

Blockpraktikum Physik

Kondensator und Spule

24.02.2018

Betreuer: Ahmad Al-Latif

Gruppe: 21

Stefan Kern, Dominic Baum

Theoretische Einleitung: Kondensatoren und Spulen sind häufig in elektronischen Bauteilen zu finden. Kondensatoren sind Bauelemente, die elektrische Ladungen bzw. elektrische Energie speichern können. Die einfachste Form eines Kondensators besteht aus zwei gegenüberliegenden Metallplatten. Dazwischen befindet sich ein Dielektrikum, welches keine elektrische Verbindung zwischen den Metallplatten zulässt. Das Dielektrikum ist als Isolator zu verstehen.

Eine Spule ist ein Schaltelement aus einem langen, dünn gewickelten Draht, durch den elektrischer Strom fließt. Dadurch entsteht in ihrem Inneren ein magnetisches Feld.

Ziel des Versuchs ist es, den Verlauf vom Auf- und Entladen eines Kondensators sowie den Verlauf des Ein- und Ausschaltvorgangs einer Spule zu verstehen und mittels Diagrammen darzustellen. Zudem sollten sich die Versuchsteilnehmer mit der Bedienung eines Oszilloskops vertraut machen.

Versuchsaufbau: Die entsprechenden elektrischen Bauteile (Kondensator, Spule und Widerstände) werden auf einem Steckbrett angebracht. Mithilfe eines Impulsgenerators wird eine periodische Rechteckspannung erzeugt und an den Eingang des Steckbretts angelegt. Das Ausgangssignal des Steckbretts wird an das Oszilloskop übergeben. Das Oszilloskop gibt elektrische Spannungsverläufe graphisch wieder. Ströme müssen indirekt über den Spannungsabfall an einem Ohm'schen Widerstand gemessen und dann mithilfe des Ohm'schen Gesetzes $U = R \times I$ berechnet werden.

Auswertung:

1. Spannungs- und Strommessungen am Kondensator:

(a) Spannungs-Zeit-Diagramm

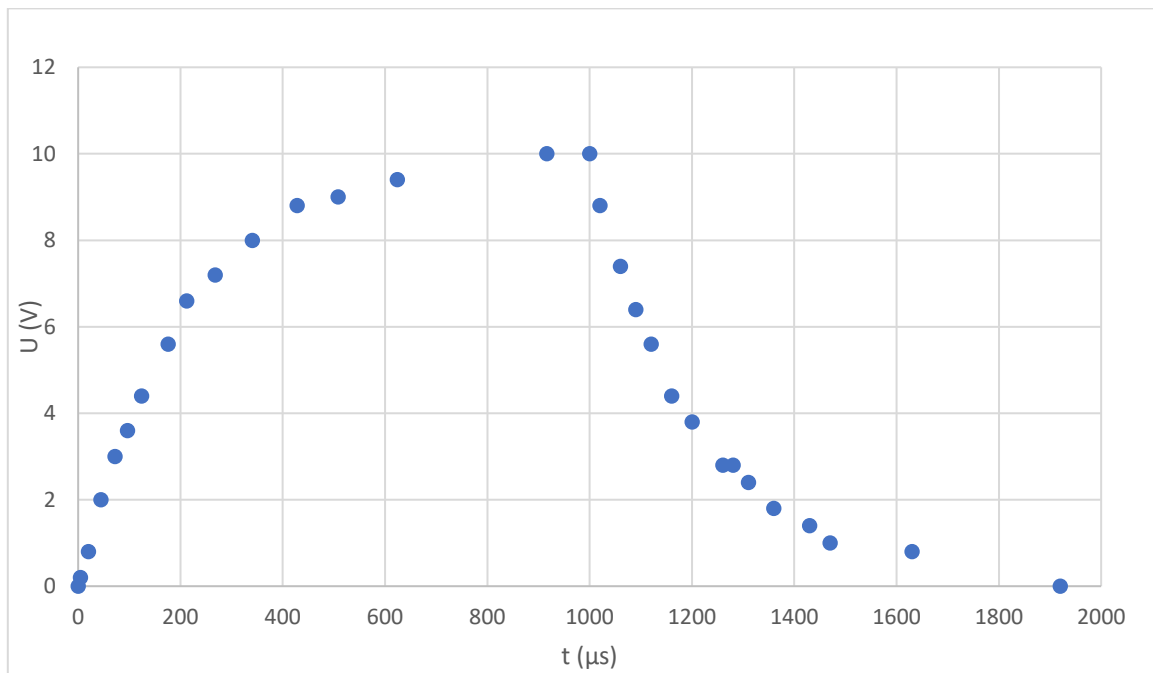
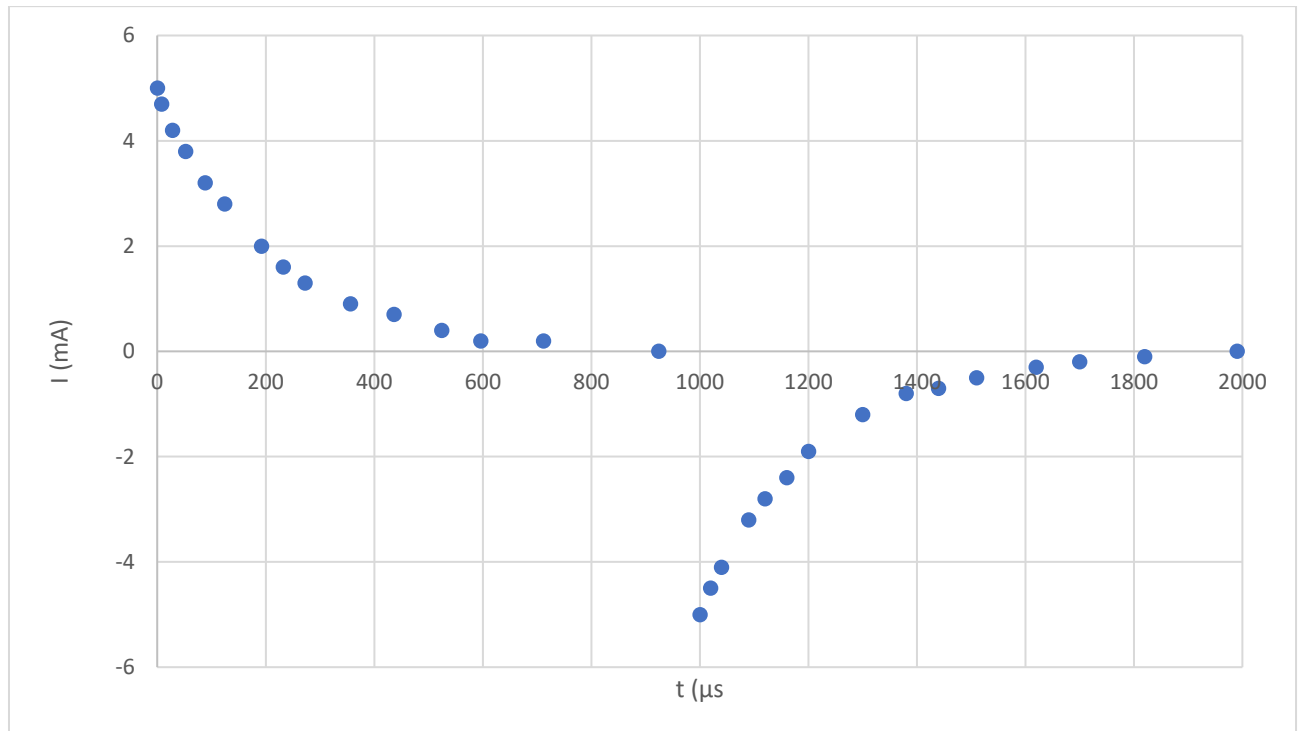


