

Fakultät für Physik der Ludwig-Maximilians-Universität München
 Grundpraktikum in Experimentalphysik - Kurs P2
 Blockpraktikum vom 10. Aug. bis 07. Sept. 2020

Versuch:	OSZ	Gruppe:	F2-2
Vorname:	YUDONG	Name:	SUN

Mit Abgabe der Auswertung wird bestätigt, dass diese eigenständig erstellt wurde!

Punkte der Vorbereitung:	2,0	1,6	1,2	0,8	0,4	0,0
			1. Abgabe	2. Abgabe		
Alle Teilversuche vollständig ausgewertet?	Ja	Nein	Ja	Nein		
Wurden immer korrekte Formeln angegeben und eigene Werte eingesetzt?	Ja	Nein	Ja	Nein		
Wurde immer eine Fehlerrechnung durchgeführt?	Ja	Nein	Ja	Nein		
Wurde immer eine aussagekräftige Diskussion geführt?	Ja	Nein	Ja	Nein		
Sind Endergebnisse immer angegeben und korrekt gerundet?	Ja	Nein	Ja	Nein		
Wurden alle Diagramme mit geeignetem Maßstab und Titel eingeklebt?	Ja	Nein	Ja	Nein		
Enthalten die Diagramme alle Messwerte, Beschriftungen u. Konstruktionen?	Ja	Nein	Ja	Nein		
Auswertung erhalten am:						
Auswertung zurückgegeben am:						
Nacharbeit notwendig bis:				nicht möglich		
Wird eine der obigen Fragen bei der ersten Abgabe mit Nein beantwortet ist eine Nacharbeit erforderlich!						
Punkte:		Datum, Abtestat:				

Bitte bewahren Sie Ihre Hefte nach dem Praktikum unbedingt auf.

28
32 Blatt

BRUNNEN

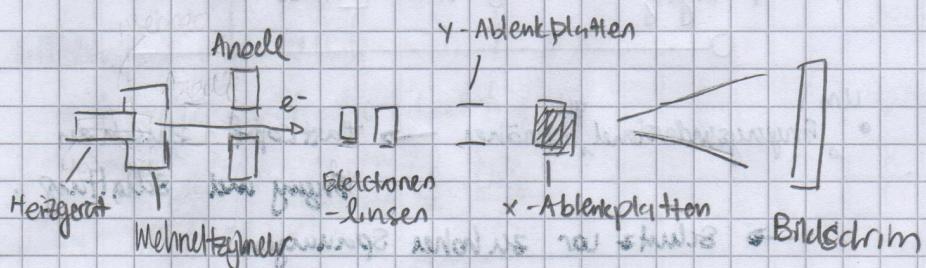
Schulheft A4
Zellstoff chlorfrei gebleicht
80 g/m²

28
32 Blatt

Osz Stichwörter (Wechselspannung und aperiodische Vorgänge - Oszilloskop I)

Oszilloskop

- Registriert rasch ablaufende Vorgänge.
 - ⇒ Rasch ablaufende Vorgang \Rightarrow Mechanische Geräte wie XY-Schreiber sind zu trage.
 - ⇒ Bei Oszilloskop sind drei bewegliche Elektronen über die Änderung von elektrischen Feldern abgelenkt.
 - ⇒ Sehr kleine Masse der Elektronen \Rightarrow Ablenkung erfolgt praktisch verzögerungsfrei.
- Aufbau der Bildröhre, Darstellen von Funktionen, Messgröße.



Funktionen durch Spannungsänderung bei Ablenkplatten dargestellt. Abstand des Leuchtpunktes zum Koordinatennullpunkt proportional zur elektrischen Potentialdifferenz an dem die Ablenkung bewirkenden Plattenpaar ist.

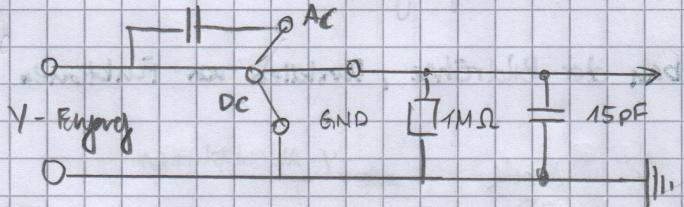
\Rightarrow Alle Messgrößen müssen in Spannungen umgewandelt werden.

- Zeitablenkung, Sägezahnspannung, Trigger, stehendes Bild.
 - Meistens x -Variable = Zeit \Rightarrow Braucht Spannung proportional zu Zeit.
 - \Rightarrow z.B. durch Aufladung eines Kondensators verdeckt: mit konstanter Strom verurlicht.
 - \Rightarrow Spannung ist eine Sägezahnspannung.
 - Jede Punkt verschwindet knapp nach Entlachen
 - \Rightarrow Signal muss periodisch sein und muss bei gleichem Zeitpunkt anfangen
 - \Rightarrow Trigger „erkennt“ einen Startpunkt, wobei darf eine bestimmte Stütze (Triggerschwelle) bei einem bestimmten Vorzeichen der Steigung $\frac{dy}{dt}$ erreicht.
 - \Rightarrow So wird ein stehendes Bild erzeugt.

• Eingangskopplung, AC/DC/GND, Tastkopf.

- In der Praxis ~~sind~~ sind Kapazitäten im Eingang des Oszilloskops ~~sich~~ nicht zu vermeiden. Es gibt eine parallel geschaltete Widerstand, um sie zu entladen.
- DC : Zu messende Spannung wird direkt an den Eingangs-Signalverstärker des Oszilloskops gelegt.

- AC :
- Kondensator intern vorgespannt
 - Macht Abtrennung von überlagerten Gleichspannungen möglich

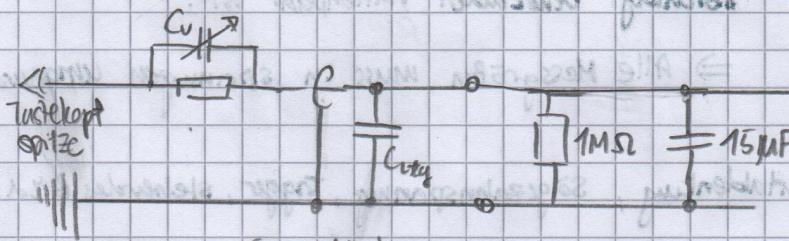


Um

- „Eingangsunterstöß zu erhöhen → Tastkopf zwischen Eingang und Schaltung.“
→ Schutz vor zu hohen Spannungen.

→ enthält als wesentliche Element einen hohen Widerstand, der dem Eingang vorgeschaltet wird.

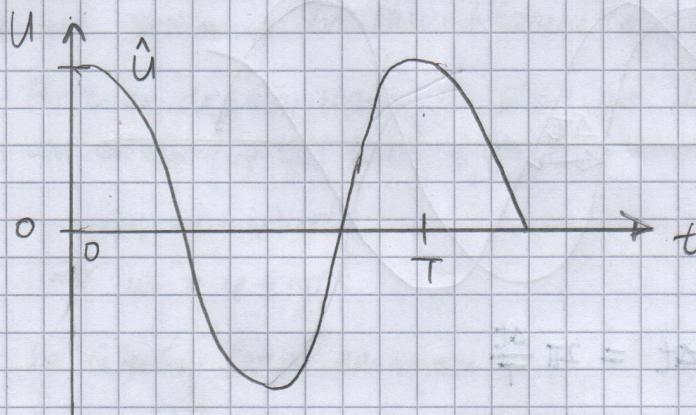
→ Empfindlichkeit wird aber dadurch herabgesetzt.



