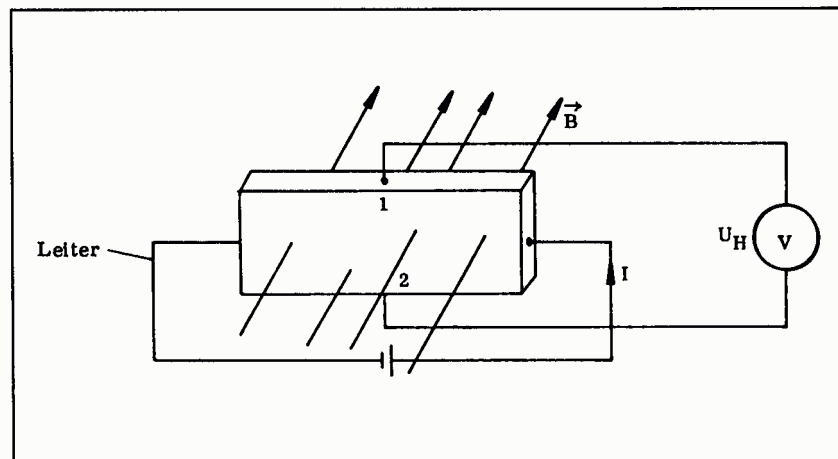


Theoretische Grundlagen

Wird ein stromdurchflossener Leiter senkrecht zur Stromrichtung von einem homogenen Magnetfeld durchsetzt, so tritt zwischen den gegenüberliegenden Anschlußstellen 1 und 2 eine Spannung auf.



Die bewegten Ladungsträger erfahren im homogenen Magnetfeld eine Lorentzkraft.

$$\vec{F}_L = q(\vec{v} \times \vec{B})$$

Dadurch werden die Ladungsträger getrennt. Dies führt zwischen 1 und 2 zu einem elektrischen Feld, welches wiederum eine Spannung zwischen 1 und 2 zur Folge hat, die Hall-Spannung genannt wird. Im folgenden wird diese Spannung mit U_H abgekürzt. Will man U_H bestimmen muß man für die Herleitung einen Kräfteansatz wählen, der F_C für den kapazitiven Effekt und F_L für die Lorentzkraft enthält.

$$\begin{aligned} \vec{F}_C &= \vec{F}_L \\ \vec{E}_H \cdot q &= q \cdot (\vec{v} \times \vec{B}) \\ \frac{\vec{U}_H}{b_{12}} \cdot q &= q \cdot (\vec{v} \times \vec{B}) \\ \vec{U}_H &= (\vec{v} \times \vec{B}) \cdot b_{12} \\ U_H &= c \cdot B \end{aligned}$$

wobei $c = \text{konstant}$

Da U_H nur noch von der Geschwindigkeit der Elektronen (also dem fließendem Strom) und dem Abstand b_{12} zwischen 1 und 2 abhängt, kann eine Hall-Sonde (die auf diesem Effekt beruht) sehr leicht mit einem magnetischen Feld bekannter Flußdichte B geeicht werden. Somit ist die Flußdichte von anderen Magneten oder Spulen mit einer abgeglichenen Hall-Sonde sehr leicht zu bestimmen.

Bei der praktischen Messung von U_H verwendet man normalerweise einen dotierten Halbleiter, da bei einem von außen angelegtem B -Feld die freie Ladungsträger so driften, daß das kapazitive Verhalten auch ohne Stromfluß auftritt. Darüber hinaus sind Halbleiter durch eine klare Schnittstelle zwischen den Zuleitungen und der Sensorenfläche ausgezeichnet, welches unerwünschte Einflüsse der Zuleitungen minimiert.

Versuchsdurchführung

Versuchsaufbau und Programmbeschreibung

Bevor mit der Messung und der Programmerstellung begonnen werden konnte, mußten die Meßgeräte der Reihe nach eingeschaltet werden: zuerst der Computer, dann die Sensorsteuerung und zuletzt die Robotersteuerung. Danach wurde die Sonde kalibriert. Dazu wird sie in das dafür vorgesehene Loch in der Sensorsteuerung gesteckt und dann über eine Menueauswahl abgeglichen.

Bei unserem Versuch wurde die Flußdichte um eine Spule mit 1200 Windungen in der x-z-Ebene vermessen. Die Messung an der Spule wurde mit dem dreidimensionalen Roboterarm ISEL durchgeführt. Dabei verwendeten wir die Programmbefehle von Isabel auf Matlab. Die Ansteuerung des Roboterarmes ist mit den folgenden zwei Programmen realisiert worden.

