

1 z.B. Auf- und Entladung eines Kondensators, Teilversuch 4.2

1.1 Versuchsbeschreibung

Aufladung

Das Ziel dieses Versuches ist es aus dem Strom- bzw. Spannungsverlauf beim Auf- bzw. Entladen des Kondensators die Zeitkonstante

$$\tau = R \cdot C$$

der nachfolgenden Schaltung zu bestimmen. Nach Kirschhoff gilt in diesem Fall:

$$U_0 - U_R(t) - U_C(t) = 0 \rightarrow U_0 - U_C(t) = I(t) \cdot R$$

Nach aufstellen und lösen der DGL's ergeben sich für die Aufladung die Gleichungen:

$$U_C(t) = U_0 \cdot (1 - e^{-\frac{t}{R \cdot C}}) \quad I(t) = I_0 \cdot e^{-\frac{t}{R \cdot C}}$$

Aus denen sich nun $\tau = R \cdot C$ berechnen lässt.

Entladung

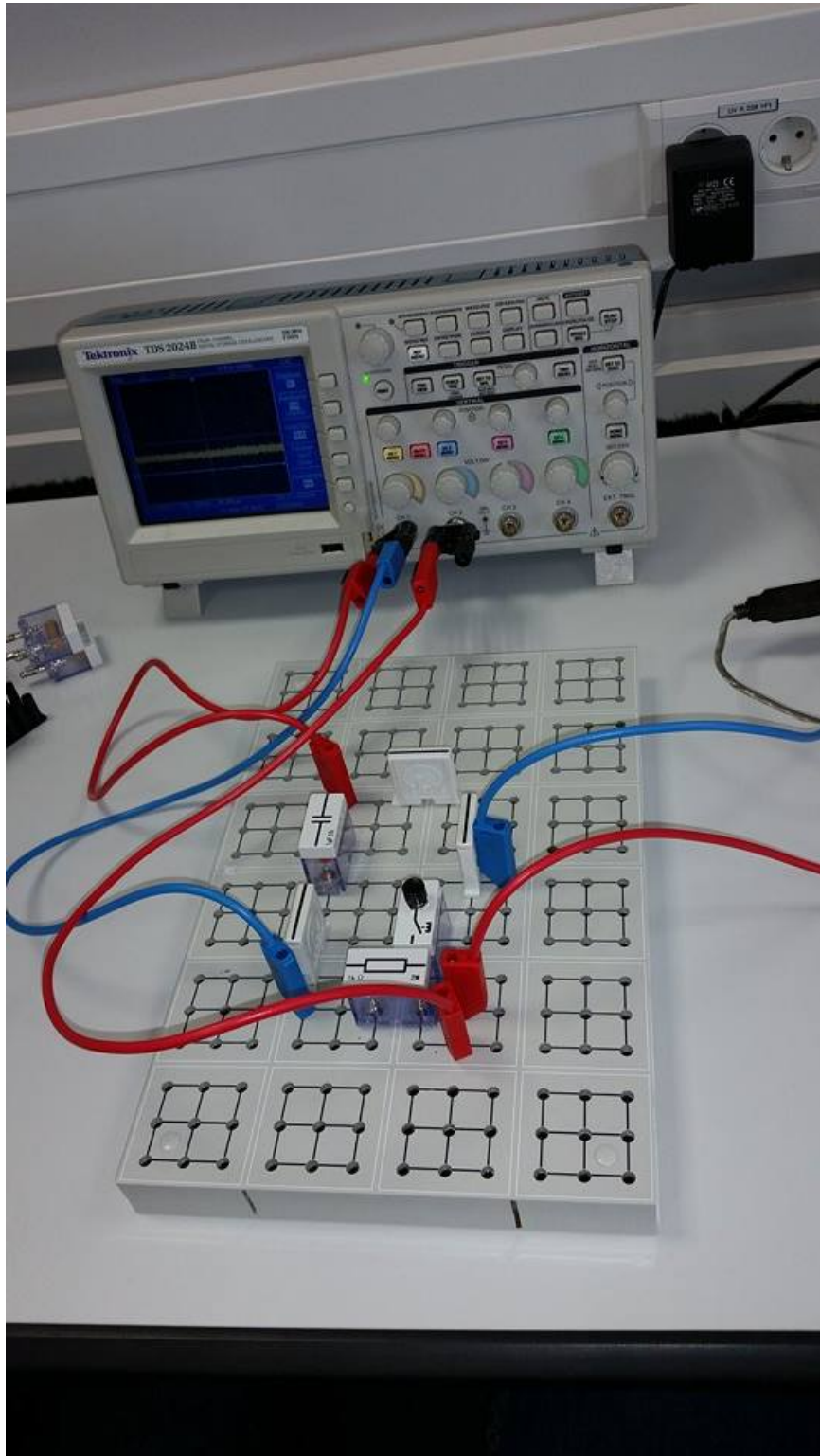
Wird der Schalter nun geschlossen liefert uns die Maschenregel:

$$R \cdot I(t) + U_C(t) = 0$$

Aufstellen und Lösen der DGL ergibt dann in diesem Fall:

$$U_C(t) = U_0 \cdot e^{-\frac{t}{\tau}} \quad I(t) = -\frac{U_0}{R} \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$$

1.2 Versuchsaufbau und Durchführung



Wie man im obigen Bild sieht besteht unsere Versuchsaufbau aus einem in Reihe geschalteten Kondensator und einem Widerstand. Mit dem Oszilloskop wird dann auf Channel 1 die Spannung am Kondensator und auf Channel 2 der Strom gemessen. Dafür wurde zwischen den beiden Channels geerdet. Die Spannungsquelle kann mittels Schalter überbrückt werden um die Entladung des Kondensators einzuleiten. Für die Messungen wurden jeweils 1000 Werte in einem Messzeitraum von 10ms aufgezeichnet. Der Messbereich der Spannung lag zwischen -10V und $+10\text{V}$, die des Stroms zwischen $-0,1\text{A}$ und $+0,1\text{A}$. Der Trigger des Oszilloskop wurde für die Aufladung auf 360mV aufsteigend, für

die Entladung auf 1,76V absteigend eingestellt.

1.3 Versuchsauswertung

Nach dem zunächst aus den Daten die Offsets von 80mA bzw. 80mV korrigiert wurden, ergeben sich mit:

$$\frac{U_1}{U_2} = e^{-\frac{t_1-t_2}{\tau}}$$

die Formeln:

$$\tau = \frac{\Delta t}{\ln \frac{U_1}{U_2}} \quad \sigma_\tau = \sqrt{\left(\frac{\sigma_{\Delta t}}{\ln \frac{U_1}{U_2}}\right)^2 + \left(\frac{\Delta t}{U_1} \cdot \sigma_{U_1}\right)^2 + \left(-\frac{\Delta t}{U_2} \cdot \sigma_{U_2}\right)^2}$$

aus denen wir dann später die Kapazität C und dessen statistischen Fehler σ_C bestimmen können. Der systematische Fehler wurde durch die Korrektur des Offsets auf den systematischen Fehler auf R reduziert. Dieser ergibt sich dann aus:

$$\frac{\sigma_{C,sys}^R}{C} = \frac{\sigma_{R,sys}}{R}$$

1.3.1 Rohdaten

Mithilfe des Cursors des Oszilloskops wurden die Spannungen bzw. Ströme mit einem Abstand von 1ms abgelesen und ein Ablesefehler von 0,04mA, 0,04V und 0,04ms notiert und anschließend durch $\sqrt{12}$ geteilt.