Abb.1: Spannungsverlauf $U_C(t)$ bei der Auf- und Entladung des Kondensators über einen $2000\ \Omega$ -Widerstand

(b) Strom-Zeit-Diagramm

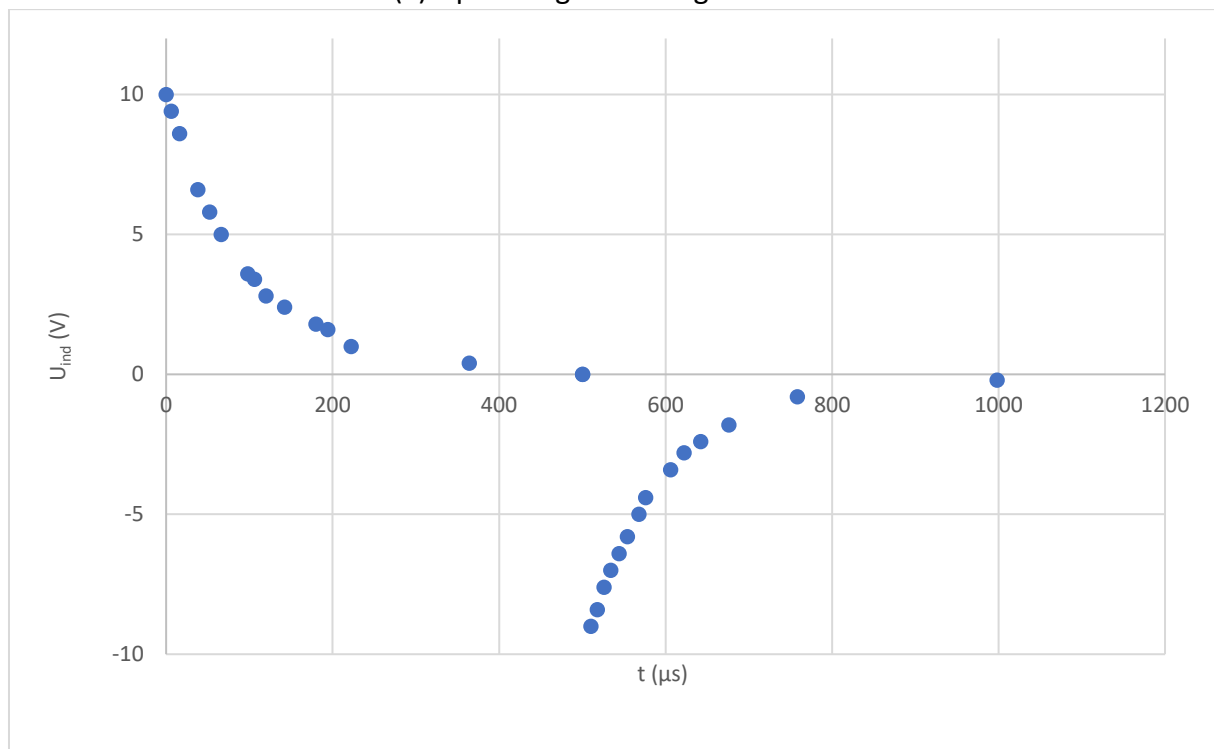
