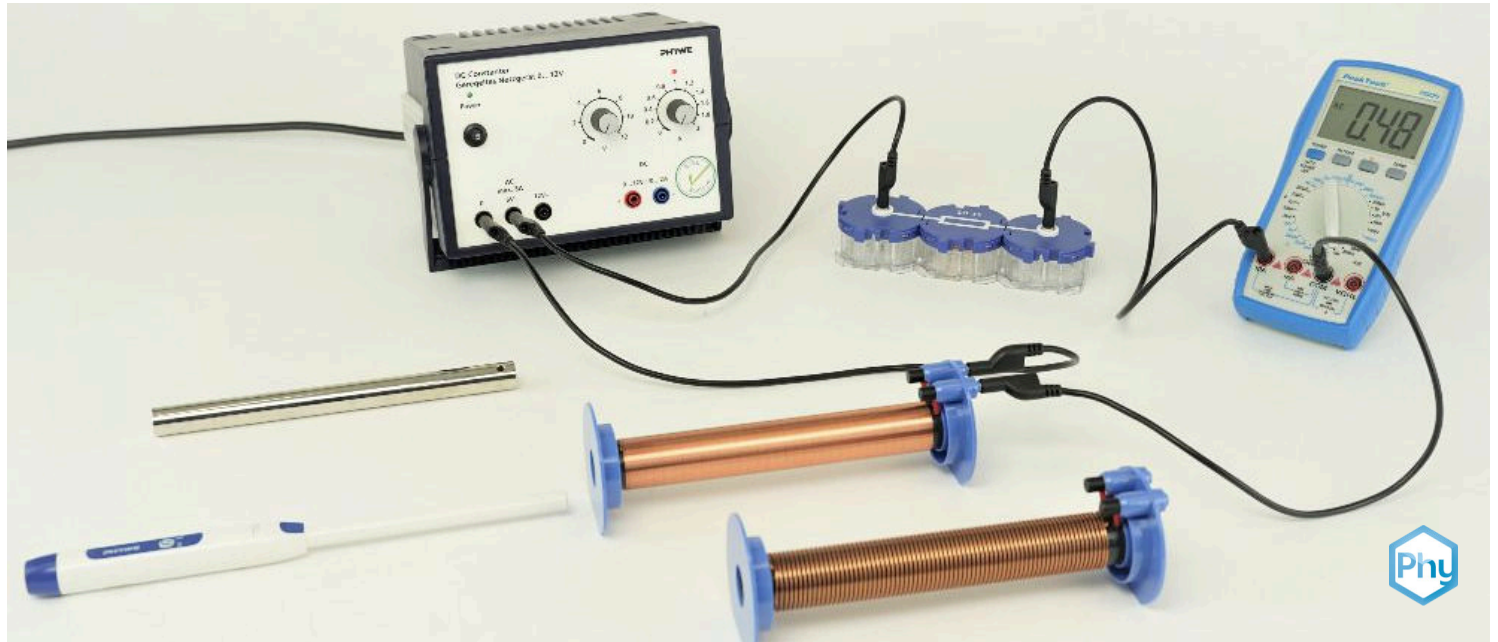


# Die magnetische Permeabilität mit Cobra SMARTsense



Physik

Elektrizität &amp; Magnetismus

Elektromagnetismus &amp; Induktion



Schwierigkeitsgrad

mittel



Gruppengröße

2



Vorbereitungszeit

10 Minuten



Durchführungszeit

20 Minuten

This content can also be found online at:


