

1 Gedämpfter LC Schwingkreis Oszilloskop, Teilversuch 4.4.1

1.1 Versuchsbeschreibung

In diesem Versuch soll die Frequenz f und der Dämpfungskoeffizient δ eines LRC-Schwingkreises mit Hilfe eines Oszilloskops bestimmt werden.

Dazu wird die Spannung über dem Kondensator mit dem Oszilloskop aufgezeichnet, um die Frequenz und den Abklingkoeffizienten folgendermaßen zu bestimmen:

$$f = \frac{1}{t_{n+1} - t_n} = \frac{1}{\Delta t} \quad (1)$$

$$\delta_n = \frac{\ln\left(\frac{U_n}{U_{n+1}}\right)}{t_{n+1} - t_n}. \quad (2)$$

1.2 Versuchsaufbau und Durchführung

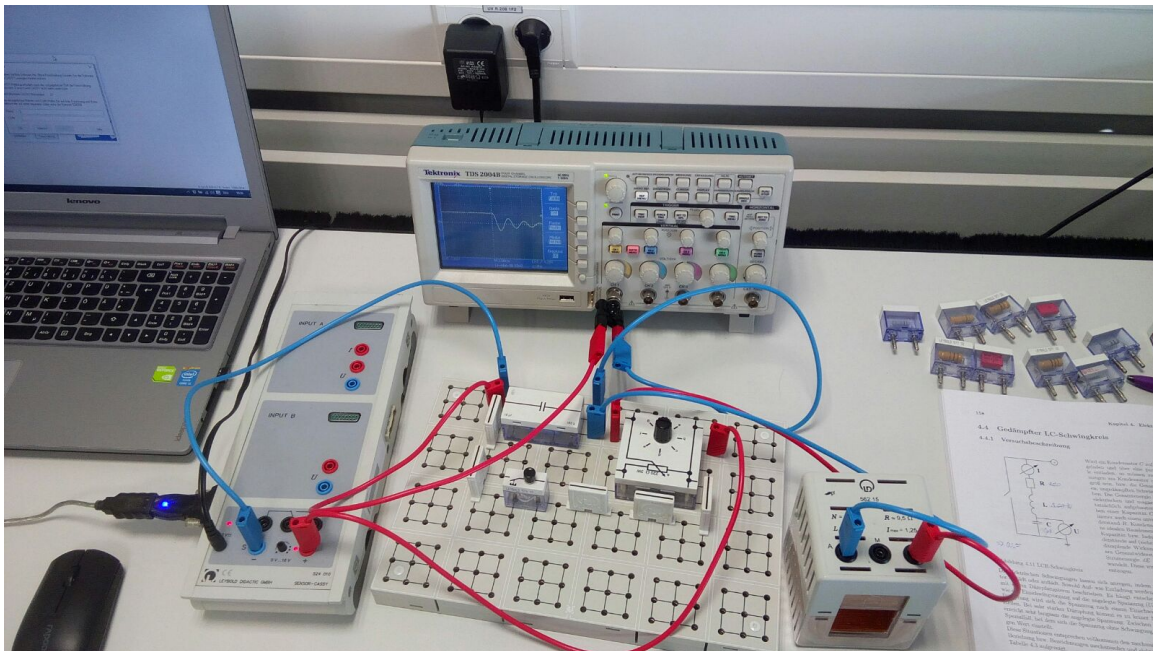


Abbildung 1: Versuchsaufbau

- Bei dem oben gezeigten LRC Schwingkreis wurde der Drehwiderstand komplett herunter geregelt ($R = 0.02\Omega$). Dieser wird erst später in Versuch 4.4.2 gebraucht.
- Alle Versuche wurden bei einer Eingangsspannung von $U_0 = 5.6V$ durchgeführt, dabei wurde das Oszilloskop auf „Single Sequence“ eingestellt und aus dem resultierenden Standbild die Spannungsmaxima mit entsprechenden Zeitwerten abgelesen. Dazu wurden die Messbereiche auf $U_B = 16V$ (Spannung) & $T_B = 50 \cdot 10^{-3}s$ (Zeit) eingestellt.
- Es lag ein Offset von $off = 50 \cdot 10^{-3}V$ vor, der im Folgenden ausgeglichen wurde.
- Die Ablesefehler wurden zu $\sigma_U = \frac{0.08}{\sqrt{12}}V$ & $\sigma_T = \frac{100 \cdot 10^{-6}}{\sqrt{12}}s$ bestimmt. Diese Messung wurde 4 mal wiederholt wobei die Ergebnisse des 2. Versuchs aufgrund eines Stromausfalls verloren gingen.