Wechselspannung

Definition: Bild einer sinusförmigen Wechselspannung, Amplitude, Phase, Periodendauer, Frequenz, Kreisfrequenz.

$$\rightarrow \tilde{U}(t) = \hat{U} \cos(\omega t + \varphi)$$



Kreisfrequenz

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f$$

Perioden-
dauer.

$$\text{mit } f = \frac{1}{T}$$

Effektivwert: (= RMS)

→ gleiche elektrische Leistung:

$$\frac{1}{T} \int_0^T \frac{U^2(t)}{R} dt \stackrel{!}{=} \frac{U_{\text{eff}}^2}{R}$$

$$\Rightarrow U_{\text{eff}} = \sqrt{\langle U^2 \rangle} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T U^2(t) dt}$$

Für ein Sinus-förmige Wechselspannung gilt:

$$U_{\text{eff}} = \frac{\hat{U}}{\sqrt{2}}$$

• Phasenverschiebung zwischen zwei Wechselspannungen.

$$u_1 = \hat{U}_1 \cos(\omega t - \varphi_1), \quad u_2 = \hat{U}_2 \cos(\omega t - \varphi_2)$$

Wähle Einstellung so, dass φ_1 verschwindet, dann ergibt sich
eine Phasenverschiebung zwischen u_1 und u_2 mit

$$\Delta\varphi = \varphi_2 - \varphi_1$$

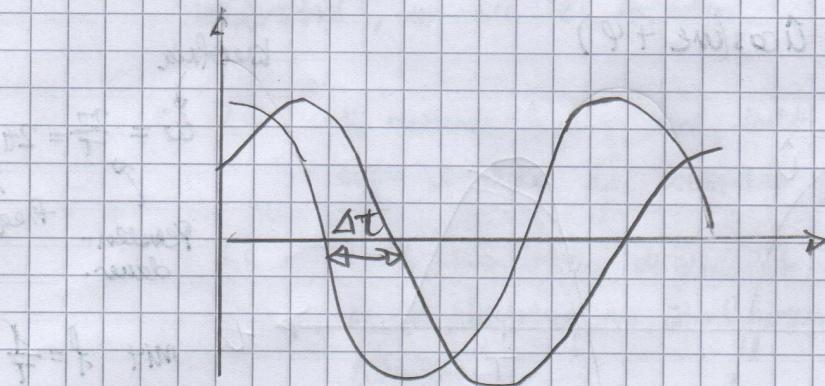
$\Rightarrow \hat{U} \cos(\omega t - \Delta\varphi) = \hat{U} \cos(\omega(t - \Delta t))$ kann umgewandelt werden.

wobei $\Delta\varphi = \omega \Delta t$.

$$\text{Mit } \omega = 2\pi/T \Rightarrow \Delta\varphi = 2\pi \frac{\Delta t}{T} = 360^\circ \frac{\Delta t}{T}$$

- Registrierung von Wechselspannungen mit dem Oszilloskop, messen der Phasendifferenz mittels Sinuskurven:

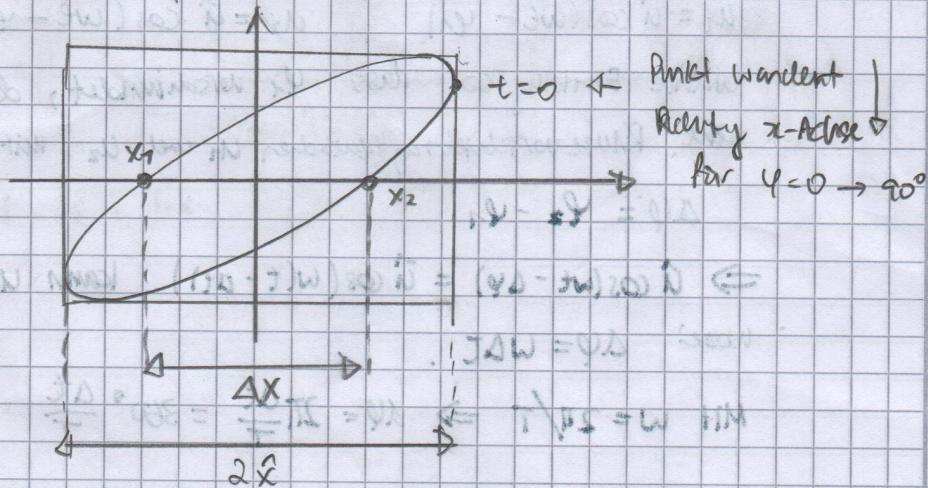
→ Mit dem Oszilloskop erhält man:



$$\Delta\varphi = \omega \Delta t = 2\pi \frac{\Delta t}{T}$$

Lissajous-Ellipse

- Prinzip: Bild einer Lissajous-Ellipse, charakteristische Punkte
 - x und y beide von einer äußeren Spannung gesteuert
 - senkrechte Überlagerung der beiden Phasen verschieben Schwingung:
 $x = z \cos(\omega t)$,
 $y = \hat{z} \sin(\omega t - \varphi)$
 - ergibt sich eine Lissajous-Ellipse.
- Form hängt von φ ab. Im Spezialfall $\varphi=0 \Rightarrow$ entartet Ellipse = gerade Gerade.



$\varphi=90^\circ \Rightarrow$ Kreis (für $\hat{z}=\uparrow$)

$\varphi > 90^\circ$ bis 180° wandelt der Punkt in untere rechte ~~Quadrant~~.

Rechtecke.

- Beschreibung des Zustandskommens der verschiedenen Formen.

- Koordinate des Leuchtpunkts:

$$x = \hat{x} \cos(\omega t)$$

$$y = \hat{y} \cos(\omega t - \varphi)$$

- Messen und Bestimmung der Phasendifferenz mittels der Lissajous-Ellipse:

- Positionen der Schnittpunkte der Ellipse mit der x-Achse lassen sich am Oszilloskop gut lesen ($y=0$):

$$\cos(\omega t - \varphi) = 0$$

$$\Rightarrow \omega t = \varphi \pm 90^\circ$$

In Gleichung für x einsetzen:

$$x_{1,2} = \hat{x} \cos(\varphi \pm 90^\circ) = \hat{x} \sin \varphi$$

- Abstand der Schnittpunkte ist:

$$\Delta x = x_2 - x_1 = 2 \hat{x} \sin \varphi$$

- Aus Oszilloskop abgelesen wird ~~Δx~~ : $|\Delta x|$:

$$\Rightarrow \sin \varphi = \pm \frac{|\Delta x|}{2 \hat{x}}$$

- Zu jedem Messwert $|\Delta x| / (2 \hat{x})$ gibt es im Intervall $[-180^\circ, 180^\circ]$ 4 mögliche Werte von φ . (Je 2 vorzeichenunterschiedl.)

- für $\cos(\omega t - \varphi) = \cos(-\omega t + \varphi)$ ergibt sich bei Vorzeichenwechsel von φ die gleiche Ellipse. (aber zeit umgekehrt $t \rightarrow -t$)

Dabei: $\varphi > 0$ Gegen Uhrzeigersinn

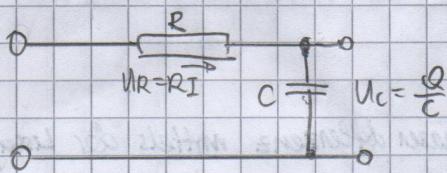
$\varphi < 0$ ~~W~~ Im Uhrzeigersinn.

Wenn Umlauffrequenz zu schnell ist, ist er nicht erkennbar.

- In solche Fälle muss man wie z.B. zum Kanal und Neigung der Ellipse (\nearrow oder \nwarrow) entscheiden, ob $\varphi \in [0^\circ, 90^\circ]$ oder $\varphi \in [90^\circ, 180^\circ]$

Auf- und Entladung eines Kondensators.

- Schaltung zum Aufladen (Entladen) eines Kondensators über einem Widerstand.