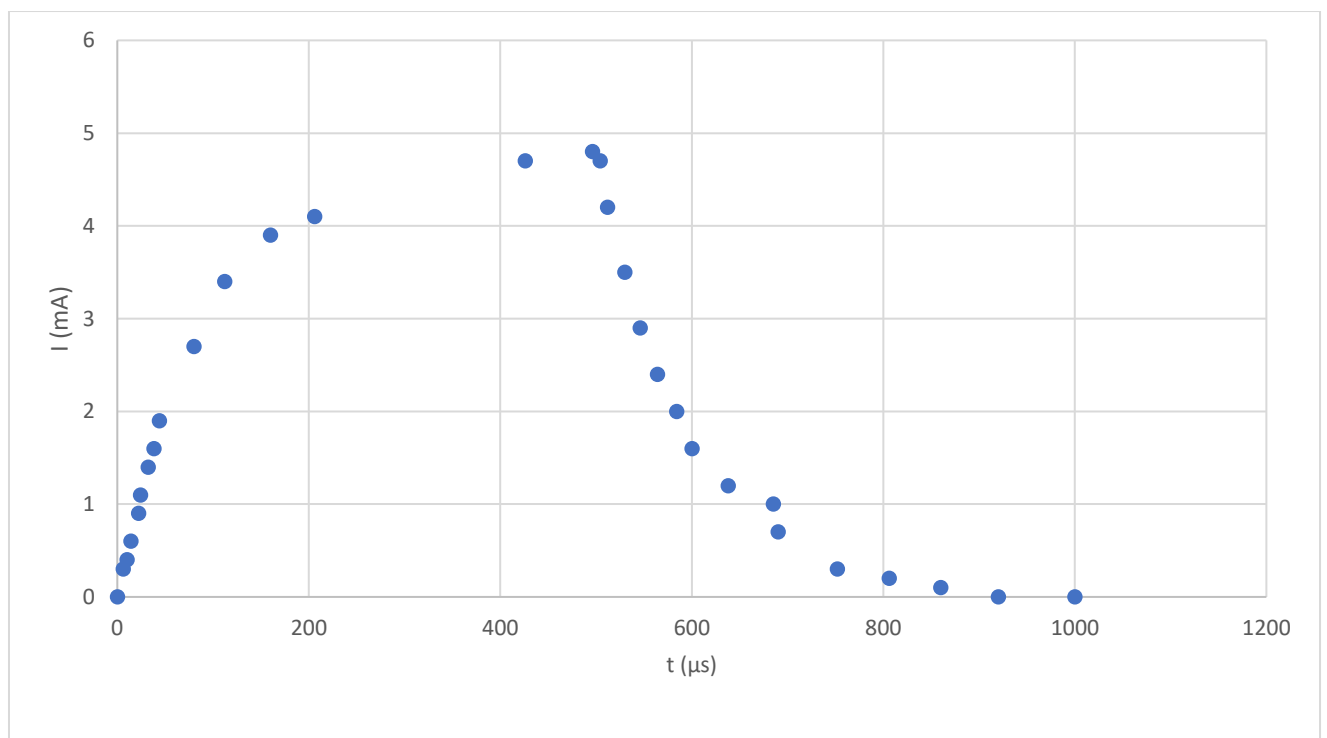
Abb. 2: Stromverlauf $I(t)$ bei der Auf- und Entladung des Kondensators über einen $2000\ \Omega$ -Widerstand

