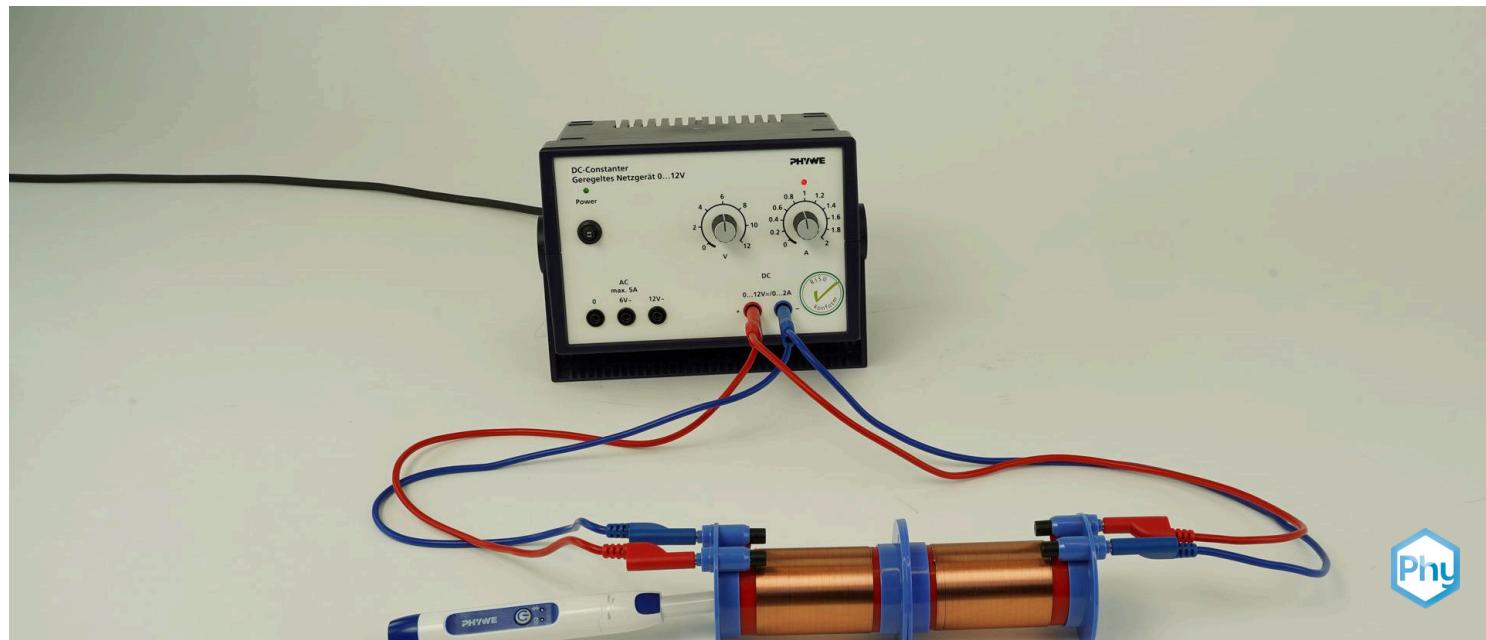


Überlagerung von zwei Magnetfeldern von Spulen



Physik

Elektrizität & Magnetismus

Elektromagnetismus & Induktion



Schwierigkeitsgrad

mittel



Gruppengröße

-



Vorbereitungszeit



Durchführungszeit

-

-

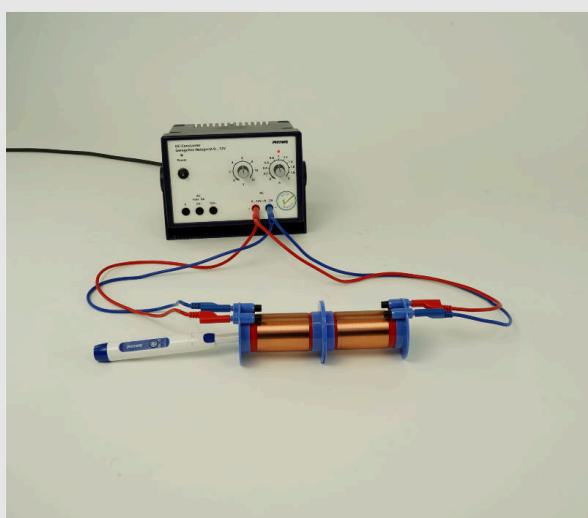
This content can also be found online at:

