

Physikalisches Blockpraktikum für Naturwissenschaftler

Kondensator und Spule

Betreuer: Daniel Kohlberger

Gruppe 3
26.02.2019

Einleitung

Kondensatoren und Spulen findet man in vielen elektronischen Geräten, sowohl im alltäglichen Leben, wie auch im wissenschaftlichen Bereich und dienen der Speicherung elektrischer Energien. In diesem Versuch haben wir mittels eines Impulsgenerators eine Rechteckspannung erzeugt, wodurch wir den Verlauf des Auf- und Entladevorgangs, sowie Ein- und Ausschaltvorgangs eines Kondensators und einer Spule beobachten konnten. Darüberhinaus haben wir die jeweiligen Spannung über der Zeit mit einem Oszilloskop gemessen.

Auswertung

1. Spannungs- und Strommessungen am Kondensator

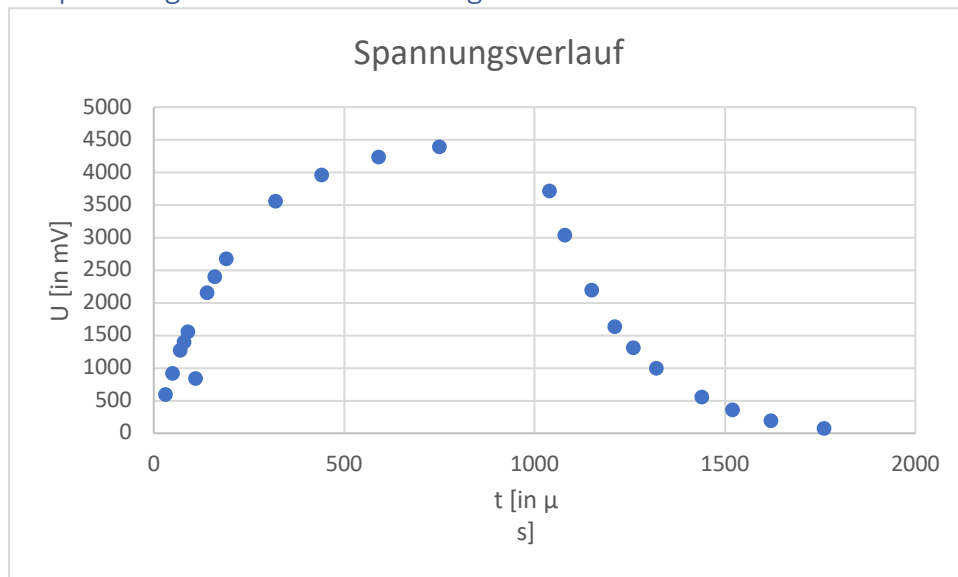


Abb. 1: Spannungsverlauf $U_C(t)$ bei der Auf- und Entladung eines Kondensators über einen Widerstand mit 2000Ω

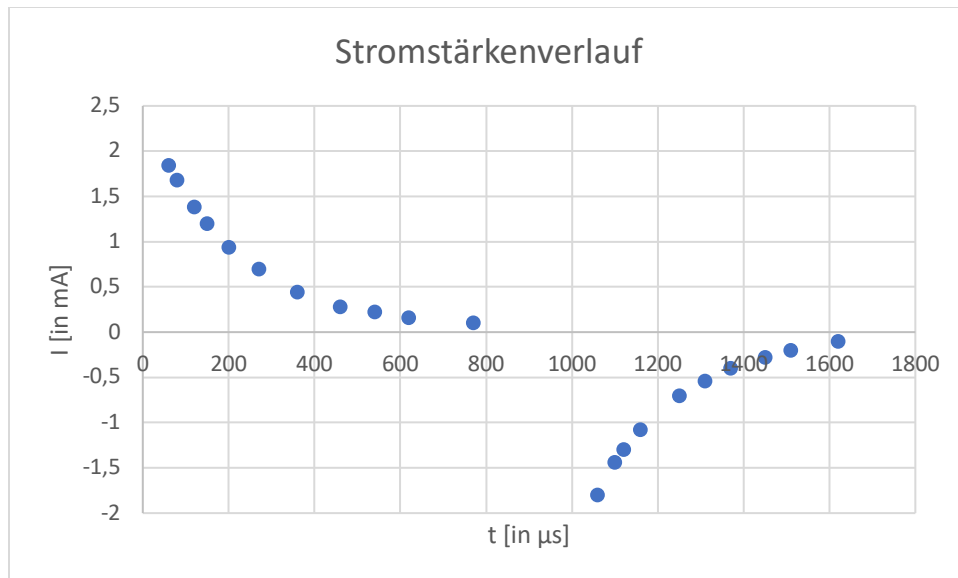


Abb. 2: Stromstärkenverlauf $I(t)$ bei der Auf- und Entladung eines Kondensators über einen Widerstand mit 2000Ω

Die Stromstärke wurde mittels des Ohm'schen Gesetzes berechnet: $I = \frac{U_R}{2000\Omega}$.

