

## Der elektrische Schwingkreis

Elektromagnetische Schwingungen sind den Schülerinnen und Schülern aus ihrem Alltag zunächst weitestgehend unbekannt, obwohl solche Schwingungen in zahlreichen technischen Geräten des täglichen Lebens auftreten. Bei der Behandlung des Themas hat sich bewährt, anfangs zu demonstrieren, dass sich mithilfe einer als Schwingkreis bezeichneten Schaltung aus Kondensator und Spule eine Schwingung erzeugen lässt. Anschließend wird das Phänomen dann weiter untersucht und erklärt. Die Demonstration der gedämpften Schwingung war auf herkömmlichem Weg meist mit einem erheblichen technischen Aufwand verbunden und als Schülerexperiment nur schwer realisierbar.

### Versuchsaufbau



**Versuch mit Spannungssensor**

### Material

- Stromversorgungsgerät
- Kondensatoren, z. B. 1  $\mu\text{F}$ , 2,2  $\mu\text{F}$ , 4,7  $\mu\text{F}$  oder ähnliche verwendbar
- zwei Spulen mit z. B. 250 Windungen, zwei Spulen 500 Windungen mit geschlossenem Eisenkern
- Umschalter, Leiter, Steckbrett
- Lautsprecher (Versuch 1)
- (Taschen-)Computer mit Messwertaufzeichnung (hier TI-Nspire™ CX und Lab Cradle™)
- Spannungssensor (z. B. Voltage Probe, VP-BTA) (Versuch 2)

## Versuchsdurchführung

Versuch 1: Der Kondensator wird aufgeladen und mithilfe des Umschalters über die Spule entladen. Im Lautsprecher ist ein kurzer Ton zu hören. Wird der Versuch wiederholt, zeigt sich das gleiche Ergebnis. Verändert man die Kondensatorkapazität oder die Windungszahl der Spule, so verändert sich die Tonhöhe.

Vorbereitung: 10 min, Durchführung: 10 min

Versuch 2: Der Lautsprecher wird durch den Spannungssensor ersetzt. Der Kondensator wird bei reduzierter Spannung wieder aufgeladen und über die Spule entladen. Der Versuch wird mit den gleichen Kombinationen aus Kondensator und Spule wie in Versuch 1 durchgeführt. Der Spannungsverlauf wird ermittelt und aus den Messwerten die Periodendauer bestimmt. Danach kann das exponentielle Abklingverhalten der Spannung untersucht werden.

Vorbereitung: 10 min, Durchführung: 35 min (mit Auswertung)

## Einstellungen

Versuch 1:

- Spannung: ca. 12 V

Versuch 2:

- Spannung: ca. 3 V
- Messmodus: Time based (Zeitbasiert)
- Messrate: z. B. 10000 Messungen pro Sekunde
- Messzeit: z. B. 0,04 s
- Start der Messung (Triggern): ansteigend (INCREASING), Schwellwert (THRESHOLD) 0,5 V, Vorspeicherung (PRESTORE) 5 %

## Hinweise

In Versuch 1 haben die Schülerinnen und Schüler die Möglichkeit, das Phänomen der elektromagnetischen Schwingungen zu entdecken. Mithilfe von Vorkenntnissen aus den Themen *Mechanische Schwingungen* und *Akustik* lässt sich schnell die Hypothese formulieren, dass eine gedämpfte Schwingung vorliegen könnte. Zudem kann schon an dieser Stelle vermutet werden, dass die Frequenz der Schwingung von den Kenngrößen der beiden Bauelemente abhängt. Mit Versuch 2 können die gefundenen Hypothesen überprüft und weitere Zusammenhänge entdeckt werden.

Empfehlungen zum weiteren Vorgehen:

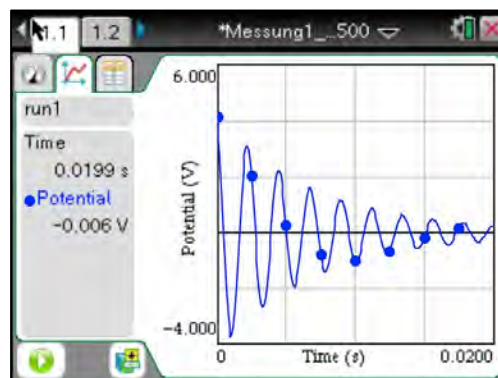
- Begründen des Auftretens einer Schwingung
- Energieumwandlungen im Schwingkreis, Begründen der Dämpfung
- Herleiten der THOMSON'schen Schwingungsgleichung über die zugehörige Schwingungsdifferentialgleichung (ohne Dämpfung)
- Dämpfung/Abklingen – Hüllkurve
- Anwendungen

## Tipps und Tricks

1. Die Frequenz lässt sich schon durch Verschieben des Eisenkerns (hörbar) verändern.
2. Die Frequenz der gedämpften Schwingung ist nicht absolut konstant. Sie variiert vor allem am Ende etwas. Ursachen sind die starke Dämpfung und die Veränderung des induktiven Widerstandes der Spule bei veränderlichen Strömen.

## Auswertung

Es lässt sich zeigen, dass mit der gegebenen Schaltung gedämpfte elektromagnetische Schwingungen erzeugt werden können. Die Schwingungsdauer ist weitgehend konstant und hängt von den Kenngrößen der verwendeten Bauelemente (Kondensator, Spule) ab. Vergrößert man zum Beispiel die Kondensatorkapazität oder die Windungszahl der Spule, erhöht sich auch die Schwingungsdauer. Modelliert man das Abklingen, so erhält man eine Exponentialfunktion der Form  $f(t) = a \cdot e^{-kt}$ .



*U(t)-Diagramm*