- Beschreiben des Aufladevorgangs, Anwenden des 2. Kirchhoff'schen Gesetzes auf jede Schaltung, Herleitung der Formel:

$$\text{Nach Maschenregel: } RI + U_C = U_0$$

Aus $I = \frac{dQ}{dt}$ und $Q = C U_C$ gilt:

$$\frac{dU_C}{dt} = -\frac{1}{RC} (U_C - U_0)$$

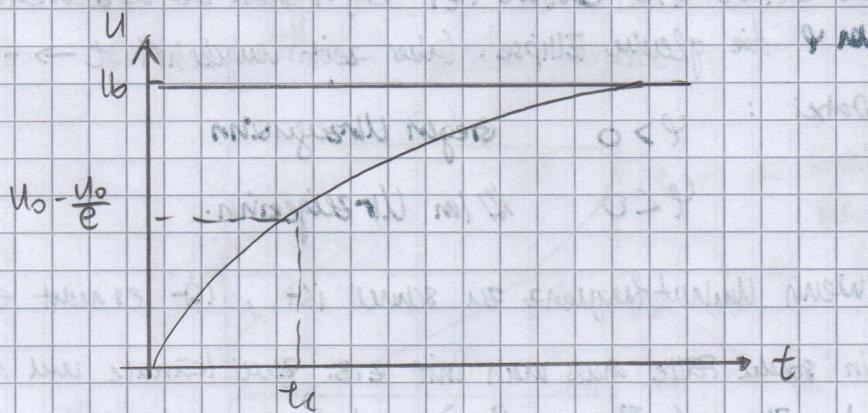
Aus $\frac{dU_C}{dt} = \frac{d}{dt} (U_C - U_0)$:

$$\frac{d(U_C - U_0)}{dt} = -\frac{1}{RC} (U_C - U_0)$$

Trennung der Variablen ergibt:

$$\frac{d(U_C - U_0)}{U_C - U_0} = -\frac{dt}{RC} \Rightarrow \ln \left[\frac{U_C - U_0}{U_0} \right] = -\frac{t}{RC}$$

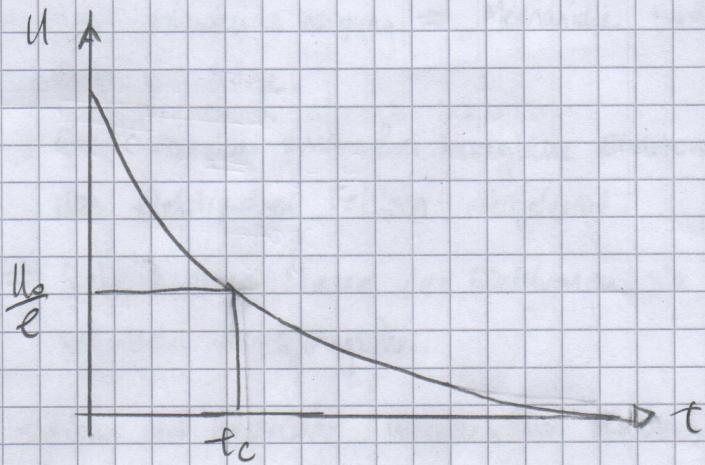
$$\Rightarrow U_C = U_0 \left[1 - \exp \left(-\frac{t}{RC} \right) \right]$$



- Entladungsvorgang

$$RI + U_C = 0$$

$$\Rightarrow U_C = U_0 \exp\left(-\frac{t}{RC}\right) \text{ analog wie oben.}$$



- Relaxationszeit und ihre experimentelle Bestimmung.

→ Die Zeit, nach der bei einem exponentiell ablaufenden Abklingvorgang die betrachtete Größe auf den „e-ten“ Teil (ca. 37%) der Differenz zwischen Anfangswert und Wert abgeklungen ist. Diese Zeit charakterisiert, wie schnell oder langsam ein solcher Vorgang abläuft.

$$\rightarrow \text{Faz gte: } t_C = RC$$

Vorgang durch Oszilloskoppe messen.

Versuch Ø8Z - Wechselspannungen und aperiodische Vorgänge

(Oszilloskop I)

Name: YUDONG SUN

Datum: 19. AUG 2020

Teilversuch Ø1: Basisbedienelemente des Oszilloscopes

Versuchsziel: sich mit den feingigen Komponenten und Funktionen vertraut zu machen, die das Anzeigen (und deren Variation) eines periodischen Verlaufs ermöglichen.

Messmethode: Oszilloskop.

Versuchsdurchführung:

- Ø1. • Rechteckgenerator, Oszilloskop und Frequenzzähler miteinander verbinden
- Stellen am Rechteckgenerator eine beliebige ~~feste~~ Frequenz zwischen 1kHz und 10kHz ein.
- Helligkeit und Schärfe anpassen
- AUTO SET (für periodische Signale)
- Speicherfunktion ggf. deaktivieren (STOR ON)
- Rasterausstelle und Abtastfaktoren festlegen und protokollieren, was jede Tast / Ansteigung macht.
- NM (Normalmodus) wählen und Trigger kennzeichnen.
- Mit alle Rechtecksweile vertraut machen, so dass es in Auskunft erkläre werden könnte.

Teilversuch (2): Messen einer Amplitude

Versuchsziel: Lernen, wie man den Cursor benutzt

Messmethode: Oszilloskop

Vorabinstruktion:

- Den Taste unter [CH I/II] lange drücken
- Cursor mittels Tasteschalter unter [CURSOR] bewegen
- Aus gegebenen technische Daten aus der Anleitung des Multimeters eine geeignete Frequenz wählen.
- Nutze die Waagerechten Cursorlinien, um die Amplitude auszumessen
(zws. Maxima und Minima messen und dann durch 2 dividieren)
- Vergleiche Wert mit Effektivwert aus Multimeter

Teilversuch (3): Messen einer Phasendifferenz

Versuchsziel: Die mit einem Phasenverschieber erzeugte Phasendifferenz zweier gleichfrequenter Wechselspannungen $\Delta\varphi$ zu bestimmen.

Messmethode: Oszilloskope

Skizze:

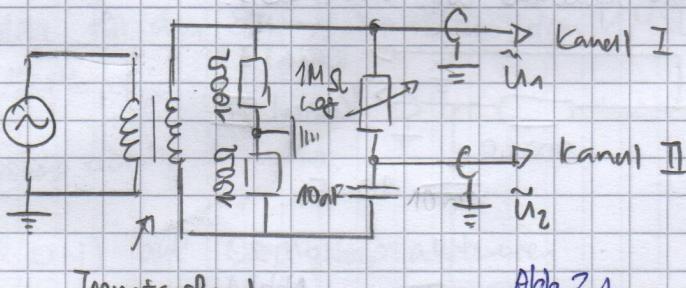


Abb. 3.1

Vorabinstruktion:

- Aufbau wie Abb 3.1.
- a) o Feststelle, welches Vorzeichen die Phasenverschiebung zwischen Kanal I und Kanal II hat
- o Mit Funktion "ADD" kann die Interferenz zweier überlagerte Wellen sinnvoll werden. Betachte Interferenz im Abhängigkeit von Phasendifferenz und Beobachtungsmethode.

- eine Phasenverschiebung φ , $\varphi \in \{0^\circ, 90^\circ, 180^\circ\}$ einstellen.
 - Mit senkrechten Oszillosk. Linien die Periodendauer ausmessen.
Kurzes Drücken auf [HOLD/II] und diese in die Reg.-Umgerechnet.
 - Phasenverschiebung messen. (Δt zwischen Maxima)
- (b) ◦ Mittels Lissajous-Ellipse die Phasenverschiebung messen:
- Δx bestimmen
 - Bekannte Nutz beschreibe die Form der Lissajous-Ellipse bei Änderung der Phasenverschiebung.
 - Den Einfluss einer veränderten Länge der beiden Teilstreckungen bezgl. ihrer Nullage auf die Messung beobachten.
 \Rightarrow Einfluss auf Ablesgenauigkeit von Δx ?
- (c) Zusatz mit MP3-Player.
- ↳ im x-y und $\frac{\partial}{\partial x} f = y$ Modus betrachten

Teilversuch (c): Betrachten des Auf- und Entladungsvergangs eines Kondensators

Versuchziel: Kurven für Auf- und Entladung eines Kondensators darstellen.

