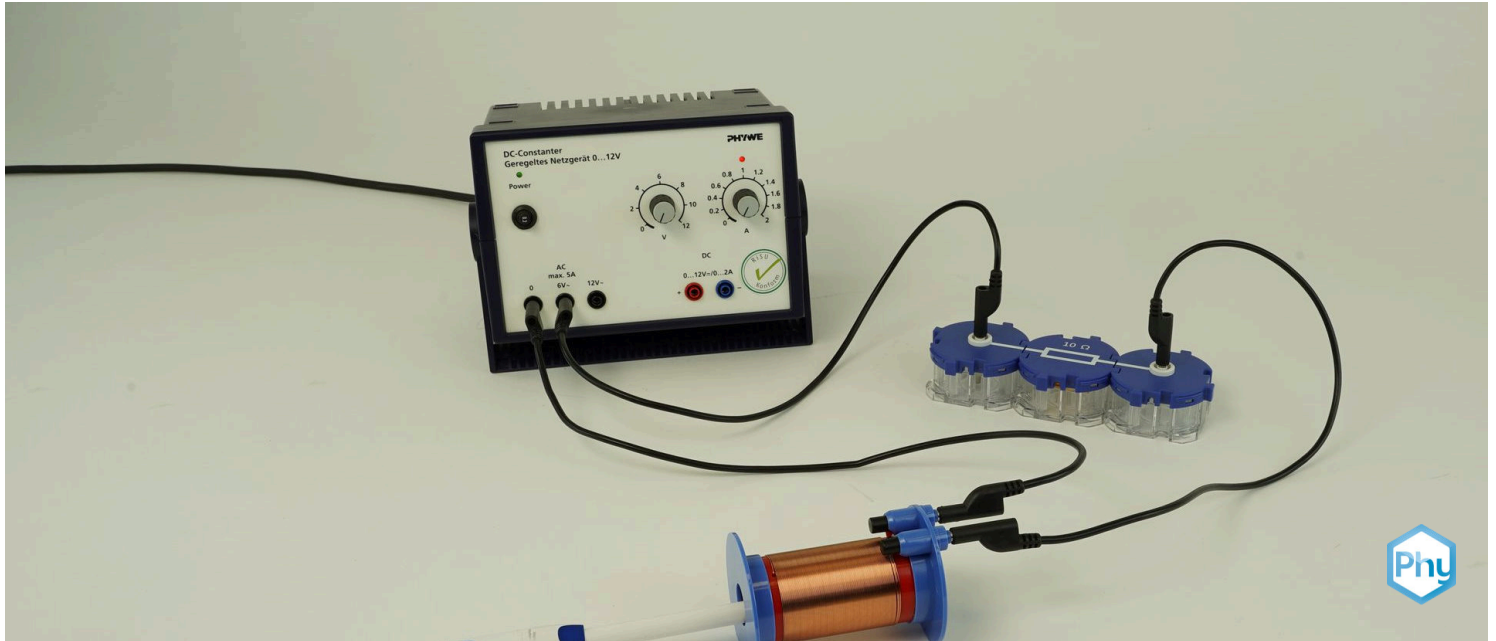


# Magnetfeld einer Spule bei Wechselstrom



Physik

Elektrizität &amp; Magnetismus

Elektromagnetismus &amp; Induktion



Schwierigkeitsgrad

mittel



Gruppengröße

-



Vorbereitungszeit

-



Durchführungszeit

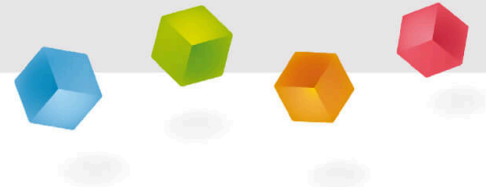
-

This content can also be found online at:

<http://localhost:1337/c/5ef3277d02d9a90003002d60>

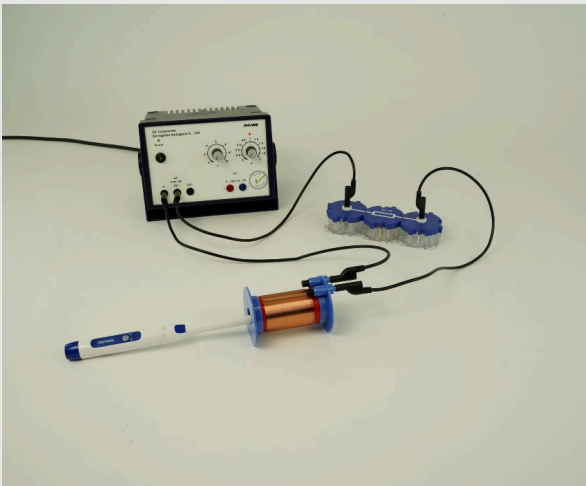
PHYWE

# Lehrerinformationen



## Anwendung

PHYWE



Versuchsaufbau

Eine stromdurchflossene Spule erzeugt ein Magnetfeld. Die elektromagnetische Energie kann zum Beispiel genutzt werden um mit einem Bagger mit Elektromagneten magnetisierbare Metalle auf dem Schrottplatz zu bewegen.

Um jedoch beispielsweise mit Hilfe eines Transformators Spannungen zu transformieren, ist die zeitliche Änderung des Magnetfeldes von Bedeutung. Entsprechend wird hierbei eine Wechselspannung an die Primärspule angelegt. Das Magnetfeld wird hierbei mit der Frequenz der Primärspannung umgepolt.

Mit Hilfe eines Magnetfeldsensors kann die Frequenz der Wechselspannung betrachtet werden. Die Netzfrequenz in der Europäischen Union beträgt  $f = 50\text{Hz}$ .

## Sonstige Lehrerinformationen (1/2)

PHYWE

### Vorwissen



Die Schüler sollten mit den Grundlagen der magnetischen Flussdichte vertraut sein und sollten wissen, dass eine stromdurchflossene Spule ein Magnetfeld erzeugt.

### Prinzip



Die magnetische Flussdichte ist innerhalb einer langen dünnen Spule nahezu konstant und fällt außerhalb der Spule schnell ab. Die magnetische Flussdichte  $B$  im Zentrum einer langen Spule ist:

$$B = \mu IN / l$$

Dabei ist  $\mu$  die magnetische Permeabilität,  $I$  die Stromstärke,  $N$  die Windungszahl und  $l$  die Länge der Spule bzw.  $N/l$  die sogenannte Windungsdichte.

## Sonstige Lehrerinformationen (2/2)

PHYWE

### Lernziel



Das magnetische Wechselfeld der Spule hat die gleiche Frequenz wie die des Wechselstroms vom Netzgerät. Die Schülerinnen und Schüler sollen verstehen, wie man ein sich periodisch änderndes Magnetfeld quantitativ vermessen kann.

### Aufgaben



1. Messen der magnetischen Flussdichte einer Spule bei Wechselstrom über die Zeit.
2. Berechnung der Frequenz aus den Messdaten.

## Sicherheitshinweise

PHYWE



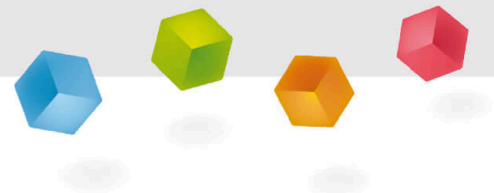
Für diesen Versuch gelten die allgemeinen Hinweise zum sicheren Experimentieren im naturwissenschaftlichen Unterricht.

### Anmerkungen

In diesem Versuch wird Wechselstrom und nicht Gleichstrom verwendet. Der Widerstand ist nötig um den Strom zu begrenzen, damit die Spulen nicht überhitzen.

PHYWE

## Schülerinformationen



## Motivation

PHYWE



Hochspannungsleitung

Wechselstrom ist in den meisten üblichen Haushalten als Netzspannung verfügbar. Der Grund liegt darin, dass der Strom zum verlustarmen Transport über Land in der Regel auf Hochspannung transformiert wird. Für die magnetische Induktion, dem Hauptfunktionsprinzip eines Transformators, ist dabei insbesondere die zeitliche Veränderung der Magnetfeldstärke von Bedeutung.

In der Europäischen Union beträgt die Netzfrequenz, d.h. die Anzahl der Spannungsumpolungen je Sekunde,  $f = 50 \text{ Hz}$  und kann in anderen Regionen der Welt abweichen.

In diesem Versuch lernst du wie man mit Hilfe eines Magnetfeldsensors ein magnetisches Wechselfeld vermessen kann. Dies erlaubt dir auch die Netzfrequenz zu bestimmen.

