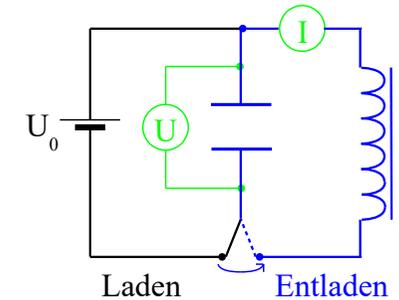


Elektromagnetische Schwingungen sind die Grundlage von Radiowellen, also eine wesentliche Voraussetzung für die drahtlose Kommunikation unserer Zeit. Im Grundexperiment untersuchen wir anknüpfend an das letzte Kapitel eine Spule, die aus einem geladenen Kondensator mit Strom versorgt wird. Nach dem Aufladen (Schalterstellung links) wird die Stromquelle abgekoppelt und der Kondensator mit der Spule in Reihe (Schwingkreis) geschaltet (Schalterstellung rechts). **Beschreibe das Verhalten der beiden gemessenen Größen im Experiment!**

5. Elektromagnetische Schwingungen u. Wellen

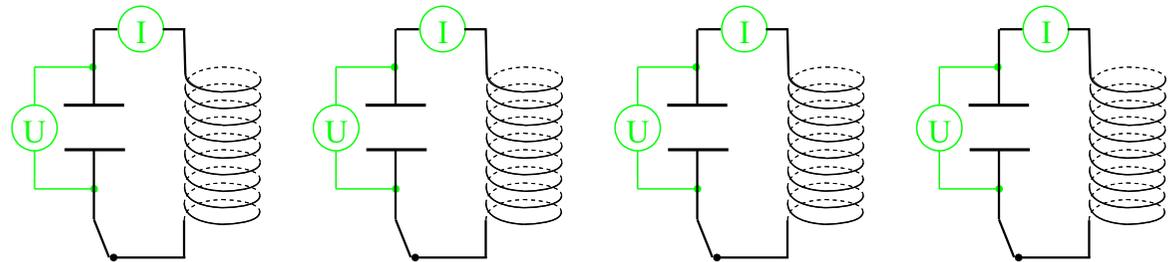
5.1 Elektromagnetischer Schwingkreis

Gedämpfter Schwingkreis



Die beobachtete Schwingung lässt sich in vier verschiedene Phasen einteilen. **Markiere in den vier Bildchen jeweils die Richtung des Zeigernausschlages auf den Messinstrumenten für die verschiedenen Phasen einer Schwingung! Stelle dann die Ladung und Feldrichtung im Kondensator sowie die Stromrichtung im Kreis und die Feldrichtung in der Spule dar (sofern vorhanden)! Beginne bei dem Zustand, der beim Umlegen des Schalters vorliegt!**

4 Phasen der Schwingung



Notiere unter jedes Bild, ob die Energie gerade im Kondensator (E_c) oder in der Spule (E_{mag}) gespeichert ist!

Man vergleicht den Schwingkreis gerne mit einem mechanischen (Faden-)Pendel. Bei diesem wechseln Höhen- und kinetische Energie einander ab. **Welche Energien im Schwingkreis könnte man mit diesen vergleichen? Zeichne unter jedes Bildchen die entsprechende Position für ein Fadenpendel!** → Lösung
Eine passende Animation gibt's auf Leifiphysik unter **Teilgebiet Elektrizitätslehre – Elektromagnetische Schwingungen – Versuche – Elektromagnetischer Schwingkreis niederfrequent.**

Erkläre die Vorgänge im Kondensator! Orientiere Dich dabei an den 4 dargestellten Phasen und begründe die Abfolge der Phasen mit Deinem physikalischen Wissen. Warum kommt die Schwingung nach kurzer Zeit zum Erliegen? → Lösung

*William Thomson leitete 1853 eine Formel für die Frequenz eines elektrischen Schwingkreises her (wir tun das hier nicht).
Berechne mit der angegebenen Formel die Periodendauer des von uns verwendeten Schwingkreises ($L = 630 \text{ H}$, $C = 100 \mu\text{F}$).*

Selbst-Check:

- **Versuchsaufbau gedämpfter Schwingkreis**
- **Vorgänge während der Schwingung (4 Phasen)**
- **Schwingungsgleichung nach Thomson**

Thomsonsche Schwingungsgleichung

Die Frequenz der Schwingung lässt sich berechnen mit der Formel

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{L \cdot C}} \quad \text{mit L: Induktivität und C: Kapazität}$$