<http://localhost:1337/c/5ef3295602d9a90003002df7>



Lehrerinformationen

Anwendung



Versuchsaufbau

Die Überlagerung von Magnetfeldern ist für viele wissenschaftliche Untersuchungen und Anwendungen ein fundamentales Prinzip. So kann beispielsweise durch die Anordnung zweier Spulen zur sogenannten Helmholtzspule ein homogenes Feld über ein großes Volumen erzielt werden, welches von allen Seiten zugänglich ist.

Anwendungen aus dem Bereich der Spitzenforschung sind die Ablenk- und Fokusermagnete in Form von Dipol- und Quadrupolmagneten oder auch der Stellarator im Kernfusionsreaktor. Bei letzterem handelt es sich um eine torusförmige Anlage (geformt wie ein Donut/Rettungsring) zum magnetischen Einschluss eines heißen Plasmas mit dem Ziel der Energiegewinnung durch Kernfusion.

Sonstige Lehrerinformationen (1/3)

PHYWE

Vorwissen



Die Schüler sollten mit den Grundlagen der magnetischen Flussdichte vertraut sein und sollten wissen, dass eine stromdurchflossene Spule ein Magnetfeld erzeugt. Es kann gut an die Überlagerung zweier elektrischen Felder angeknüpft werden.

Prinzip



Das Prinzip der Superposition zweier oder mehrerer Felder ist das der Vektoraddition. Dazu wird die vektorielle Summe der Einzelfelder berechnet. Dies gilt insbesondere auch für Magnetfelder:

$$\vec{B} = \sum \vec{B}_i \quad \text{bzw.} \quad \vec{H} = \sum \vec{H}_i$$

Sonstige Lehrerinformationen (2/3)

PHYWE

Lernziel



In diesem Versuch soll die magnetische Flussdichte zweier Spulen vermessen werden. Dabei wird die Superposition zweier Felder von Zylinderspulen untersucht. In dem ersten Teil sind die beiden Magnetfelder gleichgerichtet und im zweiten Teil entgegengesetzt.

Aufgaben



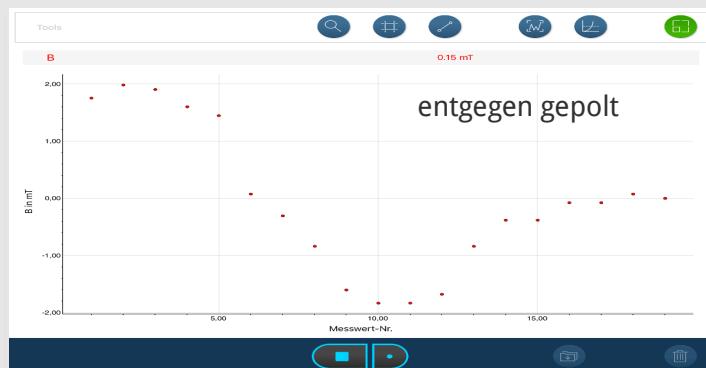
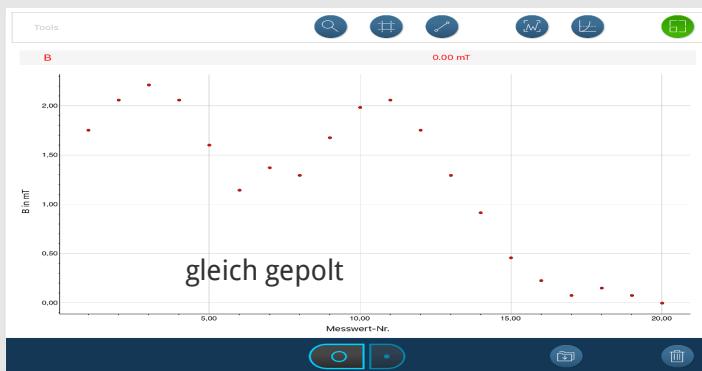
Messen der magnetischen Flussdichte zweier Zylinderspulen.