<http://localhost:1337/c/5f15b224c205580003630710>

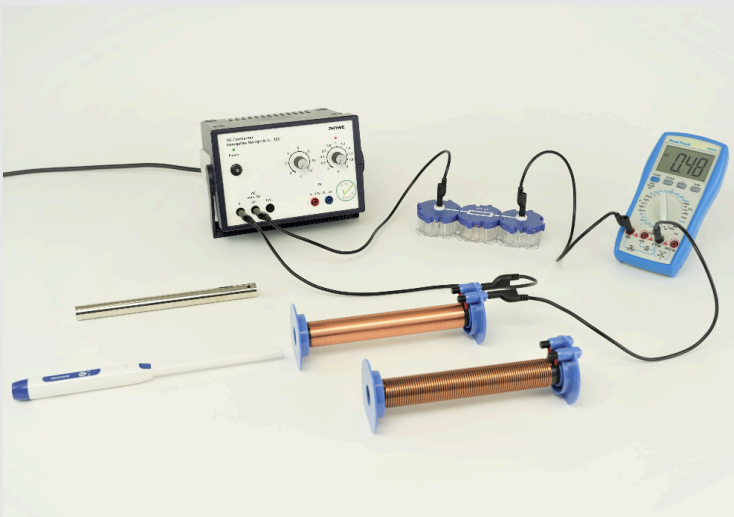
PHYWE

# Lehrerinformationen



## Anwendung

PHYWE



Versuchsaufbau

Zur Verstärkung der magnetischen Flussdichte und damit der magnetischen Induktion in Transformatoren werden im Allgemeinen Weicheisenkerne in die Transformatorspulen eingebracht.

Luft hat eine relative magnetische Permeabilität von Eins, wohingegen Eisenkerne eine relative magnetische Permeabilität von weitaus größer als Eins haben, wodurch die magnetische Flussdichte ebenfalls um diesen Faktor größer ist als das von der stromdurchflossenen Spule erzeugte Magnetfeld.

Die magnetische Permeabilität hängt von der Magnetisierbarkeit des Materials ab.

## Sonstige Lehrerinformationen (1/2)

PHYWE

### Vorwissen



Die Schüler sollten das Prinzip des Induktionsgesetzes kennen und mit den Grundlagen der Elektrizitätslehre vertraut sein. Die Beziehung zwischen Stromstärke und resultierender Magnetfeldstärke einer dünnen Zylinderspule sollte bekannt sein.

### Prinzip



Die magnetische Permeabilität  $\mu$  ist das Verhältnis der magnetischen Flussdichte  $B$  zur magnetischen Feldstärke  $H$ .

$$\mu = \frac{B}{H} \Leftrightarrow B = \mu \cdot H \quad \text{mit} \quad \mu = \mu_0 \cdot \mu_r$$

Mit der magnetischen Feldkonstante  $\mu_0$  (magnetische Permeabilität des Vakuums) und der relativen magnetischen Permeabilität des betreffenden Materials.

## Sonstige Lehrerinformationen (2/2)

PHYWE

### Lernziel



Anhand dieses Versuches sollen die Schüler verstehen, dass die magnetische Permeabilität eines Materials die magnetische Flussdichte verstärken kann.

### Aufgaben



1. Messen der magnetischen Flussdichte zweier Spulen bei Gleichstrom mit und ohne Eisenkern in Abhängigkeit von der Stromstärke. Berechnen der magnetischen Permeabilität des Eisenkerns.
2. Messen der magnetischen Flussdichte zweier Spulen bei Wechselstrom mit und ohne Eisenkern. Berechnen der magnetischen Permeabilität und vergleichen des Ergebnisses mit der ersten Aufgabe.

## Sicherheitshinweise

PHYWE



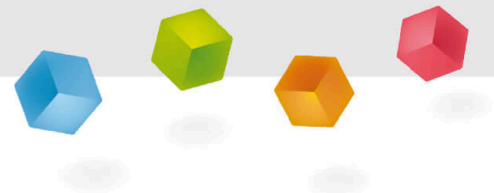
Für diesen Versuch gelten die allgemeinen Hinweise zum sicheren Experimentieren im naturwissenschaftlichen Unterricht.