Der Verlauf der gemessenen Spannung U_C und die der berechneten Stromstärke I entspricht dem theoretischen vorhergesagtem Verlauf. Bei dem Spannungsverlauf ist zum Zeitpunkt $t=0$ auch die Kondensatorspannung U_C 0, am Widerstand R fällt die Spannung U_0 ganz ab. Der Ladestrom ist zu diesem Zeitpunkt maximal. Während die Spannung U_C ansteigt, fällt der Ladestrom ab, weshalb auch die Anstiegsgeschwindigkeit der Kondensatorspannung abnimmt, da die Spannungsquelle mehr Arbeit verrichten muss, um weitere Ladungen auf die Platten zu transportieren. Der weitere Stromfluss wird durch die bereits vorhandenen Ladungen blockiert, weshalb die Spannung U_C zwischen den Platten immer langsamer ansteigt. Die Kondensatorenspannung kommt der Spannung der Quelle U_0 beliebig nahe, weshalb der Ladestrom I auch beliebig klein wird.

Bei der Entladung des Kondensators liegt die volle Spannung $U_C = U_0$ an den Platten an, weshalb zu Beginn ein Strom I_0 fließt. Der Ladestrom wird außerdem von einer gleich großen Spannung angetrieben, wie beim Anfang des Aufladevorgangs, was man in Abb. 2 auch erkennen kann. Allerdings kann man auch einen Vorzeichenwechsel erkennen, was daran liegt, dass die Richtung des Entladestroms der des Ladestroms entgegengerichtet ist. Darüberhinaus erkennt man auch, dass es zu Beginn des Entladevorgangs zu einer starken Abnahme des Stromflusses kommt, die dann abschwächt. Das liegt daran, dass sich mit sinkender Ladung die gleichnamigen Ladungen auf den Kondensatorplatten nicht mehr so stark abstoßen. Die Änderung der Spannung U_C verhält sich analog hierzu.

2. Spannungs- und Strommessung an der Spule

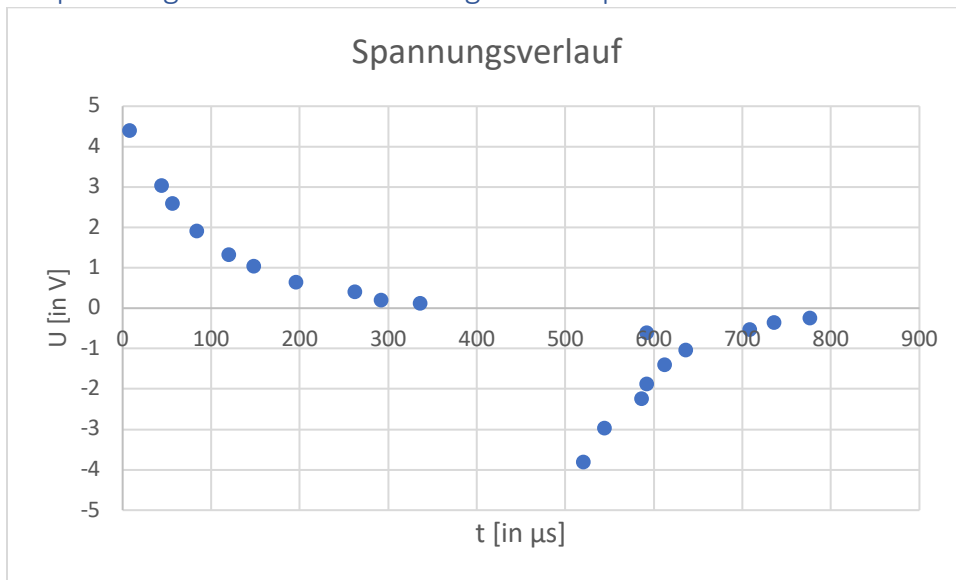


Abb. 3: Spannungsverlauf $U_C(t)$ bei der Auf- und Entladung einer Spule über einen Widerstand mit 1000Ω