1. Die Spulen haben die gleiche Polung, sodass die magnetischen Felder der Spulen sich positiv ergänzen.
2. Eine Spule wird umgepolt, sodass die magnetischen Felder der Spulen sich gegenseitig aufheben.

Sonstige Lehrerinformationen (3/3)

PHYWE

Anmerkung: Beim Vermessen des Magnetfeldes der Spulen ist darauf zu achten, dass die magnetische Flussdichte an der Spitze des Magnetfeldsensors gemessen wird. Zudem ist darauf zu achten, wie die Spulen gepolt sind. Die Windung der beiden Spulen verlaufen entgegengesetzt, aber beide Spulen haben die gleiche spiralförmige Ausrichtung, weshalb umso stärker auf die Polung zu achten ist.



Sicherheitshinweise

PHYWE

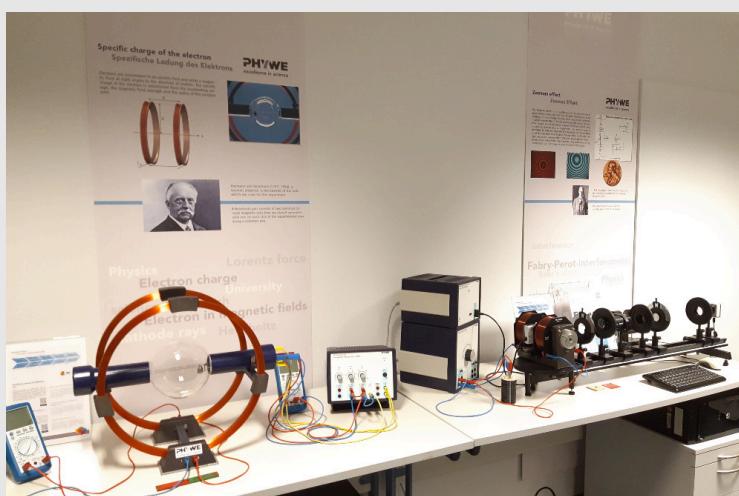


Für diesen Versuch gelten die allgemeinen Hinweise zum sicheren Experimentieren im naturwissenschaftlichen Unterricht.

PHYWE

Schülerinformationen

Motivation

PHYWE

Versuchsaufbauten zur spezifischen Elektronenladung und zum Zeeman-Effekt

Einige der grundlegendsten und wichtigsten physikalischen Entdeckungen teilen sich das fundamentale Prinzip der Überlagerung zweier Magnetfelder von stromdurchflossenen Spulen. Die Bestimmung der spezifischen Elektronenladung mit der Fadenstrahlröhre und der Nachweis des sogenannten Zeeman-Effekts der Aufspaltung von Energieniveaus im Magnetfeld sind zwei von vielen Beispielen, die so wegweisend waren, dass sie sogar mit dem Nobelpreis geehrt wurden.

In diesem Versuch lernst du in welcher Weise sich zwei Magnetfelder von Zylinderspulen überlagern.

Aufgaben

PHYWE



Miss die magnetische Flussdichte entlang der zwei kurzen Spulen mit 41mm Ø und 100 Windungen.

1. Die Spulen haben die gleiche Polung.
2. Die Spulen sind entgegen gesetzt gepolt.

Material

Position	Material	Art.-Nr.	Menge
1	Cobra SMARTsense - 3-Axis Magnetic field, (Bluetooth + USB)	12947-00	1
2	Induktionsspule, 100 Windungen, d = 40 mm	11007-05	2
3	Lineal, l = 30 cm	09851-40	1
4	Verbindungsleitung, 32 A, 500 mm, rot Experimentierkabel, 4 mm Stecker	07361-01	2
5	Verbindungsleitung, 32 A, 500 mm, blau Experimentierkabel, 4 mm Stecker	07361-04	2
6	measureAPP - die kostenlose Mess-Software für alle Endgeräte	14581-61	1
7	PHYWE Netzgerät, RiSU 2019 DC: 0...12 V, 2 A / AC: 6 V, 12 V, 5 A	13506-93	1

Aufbau (1/4)

