

Auf den folgenden Seiten sind Experimente dargestellt, die sich als Lehrer- und Schülerversuche zur Induktion eignen. Teil 1 und 2 sind besonders als Einführung in der Mittelstufe gedacht, Teil 3 richtet sich an Oberstufenschüler. Bei den Experimenten sind nur Kleinspannungen aus jeweils passenden Netzgeräten erforderlich, so dass sie gefahrlos auch von Schülern durchgeführt werden können. Unter www.alphys.de erhalten Sie die Induktionsspule (Art.Nr. 1090), den Stabmagneten (Art.Nr. 1021) und die LED-Stromanzeige (Art.Nr. 2040 bzw 2041) für die beschriebenen Experimente.

Teil 2, Versuch 1 (Induktion durch Feldänderung):

Die Feldspule sollte 250 bis 1000 Windungen besitzen. Als Gleichstromquelle ist eine Batterie oder ein stabilisiertes Kleinspannungsnetzgerät geeignet.

Teil 2, Versuch 2 (Induktion mit Wechselstrom):

Die Feldspule sollte 250 bis 1000 Windungen besitzen und an 6 bis 12 V Wechselspannung angeschlossen werden. Die eingebaute Spannungsbegrenzung (max. ca. 25 V) in der Induktionsspule verhindert zuverlässig das Auftreten berührungsgefährlicher elektrischer Spannungen – auch wenn ein Eisenkern (Nagel, Stativstange usw.) eingesetzt wird.

Teil 3, Versuch 1 (magnetisches Streufeld):

Als "Quelle" kann z.B. jedes Steckernetzteil mit eingebautem Netztransformator verwendet werden. Bitte beachten Sie, dass manche modernen Geräte für diese Versuche nicht geeignet sind, weil sie sogenannte Schaltnetzteile enthalten, bei denen der Transformator mit viel höherer Frequenz betrieben wird. Stecker-Schaltnetzteile erkennt man am geringen Gewicht.

Auch Heizgeräte (Kochplatte, Fön usw.) mit großer Leistung erzeugen ein gut messbares magnetisches Streufeld, sind aber wegen der gefährlichen Wärmeentwicklung für Schülerversuche nicht zu empfehlen. Transformatoren größerer Leistung (z.B. für Niedervolt-Halogenlampen) haben oft ein Streufeld im Bereich von einem mT an der Geräteoberfläche. Die induzierte Wechselspannung reicht dann aus, um direkt Leuchtdioden (z.B. LED-Stromanzeige, alphys Art.Nr. 2040) zu betreiben.

Zur Messung des Effektivwertes der induzierten Wechselspannung sollte ein Gerät mit großem Eingangswiderstand (über 100 kΩ) verwendet werden. Gut geeignet sind Digitalmultimeter sowie Demo-Multimeter mit eingebautem Messverstärker.

Mit Hilfe des Induktionsgesetzes ergibt sich aus den Spulendaten ($N = 10000$; $A = 10,3 \text{ cm}^2$) und der Netzfrequenz ($f = 50 \text{ Hz}$) für den Effektivwert der magnetischen Flussdichte der Zusammenhang

$$B_{\text{eff}} = \frac{U_{\text{eff}}}{2\pi f \cdot N \cdot A} \quad \text{bzw.} \quad B_{\text{eff}} \text{ (in } \mu\text{T)} = 0,31 \cdot U_{\text{eff}} \text{ (in mV)} \quad .$$

Teil 3, Versuch 2 (Magnetfeld eines Drahtes):