Programm guido1.m:

```

01 iselinit; %Initialisierung des Roboters
02 iselref; %Referenzfahrt des Roboters zum 0 Punkt
03 iselgo([110,175,155], 'mm'); %Fahrt vor die Spule (absolut Koordinaten)
04 iselmove([45,0,0], 'mm'); %Fahrt in die Spule (relativ Koordinaten)
05 iselorig; %Neuer Ursprung für absolut Koordinaten
06 iselmove([-45,0,0], 'mm'); %Fahrt aus der Spule
07 radius=55:2.5:100; %Vektor für Radien der Kreisbahnen
08 deg=[0:4:180]*pi/180.0; %Vektor für angesteuerte Winkel
09 b=[]; %Reinitialisieren des Ergebnismatrize
10 iselmove([0,0,-radius], 'mm'); %Fahrt neben die Spule (relativ)
11 for rad=radius %Schleife für die Kreisbahnen
12 br=[]; %Reinitialisieren des Zwischenvektors
13 for d=deg %Schleife für die Winkel pro Kreisbahn
14 z=-rad*cos(d); %Berechnung der z-Koordinate (absolut)
15 x=-rad*sin(d); %Berechnung der x-Koordinate (absolut)
16 iselgo([x 0 z], 'mm'); %Absolute fahrt zu den Meßpunkten
17 br=[br bellch(1)]; %Ablegen der Meßwerte in Vektor br
18 end %Ende der inneren Schleife
19 iselmove([-rad, 0,0], 'mm'); %Bewegung des Roboters aus Gefahrenzone
20 r=2*rad;
31 iselmove([0,0,-r], 'mm');
32 b=[b;br]; %Meßergebnisse in Matrize b ablegen
33 end %Ende der äußeren Schleife
34 iselref; %Mit Referenzfahrt Roboter an alte Ausgangsposition gefahren
35 guido2; %Aufruf des Graphikunterprogramms guido2
36 save a:\guido3.dat; %Ablegen der Meßergebnisse in eine Datei
37 save a:\guido4.dat deg radius b;

```

Programm guido2.m:

```

01 surf(deg, radius, b, gradient(b));
02 colorbar, colormap(jet), view([30,25]);
03 set(gca, 'CameraViewAngleMode', 'manual', 'GridLineStyle', '-');
04 xlabel('deg [Grad] \rightarrow'), ylabel('radius [mm] \rightarrow');

```

```
05 xlabel('B [Gauss] \rightarrow');
```

Das Programm wurde in zwei Teilprogramme unterteilt, um die Graphikauswertung aus dem Hauptprogramm zu entkoppeln. Dies hat Vorteile bei der graphischen Auswertung, da die Messungen nicht erneut durchgeführt werden müssen, wenn die graphische Ausgabe geändert werden soll. In den Programmzeilen 1-10 von *guido1.m* ist der neue Koordinatenursprung in das Zentrum der Spule gesetzt. Dabei mußte man mit der Sonde direkt in die Spule fahren, was sich für den Anfang als etwas kompliziert herausstellte, da der Roboter die x- und z-Bewegung synchron ausführte und anschließend erst die y-Bewegung. Bei direkter Anfahrt des Spuleninneren wäre eine Kollision zwischen Sonde und Spule unausweichlich gewesen. Deswegen wurde die Bewegung in mehrere Schritte unterteilt. Aus demselben Grund sind die Zeilen 19 – 21 eingefügt worden. Die Schleifen in den Zeilen 11 – 33 sind für die Halbkreisbewegungen um den Spulenmittelpunkt, wobei die x und z Koordinaten jedes Mal zum Spulenzentrum absolut in den Zeilen 14 und 15 neu berechnet werden.

Auswertung der Graphik

In der Graphik, die unter Matlab mit dem Programm *guido2.m* erzeugt worden ist, kann man die Abhängigkeit der magnetischen Feldstärke in Abhängigkeit des Ortes sehen, wobei auf der mittleren Achse der Winkel im Bogenmaß angegeben ist (ACHTUNG: Fehler in der Achsenbeschriftung), auf der rechten Achse der Radius von den Halbkreisen zu entnehmen ist und die linke Achse die Feldstärke in Gauss enthält.

Die Spulenöffnung zeigt hier in Richtung $\frac{1}{2}\pi$. Somit ist auch an dieser Stelle die Feldstärke am größten und fällt in Richtung Flanken sehr stark ab, was man auch durch die farblich markierten Steigungen sehr schön sehen kann. In der x-Richtung, d.h. in Richtung Radius, kann man erkennen, das Feld mit $1/r$ abnimmt. Dies sieht man am deutlichsten, wenn man es sich bei $\frac{1}{2}\pi$ ansieht.

Fehlerbetrachtung

Eine separate Fehlerbetrachtung ist nicht möglich, da die Genauigkeit der Schrittmotoren des Roboters in mm Eichung nicht bekannt ist. Allerdings ist der Fehler, der dabei gemacht wird nicht sehr groß, da die Koordinaten immer absolut zu neuen Ursprung angefahren wurde. Somit ist zu erwarten, daß der Fehler immer gleich groß ist oder sich sogar herausmittelt.

Die Hallsonde selber wurde vor Beginn des Versuches kalibriert und als hinreichend genau angesehen. Der Fehler der hierbei gemacht wird kann außerdem als konstant angesehen werden.

Eine weitaus größere Fehlerquelle steckt im Programm, da hier vergessen wurde, eine Pause vor den Messungen zu machen, damit die Ausgleichsvorgänge in der Sonde vonstatten gehen können. Diese Pause müßte zwischen die Zeilen 16 und 17 in *guido1.m*. Der dazu nötige Befehl lautet: `Pause(1)` und fügt eine Pause von einer Sekunde ein. Damit müßten die Ausgleichsvorgänge abgeklungen sein.

Verwendete Literatur

- FOS TRAINING Physik 1; Lehmann, Schmidt; Stark Verlagsgesellschaft 1984

- Grundlagen der Halbleiter-Elektronik; R. Müller; Springer-Verlag 1983