Messmethode: Funktionsgenerator mit Oszilloskop.

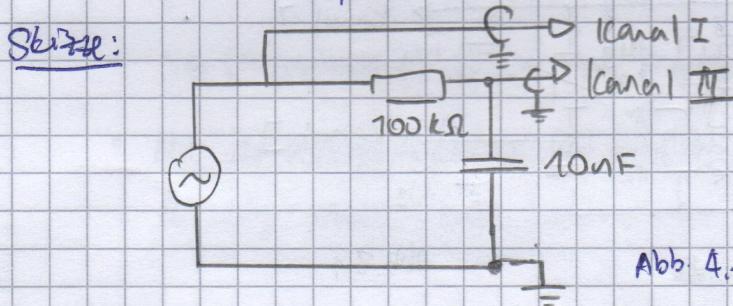


Abb. 4.1

Verfahrensdurchführung:

- Aufbau wie Abb. 4.1
- Reihenelektrode Frequenz auf etwa 60 Hz einstellen.
- Oszilloskop so einstellen, dass der gesamte Auf- und Entladungsverlauf auf dem Schirm sichtbar ist.

- Widerstand $10k\Omega$ durch Potentiometer $1M\Omega$ ersetzen.
- Drehen und Veränderung der Kurven feststellen.
- Kapazität verdoppeln durch Parallelschalten eines zweiten (gleichen) Kondensators.
- Veränderung der Kurven feststellen.

Versuch ⑤: Quantitative Registrierung der Entladekurve eines Kondensators.

Vorabinformation: Einmalig ablaufende Entladungsvorgang mit dem Oszilloskop digital speichern.

Messmethode: Oszilloskop

Skizze:

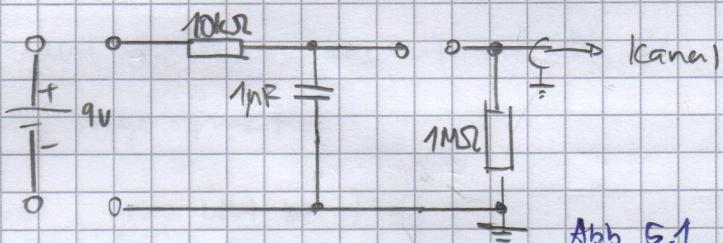


Abb 5.1

Versuchsdurchführung

- ~~Abbildung~~ nach Abb 5.1 aufbauen
- Verwenden für den Spannungsabgriff über dem $1M\Omega$ -Widerstand einen Tastkopf.
- Oszilloskop richtig einstellen.
- (SWR ON) auf Oszilloskop aktivieren
- ~~10kΩ~~ Kondensator über den $10k\Omega$ -Widerstand mit dem 9V Akku laden und über den $1M\Omega$ -Widerstand entladen.
- ~~Leuchtspur~~ Leuchtspur auf dem Bildschirm beobachten.
- [SGL] aktivieren (Zeilentaktung zwischengeschaltet, [RESET], um alles zurückzusetzen)

- Entferny einen durchfahren. Entfernte Kurve sollte am Bildschirm dauerhaft angezeigt werden.
- Zeitlicher Verlauf der Brustkufe Kurve messen.
- ~~10~~ etwa 10 f-y Wertepaare aufnehmen; Vorsehen Messwerte im unteren Bereich der Kurve, bei denen die Messfehler zu groß werden.
- Tastkopfständig notieren.
- Herstellerangaben für Massestab und Kapazität + Grenznotieren

Messungen im Labor

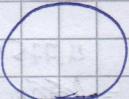
(HAMEG HM 1507-3)

Teilversuch ①.

Gestellte Frequenz: 10 kHz. (Frequenzzähler: 10,014 kHz)

Volts/DIV 6

T/Ms / DIV

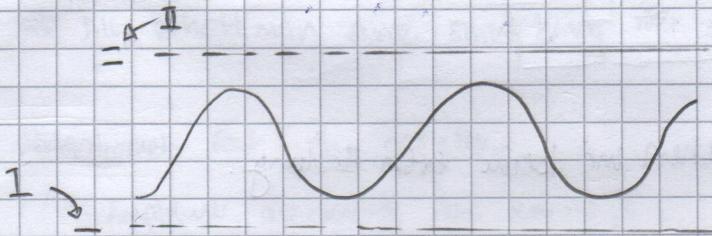


- o Skalung in y-Richtg
- o Ohne [NMT], wenn nicht triggered, einfach eine latente Welle.
- o Mit [NMT], wenn nicht triggered, alte Welle bleibt.
- o Änderung von [TRIGGER] Knopf verschiebt die Welle auf den Bildschirm
 - ✓ mit ↗ (steigende bzw. fallende) Flanke kehrt ~~die~~ der Waveform um.
- o [PTR] ändert die Position des + auf dem Bildschirm.
+ ist die Trigger-Punkt.
- o Falls triggered, grüne Leit bei [TR]
- o [RFK] vs [ENV] vs [AVM] vs [RCI]
 - Das hier benutzen.

Teilversuch ②.

- o Taste unter [I/II] wechselt, welches waagerechte Ausvodien derzeit
 \rightarrow Steuert über

$$(\Delta U = 0,01V)$$



Messung eher nicht so genau. Volts/DIV soll möglichst ~~groß~~ sein

$$\text{Gemessene Amplitude} = \frac{\Delta U}{2} = \cancel{9,10V}$$

$$\frac{\Delta U}{2} = \frac{9,55V}{2} = 4,775V \pm 0,05V$$

klein
klein

Aus Spezifikation:

Wechselspann. Volt Genaugigkeit:

1,0% \pm 3 (45 Hz bis 500 Hz)

2,0% \pm 3 (500 Hz bis 1 kHz)

\Rightarrow Wähle 100 Hz. (Frequenzzähler: 101 Hz)

(Amplitude bleibt unverändert, also wie vorher ~~Amplitude = 4,775 V~~)

Aus Multimeter: $V_{RMS} = 3,384 \text{ V} \pm 0,04 \text{ V}$

~~$V_{RMS} = 3,39 \text{ V}$~~

$$\Rightarrow V_{RMS} = (3,38 \pm 0,04) \text{ V}$$

$$\Rightarrow \text{Amplitude} = \sqrt{2} V_{eff} = \sqrt{2} (3,38 \text{ V}) = 4,78 \text{ V}$$

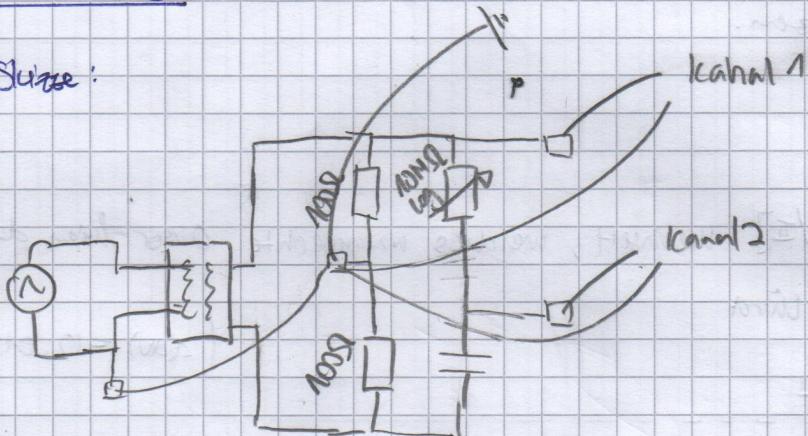
$$\Rightarrow \text{Nennwert } V_{max} = (4,78 \pm 0,06) \text{ V}$$

[NB] Auf Oszilloskop muss die Wagenkurve genau die Kerne ins
Beispielpunkte schneiden (nicht nur berühren)

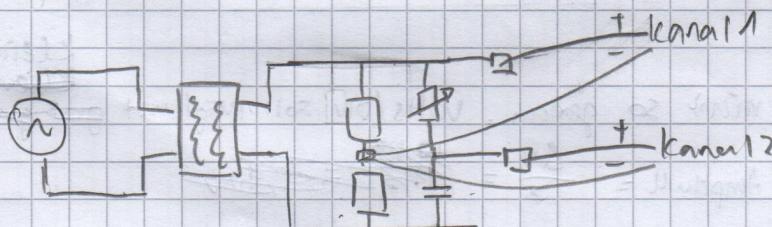
$$V_{eff(\text{ges})} = \frac{4,775 \text{ V}}{\sqrt{2}} = 3,396 \text{ V} \pm 0,004 \text{ V}$$

Teilversuch ③

Schaltung:



\Rightarrow Eigentlich brauchen wir keine extra Erdung.



