

# Versuch 1.2 Kondensator im Gleich- und Wechselstromkreis

Praktikum: Grundlagen der Elektrotechnik und Halbleiterelektronik

Studierende: K. Ratteit, M. Arnold

Seminargruppe: 5CS23-1

Praktikumsgruppe: 11

Betreuende: Prof. Dr. S. Schneider,

Dipl.-Geophys. L. Aschmann

09. November 2023

**Versuchsaufgabe:** Es soll das Verhalten eines Kondensators im Gleichstromkreis beim Ein- bzw. Ausschalten einer DC-Spannungsquelle sowie im Wechselstromkreis mit AC-Spannungsquelle bei Erregerfrequenzen zwischen  $50\text{Hz}$  und  $15\text{kHz}$  beobachtet werden.

## Aufgabe 1 Verhalten im Gleichstromkreis

(a) Bauen Sie die elektrische Schaltung entsprechend Abbildung 1 auf! Achten Sie auf die korrekte Polung des Elektrolytkondensators! Wählen Sie für  $R = 100\text{ k}\Omega$ , für  $C = 470\text{ }\mu\text{F}$  sowie für  $U_b = 12\text{V}$ !

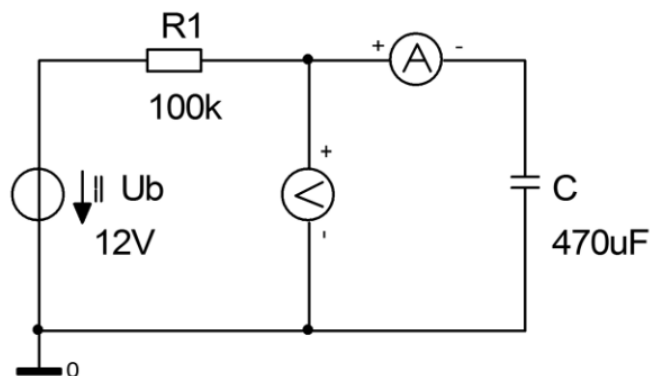


Abbildung 1: Schaltung zum Laden des Kondensators

(b) Registrieren Sie sowohl für den Lade- als auch für den Entladevorgang die zeitliche Änderung des Stromes  $I_C = I_C(t)$  und der Spannung  $U_C = U_C(t)$  am Kondensator in Zeitintervallen von  $\Delta t \approx \frac{\tau}{2}$ !

(c) Stellen Sie die Funktionsverläufe von  $I_C(t)$  und  $U_C(t)$  graphisch dar! Bestimmen Sie aus den Diagrammen die Zeitkonstante  $\tau$ !

**Aufgabe 2** Verhalten im Wechselstromkreis

(a) Untersuchen Sie das Verhalten der Spannung  $U_C(f)$  bei Anschluss der Reihenschaltung von  $R$  und  $C$  entsprechend Abbildung 2 ( $R = 100 \Omega, C = 1 \mu F$ ) an eine Wechselspannungsquelle mit variabler Erregerfrequenz (Frequenzgenerator)! Die Amplitude der

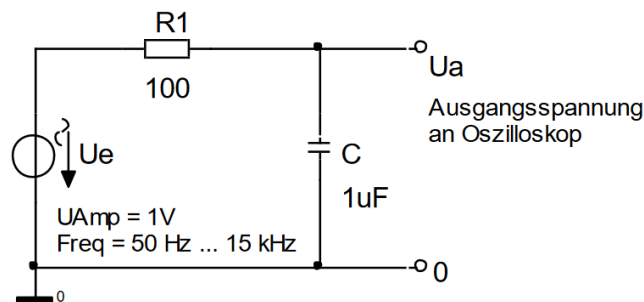


Abbildung 2: Reihenschaltung von  $R$  und  $C$  im Wechselstromkreis

Wechselspannung soll  $\hat{U}_e = 1V$  betragen, die Frequenzen der Erregerspannung sollen zwischen  $50Hz$  und  $15kHz$  betragen! Messen Sie die Wechselspannung der Spannungsquelle sowie die Spannung am Kondensator mit dem am Arbeitsplatz befindlichen Oszilloskop! Ermitteln Sie die Amplituden der Spannungswerte als Funktion der Frequenz und stellen Sie die Messwerte graphisch dar!

(b) Wie verhält sich die Ausgangsspannung am Kondensator mit zunehmender Frequenz? Diskutieren Sie das Ergebnis!