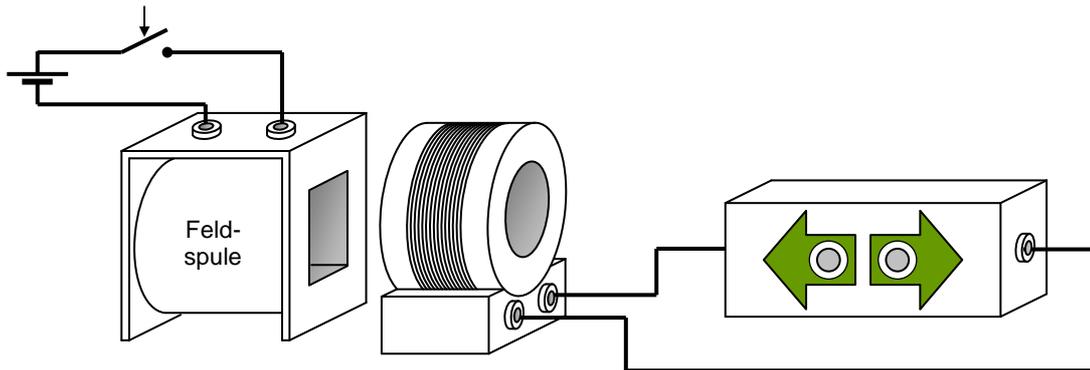
Ein Wechselstrom mit einer Stärke von einigen Ampere in einem geradlinigen Leiter ist für dieses Experiment erforderlich. Ein Lampentrafo mit einer Glühlampe (z.B. 6V / 5A) und langen Experimentierkabeln ist gut geeignet. Der Transformator sollte hinreichend weit von der Induktionsspule entfernt sein, damit sein magnetisches Streufeld nicht stört. Für eine quantitative Auswertung wähle man den Abstand d zwischen Leiter und Spule im Bereich von 10 bis 30 cm.

Mit Hilfe der Beziehung $B = \frac{\mu_0 I}{2\pi d}$ (Magnetfeld eines geraden Leiters) und des Induktionsgesetzes ergibt sich beim Abstand d zwischen Leiter und Spulenmitte

$$I_{\text{eff}} = \frac{d \cdot U_{\text{eff}}}{\mu_0 f N A} \quad \text{bzw.} \quad I_{\text{eff}} \text{ (in A)} = 1,55 \cdot d \text{ (in m)} \cdot U_{\text{eff}} \text{ (in mV)} \quad .$$

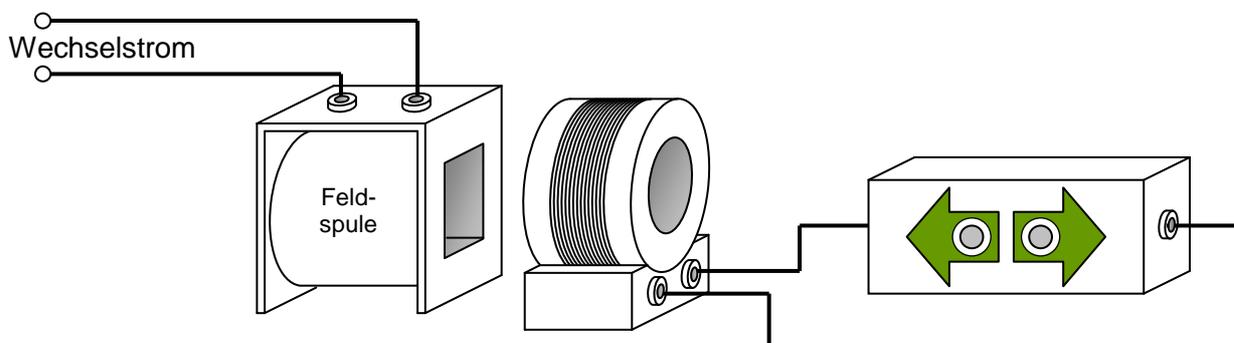
Erfolgreiches Experimentieren wünscht Andreas Urban!

