

# Das Magnetfeld in einer Spule

Wenn durch ein Kabel elektrischer Strom fließt, wird um das Kabel ein magnetisches Feld erzeugt. Betrag und Richtung des Feldes sind abhängig von der Form des Kabels und der Richtung sowie dem Betrag des Stromes durch das Kabel. Liegt das Kabel als Kreis, ist das Feld nahe der Mitte des Kreises senkrecht zum Feld des Kreises. Ist das Kabel ein paar Mal im Kreis aufgewickelt, um eine Spule zu formen, steigt das magnetische Feld in der Mitte an.

In diesem Experiment werden Sie untersuchen, wie das magnetische Feld in Zusammenhang steht mit der Anzahl der Wicklungen und dem Strom durch die Spule. Mithilfe eines Magnetfeld-Sensors werden Sie das Feld in der Mitte der Spule aufspüren. Eine Komplikation, die berücksichtigt werden muss ist, dass der Sensor auch das Magnetfeld der Erde und durch elektrischen Strom oder Metalle hervorgerufene lokale Magnetfelder in der Nähe des Sensors registriert.

## LERNZIELE

- Mithilfe eines Magnetfeld-Sensors das Feld in der Mitte der Spule messen
- Bestimmen der Beziehung zwischen Magnetfeld und Anzahl der Wicklungen einer Spule
- Bestimmen der Beziehung zwischen Magnetfeld und dem Strom durch eine Spule
- Untersuchen des Erdmagnetfeldes im Klassenzimmer

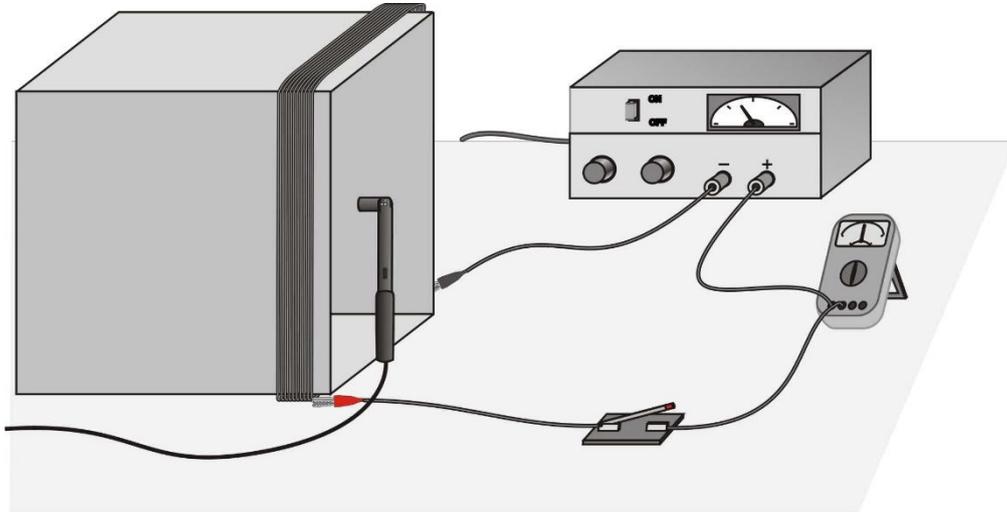


Abbildung 1

## MATERIAL

Computer  
Vernier Computerschnittstelle  
Logger *Pro*  
Vernier Magnetfeld-Sensor  
regulierbare Spannungsversorgung

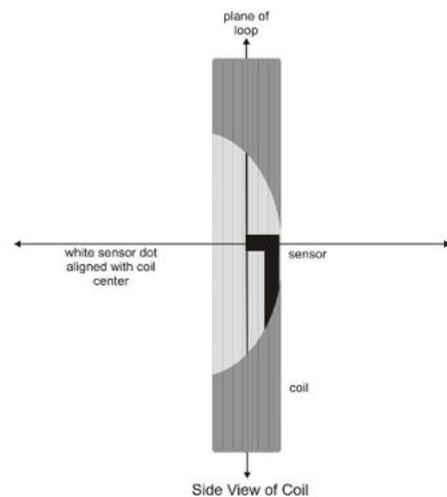
Quadratischer oder kreisförmiger Rahmen  
Strommessgerät  
Tastschalter  
magnetischer Kompass  
lange Rolle isolierten Drahtes (mind. 12 m)

## VORBEREITENDE TÄTIGKEITEN

1. Verbinden Sie den Vernier Magnetfeld-Sensor mit *Channel 1* der Schnittstelle. Stellen Sie den Schalter des Sensors auf 0.3 mT (hohe Verstärkung).
2. Wickeln sie den langen isolierten Drahts den Draht zehnmal um den Rahmen oder die Box, so dass eine Spule mit zehn Wicklungen entsteht.
3. Verbinden Sie Spule, Schalter, Strommessgerät und Spannungsversorgung, wie in Abbildung 1 zu sehen ist. Besitzt Ihre Spannungsversorgung ein präzises internes Strommessgerät, dann benötigen Sie kein zusätzliches externes.
4. Öffnen Sie die Datei "25 Magnetic Field in a Coil" im Ordner *Physik mit Vernier*.

