

Elektrische Schwingungen

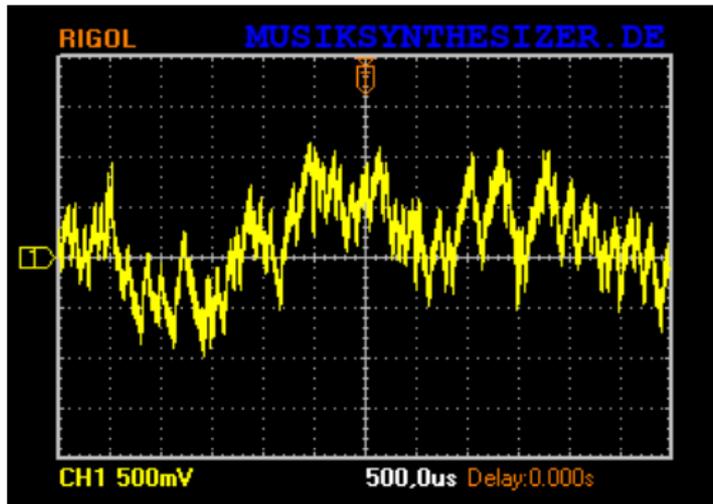


*„mechanische
Instrumente“*



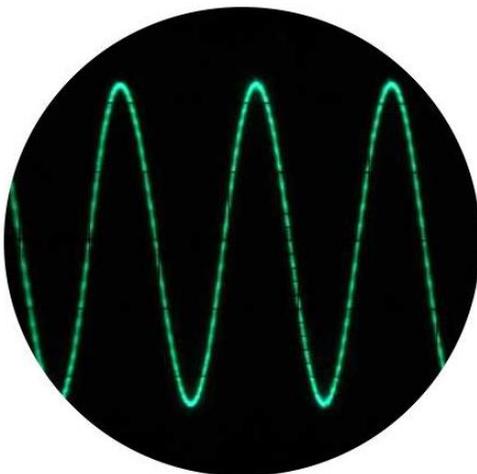
*„elektronisches
Instrument“*

- ▶ *Elektrische Schwingungen können mit Hilfe von Oszillographen dargestellt und untersucht werden*



Elektrische Schwingungen sind Vorgänge, bei denen sich elektrische Größen (Spannung, Stromstärke, ...) zeitlich periodisch ändern.

Erfolgt die zeitliche Änderung der elektrischen Größen nach einer Sinusfunktion, so liegt eine harmonische elektrische Schwingung vor.

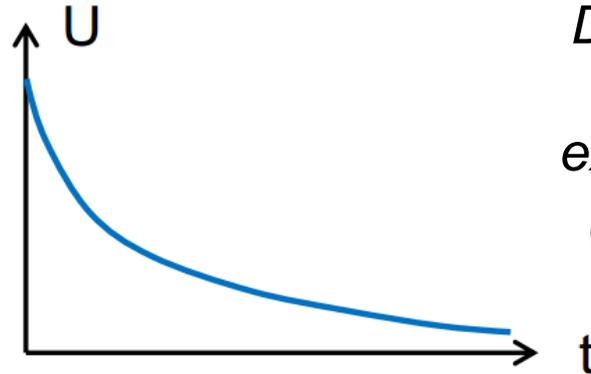
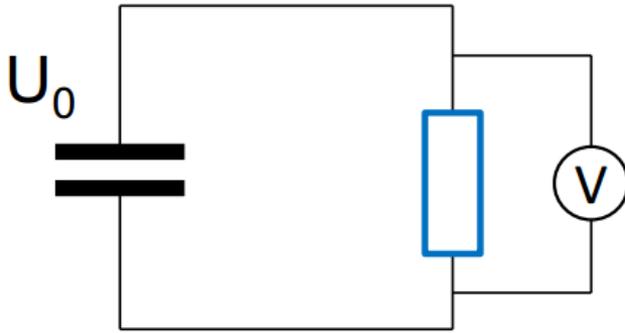


Der technische Wechselstrom ist eine Form einer elektrischen Schwingung.