1. Induktion durch Ein- und Ausschalten

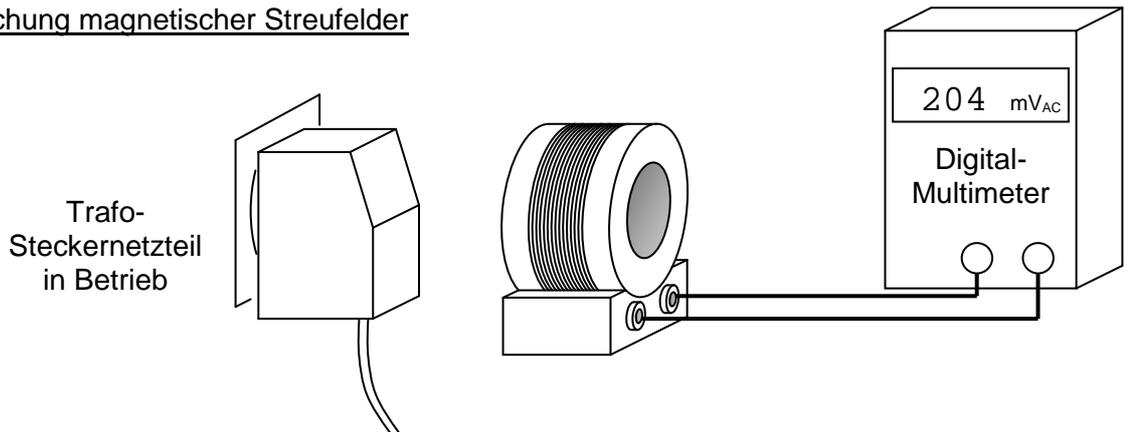


- a) Beobachte die LED-Stromanzeige, während du den Schalter schließt und öffnest. Erklärung?
- b) Vergrößere den Abstand zwischen den beiden Spulen und betätige dabei den Schalter. Warum kann man bei einem bestimmten Abstand das Aufblitzen der LED beim Ausschalten noch beobachten, aber nicht mehr beim Einschalten?

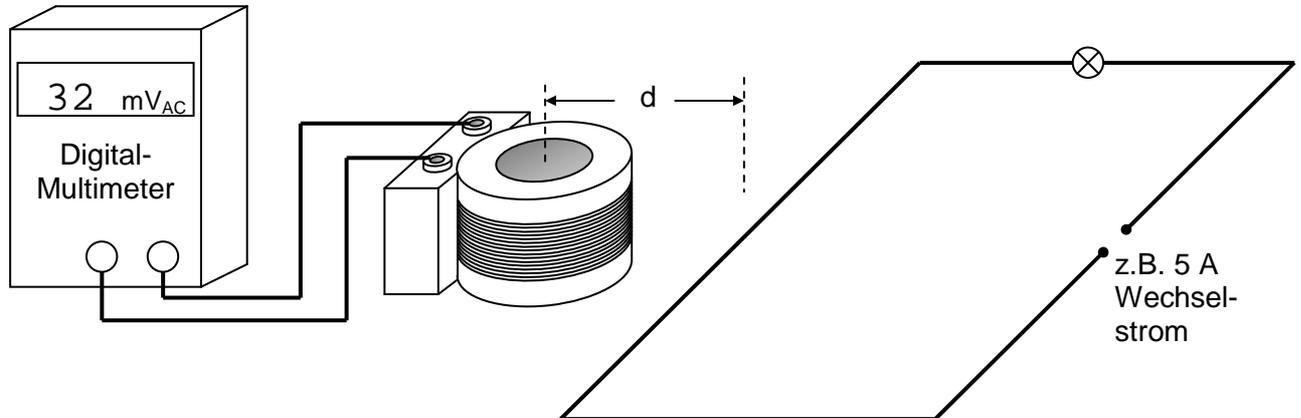
2. Induktion mit Wechselstrom



- a) Warum leuchten bei der dargestellten Anordnung beide LEDs?
- b) Beobachte die LED-Stromanzeige bei verschiedenen Abständen und relativen Positionen der Feld- und der Induktionsspule. Erkläre deine Beobachtungen mit dem Feldlinienbild.
- c) Wie kann man mit Hilfe eines großen Nagels eine noch größere Spannung in der Induktionsspule hervorrufen?

1. Untersuchung magnetischer Streufelder

- Untersuchen Sie qualitativ das magnetische Streufeld in der Umgebung eines eingeschalteten Gerätes mit Netztransformator (z.B. eines Steckernetzteils). Welche Effektivspannung wird beim vorliegenden Gerät maximal induziert?
- Berechnen Sie den Effektivwert der magnetischen Flussdichte aus der gemessenen Effektivspannung, den Spulendaten (10000 Windungen; 10,3 cm² mittlere Fläche) und der Netzfrequenz.
- Der zulässige Grenzwert beträgt 0,1 mT (Effektivwert) in 30 cm Abstand. Wird er vom vorliegenden Gerät eingehalten?

2. Magnetfeld eines Drahtes

- Untersuchen Sie das Magnetfeld in der Umgebung eines wechselstromdurchflossenen Leiters (Feldrichtung, Abstandsabhängigkeit). Begründen Sie, dass das Erdmagnetfeld hier keine Rolle spielt. Hinweis: Der Stromkreis sollte möglichst großräumig geschlossen sein, damit der Einfluss der anderen Leitungen gering ist.
- Berechnen Sie die Stromstärke im Leiter aus der gemessenen Effektivspannung, dem Abstand (z.B. $d = 10$ cm) und den Spulendaten (10000 Windungen; 10,3 cm² mittlere Fläche). Nach einem ähnlichen Prinzip arbeiten sogenannte Stromzangen, mit denen man elektrischen Wechselstrom unterbrechungslos messen kann.