**Aufgabe 3:** Diskutieren Sie die Fehlereinflüsse beider Teilversuche!

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Vorbereitung</b>	<b>1</b>
1.1	Theoretische Grundlagen . . . . .	1
1.1.1	Kondensator . . . . .	1
1.1.2	Kapazität . . . . .	1
1.1.3	Dielektrikum . . . . .	2
1.1.4	Aufbau und Handhabung eines Elektrolytkondensators . . . . .	2
1.1.5	Ein- und Ausschaltvorgänge am Kondensator, Zeitkonstante . . . . .	3
1.1.6	Frequenz . . . . .	6
1.1.7	Wechselstrom und Wechselspannung . . . . .	6
1.1.8	Hoch- und Tiefpass . . . . .	6
1.1.9	Funktionsweise eines Oszilloskops . . . . .	6
1.2	Planung des Experiments . . . . .	7
<b>2</b>	<b>Messergebnisse</b>	<b>8</b>
2.1	Messwerte Aufgabe 1 . . . . .	8
2.2	Messwerte Aufgabe 2 . . . . .	10
<b>3</b>	<b>Auswertung</b>	<b>11</b>
<b>4</b>	<b>Fehlerbetrachtung</b>	<b>15</b>
<b>5</b>	<b>Quellen</b>	<b>16</b>

# 1 Vorbereitung

## 1.1 Theoretische Grundlagen

Zur Vorbereitung des Experiments sind folgende theoretische Grundlagen notwendig.

### 1.1.1 Kondensator

Ein Kondensator ist ein passives elektrisches Bauelement mit der Fähigkeit, in einem Gleichstromkreis elektrische Ladung und die damit zusammenhängende Energie statisch in einem elektrischen Feld zu speichern. Die gespeicherte Ladung pro Spannung wird als elektrische Kapazität bezeichnet und in der Einheit Farad gemessen. Kondensatoren bestehen im Prinzip aus zwei elektrisch leitfähigen Flächen, den Elektroden, die mit einem isolierenden Material, dem Dielektrikum, voneinander getrennt sind. Die Größe der Kapazität wird durch die Fläche der Elektroden, das Material des Dielektrikums und den Abstand der Elektroden zueinander bestimmt.

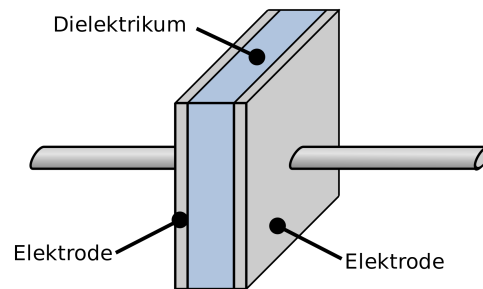


Abbildung 3: Plattenkondensator

### 1.1.2 Kapazität

Die Kapazität ist die Eigenschaft eines Bauteils eine elektrische Energie zu speichern. Der Kondensator ist das elektronische Bauelement, das diese ausgeprägte Eigenschaft besitzt. Die Kapazität hat als Formelzeichen das große  $C$ . Es ist die Abkürzung für das englische Wort Capacity. Die Maßeinheit ist das  $F$  für Farad.

Die Ladungsmenge hat das Formelzeichen  $Q$  und die Einheit Coulomb  $C$ . Die Ladung besteht aus Strom mal Zeit  $As$  (Ampere pro Sekunde).

$$C = \frac{Q}{U} \quad (\text{in Farrad } 1F = 1\frac{C}{V})$$

$$C = \frac{I \cdot t}{U} \quad (\text{in Farrad } 1F = 1\frac{As}{V})$$

Die Kapazität eines Kondensators wird durch seine baulichen Größen bestimmt. Die Kapazität  $C$  ist umso größer,

- je größer die Plattenoberfläche  $A$
- je kleiner der Plattenabstand  $d$
- je besser die Dipolbildung im Dielektrikum (je größer die relative Dielektrizitätskonstante  $\varepsilon_r$ )

$$\varepsilon_0 = 8,8542 \cdot 10^{-12} \frac{As}{Vm}$$

$$C = \frac{\varepsilon_0 \cdot \varepsilon_r \cdot A}{d}$$

### 1.1.3 Dielektrikum

Als Dielektrikum wird eine elektrisch schwach- oder nichtleitende Substanz bezeichnet, in der die vorhandenen Ladungsträger nicht frei beweglich sind. Ein Dielektrikum kann ein Gas, eine Flüssigkeit oder ein Feststoff sein. Der Begriff Dielektrikum wird insbesondere dann verwendet, wenn in dem betrachteten Raumbereich ein elektrisches Feld besteht.

Die Dielektrizitätskonstante  $\varepsilon_r$  gibt an, um welchen Faktor sich die Kapazität vergrößert, wenn statt Luft bzw. dem Vakuum ein anderes Dielektrikum verwendet wird.

### 1.1.4 Aufbau und Handhabung eines Elektrolytkondensators

Die meisten Kondensatoren haben feste Kondensatorbeläge. Meistens sind es Folien aus metallischen Werkstoffen. Bei Elektrolytkondensatoren gibt es nur einen festen Werkstoff als Kondensatorbelag. Der andere Belag ist ein Elektrolyt, den es in flüssiger aber auch in fester Form gibt. Der flüssige Elektrolyt hat den Vorteil, dass damit sehr hohe Kapazitäten erreicht werden können. Allerdings hat es wie andere Flüssigkeiten den Nachteil, dass es trotz fest verschlossenem Kondensatorgehäuse im Laufe der Jahrzehnte austrocknet oder ausläuft. Der aufgedruckte Kapazitätswert auf einem Elektrolytkondensator ist nur ein Schätzwert, der nur unter Berücksichtigung einer hohen Toleranz stimmt. Deshalb sind die Toleranzwerte dieser Kondensatoren sehr hoch. Nahezu alle Elektrolytkondensatoren müssen richtig gepolt werden.