Zur Bereiche-Messung:

- Trigger wird auf Maximal gesetzt und mittels [PTR] bis ~~der~~ linke Rand des Bildschirms verschoben.
 - Cursor I bis linke Extremum schieben.
 - Cursor II bei ~~ein~~ den rechte Maximum ~~beg~~ positionieren.
 - Δt ablesen &
 - ↳ Einstellen:
- $y_1 : 500 \text{ mV} = , y_2 = 500 \text{ mV} = A = 2 \text{ ms}$.
- $\Rightarrow T = 9,97 \text{ ms}, f = 100 \text{ Hz}$
- [TRIG] nur auf [CH I] ☐.

(a) im t.-y Modus:

- Wenn ~~der~~ Potentiometer die Widerstand bei dem Potentiometer erhöht ist, dann verschiebt das Waveform von Kanal II nach rechts
- \Rightarrow Vorzeichen von φ

$$\begin{aligned} I &= \hat{x} \cos(\omega t) \\ II &= \hat{x} \cos(\omega t - \varphi) \end{aligned} \quad \left\{ \begin{array}{l} \varphi \geq 0 \end{array} \right.$$

- Nach "ADD" erhält man eine ~~sinus~~ Sinus-formige Kurve mit $\Delta V = 2,15 \text{ V} \Rightarrow \text{Amplitude} = \frac{2,15 \text{ V}}{2} = 1,075 \text{ V}$.

Vor "ADD" Amplitude jeweils $= \frac{\Delta V}{2} = \frac{1,075 \text{ V}}{2} = \underline{\underline{0,5375 \text{ V}}}$

\Rightarrow Also erhält man eine Sinus-Kurve mit doppelte Amplitude

- Potentiometer auf 4 gestellt.

= Amplitude abnimmt bei Kanal II

- Δt zwischen ~~die~~ Maximum von Kanal I und Maximum von Kanal II und gemessen

$\Rightarrow \Delta t = 1,77 \text{ ms} \Rightarrow f = 566 \text{ Hz}$

(b) Im X-Y Modus

o Zeit skala: 100 μ s / s.

$$Y_1: 200 \text{ mV} = \quad Y_2: 200 \text{ mV} =$$

Beide Kanal auf ~~GND~~ [GND] setzen und punkt im Mittelpunkt verschieben.

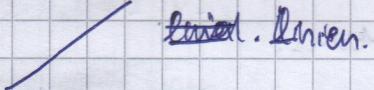
Cursor auf x_1 , x_2 und Δx ablesen:

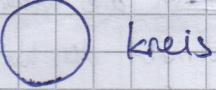
$$\Delta x = 844 \text{ mV}$$

$$2x = 1,01 \text{ V}$$

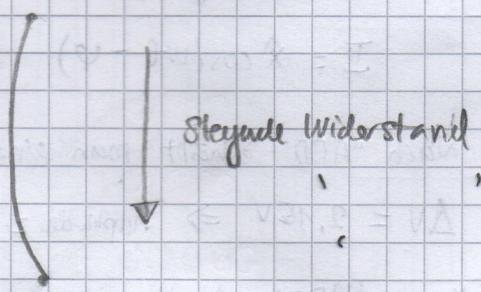
o Ist die Widerstand reduziert, dann schreibt den Punkt $t=0$ nach oben und nach links

\Rightarrow Ellipse schmäler und ~~länger~~ länger bzw. breiter

Potentiometer = 0 \Rightarrow 

Potentiometer < 5 \Rightarrow 

Mit Änderungen in der Widerstand gilt:

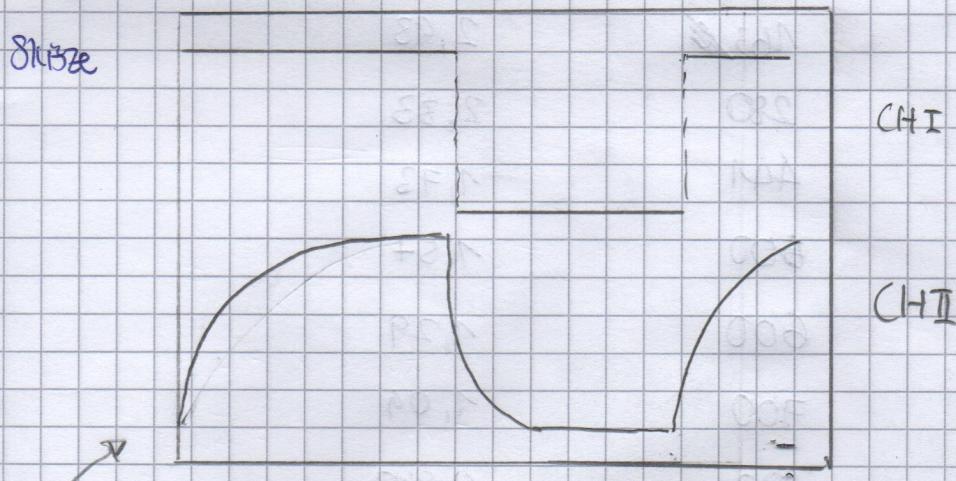


Potentiometer = Max \Rightarrow 

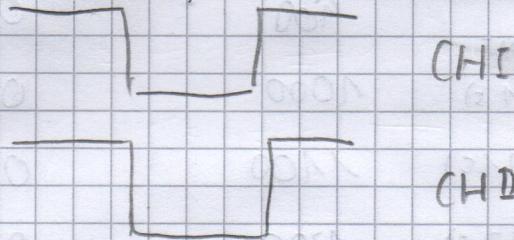
- Wenn die Nulllage nicht im Bildschirm zentriert ist, dann schiebt die Ellipse auch. ~~Das~~ Die ~~mittleren~~ Achsen sind dann schwerer zu bestimmen. ~~→ Macht Ax schwächer~~
 \Rightarrow Macht es schwieriger, Δx abzulesen.

Fehlversuch ④

- Frequenz = 60 Hz (laut Frequenzzähler) $\pm 1 \text{ Hz}$
- Waveform = \square = Sägezahnpulse
- Einstellungen: A: 2mV - $y_1: 2\text{V}$, $y_2: 2\text{V}$
 Trigger: Steigungsrücke am ~~Maximalpunkt~~ Minimalpunkt für CH II.



- Widerstand ~~Widerstand~~: \Rightarrow auf 0 gesetzt



Siegende Widerstand:
 CH I: keine Unterschied
 CH II: Maximal nimmt ab
 Minimal ~~nimmt~~ auf

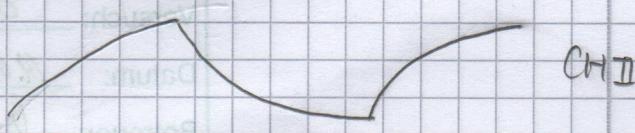
Plateau wird später erreicht. (sogar nie)

Zwischenfall

Extremfall

Doppelte Kapazität

\Rightarrow Kanal II flacher.