*Aufgabe S.183/11 trifft genau die Stunde. Weitere Aufgaben gibt's auf Leifiphysik unter **Teilgebiet Elektrizitätslehre – Elektromagnetische Schwingungen – Elektromagnetischer Schwingkreis gedämpft Aufgaben**. Vorerst reicht die Abituraufgabe von 2008, die Diagramme kommen erst auf den nächsten Blättern.*

Im Experiment der letzten Unterrichtsstunde ersetzen wir einfach die Messgeräte (Voltmeter und Amperemeter) durch die Eingänge eines Messinterfaces (Datenlogger). Damit werden die beiden Messgrößen in ihrem zeitlichen Verlauf aufgezeichnet. Ein entsprechendes Diagramm (beachte die Skalierungen links und rechts) ist hier abgebildet.

Vergleiche die beiden Messkurven mit den Beschreibungen in der vorhergehenden Stunde!

Ermittle aus den Messkurven die Periodendauer der Schwingung (dazu kannst Du eine einzelne, aber auch mehrere Perioden vermessen). Vergleiche diesen experimentellen Wert mit dem theoretischen Wert, der sich aus der Thomson-Formel ergibt (hier: $C = 2,3 \mu\text{F}$, $L = 39,5 \text{ mH}$).

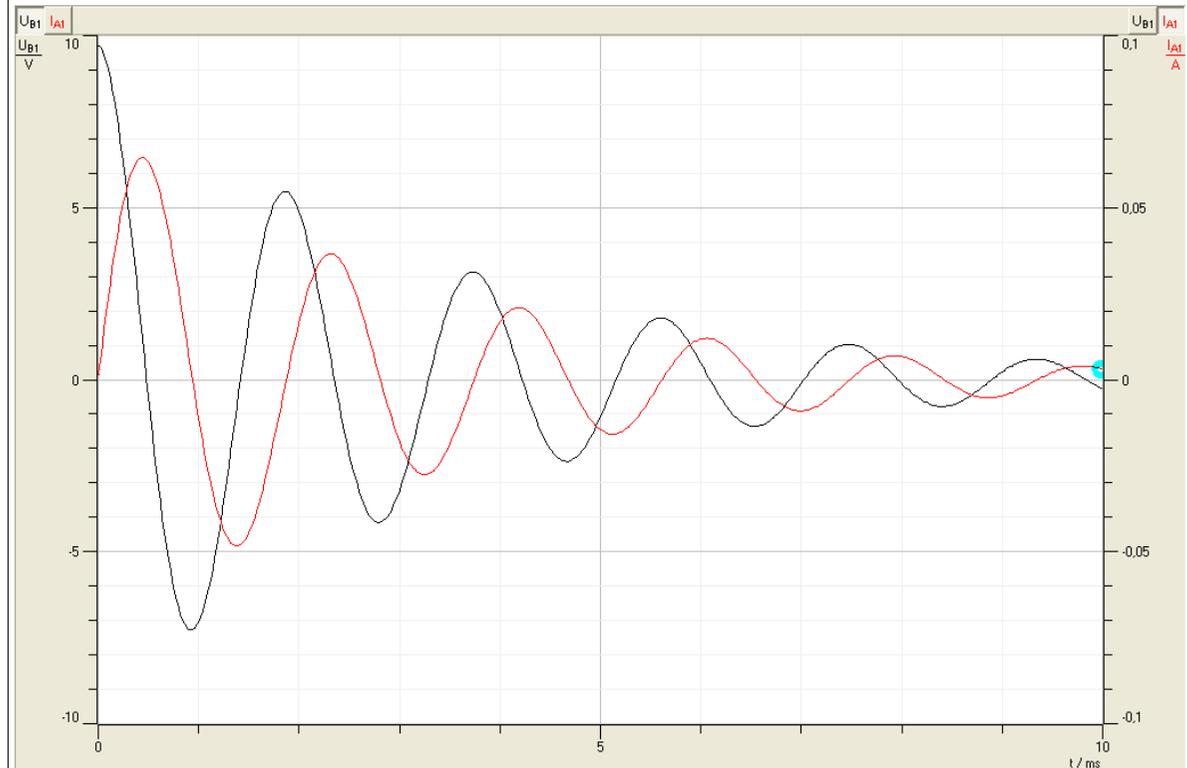
Hinweis für den Experimentator: Es wurde ein $2,0 \mu\text{F}$ -Kondensator und eine Spule mit 1200 Windungen ohne Eisenkern benutzt.