## VORBEREITENDE FRAGEN UND ZUSÄTZLICHE EINSTELLUNGEN

1. Halten Sie den Plastikstab mit dem Magnetfeldsensor vertikal und halten Sie ihn vollständig von der Spule weg. Drücken Sie zum Starten der Datenerfassung auf **Collect**. Rotieren Sie den Stab um eine vertikale Achse und betrachten Sie den Graphen. Was beobachten Sie? Was verursacht die Schwankung der Feld-Messwertes?



2. Bestimmen Sie die Orientierung des Sensors, wenn das magnetische Feld maximal ist und vergleichen Sie die Richtung, in die der Punkt auf dem Sensor zeigt, mit der Richtung, in die die Kompassnadel zeigt. Was haben Sie entdeckt? Wie ändert sich der Messwert in einer Umdrehung?
3. Stellen Sie die Spannungsversorgung der Spule so ein, dass der Strom 3 A beträgt, wenn der Schalter geschlossen ist. Positionieren Sie den Sensor in vertikaler Position in die Mitte der Spule, so dass der weiße Punkt entlang der Achse der Spule zeigt. Drücken Sie auf **Collect**. Warten Sie 2-3 Sekunden, dann schließen Sie den Schalter. Was haben Sie beobachtet? **Warnung:** Bei diesem Experiment fließen ziemlich große Ströme durch die Drähte. **Lassen Sie den Schalter nur für die Zeit der Messung eingeschaltet.** Draht und Spannungsversorgung können heiß werden, wenn Sie den Strom kontinuierlich fließen lassen.
4. Wiederholen Sie Schritt 3, rotieren Sie jedoch dieses Mal den Magnetfeld-Sensor, während der Schalter geschlossen ist. Bestimmen Sie die Orientierung des Sensors, bei welcher der höchste Messwert erzielt wird. Wie ändert sich der Messwert in einer Umdrehung?

## VORGEHENSWEISE

### Teil I Wie hängen in einer Spule Magnetfeld und Strom zusammen?

Im ersten Teil des Experiments werden Sie die Beziehung zwischen dem Magnetfeld in der Mitte der Spule und dem Strom durch die Spule bestimmen. Verwenden Sie für diesen Teil die Spule mit den zehn Wicklungen. Wie schon vorher lassen Sie den Schalter nur für die Zeit der Messung eingeschaltet.

1. Stellen Sie die Spannungsversorgung so ein, dass der Strom 3 A beträgt, wenn der Schalter geschlossen ist.

2. Platzieren Sie den Magnetfeld-Sensor in vertikaler Position, so dass sich das flache Ende in der Mitte der Spule befindet. Rotieren Sie den Sensor bei geschlossenem Schalter um eine vertikale Achse und beobachten Sie die Messwerte des Magnetfeldes. Finden Sie die Position, die ein maximales positives Magnetfeld anzeigt. Das flache Ende des Sensors sollte sich im Feld der Spule befinden. Halten Sie den Sensor für den Rest des Experiments in dieser Position.
3. Zunächst wird der Sensor auf Null kalibriert, wenn kein Strom durch die Spule fließt, d.h. der Einfluss des Erdmagnetfeldes und jeglicher lokaler Magnetismen wird entfernt. Drücken Sie bei geöffnetem Schalter auf .
4. Drücken Sie zum Starten der Datenerfassung auf , Warten Sie einige Sekunden, dann schließen Sie den Schalter, bis die Datenerfassung beendet ist.
5. Lassen Sie den Graphen des Feldes gegenüber der Zeit anzeigen und bestimmen Sie, wann Strom durch den Draht floss. Wählen Sie diesen Bereich des Graphen mithilfe des Mauszeigers aus. Bestimmen Sie über Statistik-Knopf  das durchschnittliche Feld, als der Schalter eingeschaltet war. Notieren Sie das durchschnittliche Feld und den Strom durch die Spule in der Datentabelle.
6. Schließen Sie kurz den Schalter und vermindern Sie den Strom um 0,5 A. Wiederholen Sie die Schritte 4 und 5.
7. Wiederholen Sie Schritt 6 bis zu einem Minimum von 0,5 A.