Beispielversuch ⑤

~~Kopf~~ ~~Stiel~~ \Rightarrow 1x Anstellung.
Tastkopf

- Oszilloskop Anstellen:

A: 200 ms Y-Skala: 1 V =

Trigger am Max Punkt.

[RES], [SGC]

Laden, dann entlaufen um [HOLD]

Messreihe:

X (Zeit/ms)	Y (Spannung/V)
0,0	3,93
93,0	3,29
163,0	2,93
280	2,33
441	1,73
500	1,57
600	1,29
700	1,09
800	0,880
900	0,720
Residuum (1 s)	0,600
(1,1 s)	0,520
(1,2 s)	0,440

Widerstand $\pm 1\%$ Kapazität $\pm 10^{-8} F$

10 k Ω

1 M Ω

1 nF

LMU München
Physikalische Praktika
Versuch: 05 E
Datum: 19.08.20
Betreuer: J.M.

OSZ – Wechselspannungen und aperiodische Vorgänge (Oszilloskop I)

Auswertung

Yudong Sun
Gruppe F2-2

21. August 2020

Teilversuch 1: Basisbedienelemente des Oszilloskops

Die Positionseinstellungen [Y-POS. I] und [Y-POS. II] verschiebt die Kurve vertikal im Bildschirm des Oszilloskops. Die Positionseinstellungen [X-POS.] verschiebt die Kurve horizontal im Bildschirm des Oszilloskops.

Die Ablenkfaktoren [VOLTS/DIV.] bzw. [TIME/DIV.] vergrößert und verkleinert die dargestellte Kurve in die vertikale bzw. horizontale Richtung. Ob es verkleinert oder vergrößert werden, kommt darauf an, in welcher Richtung sie gedreht sind.

Mit diesen zwei Einstellungen kann man die Kurve auf dem Bildschirm beliebig darstellen. Mit Hilfe von AUTOSET sind diese Einstellungen automatisch gestellt, sodass man leicht eine vernünftige Kurve erhältet.

Der Trigger ist eine Einstellung für die Spannungswert, an dem das „Sweep“ (Zeitablenkung) anfängt. Damit kann man ein periodisches Signal statisch im Bildschirm darstellen, sodass Messungen gemacht werden kann. Mit dem [Level] Knopf kann man diesen Spannungswert ändern, sodass die Kurve am verschiedene Zeitpunkten anfängt. Man kann auch damit die Aufnahme bei einem ganz bestimmten Punkt eines nicht-periodischen Signals anfangen, was sehr hilfreich sein kann.

Teilversuch 2: Messen einer Amplitude

Aus dem Protokoll ist die Amplitude des Signals wie folgt gemessen:

Gerät	V_{\max}	V_{eff}
Multimeter	$(4,78 \pm 0,06) \text{ V}$	$(3,384 \pm 0,004) \text{ V}$
Oszilloskop	$(4,755 \pm 0,005) \text{ V}$	$(3,376 \pm 0,004) \text{ V}$

wobei $V_{\max} = \sqrt{2}V_{\text{eff}}$.

Die Fehlerintervalle der beiden Werten von V_{\max} und V_{eff} überschneidet sich. Folglich stimmen die Werte miteinander überein. Also sind die beiden Messmethode gleichwertig, wenn man die Amplitude eines Signals bestimmen will.

Teilversuch 3: Messen einer Phasendifferenz

Da man im Analogmodus theoretisch unendlich genau sein kann, hat der Hersteller keine Unsicherheiten für die Messungen gegeben. Wir schätzen somit die Fehler von den jeweiligen Messungen. Der größte Fehler ergibt sich durch das Ablesen, weil man per Augenmaß das Cursor mit der Kurve schneiden muss. Das ist leider eher ungenau und muss berücksichtigt werden.

Im $t-y$ Modus

Aus der Anleitung gilt:

$$\varphi = 2\pi \frac{\Delta t}{T} = 2\pi f \Delta t \quad (3.1)$$

$$\Delta\varphi = \varphi \sqrt{\left(\frac{\Delta(\Delta t)}{(\Delta t)}\right)^2 + \left(\frac{\Delta f}{f}\right)^2} \quad (3.2)$$

Die aus dem Oszilloskop gelesene Werte sind wie folgt:

Variable	Wert	Bedeutung
Δt	$(1,77 \pm 0,01) \text{ ms}$	Zeitverschiebung zwischen beiden Signalen
f	$(100 \pm 1) \text{ Hz}$	Frequenz des Signals

Damit ergibt sich eine Phaseverschiebung von:

$$\varphi = 2\pi(100 \text{ Hz})(1,77 \cdot 10^{-3} \text{ s}) = 1,112 \text{ rad} \quad (4 \text{ sig. Zif.}) \quad (3.3)$$

$$= 63,7^\circ \quad (1 \text{ N.k.s.}) \quad (3.4)$$

mit dem Fehler

$$\Delta\varphi = \left(2\pi(100 \text{ Hz})(1,77 \cdot 10^{-3} \text{ s})\right) \sqrt{\left(\frac{0,01 \text{ ms}}{1,77 \text{ ms}}\right)^2 + \left(\frac{1 \text{ Hz}}{100 \text{ Hz}}\right)^2} = 0,0128 \text{ rad} = 0,732^\circ \quad (3.5)$$

Somit erhalten wir $\varphi = (1,112 \pm 0,013) \text{ rad} = (63,7 \pm 0,8)^\circ$.

Im $x-y$ Modus

Aus der Anleitung gilt:

$$\sin \varphi = \pm \frac{|\Delta x|}{2\hat{x}} \quad (3.6)$$

Da wir im Bereich $[0^\circ, 90^\circ]$ sind, gilt:

$$\sin \varphi = \frac{|\Delta x|}{2\hat{x}} \Leftrightarrow \varphi = \arcsin \frac{|\Delta x|}{2\hat{x}} \quad (3.7)$$

Mit dem Fehler

$$\Delta\varphi = \sqrt{\left(\frac{\partial\varphi}{\partial(\Delta x)}\Delta(\Delta x)\right)^2 + \left(\frac{\partial\varphi}{\partial\hat{x}}\Delta\hat{x}\right)^2} \quad (3.8)$$

Aus $\Delta x > 0$ gilt

$$\frac{\partial \varphi}{\partial(\Delta x)} = \left(1 - \left[\frac{\Delta x}{2\hat{x}}\right]^2\right)^{-1/2} \left(-\frac{1}{2\hat{x}}\right) \quad (3.9)$$

$$\frac{\partial \varphi}{\partial \hat{x}} = \left(1 - \left[\frac{\Delta x}{2\hat{x}}\right]^2\right)^{-1/2} \left(\frac{\Delta x}{2\hat{x}^2}\right) \quad (3.10)$$

$$\Delta \varphi = \left(1 - \left[\frac{\Delta x}{2\hat{x}}\right]^2\right)^{-1/2} \cdot \frac{1}{2\hat{x}} \cdot \sqrt{(\Delta(\Delta x))^2 + \left(\frac{\Delta x \Delta \hat{x}}{\hat{x}}\right)^2} \quad (3.11)$$

Wir haben aus dem Oszilloskop die folgende Messungen:

Variable	Wert	Bedeutung
$2\hat{x}$	$(1,01 \pm 0,01) \text{ V}$	Maximale Breite des Lissajous-Ellipse
Δx	$(844 \pm 1) \text{ mV}$	Distanz zwischen beiden Nullstellen

Damit ergibt sich eine Phasenverschiebung:

$$\varphi = \arcsin \frac{0,844 \text{ V}}{1,01 \text{ V}} = 0,989 \text{ rad} \quad (3 \text{ sig. Zif.}) \quad (3.12)$$

$$= 56,68^\circ \quad (2 \text{ N.k.s.}) \quad (3.13)$$

mit

$$\begin{aligned} \Delta \varphi &= \left(1 - \left[\frac{0,844 \text{ V}}{2(1,01 \text{ V})}\right]^2\right)^{-1/2} \cdot \frac{1}{2(1,01 \text{ V})} \cdot \sqrt{(0,001 \text{ V})^2 + \left(\frac{(0,844 \text{ V})(0,01 \text{ V})}{1,01 \text{ V}}\right)^2} \\ &= 3,85 \cdot 10^{-3} \text{ rad} = 0,221^\circ \quad (3 \text{ sig. Zif.}) \end{aligned} \quad (3.14)$$

Also erhalten wir $\varphi = (0,989 \pm 0,004) \text{ rad} = (56,68 \pm 0,23)^\circ$.