PHYWE

Zur Messung mit den **Cobra SMARTsense Sensoren** wird die **PHYWE measureAPP** benötigt. Die App kann kostenfrei im jeweiligen App Store (QR-Codes siehe unten) heruntergeladen werden. Bitte überprüfe vor dem Starten der App, ob auf deinem Gerät (Smartphone, Tablet, Desktop-PC) **Bluetooth aktiviert** ist.



iOS



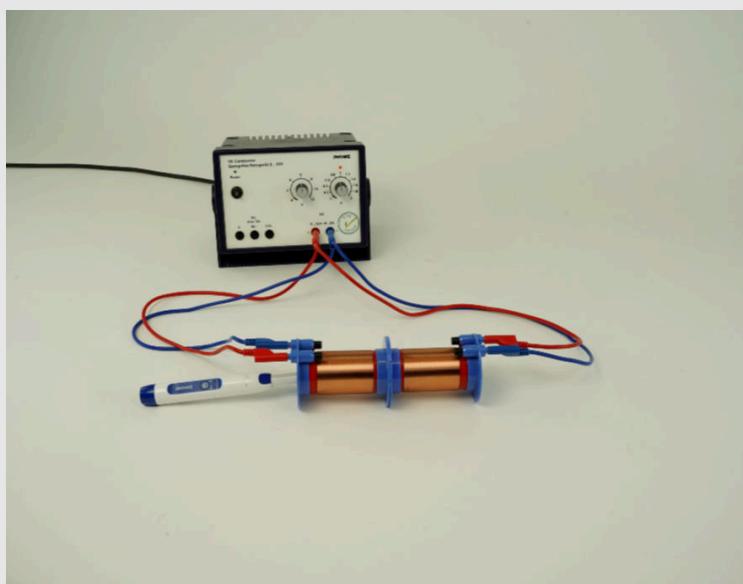
Android



Windows

Aufbau (2/4)

PHYWE



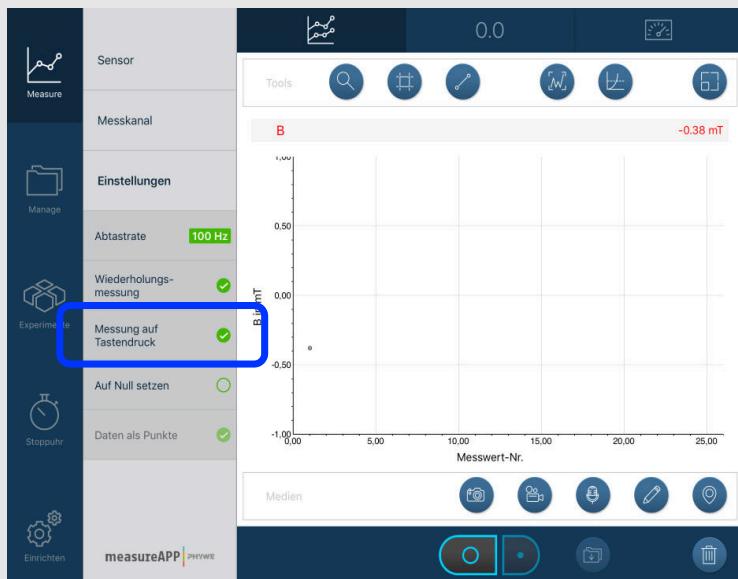
Baue den Versuch gemäß der linken Abbildung auf: Schalte dazu beide Spulen mit $N = 100$ Windungen parallel zu einander und jeweils in Reihe mit dem Netzgerät (Gleichstrom). Positioniere beide Spulen wie auf dem Bild zu sehen nebeneinander. Achte darauf, dass die Polung bei beiden Spulen gleich ist.

Stelle das Netzgerät auf 0 A auf 12 V (rechter Anschlag) ein. Durch die hiermit aktivierte Strombegrenzung kann nun die Stromstärke geregelt werden.

Schalte das Netzgerät ein.

Aufbau (3/4)

PHYWE



Starte auf dem Tablet die measureAPP und schalte den Cobra SMARTsense Magnetfeldsensor an (I/O Knopf ca. 3 Sekunden gedrückt halten).