### Anmerkungen

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

PHYWE

## Schülerinformationen



## Motivation

PHYWE



Hochspannungstransformator

Transformatoren beruhen auf dem Prinzip der elektromagnetischen Induktion. Dabei wird durch ein zeitlich veränderliches Magnetfeld ein elektrisches Feld induziert, welches wiederum einen Strom erzeugt. Sowohl bei Hochspannungstransformatoren als auch zum Beispiel bei großen Kränen mit Elektromagneten auf dem Schrottplatz werden im Allgemeinen Weicheisenkerne innerhalb der Spulen verwendet, um den gewünschten Effekt zu verstärken.

Der Grund dafür ist die sogenannte magnetische Permeabilität, welche auf der Magnetisierbarkeit eines Materials beruht. Eisenkerne haben eine große Permeabilitätszahl und verstärken dadurch die magnetische Flussdichte. In diesem Versuch lernst du die magnetische Permeabilität kennen.

## Aufgaben

PHYWE



1. Miss die magnetische Flussdichte zweier Spulen bei Gleichstrom mit und ohne Eisenkern in Abhängigkeit von der Stromstärke. Berechne die magnetische Permeabilität des Eisenkerns.
2. Miss die magnetische Flussdichte zweier Spulen bei Wechselstrom mit und ohne Eisenkern. Berechne die magnetische Permeabilität und vergleiche das Ergebnis mit der ersten Aufgabe.

## 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, 300 Windungen, d = 25 mm</a>	11007-03	1
6	<a href="#">Induktionsspule, 75 Windungen, d = 25 mm</a>	11007-07	1
7	<a href="#">Eisenkern, stabförmig, d = 16 mm, l = 200 mm</a>	11005-00	1
8	<a href="#">Verbindungsleitung, 32 A, 500 mm, schwarz Experimentierkabel, 4 mm Stecker</a>	07361-05	4
9	<a href="#">Verbindungsleitung, 32 A, 500 mm, blau Experimentierkabel, 4 mm Stecker</a>	07361-04	2
10	<a href="#">Verbindungsleitung, 32 A, 500 mm, rot Experimentierkabel, 4 mm Stecker</a>	07361-01	1
11	<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