Vergleich

Zusammengefasst haben wir:

Modus	Phasenverschiebung	
$t-y$	$(1,112 \pm 0,013) \text{ rad}$	$(63,7 \pm 0,8)^\circ$
$x-y$	$(0,989 \pm 0,004) \text{ rad}$	$(56,68 \pm 0,23)^\circ$

Also unterscheiden sich die Werten signifikant voneinander.

Diese Unterschied liegt vermutlich daran, dass der Fehler für den jeweiligen Messungen unterschätzt war, besonders wenn wir ihn nachträglich geschätzt haben. Wie vorher erwähnt sind die Bestimmungsmethode eher ungenau. Sind die Fehlerintervall größer, dann könnte die Werte vertäglich miteinander sein.

Es ist auch beobachtet, dass die Amplitude des verschobenen Signals kleiner im Vergleich zum Hauptsignal ist. Es ist aber in die Rechnungen für den $x-y$ Modusangenommen, dass die Amplitude beider Signale gleich sind. Somit ist diese Unterschied nicht berücksichtigt und es könnte gut sein, dass beide Werten Δx und \hat{x} davon beeinflusst sind. Das hat dann zu ein geringeres φ geführt.

Teilversuch 4: Betrachten des Auf- und Entladevorgangs eines Kondensators

Die Kurve von [CH1] ändert sich während des gesamten Teilversuchs nicht. Das ist auch erwartet, da die Ausgangsspannung des Frequenzgenerators unabhängig von der Schaltkreis sein soll.

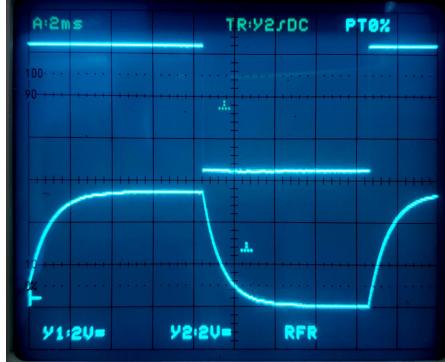


Abbildung 4.1: Kleinerer Widerstand

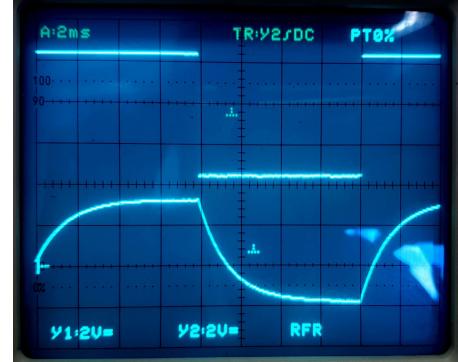


Abbildung 4.2: Höherer Widerstand

Mit zunehmendem Widerstand wurde die Kurve flacher. Intuitiv erfahren die Ladungen mehr Widerstand, wenn sie aus dem Kondensator entlädt wurden. Es braucht deswegen mehr Zeit, um der Kondensator komplett zu entladen, was die Kurve flacher macht. Mit dem zweiten Kondensator im parallel zum Ersten ist die Kurve auch flacher.

Aus der Theorie gilt:

$$U_C = U_0 \exp\left(-\frac{t}{RC}\right) \quad \text{bzw.} \quad t_e = RC \quad (4.1)$$

wobei t_e die Relaxationszeit ist, was ein Maßstab dafür ist, wie schnell der Vorgang verläuft.

Im Experiment ist der Widerstand durch das Drehen am Potentialmeter erhöht. Mit dem anderen Kondensator parallel zum Ersten, erhöht man die Kapazität. Somit sind R bzw. C jeweils größer. Mit zunehmendem Widerstand R bzw. Kapazität C , wird die Relaxationszeit länger, was hier beobachtet ist.

Teilversuch 5: Quantitative Registrierung der Entladekurve eines Kondensators

Aus dem Handbuch des Oszilloskop¹ gibt es zwei verscheidene Quelle von Unsicherheiten:

1. Ablenkkoefizienten (vertikal und horizontal)
2. Speicherauflösung

Wir gehen davon aus, dass das Ablesen mittels des Cursors intern im Oszilloskop erfolgt. Somit spielt die Toleranz bei den Ablenkkoefizienten keine Rolle in den Daten. Folglich ist die Hauptunsicherheit die Speicherauflösung.

Diesbezüglich ist die Speicherauflösung:

Einheit	Auflösung Punkte/Teilung	Einst. - / Teilung	Δ Wert
			Vertikal
Vertical	25	1 V	±0,02 V
Horizontal	200	200 ms	±1 ms

Da aber bei dem Ablesen von der Zeit nach 1 s nur die erste Nachkommastelle gezeigt wurde, ist die Unsicherheit nach 1 s viel größer und beträgt 0,05 s = 50 ms.

Somit haben wir als Messdaten:

t/ms	0	93	163	280	441	500	600	700	800	900	1000	1100	1200
$\Delta t/\text{ms}$	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	50	50	50
U_C/V	3,93	3,29	2,93	2,33	1,73	1,57	1,29	1,09	0,88	0,720	0,60	0,520	0,440

mit $\Delta U = 0,02 \text{ V}$.

Aus der Anleitung gilt:

$$U_C = U_0 \exp\left(-\frac{t}{RC}\right) \quad \Leftrightarrow \quad \ln U_C = \left(-\frac{1}{RC}\right)t + \ln U_0 \quad (5.1)$$

Es ist aber wegen des Triggers so, dass der Kondensator bei $t = 0$ schon etwas entlädt hat, somit ergibt sich die modifizierte Gleichung:

$$\ln U_C = \left(-\frac{1}{RC}\right)t + \left(\ln U_0 - \frac{t_0}{RC}\right) \quad (5.2)$$

Der entsprechende Fehler von $\ln U_C$ ist dann laut AMW:

$$\Delta(\ln U_C) = \frac{\Delta U_C}{U_C} \quad (5.3)$$

$\ln(U_C/\text{V})$ wurde dann gegen die Zeit im gnuplot geplottet und eine Kurveanpassung zur

$$\ln(U_C/\text{V}) = mt + c$$

durchgeführt.

¹cdn.rohde-schwarz.com/hameg-archive/HM1507-3_deutsch.pdf

Im gnuplot sind die Messpunkten für t ins s umgewandelt, sodass die Größeordnung der beiden Achse ähnlich sind. Diese Vorgehensweise hilft bei der Kurveanpassung. Die entsprechende Fehler sind direkt im gnuplot berechnet. Siehe Appendix A für die genauer Rechnung.

