisierung. Die relative Intensität ist zwischen verschiedenen Werten ohne erkennbaren Bezug zum angelegten Magnetfeld gesprungen. Es zeigte sich, dass die Messwerte besser sind, wenn der Raum verdunkelt ist. Des Weiteren wurde beobachtet, dass die Messwerte der Photodiode um ca. $\pm 0,2$ schwanken, wenn man an den Tisch stößt.

Die so gemessene Hystereseschleife ist in Abb. 4 und Abb. 5 dargestellt. Vor der Messung in Abb. 4 wurde ein negatives Magnetfeld angelegt und dann die Veränderung der Magnetisierung bei steigendem Magnetfeld aufgezeichnet. Es zeigt sich ein scheinbarer Anstieg der Magnetisierung in einem Bereich von $(-0,02 \pm 0,02) \text{ T}$. Dieser fällt allerdings wieder auf den bereits bei $-0,055 \text{ T}$ gemessenen Wert zurück. Bei $(0,030 \pm 0,001) \text{ T}$ ist ein deutlicher Sprung in der Magnetisierung und bei noch stärkeren Magnetfeldern scheint sich die Magnetisierung nicht mehr zu ändern.

Direkt darauf wurde die Messung für ein abnehmendes Magnetfeld in Abb. 5 durchgeführt. Nach einem langsam linearen Abnehmen der Magnetisierung zeigt sich ein deut-

licher steiles Abfallen bei $(0,026 \pm 0,020)$ T.

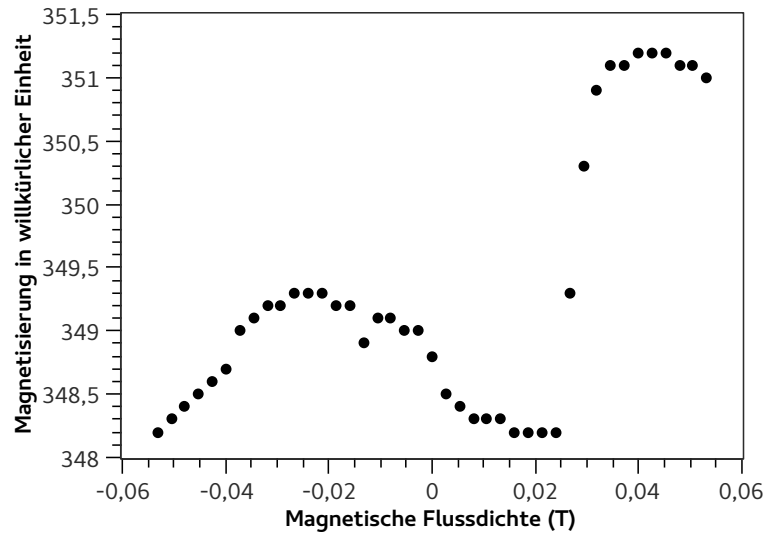


Abbildung 4: Die Magnetisierung, die durch die Messung der Umpolarisierung des einfallenden linear polarisierten Lichts gemessen wird, ist gegen die magnetische Flussdichte aufgetragen. Zu nächst wurden ein negatives Magnetfeld angelegt, dieses wurde bis auf Null abgeschwächt und darauf ein positives Magnetfeld gesteigert. Die Unsicherheiten sind kleiner als die Symbole.

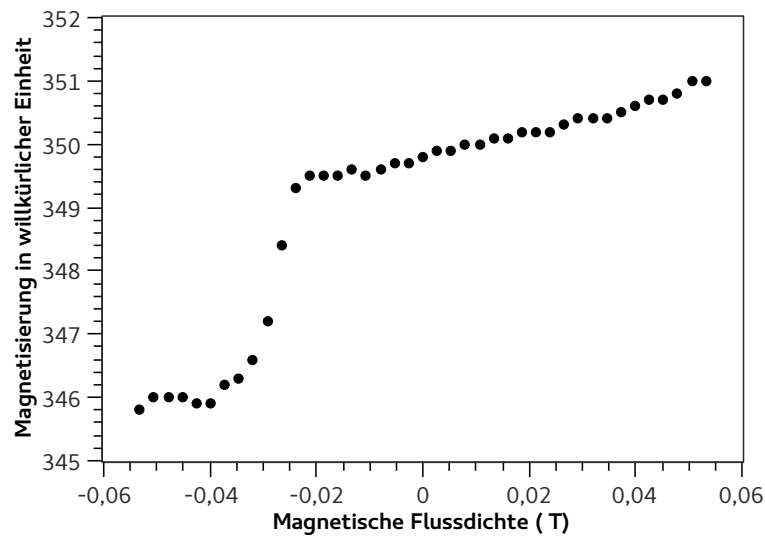


Abbildung 5: Die Magnetisierung, die durch die Messung der Umpolarisierung des einfallenden linear polarisierten Lichts gemessen wird, ist gegen die magnetische Flussdichte aufgetragen. Zu nächst war ein positives Magnetfeld angelegt, dieses wurde bis auf Null abgeschwächt und darauf ein negatives Magnetfeld gesteigert. Die Unsicherheiten sind kleiner als die Symbole.

3.2 Diskussion

4 Schlussfolgerung