Die über den Widerstand gemessene Spannung U_c , sowie die durch die Formel

$$I(t) = \frac{U}{R}$$

berechnete Stromstärke werden in Diagrammen in Abhängigkeit von der Zeit dargestellt. Aus den Messungen ergibt sich der theoretisch vorhergesagte Verlauf der beiden Kurven. Bei der Spannungs-Zeit-Kurve ist zum Zeitpunkt $t=0$ die Kondensatorspannung U_c noch 0. Die Spannung U_0 fällt daher ganz am Widerstand R ab. Der Aufladestrom ist zu diesem Zeitpunkt maximal, da die Ladungen ungehindert auf die Kondensatorplatten fließen können. Die Spannung U_c nimmt zunächst stark zu und steigt mit zunehmender Spannung immer langsamer. Auch der Ladestrom nimmt ab, da es immer mehr Arbeit erfordert, weitere Ladungen auf die Platten zu befördern. Die Kondensatorspannung U_c kommt der Quellspannung beliebig nahe, womit auch der Ladestrom $I(t)$ beliebig klein wird. Der Kondensator ist nun also vollständig aufgeladen.

Zum Entladen des Kondensators wird die Spannungsquelle vom restlichen Stromkreis abgetrennt. Nun fungiert der Kondensator selbst als Spannungsquelle. Zu Beginn des Entladens ist die Spannung U_c also gleich der Spannung U_0 . Der Ladestrom wird also zunächst von einer gleich großen Spannung wie zu Beginn des Aufladevorgangs angetrieben und ist dementsprechend gleich groß. Die Richtung des Entladestroms ist der des Ladestroms allerdings entgegengesetzt, was durch den Vorzeichenwechsel erkennbar ist. Auch bei der Entladung kommt es erst zu einem starken Abfall des Stroms, welcher dann immer weiter abschwächt. Begründet ist dies durch die sinkende Abstoßkraft der gleichnamigen Ladungen auf den Kondensatorplatten. Die Änderung der Spannung U_c verhält sich analog.

2. Spannungs- und Strommessungen an der Spule:**(a) Spannungs-Zeit-Diagramm**Abb. 3: Spannungsverlauf $U_{\text{ind}}(t)$ bei der Auf- und Entladung der Spule über einen 1000Ω -Widerstand**(b) Strom-Zeit-Diagramm**Abb. 4: Stromverlauf $I(t)$ bei der Auf- und Entladung der Spule über einen 1000Ω -Widerstand

Die über den Widerstand gemessene Spannung U , sowie die durch die Formel

$$I(t) = \frac{U}{R}$$

berechneten Stromstärken werden in Diagrammen in Abhängigkeit von der Zeit dargestellt. Aus den Messungen ergibt sich der theoretisch vorhergesagte Verlauf der beiden Kurven. Beim Einschalten der Spannung ergibt sich, dass die Spannung $U_{\text{ind}} = U_0$ maximal ist. Im Gegensatz zum Kondensator fällt hier also alle Spannung zunächst an der Spule und nicht am Widerstand ab. Es zeigt sich anschließend ein schnelles Abfallen der Spannung U_{ind} , welches in ein asymptotisches Annähern an die Spannung 0V übergeht. Der Ladestrom ist zu Beginn Null und steigt bei zunächst starkem Spannungsabfall rasch an. Die Geschwindigkeit des Stromanstiegs verringert sich mit dem Spannungsabfall am Widerstand und wird schließlich beliebig klein.

Nach Ablegen der Spannung U_0 dient die Spule als Spannungsquelle. Nun strömen Ladungen entlang der noch hohen Spannung entgegen der ursprünglichen Stromrichtung. Es zeigt sich wieder zuerst ein schnelles Abfallen der Spannung mit anschließend verlangsamer Annäherung an 0V.

Durch Vergleich der Abbildungen 1-4 ist ersichtlich, dass der zeitliche Verlauf des Spulenstroms $I(t)$ dem der Kondensatorspannung $U_c(t)$ und der zeitliche Verlauf der Spulenspannung $U_{\text{ind}}(t)$ der des Kondensatorstroms gleicht.

3. Kapazität und Induktivität

(a) Bestimmung der Kapazität des Kondensators

Die Steigung m wird aus jedem Messwert $U_c(t)$ mit der Formel

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

berechnet. U_0 ist hierbei der jeweilige maximale Spannungswert der Messung mit $U_0 = 10\text{V}$.

Es ergibt sich folgendes Diagramm $\ln(U_c(t)/U_0)$ gegen die Zeit t :