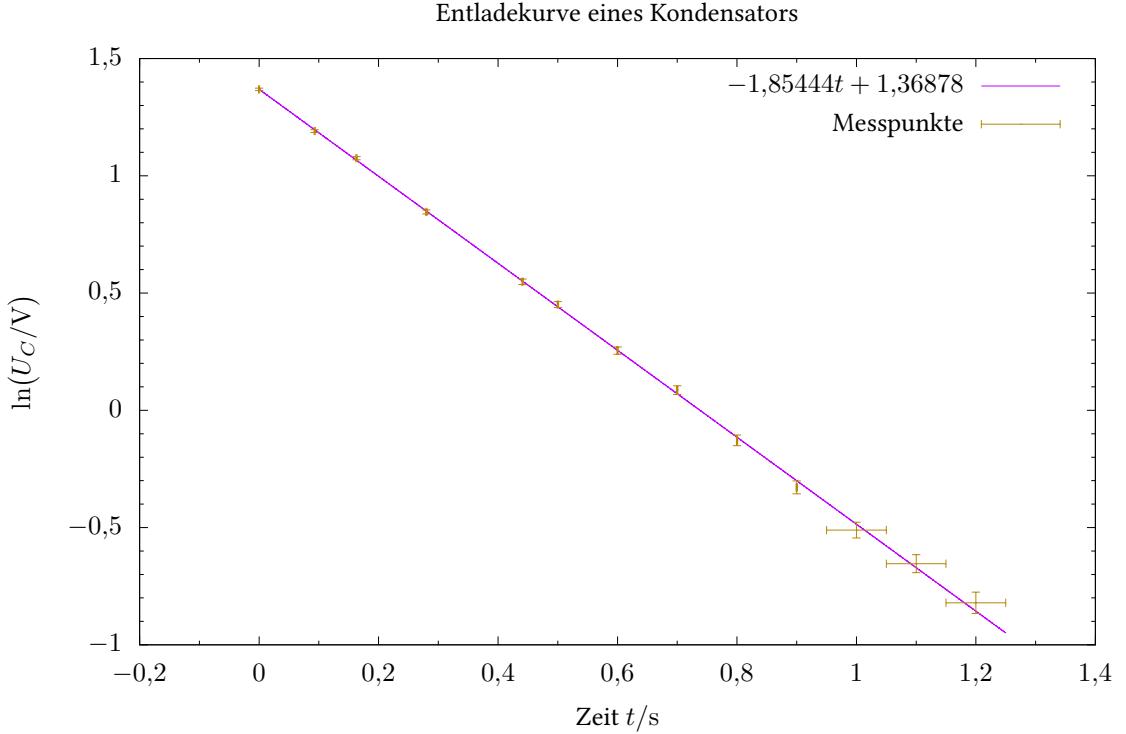


Abbildung 5.1: Entladung einer Kondensators über einen $1 \text{ M}\Omega$ Resistor
 $\chi^2_{\text{red}} = 0,476\,632 \implies$ Gute Anpassung

Als Endergebnis erhalten wir:

Variable	Wert	Gerundet
m	$(-1,854\,44 \pm 0,009\,18) \text{ s}^{-1}$	$(-1,854 \pm 0,010) \text{ s}^{-1}$
c	$1,368\,78 \pm 0,002\,74$	$1,3688 \pm 0,0028$

Aus (5.1) gilt somit, dass die Relaxationszeit t_e durch:

$$t_e = RC = -\frac{1}{m} = -\frac{1}{-1,854 \text{ s}^{-1}} = 0,539\,374 \text{ s} \quad (6 \text{ sig. Zif.}) \quad (5.4)$$

$$\Delta t_e = \left| \frac{\partial t_e}{\partial m} \Delta m \right| = \frac{\Delta m}{m^2} = \frac{0,010 \text{ s}^{-1}}{(-1,854 \text{ s}^{-1})^2} = 2,909\,25 \cdot 10^{-3} \text{ s} \quad (6 \text{ sig. Zif.}) \quad (5.5)$$

gegeben ist. Wir erhalten dann als Relaxationszeit $t_e = (0,539 \pm 0,003) \text{ s}$.

Im Experiment waren einen Widerstand von $1 \text{ M}\Omega$ und einen Kondensator von $1 \mu\text{F}$ benutzt. Wir erwarten folglich eine Relaxationszeit von $t_e = (1 \cdot 10^6 \Omega)(1 \cdot 10^{-6} \text{ F}) = 1 \text{ s}$.

Der entsprechende Fehler ist gegeben durch:

$$\begin{aligned}\Delta t_e &= t_e \sqrt{\left(\frac{\Delta R}{R}\right)^2 + \left(\frac{\Delta C}{C}\right)^2} = \sqrt{(1\%)^2 + \left(\frac{10^{-8} \text{ F}}{1 \cdot 10^{-6} \text{ F}}\right)^2} \\ &= 0,015 \text{ F}\end{aligned}\quad (5.6)$$

Also erhalten wir eine theoretische Relaxationszeit von $t_e = (1,000 \pm 0,015) \text{ s}$.

Theoretische Wert	$(1,000 \pm 0,015) \text{ s}$
Experimentelle Wert	$(0,539 \pm 0,003) \text{ s}$

Im Vergleich ist die erhaltene Relaxationszeit viel kleiner als die erwartete Relaxationszeit, also unterscheiden sich die Werten signifikant voneinander. Das liegt vermutlich daran, dass der effektive Widerstand des Schaltnetz durch die Verwendung vom Tastkopf und Oszilloscope im parallel zum $1 \text{ M}\Omega$ Widerstand verringelt hat. Das wird dann zu einer geringen Relaxationszeit führen, was wir hier tatsächlich beobachtet haben.

Wenn man noch Zusatzexperimente machen kann, kann man den Widerstand von Tastkopf charakterisieren, um zu wissen, ob die gemessene Daten mit der Theorie übereinstimmt.

A gnuplot Quellcode zur Auswertung von Teilversuch 5

```

1  #!/usr/bin/env gnuplot
2
3  set term epslatex color size 6in, 4in
4  set output "tv5-plot.tex"
5  set decimalsign locale 'de_DE.UTF-8'
6
7  set title "Entladekurve eines Kondensators"
8  set ylabel "$\\ln (U_C / \\sin{\\volt})$"
9  set xlabel "Zeit $t/\\sin{\\second}$"
10
11 set mxtics
12 set mytics
13 set samples 10000
14
15 f(x) = m*x + c
16
17 # (x, y, xdelta, ydelta)
18 fit f(x) "tv5.dat" u ($1/1000):(log($2)):($3/1000):(0.02/$2) xyerrors via m,c
19
20 set key top right spacing 1.3
21 titel = "$".gprintf("%.5f", m). "t + ".gprintf("%.5f", c). "$"
22 plot f(x) title titel lc rgb 'dark-magenta', \
23      "tv5.dat" u ($1/1000):(log($2)):($3/1000):(0.02/$2) with xyerrorbars
24      ↵ title "Messpunkte" pointtype 0 lc rgb 'dark-goldenrod'
```

mit tv5.dat:

#	t/ms	U/V	delta t		8	600	1,29	1
0		3,93	1		9	700	1,09	1
93		3,29	1		10	800	0,880	1
163		2,93	1		11	900	0,720	1
280		2,33	1		12	1000	0,600	50
441		1,73	1		13	1100	0,520	50
500		1,57	1		14	1200	0,440	50

Rohausgabe:

```

1  final sum of squares of residuals : 5.24295
2  rel. change during last iteration : -6.37075e-07
3
4  degrees of freedom (FIT_NDF) : 11
5  rms of residuals (FIT_STDFIT) = sqrt(WSSR/ndf) : 0.690385
6  variance of residuals (reduced chisquare) = WSSR/ndf : 0.476632
7  p-value of the Chisq distribution (FIT_P) : 0.918832
8
9  Final set of parameters Asymptotic Standard Error
10 ========
11 m = -1.85444 +/- 0.009173 (0.4947%)
12 c = 1.36878 +/- 0.002734 (0.1997%)
```

```
13
14 correlation matrix of the fit parameters:
15      m      c
16  m    1.000
17  c   -0.668  1.000
```