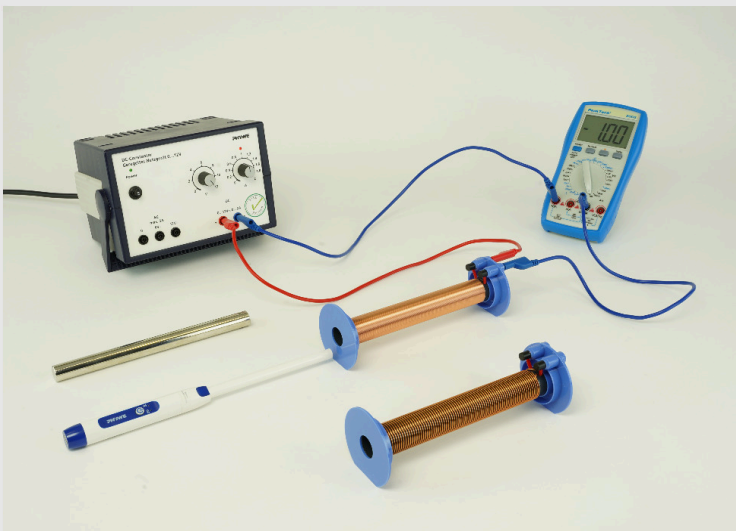
Android



Windows

## Aufbau (2/4)

PHYWE



Versuchsaufbau

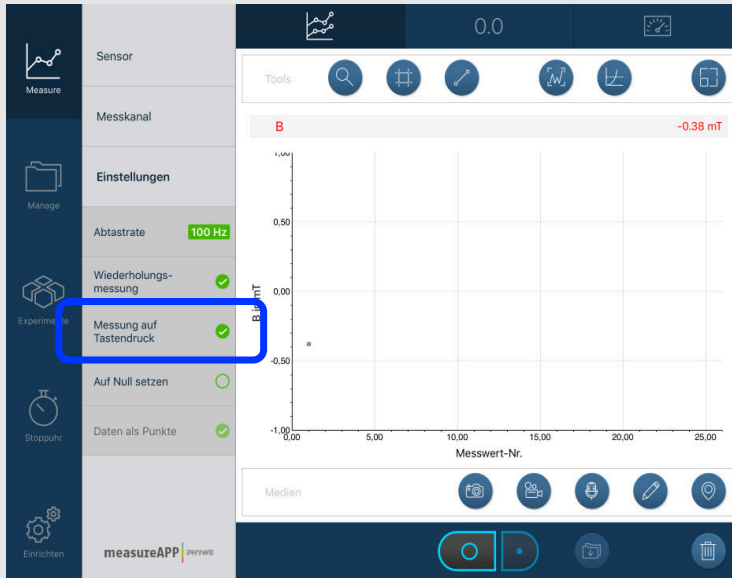
Baue den Versuch gemäß der linken Abbildung auf: Schalte dazu das Netzgerät (Gleichstrom), ein Amperemeter und die Spule mit  $N = 300$  Windungen in Reihe.

Wähle einen ausreichend großen Strommessbereich am Amperemeter. Stelle das Netzgerät auf 0 A (linker Anschlag) und 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'.



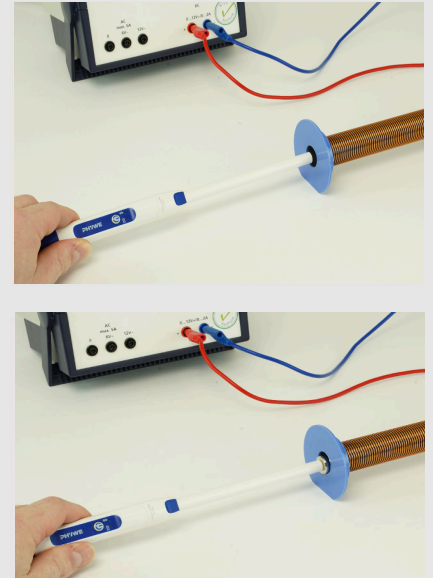
## Durchführung (1/5)

PHYWE

- Positioniere die Spitze des Sensors am Ende der Spule, erhöhe die Stromstärke in Schritten von 0,1 A und nimm für jede Stromstärke einen Messpunkt per Tastendruck auf. Auf diese Weise entspricht die x-Achse der Messung:  $I[100\text{ mA}]$ .

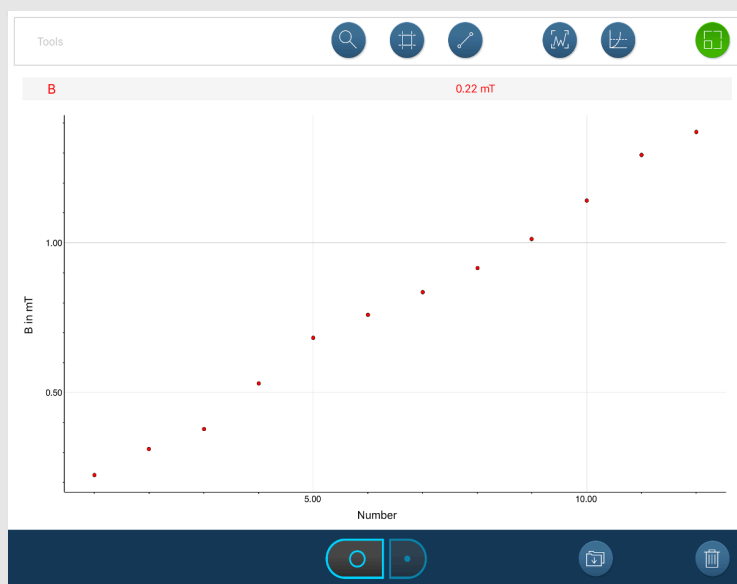
Die maximal zulässige Stromstärke für diese Spule beträgt  $I = 1,2\text{ A}$ .