Erzeugung elektrischer Schwingungen:

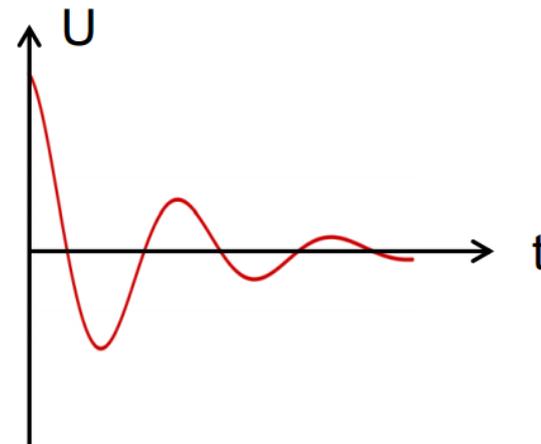
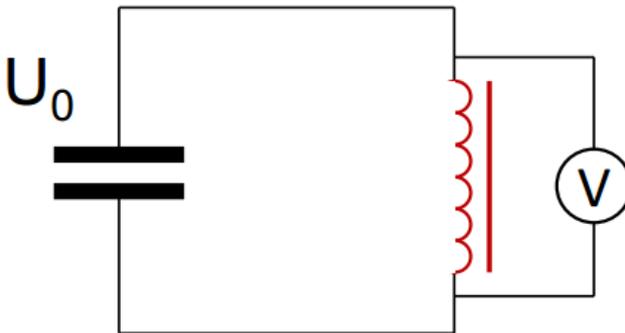
Entladung eines Kondensators ...

... über einen Widerstand:



Die Spannung
nimmt
exponentiell ab
(Entladekurve)

... über eine Spule:



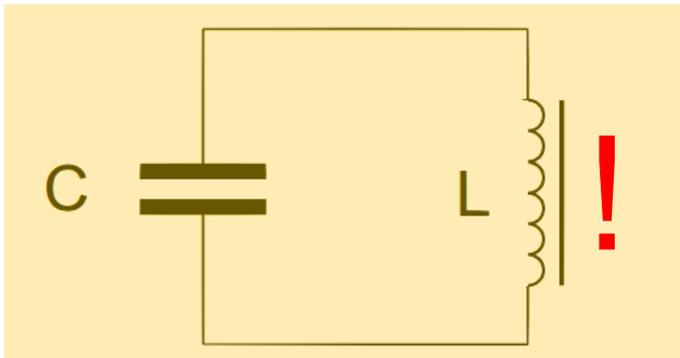
Die Spannung
nimmt mit
wechselnder
Polarität
periodisch ab

► Es entsteht eine gedämpfte elektrische Schwingung !

Die Entladung eines Kondensators über eine Spule erzeugt eine kurzzeitige (gedämpfte) elektrische Schwingung.

- ▶ *Kondensator und Spule bilden ein elektrisch schwingungsfähiges System (Oszillator).*

Die Zusammenschaltung eines Kondensators der Kapazität C und einer Spule der Induktivität L bezeichnet man als **LC-Schwingkreis**.



LC-Parallelschwingkreis



LC-Reihenschwingkreis

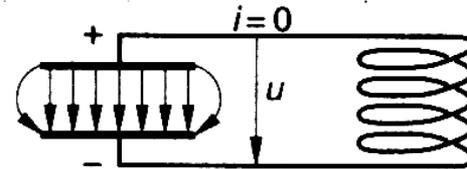
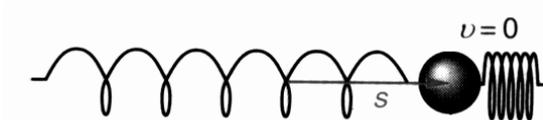
Entstehung der Schwingung:

(Analogiebetrachtung zur mechanischen Schwingung)

Dem schwingungsfähiges System muss (einmalig) Energie zugeführt werden.