1.3 Versuchsauswertung

1.3.1 Rohdaten

Spule (Herstellerangaben):

Induktivität	$L = 36 \cdot 10^{-3} H$
Windungen	$N = 1000$
Widerstand	$R = 9.5 \Omega$

Kondensator (Herstellerangabe):

Kapazität	$C = 10 \cdot 10^{-6} F$
-----------	--------------------------

Messdaten:

Tabelle 1: 1. Messung

$U_1 = 3.12V$	$t_1 = 0.5ms$
$U_2 = 1.76V$	$t_2 = 4.4ms$
$U_3 = 1.04V$	$t_3 = 8.2ms$
$U_4 = 0.56V$	$t_4 = 12.0ms$

2. Messung fehlt wegen Stromausfall.

Tabelle 2: 3. Messung

$U_1 = 3.2V$	$t_1 = 0.5ms$
$U_2 = 1.76V$	$t_2 = 4.4ms$
$U_3 = 1.04V$	$t_3 = 8.2ms$
$U_4 = 0.64V$	$t_4 = 12.0ms$
$U_5 = 0.4V$	$t_4 = 15.9ms$

Tabelle 3: 4. Messung

$U_1 = 3.12V$	$t_1 = 0.5ms$
$U_2 = 1.76V$	$t_2 = 4.4ms$
$U_3 = 1.12V$	$t_3 = 8.2ms$
$U_4 = 0.8V$	$t_4 = 12.1ms$
$U_5 = 0.4V$	$t_4 = 15.9ms$

U_4 und T_4 wurden bei Messung4 wegen falschem Ablesen verworfen.

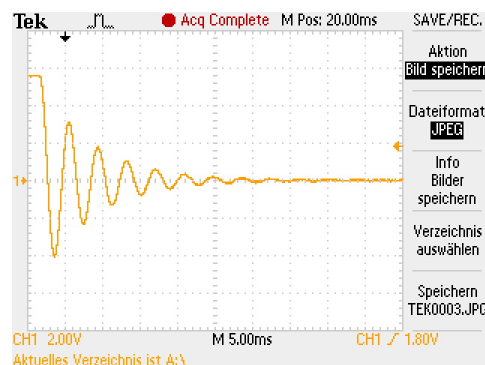


Abbildung 2: Beispiel: Messung 1

1.3.2 Transformation der Rohdaten

Die Frequenzen wurden aus den Differenzen der Zeitabstände T_i bestimmt. Bestimmung von Delta siehe Gleichung (5).

Beispiel:

Tabelle 4: Messung 1

Frequenz in Hz	σ_f in Hz	Abklingkoeffizient in $\frac{1}{s}$	σ_δ in $\frac{1}{s}$
$f = 256.410$	$\sigma_f = 1.898$	$\delta = 150.047$	$\sigma_\delta = 4.264$
$f = 263.158$	$\sigma_f = 1.999$	$\delta = 143.827$	$\sigma_\delta = 7.260$
$f = 263.158$	$\sigma_f = 1.999$	$\delta = 174.551$	$\sigma_\delta = 13.535$

Hier wurden die Fehler aus den folgenden Gleichungen ermittelt:

$$\sigma_f = \frac{\sigma_T}{T^2} \quad (3)$$

$$\sigma_{\delta_n} = \frac{1}{T_n} \cdot \sqrt{\left(\frac{\sigma_{U_n}}{U_n}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_{U_{n+1}}}{U_{n+1}}\right)^2 + (\delta_n \cdot \sigma_{T_n})^2} \quad (4)$$

Der Abklingkoeffizient δ wird bestimmt aus:

$$U_{n+1} = U_n \cdot e^{-\delta \cdot (t_{n+1} - t_n)}$$

$$\Rightarrow \delta_n = \frac{\ln \frac{U_n}{U_{n+1}}}{t_{n+1} - t_n} \quad (5)$$

Aus den Einzelmessungen haben wir für die Frequenz und den Abklingkoeffizient den gewichteten Mittelwert mit seinem Fehler bestimmt:

Tabelle 5: Ergebnis

\bar{f} in Hz	$\sigma_{\bar{f}}$ in Hz	f_{Theo}	$\bar{\delta}$ in $\frac{1}{s}$	$\sigma_{\bar{\delta}}$ in $\frac{1}{s}$	δ_{Theo}
259.960	0.617	264.426	148.025	1.994	131.944