- Regele nach dem letzten Messwert die Stromstärke auf Null und speichere deine Messwerte.
- Stecke den Eisenkern in die Spule und wiederhole die obige Messung.
- Speichere die zweite Messreihe ebenfalls ab, regele die Stromstärke auf Null und schalte das Netzgerät aus.



## Durchführung (2/5)

PHYWE

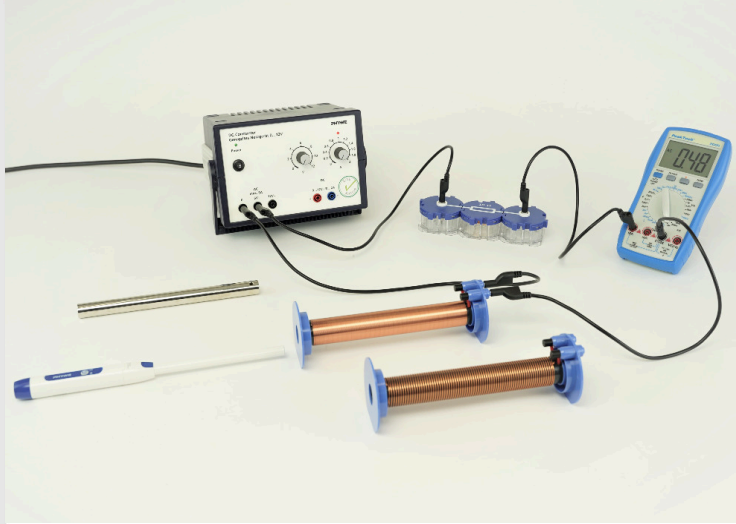


- Tausche die verbaute Spule durch die mit einer Windungszahl von  $N = 75$  aus und schalte das Netzgerät wieder ein.
- Erhöhe die Stromstärke wie zuvor in Schritten von 0,1 A von Null startend und nimm wieder für jede Stromstärke einen Messpunkt per Tastendruck auf.
- Wiederhole die Messung mit eingestecktem Eisenkern und schalte nach dem letzten Messwert das Netzgerät aus.

Jede Messreihe soll wieder gespeichert werden.

## Durchführung (3/5)

PHYWE



Versuchsaufbau mit Wechselspannung

Bau den Versuch gemäß der nebenstehenden Abbildung um.

Schalte dazu das Netzgerät, den  $10\ \Omega$  Widerstand, das Amperemeter und die Spule mit  $N = 300$  Windungen in Reihe.

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

Der Eisenkern ist zunächst nicht in die Spule eingesteckt und das Netzgerät ist ausgeschaltet.

Schalte in der measureAPP nun die Messung auf Tastendruck wieder aus, so dass kontinuierlich Messwerte aufgenommen werden.

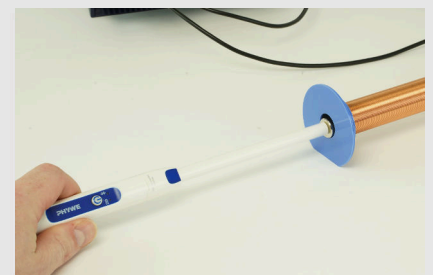
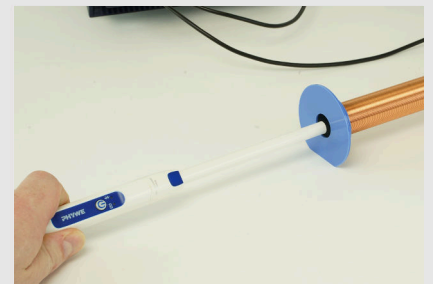
## Durchführung (4/5)

PHYWE

- Positioniere die Spitze des Sensors am Ende der Spule, starte eine Messung und schalte während der Messung das Netzgerät für die Dauer einiger Sekunden ein.