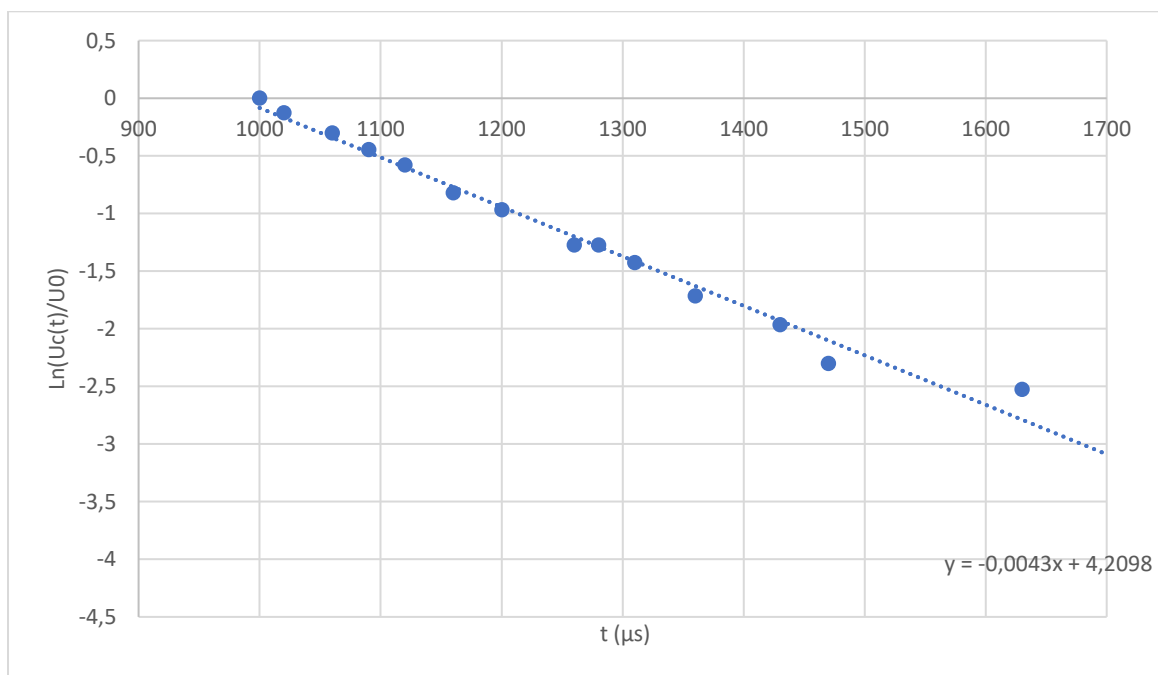


Abb. 5: Diagramm der Auftragung $\ln(U_c(t)/U_0)$ gegen t mit linearer Trendlinie

Es ergibt sich eine Steigung der Ausgleichsgeraden von $m = -0,0043$.

Die Zeitkonstante des Kondensators ergibt sich aus der Formel

$$\tau C = -\frac{1}{m}$$

Der untersuchte Kondensator hat demnach die Zeitkonstante $\tau C = 232,558 \mu s$.

Die Kapazität des Kondensators wird mit der folgenden Formel

$$C = \frac{\tau C}{R}$$

berechnet. Die Kapazität des Kondensators beträgt dementsprechend $C = 116,279 nF$.

Da mit dieser Methode die Kapazität auf 3% genau bestimmt werden kann, ergibt sich eine absolute Messunsicherheit von $\Delta x = 4 nF$.

Die Kapazität C inklusive absoluter Messunsicherheit beträgt also $C = (116 \pm 4) nF$.

(b) Bestimmung der Induktivität der Spule

Die Steigung m wird aus jedem Messwert $U_{ind}(t)$ mit der nachstehenden Formel

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

berechnet.

U_0 ist der maximal gemessene Spannungswert mit $U_0 = 10V$.

Es ergibt sich folgendes Diagramm $\ln((U_{ind}(t))/U_0)$ gegen die Zeit t :