## Aufgaben

PHYWE



1. Miss die magnetische Flussdichte in einer Spule mit Wechselstrom über die Zeit.
2. Berechne die Frequenz aus deinen Messdaten.

## Material

Position	Material	Art.-Nr.	Menge
1	<a href="#">Cobra SMARTsense - 3-Axis Magnetic field, (Bluetooth + USB)</a>	12947-00	1
2	<a href="#">PHYWE Netzgerät, RiSU 2019 DC: 0...12 V, 2 A / AC: 6 V, 12 V, 5 A</a>	13506-93	1
3	<a href="#">Widerstand 10 Ohm, SB</a>	05612-10	1
4	<a href="#">Leitungs-Baustein, Anschlussbaustein, SB</a>	05601-10	2
5	<a href="#">Induktionsspule, 100 Windungen, d = 40 mm</a>	11007-05	1
6	<a href="#">Verbindungsleitung, 32 A, 500 mm, schwarz Experimentierkabel, 4 mm Stecker</a>	07361-05	3
7	<a href="#">measureAPP - die kostenlose Mess-Software für alle Endgeräte</a>	14581-61	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



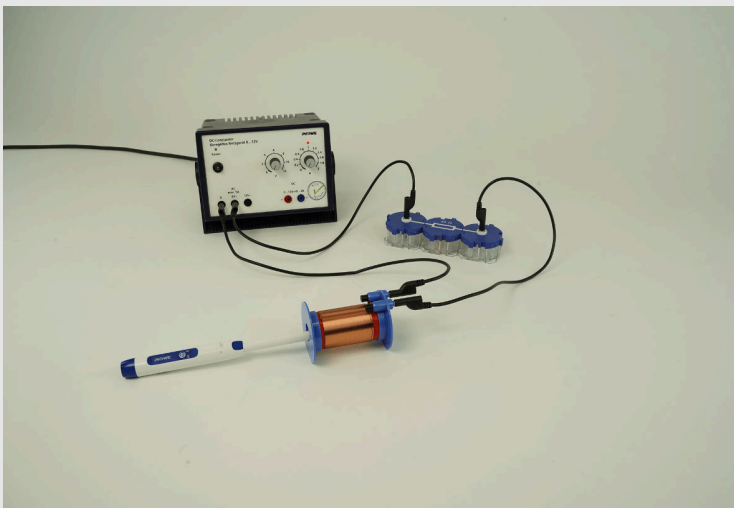
Android



Windows

## Aufbau (2/4)

PHYWE



Versuchsaufbau

Bau den Versuch gemäß der nebenstehenden Abbildung auf.

Schalte dazu das Netzgerät, den  $10\ \Omega$  Widerstand und die Spule in Reihe.

Verwende für den Stromkreis an dem Netzgerät die Buchsen für die 6V Wechselstromquelle.

## 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
- Kontinuierliche Messung

## 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.

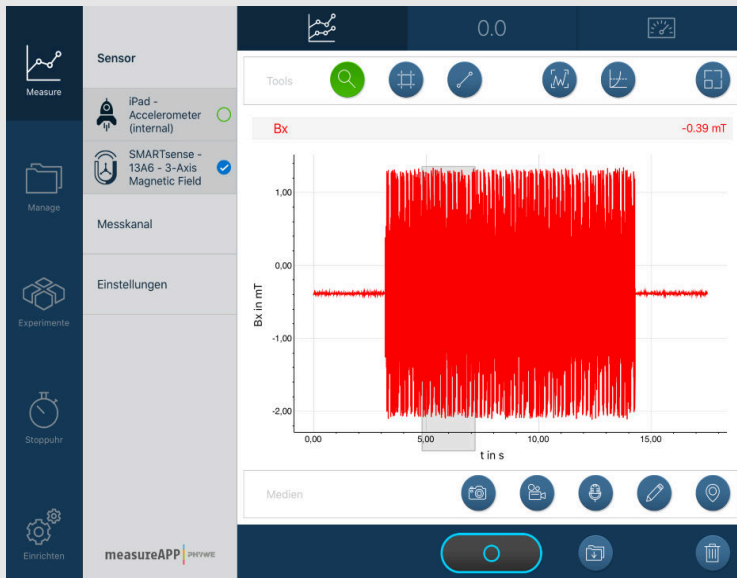
Positioniere den Sensor in der Spule so, dass sich die Spitze in der Spulenmitte befindet. Kalibriere den Sensor auf Null:

'Einstellungen' > 'Auf Null setzen'.