Tabelle 1: Oszilloskop

I_1	I_2
0,72A	1,88A
0,8A	2,24A
0,76A	2,12A
0,72A	1,92A
U_1	U_2
0,84V	2,48V
0,84V	2,44V
0,80V	2,40V
0,89V	2,44V

1.3.2 Analyse/Transformation der Rohdaten

Aus den Werten der Auf- und Entladung wurden anschließend jeweils τ und σ_τ berechnet und mithilfe von:

$$C = \frac{\tau}{R} \quad \sigma_C = \sqrt{\left(\frac{\sigma_\tau}{R}\right)^2 + \left(-\frac{\tau}{R^2} \cdot \sigma_R\right)^2}$$

wurden dann die Kapazitäten und ihre statistischen Fehler berechnet. Danach haben wir dann aus den Ergebnissen den gewichteten Mittelwert und dessen Fehler berechnet. Der systematische Fehler wurde dabei aus den Ergebnissen der Widerstandsmessung berechnet. Zu guter Letzt haben wir die Einzelergebnisse mit ihren Gesamtfehlern zusammen mit unserem Mittelwert geplottet.

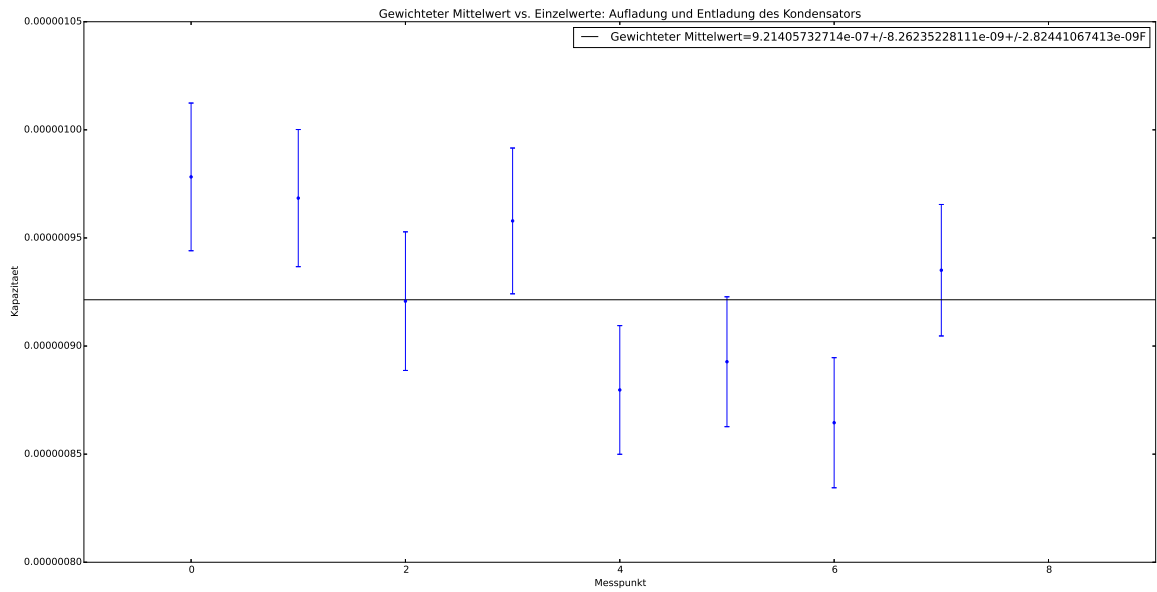


Abbildung 1: Ergebnisse vs. Mittelwert

1.3.3 Fazit

Aus den Ergebnissen der Analyse zeigt sich, dass drei der Werte für C mit 1σ Abweichung und alle Werte mit 2σ Abweichung im Bereich des Mittelwerts liegen. Die etwas zu große Abweichung des Endergebnisses vom Literaturwerts von $1\mu F$ mit einer Toleranz von 5%, lässt sich durch nicht berücksichtigte systematische Fehler wie z.B. ein größerer Widerstand, bedingt durch die verwendeten Kabel und Steckplattenbauteile, erklären.