$t=0$

(Anfangszustand)



Auslenkung des Schwingers
aus der Gleichgewichtslage

Aufladung des Kondensators
mit einer Spannung U

$$s = s_{\max}$$

*Die Auslenkung s
entspricht der Spannung u*

$$u = u_{\max}$$

$$v = 0$$

*Die Geschwindigkeit v
entspricht der Stromstärke i*

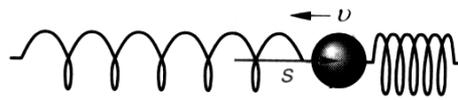
$$i = 0$$

Bewegung des
Schwingers beginnt

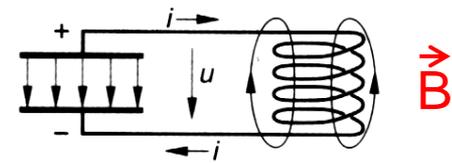
„Freigabe des System“

Entladung des
Kondensators beginnt

$$t = \frac{1}{8} \cdot T$$

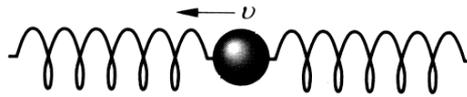


Auslenkung x nimmt ab
Geschwindigkeit v steigt an

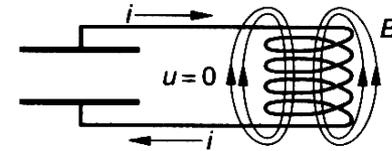


Spannung u sinkt
Stromstärke i steigt an

$$t = \frac{1}{4} \cdot T$$



Auslenkung $x = 0$
Geschwindigkeit v ist maximal

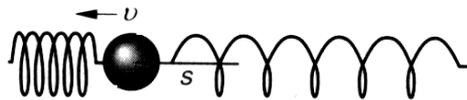


Spannung $u = 0$
maximale Stromstärke i

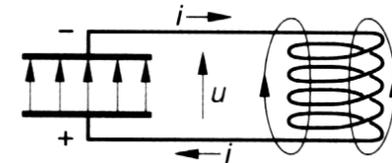
Trägheit des Körpers bewegt ihn
über die Gleichgewichtslage hinaus

Selbstinduktion und Lenzsches
Gesetz lässt den Strom in
gleiche Richtung weiterfließen

$$t = \frac{3}{8} \cdot T$$

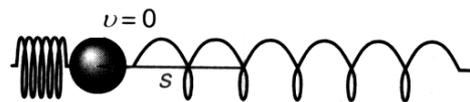


Auslenkung x nimmt in
negative Richtung zu
Geschwindigkeit v sinkt

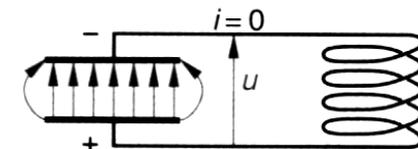


Spannung steigt mit
umgekehrter Polarität
Stromstärke i sinkt

$$t = \frac{1}{2} \cdot T$$



maximale negative Auslenkung
Geschwindigkeit $v = 0$

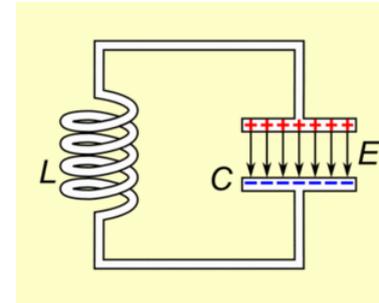


maximale (umgekehrte) Spannung
Stromstärke $i = 0$

Nach $t=T/2$ ist der Kondensator mit entgegengesetzter Polarität aufgeladen.

Der Entladevorgang beginnt von Neuem und wiederholt sich periodisch.

Energiebilanz:



Im Schwingkreis wird **elektrische Energie** des Kondensators periodisch in **magnetische Feldenergie** der Spule umgewandelt.