Wie ändert sich die Periodendauer, wenn man die Kapazität des Kondensators auf ein Viertel des ursprünglichen Wertes reduziert?

Welche Auswirkung hat das Einbringen eines Eisenkerns in die Spule? → Lösung

Hier bietet sich noch mal die Animation vom Anfang dieses Kapitels an.

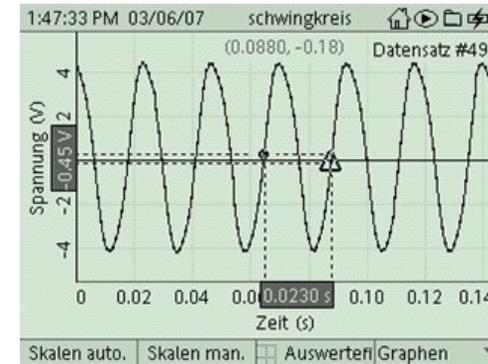
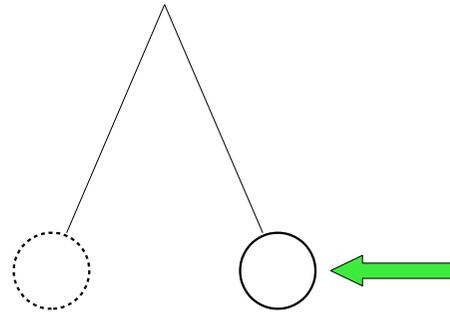
Messkurven für den gedämpften Schwingkreis



Ohne Energieverlust würden Strom und Spannung mit konstanter Amplitude immer weiter schwingen. Dazu dürfte im Schwingkreis allerdings kein Widerstand vorhanden sein. Dies funktioniert einfach in einer Simulation, in der wir den beteiligten Bauteilen einfach keinen Widerstand geben.

Technisch ist das leider nicht realisierbar, selbst bei supraleitenden Spulen würden die Eigenschaften von Spulen und Kondensatoren dem Strom einen Widerstand entgegensetzen. Um den abgebildeten Spannungsverlauf zu realisieren, muss man tricksen. Die Idee dazu ergibt sich aus der Analogie mit dem mechanischen Pendel. Wenn man stets im richtigen Moment Energie zuführt (anschubst), pendelt die Schaukel fortwährend weiter.

Ungedämpfter Schwingkreis



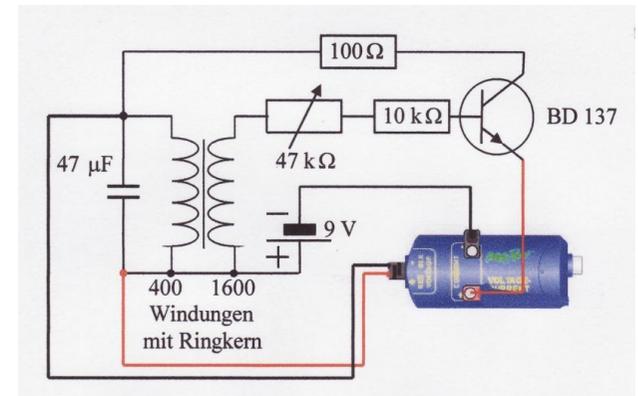
jetzt entgegengesetzt anschubsen

Während die Oma auf dem Spielplatz relativ leicht erkennt, wann sie anschubsen muss, ist das bei unserem Schwingkreis etwas diffiziler. Wir müssen von außen erkennen, in welchem Zustand sich der Schwingkreis befindet und dann im richtigen Moment elektrische Energie aus einer Stromquelle zuführen. Die Graphik zeigt eine entsprechende Schaltung aus dem Praktikum. Sie ist im Buch auf S.151 ausführlich erklärt.

**Zeichne den eigentlichen Schwingkreis blau nach!
Mit welchem Bauteil wird der Schwingungszustand registriert? Welches Bauteil steuert die Energiezufuhr?**

→ Lösung

Meißner-Schaltung



Selbst-Check:

- Messkurven für die gedämpfte Schwingung
- ungedämpfte Schwingung
- Meißner-Schaltung

Für die Diagramme eignen sich S.183/9-11, für die Meißner-Schaltung S.183/12. Auf Leifiphysik gibt's hierzu Aufgaben unter **Teilgebiet Elektrizitätslehre – Elektromagnetische Schwingungen – Elektromagnetischer Schwingkreis gedämpft Aufgaben** bzw. ... **Elektromagnetischer Schwingkreis ungedämpft.**