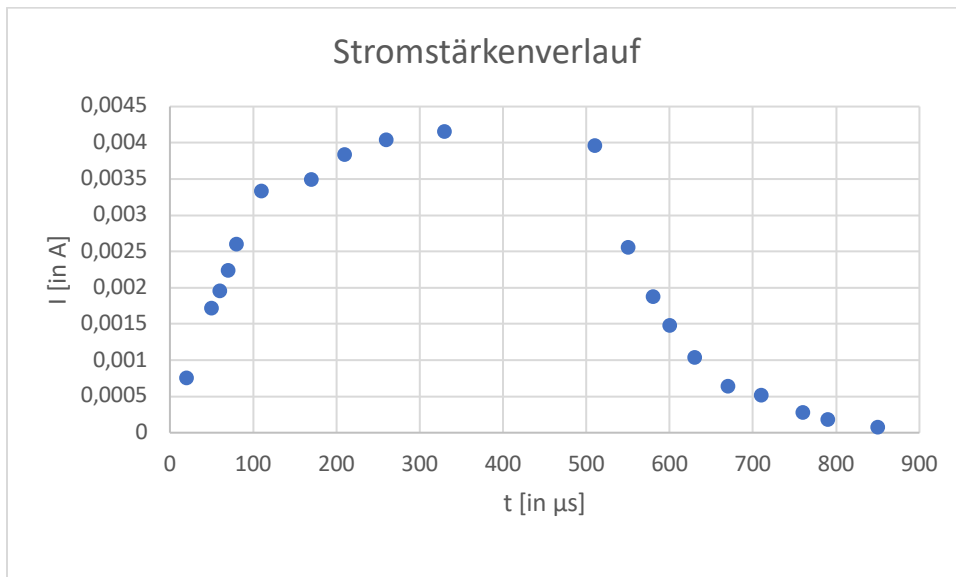


Abb. 4: Stromstärkenverlauf $I(t)$ bei der Auf- und Entladung einer Spule über einen Widerstand mit 1000Ω

Die Stromstärke wurde mittels des Ohm'schen Gesetzes berechnet: $I = \frac{U_R}{1000\Omega}$.

Der Verlauf der gemessenen Spannung U_{ind} und die der berechneten Stromstärke I entspricht dem theoretischen vorhergesagtem Verlauf. Beim Einschalten der Spannung ist $U_{\text{ind}} = U_0$, also maximal. Hier fällt die Spannung an der Spule, nicht wie beim Kondensator, am Widerstand. Man kann ein schnelles Abfallen von U_{ind} erkennen, bis es sich asymptotisch 0 Volt nähert. Der Spulenstrom hingegen steigt bei starkem Spannungsabfall stark an. Letztendlich verlangsamt sich der Stromanstieg beliebig klein parallel zum Spannungsabfall.

Sobald die Spannung U_0 abgelegt wird, dient die Spule als Spannungsquelle. Diese versucht dann mittels U_{ind} den Strom aufrecht zu erhalten. U_{ind} fällt betragsmäßig exponentiell ab, bis es sich wieder asymptotisch 0 Volt nähert, während der Spulenstrom auch zuerst stark abfällt, bis er abschwächt.

3. Kapazität und Induktivität

Um die Kapazität des Kondensators zu berechnen, muss man erstmal noch ein paar Schritte erledigen. Zunächst wird die Steigung m aus jedem Messwert $U_C(t)$ mittels folgender Formel berechnet:

$$\ln\left(\frac{U_C(t)}{U_0}\right)$$

Hierbei ist $U_0 = 4.5V$, der jeweilige maximale Spannungswert, das haben wir bei dem Versuch falsch eingestellt.

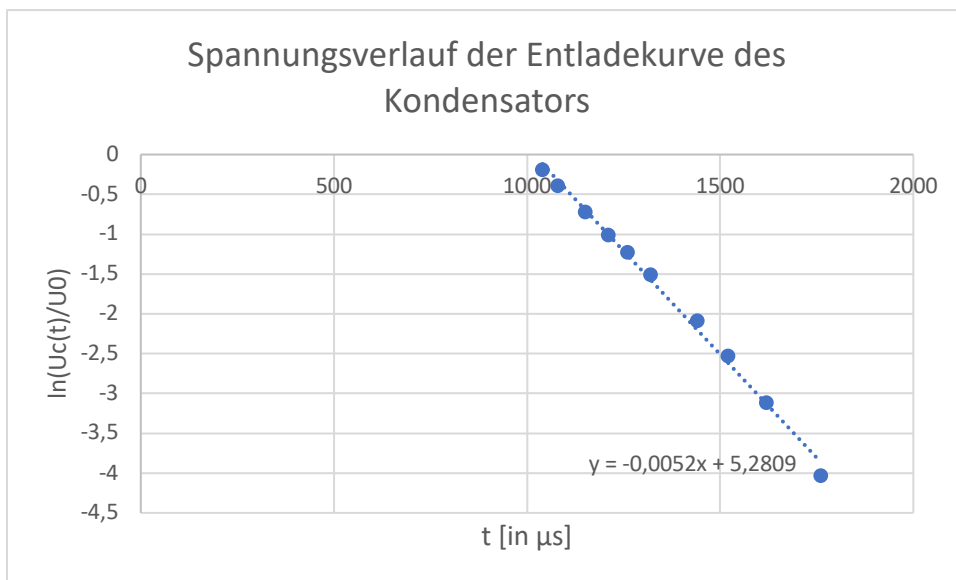


Abb. 5: Diagramm $\ln\left(\frac{U_C(t)}{U_0}\right)$ gegen t

Durch die Steigung der Ausgleichsgerade ergibt sich $m = -0.0052 \frac{1}{\mu s}$.