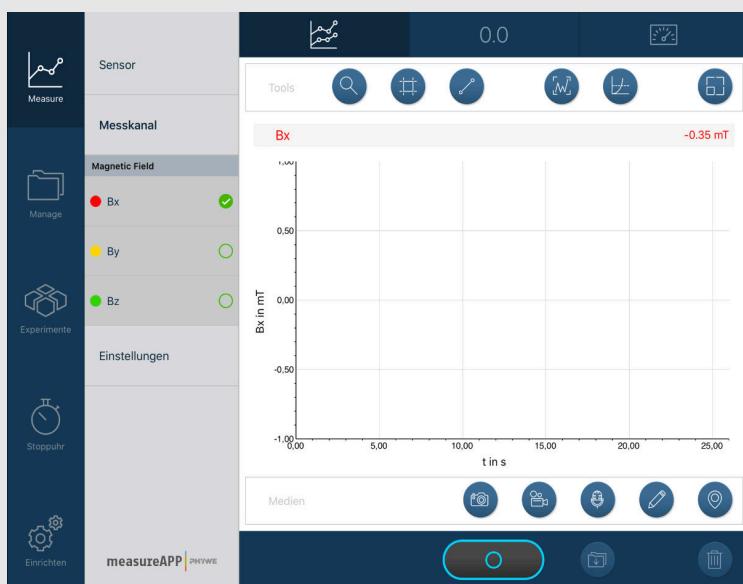
Wähle in der measureAPP den Sensor aus und verbinde ihn so mit der App. Folgende Einstellungen sind vorzunehmen:

- Feiner Messbereich (- 5 mT ... + 5 mT)
- Messfrequenz: 200 Hz

Wähle außerdem Messung auf Tastendruck aus.

Aufbau (4/4)

PHYWE



Wähle unter Messkanal nur die Längsrichtung B_x des Sensors, so dass nur die magnetische Flussdichte in Richtung der Längsachse des Sensors gemessen wird.

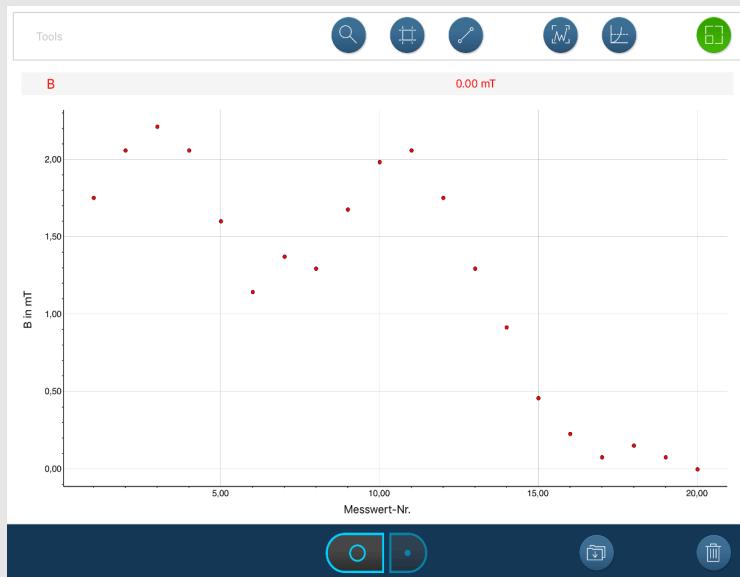
Positioniere den Sensor in der Spule so, dass sich die Spitze in der Spulenmitte befindet. Kalibriere den Sensor auf Null:

'Einstellungen' > 'Auf Null setzen'.

Stelle nun die Stromstärke am Netzgerät auf den rechten Anschlag (~2 A). Da die Spulen parallel geschaltet sind, wird die maximal zulässige Stromstärke von 1,2 A nicht überschritten.

Durchführung (1/2)

PHYWE



Stecke den Sensor soweit es geht in die beiden Spulen. Da die Spitze der Spule nicht sichtbar ist, kannst du mithilfe des Lineals bestimmen wo du die magnetische Flussdichte misst.