Abbildung 3: Frequenz

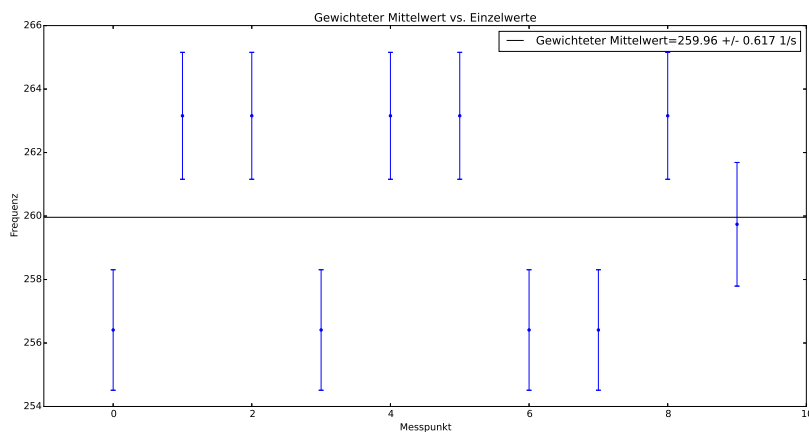
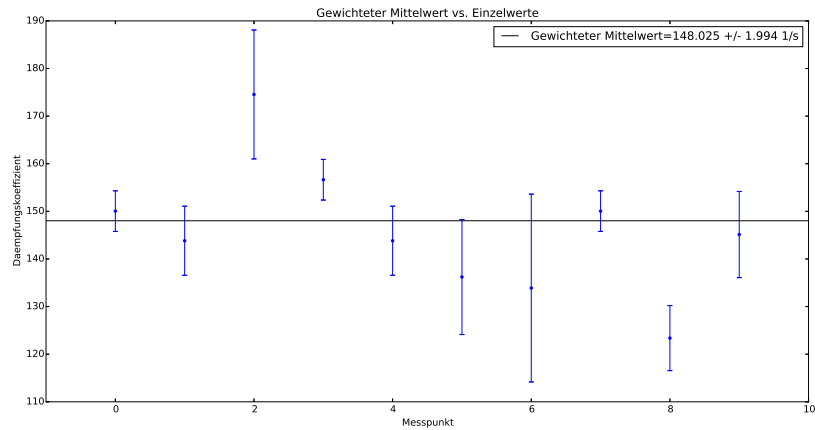


Abbildung 4: Abklingkoeffizient



1.3.3 Analyse und Fazit

Auffällig ist, dass die gemessene Frequenz kleiner ist, als die theoretische Frequenz. Da die theoretische Frequenz allerdings allein aus den Herstellerangaben berechnet wurde ist ein ähnlicher Wert kaum zu erwarten.

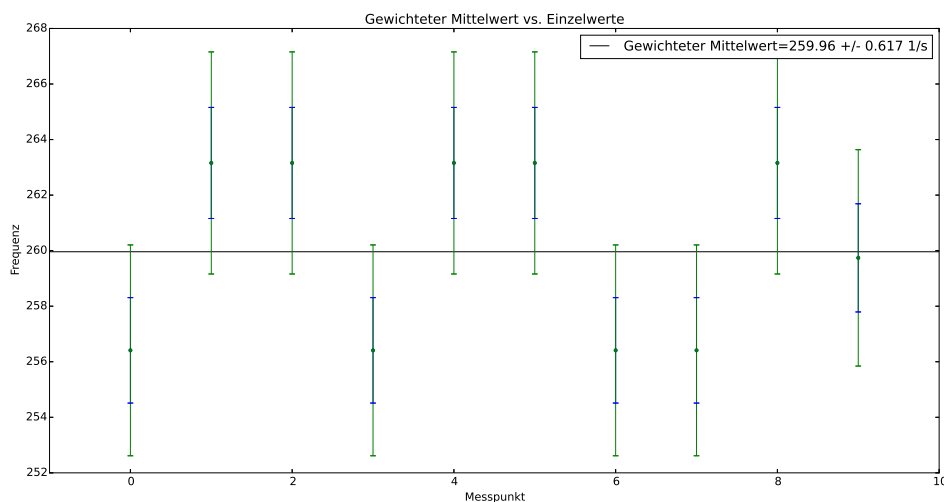
Weiterhin fällt auf, dass δ größer ist als δ_{theo} . Der Grund dafür ist, dass $\delta \sim R$ und wir bei R mit Sicherheit einen höheren Wert erwarten müssten, da zum Beispiel alle Bauteile einen Innenwiderstand aufweisen.

Die jeweiligen Fehler auf die Mittelwerte liegen in einem realistischen Rahmen.

Abbildung 3 zeigt einen zugegebenermaßen seltsamen Verlauf. Vier der Werte liegen auf extrem gleicher Höhe unter dem Graphen, fünf Werte auf ebenso gleicher Höhe über dem Graphen. Nur ein Fehlerbalken schneidet den Mittelwert. Wir erklären uns dies dadurch, dass die gemessenen Zeitpunkte und deren Differenzen im Rahmen der Auflösung am Oszilloskop immer gleich waren (siehe Zeitmessung in Rohdaten).

Erweitert man den Fehler auf $2 \cdot \sigma$ ergibt sich, dass alle Fehler den Mittelwert schneiden.

Abbildung 5: Frequenz 2σ



Der Plot zum Abklingkoeffizient sieht sehr vernünftig aus. Zwar schneiden nur 7 von 10 Fehlerbalken den Mittelwert, dies ist aber zu erwarten, da theoretisch nur $\approx 68\%$ der Werte den Mittelwert schneiden sollten.