



Abbildung 1: Versuchsaufbau

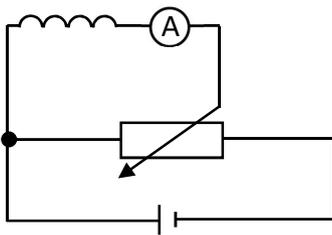


Abbildung 2: Schaltskizze



Abbildung 3: Screenshot Phyphox

Beschreibung

Die Formel $B = \mu_0 \cdot I \cdot n$ (n : Windungsdichte) für die magnetische Flussdichte in einer Spule soll mithilfe einer Chipsdose und einem Smartphone verifiziert werden.

Material

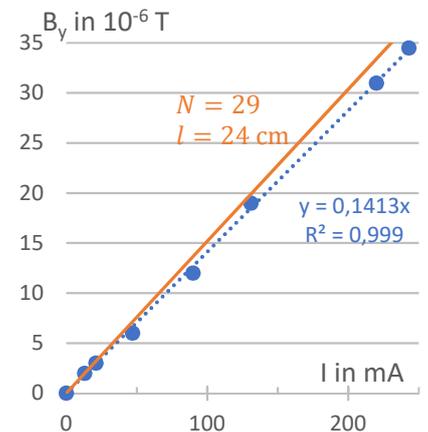
- Smartphone mit integriertem Magnetfeldsensor und *Phyphox*-App
- Zylinderförmige Chipsdose, z.B. *Pringles*
- Isolierte Kupferlitze ($A = 0,14 \text{ mm}^2, l \approx 10 \text{ m}$) & Experimentierkabel
- Krokodilklemmen
- 1,5-Volt-Batterie
- Potentiometer ($R = 100 \Omega, P_{\text{max}} \geq 0,25 \text{ W}$)
- Stromstärkemessgerät (0 – 500 mA)

Aufbau und Durchführung

Der Boden und der Deckel der Chipsdose werden entfernt. Die Dose wird anschließend mit der Kupferlitze gleichmäßig umwickelt (ca. 30 Windungen) und am Ende mit zwei Führungslöchern oder einen Tesafilm fixiert. Die Schaltung wird entsprechend der Schaltskizze (Abbildung 2) aufgebaut und das Experiment *Magnetfeld* in der App *Phyphox* geöffnet. Unter der Einstellung *Zeitautomatik* kann das Experiment mit einer *Verzögerung* (zur richtigen Positionierung des Smartphones in der Dose (Abbildung 1)) gestartet und nach einer vorgegebenen Zeitspanne (ca. 120 s) automatisch beendet werden. Nach Beginn der Messung wird in gleichbleibenden Zeitabschnitten die Stromstärke schrittweise bis ca. 300 mA erhöht und dabei jeweils für ca. 15 s konstant gehalten. Die zugehörigen Messwerte für die Stromstärke werden auf einem Blatt notiert. Wichtig: Die erste Messung muss bei $I = 0 \text{ mA}$ erfolgen, um die Flussdichte des Erdmagnetfelds B_{y0} in y -Richtung zu bestimmen. Dieser Wert muss später von den Messwerten subtrahiert werden.

Beobachtung und Auswertung

Das Magnetfeld im Inneren der Spule ist weitgehend homogen und verläuft in Richtung der Längsachse der Dose, weshalb die Änderung der Flussdichte ausschließlich durch den Sensor in y -Richtung erfasst wird. Entsprechend der Abbildung 2 erkennt man im t - B_y -Diagramm einen deutlichen Anstieg der magnetischen Flussdichte. Durch Drehen des Bildschirms oder Exportieren der Messwerte lassen sich diese recht deutlich ablesen und zusammen mit den notierten Messwerten für die Stromstärke unter Berücksichtigung der Flussdichte des Erdmagnetfelds (hier: $B_{y0} = -8,5 \mu\text{T}$) in ein I - B -Diagramm übertragen. Eine Regressionsgerade und der Vergleich mit der Theorie ($B = \mu_0 \cdot I \cdot n$) geben Aufschluss über die Genauigkeit der Messung. Anschließend kann der Einfluss unterschiedlicher Windungsdichten durch Erhöhung bzw. Verringerung der Anzahl der Windungen untersucht werden.



Hinweise

Um eine mögliche Neukalibrierung des Magnetfeldsensors zu verhindern, sollte im Phyphoxmenü die Kalibrierung deaktiviert werden. Hierdurch erhält man etwas stärkere, aber ebenfalls konstante Nullwerte, die jeweils von den einzelnen Messwerten subtrahiert wird. Die Verwendung herkömmlicher Schülernetzgeräte (Kleinspannungsstelltrafos) als Spannungsquelle stellte sich als unzumutbar heraus. Die Messwerte der Flussdichte unterlagen erheblichen periodischen Schwankungen. Hingegen lieferten stabilisierte und geregelte Netzgeräte sehr gute Messergebnisse. Jedoch dürften solche Netzgeräte in den meisten Schulen nicht in ausreichender Stückzahl vorhanden sein. Als Alternative zur Verwendung von Potentiometern kann die Spule auch direkt mit der Spannungsquelle (hier: 4,5-V-Flachbatterie) verbunden werden. Durch den kleinen Lastwiderstand der Spule (ca. 1 Ω) und den hierzu relativ großen Innenwiderstand der Batterie (ca. 1-2 Ω) fließt ein maximaler Strom von ca. 2 A, der aufgrund der Wärmeentwicklung allmählich sinkt. Dies reicht aus, um einige Messwerte in einem Bereich von ca. 2 bis 1,5 Ampere in Abhängigkeit von t aufzunehmen und mit der zeitlich abnehmenden Flussdichte zu vergleichen.