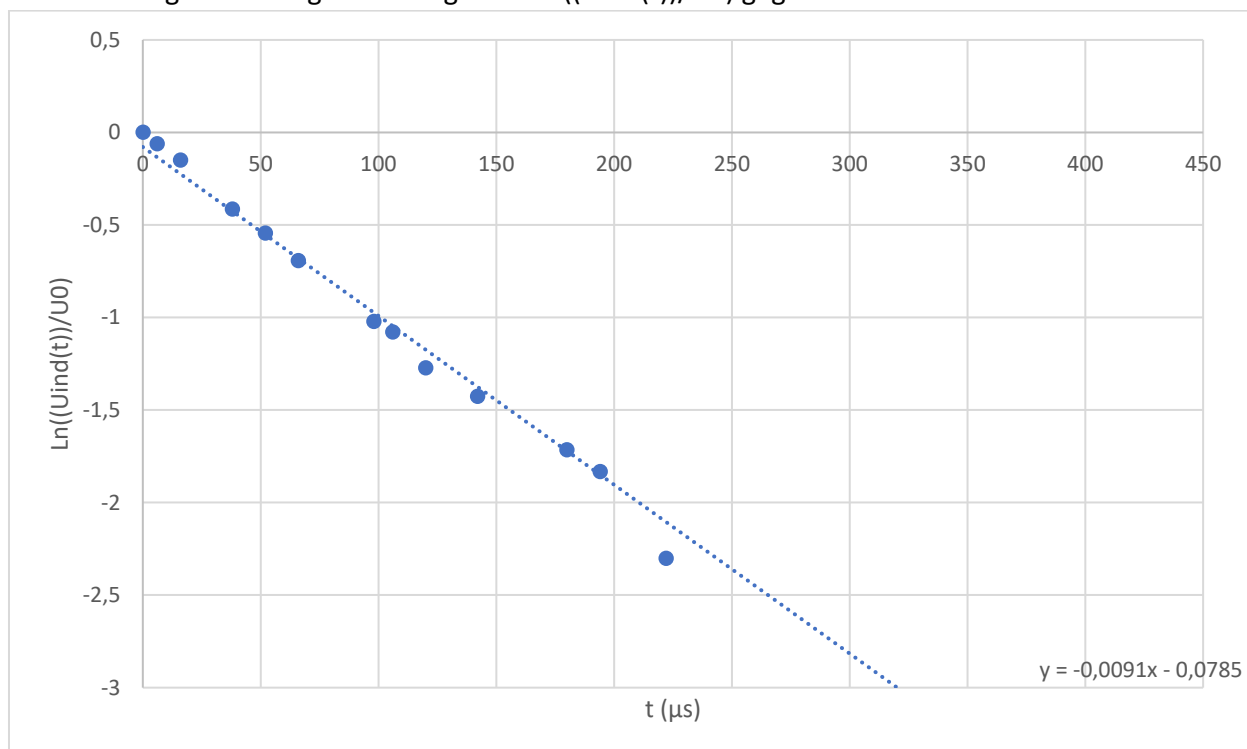


Abb. 6: Diagramm der Auftragung $\ln((U_{ind}(t))/U_0)$ gegen t mit linearer Trendlinie

Es ergibt sich eine Gerade der Steigung $m = -0,0091$.

Die Zeitkonstante der Spule ergibt sich aus der Formel:

$$\tau_L = \frac{-1}{m}$$

Die untersuchte Spule hat demnach die Zeitkonstante $\tau_L = 109,890 \mu s$.

Die Induktivität der Spule berechnet man mit der folgenden Formel $L = \tau_L \times R$.

Die Induktivität der Spule beträgt damit $L = 109,9\text{mH}$. Da mit dieser Methode die Induktivität auf 3% genau bestimmt werden kann, ergibt sich eine absolute Messunsicherheit von $\Delta x = 4\text{mH}$.

Die Induktivität L inklusive absoluter Messunsicherheit beträgt also $L = (110 \pm 4)\text{mH}$.

4. Dimension [Zeit]

Dass $\frac{L}{R}$ und $R \times C$ jeweils die Zeit zur Einheit haben, wird durch das Einsetzen der Einheiten

Ohm, Farad und Henry in die Gleichungen für τ verdeutlicht:

$$\frac{L}{R} = \frac{\frac{U(t)}{A}}{\Omega} = \frac{\frac{V_s}{A}}{\frac{V}{A}} = \frac{V_s \times A}{A \times V} = s$$

$$R \times C = \Omega \frac{A_s}{V} = \frac{V}{A} \times \frac{A_s}{V} = s$$