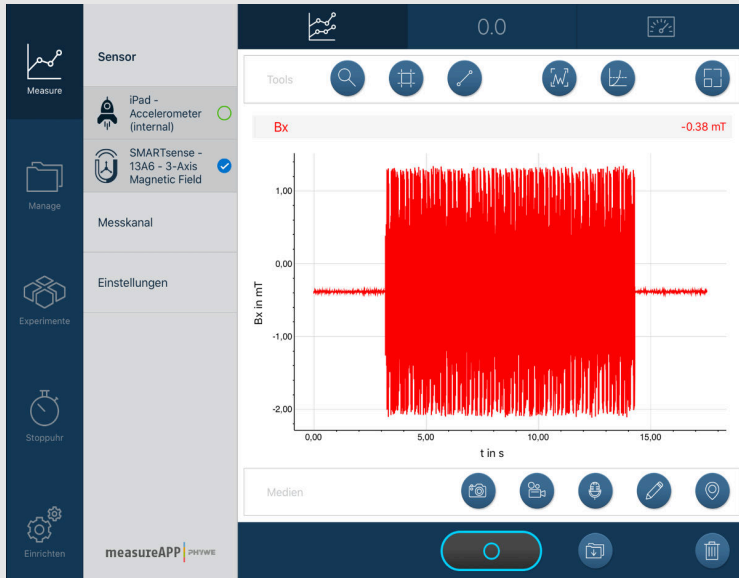
**Achtung:** Die Spulen nicht ohne  $10\ \Omega$  Widerstand an den Wechselstrom anschließen, da die Spulen sonst überhitzen können.

- Speichere deine Messwerte, stecke den Eisenkern in die Spule und wiederhole die obige Messung.
- Speichere die zweite Messreihe ebenfalls ab und überprüfe, dass das Netzgerät ausgeschaltet ist.
- Bestimme für beide Messungen mit Hilfe der Auswertetools den maximalen Ausschlag der jeweiligen magnetischen Flussdichte und notiere die Werte in der Tabelle im Protokoll.



## Durchführung (5/5)

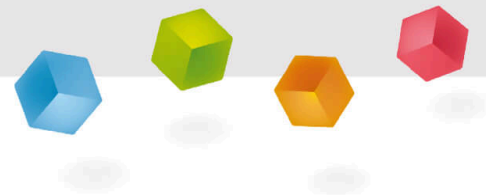
PHYWE



- Tausche die verbaute Spule durch die mit einer Windungszahl von  $N = 75$  aus.
- Wiederhole beide Messungen (mit und ohne Eisenkern) für diese Spule. Starte dazu jeweils eine Messung und schalte das Netzgerät wieder für die Dauer einiger Sekunden lang an.
- Bestimme jeweils wieder mit Hilfe der Auswertetools die maximale magnetische Flussdichte, notiere die resultierenden Werte in der Tabelle im Protokoll und speichere die jeweilige Messung ab.

PHYWE

## Protokoll



## Tabelle

PHYWE

Bestimme für die vier Messungen mit Gleichstrom die Steigung der Messpunkte und trage sie in der nachfolgenden Tabelle ein:  $B[mT] = m \cdot I[100mA]$ . Bestimme für die vier Messungen mit Wechselstrom die maximalen magnetischen Flussdichten  $B_{x,max}$  und trage sie ebenfalls in der Tabelle ein. Bestimme anschließend für alle Messpaare (mit und ohne Eisenkern) die Verhältnisse  $\mu^*$  aus den Steigungen bzw. den maximalen magnetischen Flussdichten und trage sie ebenfalls in die Tabelle ein.