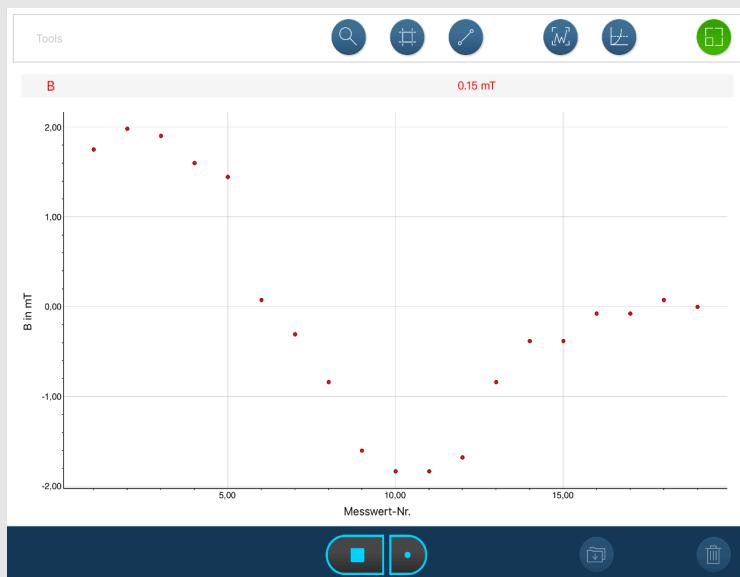
- Ziehe den Sensor in Schritten von 1 cm heraus und nimm für jede Position einen Messpunkt per Tastendruck auf.

Auf diese Weise entspricht die x-Achse der Messung: $\Delta x [cm]$ zum Startpunkt.

- Regele nach dem letzten Messwert (einige Zentimeter außerhalb der Spule) die Stromstärke auf Null und schalte das Netzgerät aus. Speichere deine Messwerte.

Durchführung (2/2)

PHYWE



- Tausche die Kabelanschlüsse bei einer der beiden Spulen, positioniere den Sensor wieder am Startpunkt und schalte das Netzgerät wieder ein.

- Ziehe den Sensor wieder in Schritten von 1 cm aus den Spulen heraus und nimm für jede Position einen Messpunkt per Tastendruck auf.

- Schalte nach dem letzten Messwert das Netzgerät aus und speichere deine Messwerte.

PHYWE

Protokoll

Aufgabe 1

PHYWE

Vergleiche deine Messungen. Welche der folgenden Aussagen sind richtig?

- Wenn die Spulen entgegengesetzt gepolt sind, so ist das magnetische Feld zwischen den Spulen Null.
- Wenn die Spulen entgegengestzt gepolt sind, so fällt das magnetische Feld zwischen den Spulen kaum ab.
- Wenn die Spulen gleich gepolt sind, so ist das magnetische Feld zwischen den Spulen Null.
- Wenn die Spulen gleich gepolt sind, so fällt das magnetische Feld zwischen den Spulen kaum ab.

✓ Überprüfen

Aufgabe 2

PHYWE

Was wäre, wenn wir nicht nur zwei Spulen hätten, sondern sehr viele?

- Das resultierende Gesamtfeld wäre das Produkt aller einzelnen Magnetfelder.
- Das Magnetfeld wird immer stärker, egal wie die Spulen angeschlossen sind.
- Bei zu vielen Spulen, verschwindet das Magnetfeld.
- Alle Magnetfelder summieren sich zu einem Gesamtfeld (Superposition).

Überprüfen

Aufgabe 3

PHYWE

In diesem Versuch wurden zwei unterschiedliche Magnetfelder in jedoch nur einer Raumrichtung betrachtet. Gilt das Superpositionsprinzip auch im 3 dimensionalen Raum?

- Ja, sobald jedoch eine andere Raumrichtung hinzukommt, müssen die Felder jedoch per Kreuzprodukt multipliziert werden.
- Ja, die Felder lassen sich mithilfe von Vektorrechnung addieren.
- Nein, es überlagern sich immer nur Felder in einer Raumrichtung.

Überprüfen

Folie	Punktzahl / Summe
Folie 18: Vergleich der Messwerte	0/2
Folie 19: Superpositionsprinzip von Feldern.	0/1
Folie 20: Superposition Raumrichtung	0/1

Gesamtsumme

0/4

Lösungen

Wiederholen