

63. Münzgeldsortierer: induktiv

Klassenstufe	Oberthemen	Unterthemen	Anforderungs-niveau	Durchführungs-niveau	Vorlauf Vorbereitung Durchführung
SII	Elektrik	elektromagnetische Schwingungen Schwingkreis	●●●	■	- ca. 5 min. ca. 20 min.

Die Funktionsweise eines induktiven Sensors als Bestandteil eines Münzgeldautomaten wird anhand eines Modellversuchs demonstriert.

Materialien

- Oszilloskop
- 2 Experimentierspulen $N = 600$, $L = 9$ mH
- Kondensator $C = 2,5$ μ F
- Metallscheiben unterschiedlichen Materials und Münzgeld
- Sinusgenerator (eventuell Leistungsgenerator)
- Experimentierkabel
- dünner Karton (ca. 10 cm x 3 cm)

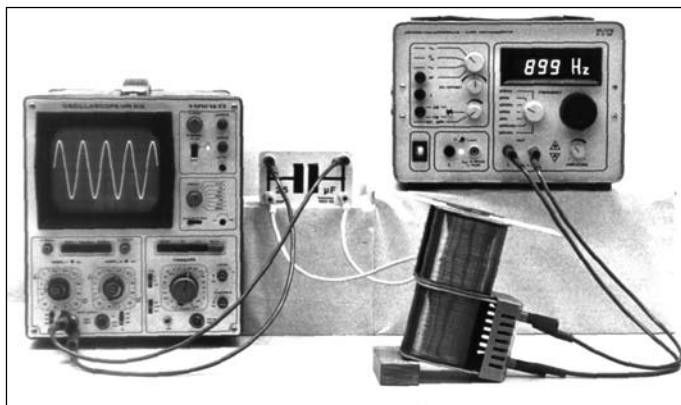


Abb. 1: Gesamtaufbau

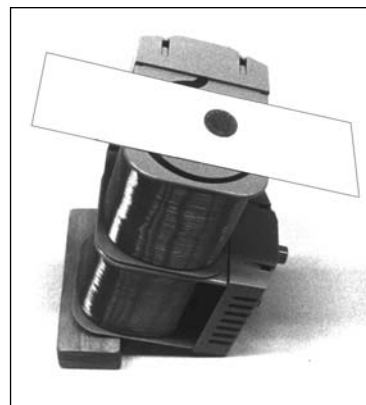


Abb. 2: Ansicht von Spulen, Karton und Münze

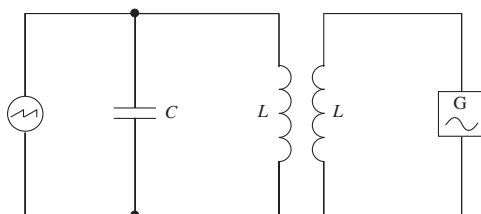


Abb. 3: Schaltskizze

Vorbereitung

Zunächst werden die einzelnen Komponenten des Versuchsaufbaus in Anlehnung an Abb. 1 bis 3 auf der Arbeitsfläche angebracht und verschaltet.

Anschließend werden die beiden Spulen an ihren Stirnseiten mit Hilfe von doppelseitigem Klebeband verbunden und durch Unterlegen eines geeigneten Gegenstands schräg angestellt (Abb. 2). Dabei sollte der Winkel so gewählt werden, daß die einzelnen Prüfstücke und Münzen möglichst langsam über den Karton an der Spule des LC-Schwingkreises vorbei gleiten bzw. von Hand geführt werden können.

Durchführung/Ergebnis

Zunächst wird am Sinusgenerator die Resonanzfrequenz des Schwingkreises eingestellt (maximale Amplitude auf dem Oszilloskop). Diese liegt für die hier beschriebene Anordnung bei 899 Hz. Anschließend läßt man unter ständiger Beobachtung des Spannungssignals auf dem Oszilloskop die Prüfstücke und Münzen über den Karton an der Stirnseite der Spule des LC-Schwingkreises vorbei gleiten. Dabei stellt man fest, daß die Schwingungsamplitude durch die verschiedenen Metallscheiben und Münzen unterschiedlich stark beeinflusst wird. Es läßt sich zudem festhalten, daß die Abnahme der Spannung auch von der relativen Lage einiger Prüfstücke abhängt. So ergibt sich zum Teil am Rand der Spule ein anderer Wert als in deren Zentrum.

Erklärung/Funktionsweise

Je nach den Eigenschaften des in das Magnetfeld der Schwingkreisspule eingebrachten Materials wird die Resonanzfrequenz unterschiedlich beeinflusst. Aus der Änderung der Spannung im LC-Schwingkreis durch verschiedene Prüfstücke lassen sich deshalb Rückschlüsse auf deren Materialzusammensetzung ziehen. Beim realen Münzgeldautomat wird die Spannungsabnahme mit einem festen Bezugswert verglichen, eine Elektronik entscheidet nun, ob das eingeworfene Geldstück den Anforderungen entspricht¹.

Bei der Versuchsdurchführung läßt man eine Metallscheibe oder ein Geldstück an der Stirnseite der Spule vorbei gleiten und beobachtet die Änderung der Amplitude des Spannungssignals am Oszilloskop. Die Abhängigkeit vom Material läßt sich ebenfalls erkennen. Ferromagnetische Stoffe verstärken aufgrund ihrer Permeabilitätszahl das Magnetfeld. Dadurch ändert sich die Induktivität der Spule; es liegt keine Resonanz mehr vor, das Spannungssignal nimmt ab. Aufgrund der zeitlichen Änderung des Magnetfeldes treten Wirbelströme auf. Dadurch wird dem Schwingkreis Energie entzogen, die Schwingung wird gedämpft, was ebenfalls eine Beeinflussung der Resonanzfrequenz bewirkt. Dieser Effekt ist bei ferromagnetischen Materialien vergleichsweise gering, dagegen bewirkt er bei nichtferromagnetischen Leitern mit geringem elektrischem Widerstand ebenfalls eine schwache Abnahme des Spannungssignals. Die Beeinflussung des Spannungssignals ist insgesamt um so stärker, je größer der von den Feldlinien durchsetzte Teil der Fläche des Prüfstückes ist.

Ergebnis für verschiedene Probenmaterialien (Durchmesser: 38 mm, Dicke: 1 mm):

Material	Cu	MS	Fe (VA-Stahl)
$\frac{\Delta U}{U} / \%$	-26	-8	-2

Variation

Mit geeigneten Metallscheiben gleichen Materials könnte man als Erweiterung des Experiments im Rahmen verschiedener Meßreihen die Abhängigkeit der Abnahme des Spannungssignals vom Durchmesser der Prüfstücke bei gleicher Dicke näher untersuchen. Die folgende Tabelle zeigt das Ergebnis für Kupferscheiben:

Durchmesser / mm	38	28	18
$\frac{\Delta U}{U} / \%$	-26	-13	-4

Methodischer Einsatz

Die Auswertung des Experiments erfordert Grundkenntnisse zu Schwingkreisen, zum magnetischen Feld und auch zur elektromagnetischen Induktion. Diese Themen sind Bestandteil des Lehrstoffs der Sekundarstufe II. Es erscheint deshalb weniger angebracht, diesen Versuch in eine Unterrichtseinheit der Mittelstufe zu integrieren.

In der Oberstufe läßt sich der Versuch auch als Schüler- und Schülerinnenexperiment in den Physikunterricht einbinden.

¹ Bei realen Anlagen werden auf diese Art und Weise verschiedene Eigenschaften der Münzen festgestellt: Größe, Masse, Material.