## Teil II Wie hängen in einer Spule Magnetfeld und Anzahl der Wicklungen zusammen?

Im zweiten Teil des Experiments werden Sie den Zusammenhang zwischen dem Magnetfeld in der Mitte der Spule und der Anzahl der Wicklungen der Spule bestimmen. Der Magnetfeld-Sensor sollte wie zuvor orientiert sein. Verwenden Sie die ganze Zeit über einen Strom von 3,0 A. Wie vorher lassen Sie den Schalter nur für die Zeit der Messung eingeschaltet.

8. Zunächst wird der Sensor auf Null kalibriert, wenn kein Strom durch die Spule fließt, d.h. der Einfluss des Erdmagnetfeldes und jeglicher lokaler Magnetismen wird entfernt. Drücken Sie bei geöffnetem Schalter auf .
9. Stellen Sie die Spannungsversorgung so ein, dass der Strom 3 A beträgt, wenn der Schalter geschlossen ist. Drücken Sie auf , Schließen Sie nach ein paar Sekunden den Schalter und lassen Sie ihn während der Datenerfassung mindestens 10 s lang geschlossen.
10. Lassen Sie den Graphen des Feldes gegenüber der Zeit anzeigen und bestimmen Sie, wann Strom durch den Draht floss. Wählen Sie diesen Bereich des Graphen mithilfe des Mauszeigers aus. Bestimmen Sie über den Statistik-Knopf  das durchschnittliche Feld im Zeitraum, als der Schalter eingeschaltet war. Notieren Sie das durchschnittliche Feld und die Anzahl der Wicklungen in der Datentabelle.
11. Entfernen Sie eine Wicklung des Drahtes vom Rahmen, um die Anzahl der Wicklungen um eins zu reduzieren und wiederholen Sie die Schritte 9–10. Wenn Sie den Rahmen oder den Sensor bewegen, achten Sie darauf, dass Sie sie wieder genau so positionieren wie in der vorhergehenden Messung.
12. Wiederholen Sie Schritt 11, bis sich nur noch eine Wicklung auf dem Rahmen befindet. Halten Sie den Strom bei 3,0 A.

## DATEN-TABELLE

### Teil I

Strom durch Spule (A)	Magnetfeld (mT)
3.0	
2.5	
2.0	
1.5	
1.0	
0.5	

### Teil II

Anzahl Wicklungen	Magnetfeld (mT)	Anzahl Wicklungen	Magnetfeld (mT)
10		5	
9		4	
8		3	
7		2	
6		1	

## ANALYSE

### Teil I

1. Plotten Sie mithilfe von *Logger Pro* oder einem anderen Graphikwerkzeug einen Graphen des Magnetfeldes gegenüber dem Strom durch die Spule. Seite 2 der Experimentdatei ist für diesen Graphen eingerichtet. Wie hängen der Strom durch die Spule und das resultierende Magnetfeld in der Mitte der Spule zusammen?
2. Bestimmen Sie die Gleichung der besten Anpassungsgeraden durch die Datenpunkte. Erklären Sie die Bedeutung der Konstanten in Ihrer Gleichung. Wie ist die Maßeinheit der Konstanten?

### Teil II

3. Plotten Sie einen Graphen des Magnetfeldes gegenüber der Anzahl der Wicklungen der Spule. Seite 3 der Experimentdatei ist für diesen Graphen eingerichtet. Wie hängt das Magnetfeld mit der Anzahl der Wicklungen zusammen?
4. Bestimmen Sie die Gleichung der besten Anpassungsgeraden durch die Datenpunkte. Erklären Sie die Bedeutung der Konstanten in Ihrer Gleichung. Wie ist die Maßeinheit der Konstanten? Erinnern Sie sich daran, dass Sie den Sensor auf Null gestellt haben, bevor Sie in diesem Experiment Daten erfasst haben. Sollte die Anpassungsgerade durch den Ursprung verlaufen?

## ERWEITERUNGEN

1. Wie beeinflusst der Durchmesser der Spule das Magnetfeld? Entwerfen Sie ein Experiment und führen Sie dies zur Beantwortung dieser Frage durch.
2. Entfernen Sie die Spule und halten Sie den Magnetfeld-Sensor horizontal. Erfassen Sie Daten während Sie ihn sanft um die horizontale Achse rotieren. Erklären Sie, wo maximale und minimale Werte auftreten und wo null und Werte nahe null auftreten. Vergleichen Sie dieses Modell mit den Daten, die Sie bei der Rotation um die vertikale Achse erfasst haben.