Die Zeitkonstante lässt sich mittels folgender Formel berechnen:

$$\tau_C = -\frac{1}{m} = 192.308 \mu s$$

Dadurch lässt sich die Kapazität des Kondensators folgendermaßen berechnen:

$$C = \frac{\tau_C}{R} = 96.154 nF$$

Mit dieser Methode kann die Kapazität auf 3% Genauigkeit bestimmt werden. Daher ergibt sich eine absolute Messunsicherheit von $\Delta C = 3 nF$. Daraus ergibt sich für die Kapazität des Kondensators:

$$C = (96 \pm 3) nF$$

Anschließend soll die Induktion der Spule bestimmt werden, dabei geht man wie bei der Bestimmung der Kapazität vor. Zunächst wird die Steigung m aus jedem Messwert $U_{\text{ind}}(t)$ mittels folgender Formel berechnet:

$$\ln\left(\frac{U_{\text{ind}}(t)}{U_0}\right)$$

Hierbei ist $U_0 = 4.5V$, der jeweilige maximale Spannungswert, das haben wir bei dem Versuch falsch eingestellt.

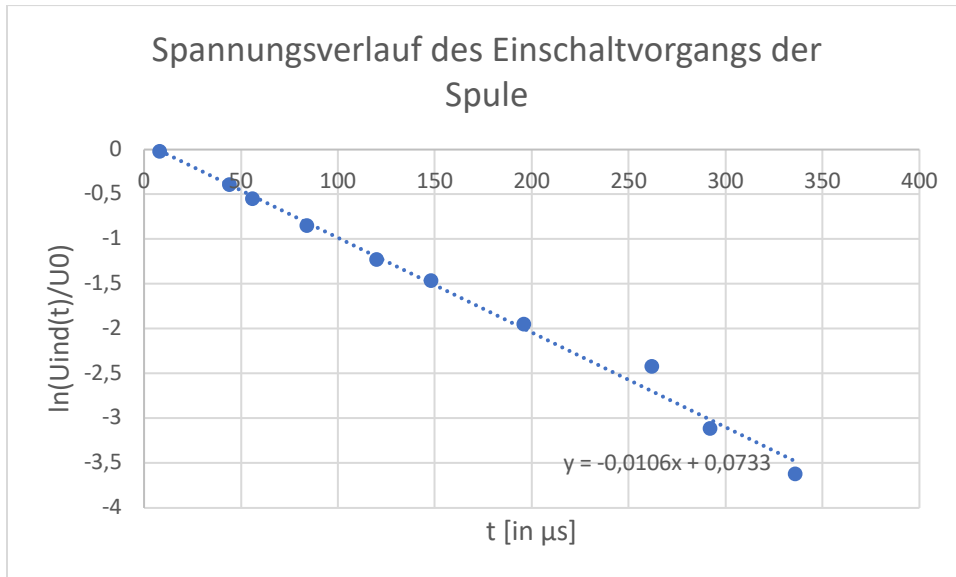


Abb. 6: Diagramm $\ln\left(\frac{U_{\text{ind}}(t)}{U_0}\right)$ gegen t

Durch die Steigung der Ausgleichsgerade ergibt sich $m = -0.0106 \frac{1}{\mu s}$.

Die Zeitkonstante lässt sich mittels folgender Formel berechnen:

$$\tau_L = -\frac{1}{m} = 94.34 \mu s$$

Dadurch lässt sich die Induktivität der Spule folgendermaßen berechnen:

$$L = R \cdot \tau_L = 94.340 mH$$

Mit dieser Methode kann die Induktivität auf 3% Genauigkeit bestimmt werden. Daher ergibt sich eine absolute Messunsicherheit von $\Delta C = 3mH$. Daraus ergibt sich für die Induktivität der Spule:

$$L = (94 \pm 3)mH$$

4. Dimension der Zeit

Jetzt soll noch theoretisch gezeigt werden, dass sowohl $R \cdot C$ und $\frac{L}{R}$ die Dimension Zeit haben. Hierbei werden die Gleichungen KS.4 und KS.13 verwendet.

$$\frac{L}{R} = \frac{\frac{V_S}{A}}{\frac{V}{A}} = \frac{V_S \cdot A}{A \cdot V} = s$$

$$R \cdot C = \frac{V}{A} \cdot \frac{A_S}{V} = s$$