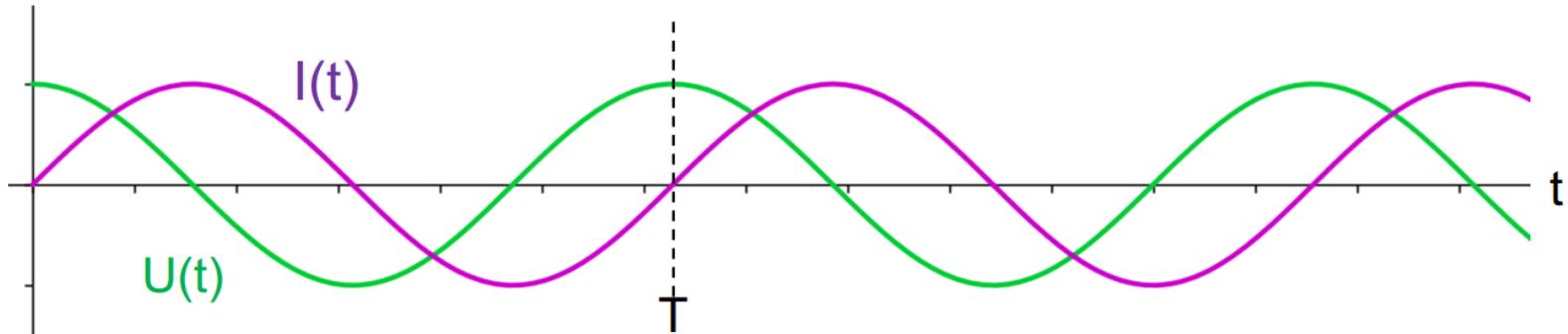
$$E_{el} \longleftrightarrow E_{mag}$$

Vorgänge, bei denen sich elektrische und magnetische Felder periodisch ändern, nennt man **elektromagnetische Schwingungen**.

Die Maxima des elektrischen und des magnetischen Feldes sind um $T/4$ zeitlich verschoben.

Verlauf von Spannung und Stromstärke:

$$U_C(0) = U_{max}$$



Das Stromstärkemaximum tritt $T/4$ nach dem Spannungsmaximum auf.

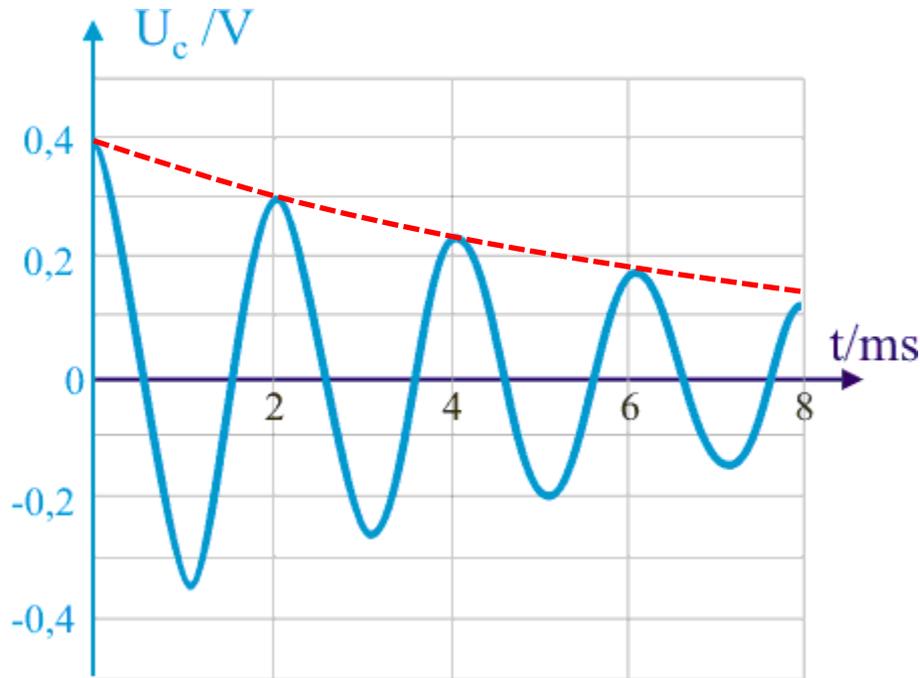
→ Die Stromstärke eilt der Spannung hinterher

$$u(t) = u_{max} \cdot \sin(\omega \cdot t)$$

$$i(t) = i_{max} \cdot \cos(\omega \cdot t)$$

In einem LC-Schwingkreis können harmonische elektromagnetische Schwingungen erzeugt werden.

... einmalige Energiezufuhr:



In einem realen Schwingkreis tritt bei einmaliger Energiezufuhr eine gedämpfte Schwingung auf.

Die Amplitude der Spannung (und Stromstärke) nimmt **exponentiell** mit der Zeit ab.

Ursachen für die Dämpfung:

- Elektrischer Widerstand der Spule (Stromwärme)
- magnetische Streufelder
- Wirbelstromverluste im Eisenkern