## Durchführung (1/2)

PHYWE



Starte eine Messung und schalte das Netzgerät ein.

Schalte das Netzgerät nach ca. 10 Sekunden aus und stoppe die Messung.

Verwende die Lupenfunktion um in die Messdaten hinein zu zoomen. Wähle hierfür zum Beispiel eine Zeitspanne von einer Sekunde.

## Durchführung (2/2)

PHYWE

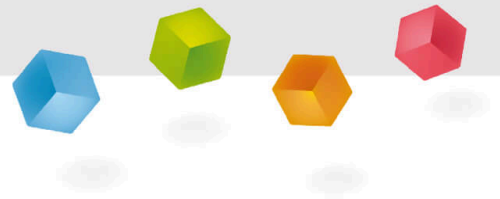


Zähle die Perioden in einem bestimmten Zeitbereich (zum Beispiel eine Sekunde) und berechne die daraus resultierende Frequenz der Wechselspannung am Netzgerät.

Bei der Messung einer sinusförmigen Netzfrequenz von beispielsweise  $f = 50 \text{ Hz}$  mit einer Abtastfrequenz von  $200 \text{ Hz}$  wird der sinusförmige Verlauf nicht vollständig dargestellt.

Für eine präzisere Messung muss der Sensor via USB angeschlossen werden. Dadurch lässt sich die Abtastrate auf  $1000 \text{ Hz}$  erhöhen.

PHYWE



# Protokoll

## Aufgabe 1

PHYWE

Was besagt die Einheit Hertz  $[Hz]$ ?

☐  $1 Hz = 1 s^2$

☐  $1 Hz = 1 s$

☐  $1 Hz = 1/s$

☐  $1 Hz = 1/s^2$

✓ Überprüfen

## Aufgabe 2

PHYWE

Welche Aussagen im Zusammenhang mit der gemessenen Frequenz sind richtig?

- ☐ Die Frequenz des magnetischen Wechselfeldes ist doppelt so groß wie die der Wechselspannung.
- ☐ Die Anzahl der Umpolungen ( $N \rightarrow S$  oder  $S \rightarrow N$ ) des Magnetfeldes pro Sekunde entspricht dem Zahlenwert der gemessenen Frequenz.
- ☐ Die Anzahl der Umpolungen ( $N \rightarrow S$  oder  $S \rightarrow N$ ) des Magnetfeldes pro Sekunde ist doppelt so groß wie der Zahlenwert der gemessenen Frequenz.
- ☐ Die Frequenz des magnetischen Wechselfeldes entspricht der Frequenz der Wechselspannung.

✓ Überprüfen

## Aufgabe 3

PHYWE

Welche Aussagen treffen zu?

- ☐ Wird eine Spule mit Wechselspannung betrieben, kann keine Energie übertragen werden, weil die mittlere Spannung und damit die mittlere Magnetfeldstärke Null ist.
- ☐ Wird eine Spule mit Gleichspannung betrieben, so kann sie als Elektromagnet verwendet werden.
- ☐ Wird eine Spule mit Wechselspannung betrieben, eignet sie sich besonders um Spannungen zu induzieren.

✓ Überprüfen

## Aufgabe 4

PHYWE

Wird die Netzfrequenz mit einer Abtastrate von  $200\text{ Hz}$  gemessen, so sieht der Verlauf der magnetischen Flussdichte aus wie eine Dreiecksspannung und manche Maxima/Minima haben kleinere Ausschläge. Warum?

- ☐ Der Grund für den unstetigen, dreieckförmigen Verlauf ist die sogenannte Lenz'sche Regel, nach der der in der Spule induzierte Strom der Änderung durch den Wechselstrom entgegenwirkt.
- ☐ Die Frequenz des Magnetfeldsensors bei  $f = 200\text{ Hz}$  reicht nicht aus um den stetigen Verlauf korrekt zu reproduzieren.
- ☐ Um eine Periode eines Sinusverlaufes zu messen werden 5 Messpunkte benötigt.

[Überprüfen](#)

Folie	Punktzahl / Summe
Folie 17: Einheit Hz	0/1
Folie 18: Gemessene Frequenzen	0/2
Folie 19: Energiebetrachtung	0/2
Folie 20: Abtastrate der Messsonde	0/2

Gesamtsumme  0/7

[Lösungen](#)[Wiederholen](#)