Spule / Eisenkern	$m [mT/A]$	$\mu^* [1]$	$B_{x,max} [mT]$	$\mu^* [1]$
300 / mit	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
300 / ohne	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
75 / mit	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
75 / ohne	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

## Aufgabe 1

PHYWE

Welche der folgenden Aussagen für die Gleichstrommessung sind richtig?

- ☐ Die anderen Antworten sind alle falsch.
- ☐ Die Steigung ist für die beiden Messungen mit Eisenkern um mehr als eine Größenordnung größer als für die Messungen ohne Eisenkern.
- ☐ Das berechnete Verhältnis  $\mu^*$  ist größer für die Spule mit mehr Windungen.
- ☐ Bei allen vier Messreihen steigt die magnetische Flussdichte linear mit der Stromstärke der jeweiligen Spule an.

☒ Überprüfen

## Aufgabe 2

PHYWE

Ziehe die Wörter an die richtigen Stellen.

Die Messreihen mit und ohne [ ] unterscheiden sich wesentlich, da die resultierende [ ] stark abweicht. Dabei ist die gemessene magnetische Flussdichte [ ] Eisenkern wesentlich größer als die [ ]. Der Grund hierfür ist die [ ] durch die sogenannte [ ] vom Eisen, welche in der Regel um mehrere [ ] über der von Luft ( $\mu_r = 1$ ) liegt und von der [ ] des Materials abhängt.

magnetische Flussdichte

mit

Größenordnungen

relative magnetische Permeabilität  $\mu_r$ 

ohne

Magnetisierbarkeit

Eisenkern

Verstärkung

## Aufgabe 3

PHYWE

Ziehe die Wörter an die richtigen Stellen.

Die [ ] von Luft ist näherungsweise identisch mit der des [ ] und liegt somit nahe bei 1. Die von [ ] hingegen liegt standardmäßig im Bereich  $300 < \mu_r < 10.000$ . Das gemessene Verhältnis  $\mu^*$  liegt deutlich darunter. Ein wesentlicher Grund dafür ist, dass der [ ] das Innere der [ ] nicht vollständig ausfüllt.

Spule

relative magnetische Permeabilität

Eisenkern

Eisen

Vakuums

☒ Überprüfen

## Aufgabe 4

PHYWE

Das Verhältnis  $\mu^*$  ist im Falle von Wechselstrom etwas geringer als beim Gleichstrom. Warum ist das so?

- ☐ Die Aussage ist falsch. Im Falle von Wechselstrom ist das Verhältnis sogar mehr als doppelt so groß.
- ☐ Der Eisenkern hat ein art magnetisches Gedächtnis, die sogenannte magnetische Remanenz, welche beim Umpolen des äußeren Magnetfeldes dafür sorgt, dass die gemessene maximale magnetische Flussdichte reduziert wird.

☒ Überprüfen

## Aufgabe 5

PHYWE

Betrachte die Messpaare für jeweils eine Spule miteinander. Wie du weißt ist die magnetische Feldstärke  $H$  der dünnen Zylinderspule proportional zur angelegten Stromstärke. Dennoch weist der Verlauf der magnetischen Flussdichte  $B$  große Unterschiede im Verlauf auf. Welche Formel ist richtig? (Es gilt  $\mu = \mu_0 \cdot \mu_r$  mit der magnetischen Feldkonstante  $\mu_0$ )



☐  $H = \mu \cdot B$

☐  $\mu = H \cdot B$

☐  $B = \mu \cdot H$

☒ Überprüfen

Folie	Punktzahl / Summe
Folie 21: Messkurvenverlauf der Gleichstrommessungen	0/3
Folie 22: Begründung der Messergebnisse 1	0/8
Folie 23: Begründung der Messergebnisse 2	0/5
Folie 24: Magnetische Permeabilität bei Wechselstrom	0/1
Folie 25: Gleichung für die magnetische Permeabilität $\mu$	0/1

Gesamtsumme  0/18 Lösungen Wiederholen Text exportieren