Beim Anlegen einer Wechselspannung oder einer falschen Polung der Spannungsquelle wird die isolierende Oxidschicht zerstört, der Elektrolyt verdampft und der Kondensator platzt auf.

### 1.1.5 Ein- und Ausschaltvorgänge am Kondensator, Zeitkonstante

Im Einschalt Augenblick springt der Strom von Null auf den Maximalwert. Ab diesem Augenblick wird der Strom nach einer e-Funktion immer kleiner. Die Spannungsquelle zieht die Elektronen der oberen Kondensatorfläche an und drückt sie auf die untere Kondensatorfläche. Bei diesem Vorgang wird der Kondensator aufgeladen. Die Verschiebung der Elektronen erzeugt einen Stromfluss. Das ist der Ladestrom, der sehr hoch ist.

Je länger der Ladevorgang dauert, desto weniger Strom fließt. Die Elektronen auf der oberen Fläche werden weniger. Während der Strom in Richtung Null sinkt, steigt die Spannung von Null auf den Maximalwert. Je größer die Spannung wird, umso größer wird der Widerstand des Kondensators. Ein Kondensator kann nur bis zu einer bestimmten maximalen Spannung aufgeladen werden.

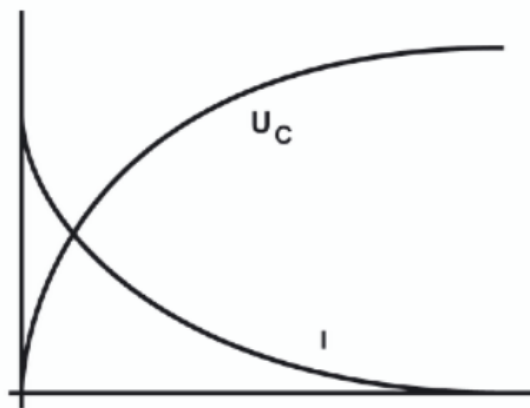


Abbildung 4: Spannung und Strom beim Laden des Kondensators

Hat die Kondensatorspannung  $U_C$  die Ladespannung  $U_{ges}$  erreicht, fließt kein Strom mehr und der Kondensatorwiderstand ist unendlich groß. Der Kondensator wirkt wie eine Sperre für den Gleichstrom.

$$U_C(t = 0) = 0 = Q(t = 0)$$

$$U_R(t = 0) = U_0$$

$$I(t = 0) = \frac{U_0}{R} = I_0$$

Beim Entladen wirkt der Kondensator wie eine Spannungsquelle mit einem geringen Innenwiderstand. Ab dem Entladezeitpunkt sinkt die Spannung vom Maximalwert auf Null ab. Der Strom wechselt seine Flussrichtung (Polarität) und sinkt vom Maximalwert auf Null ab. Er fließt also in entgegengesetzter Richtung zum Ladestrom. Die Spannung  $U_C$  verhält sich wie der Strom. Sie sinkt vom Maximalwert auf Null. Die Polarität bleibt erhalten. An dem Punkt, wo keine Strom mehr fließt, ist der Kondensator entladen.

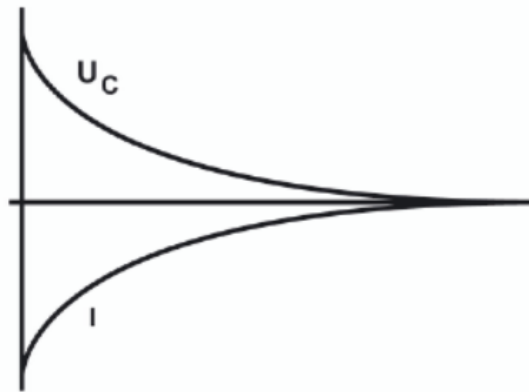


Abbildung 5: Spannung und Strom beim Entladen des Kondensators

$$\begin{aligned}
 U_C(t \rightarrow \infty) &= U_0 \\
 Q(t \rightarrow \infty) &= U_0 \cdot C \\
 I(t \rightarrow \infty) &= 0
 \end{aligned}$$

Die Zeitkonstante  $\tau = R \cdot C$  ist unabhängig von Strom und Spannung und ihr Wert stellt eine Zeitspanne dar, die beim Auf- und Entladen des Kondensators eine Rolle spielt.

- **Beim Aufladen:**

- Der Anstieg der Ladung stellt ein beschränktes Wachstum dar:

$$\begin{aligned}
 Q(t) &= Q_{max} \cdot (1 - e^{-\frac{t}{\tau C}}) \\
 Q_{max} &= C \cdot |U_0|
 \end{aligned}$$

- Nach der Zeitkonstante  $\tau$  ist die Ladung auf ca. 63% der Maximalladung angestiegen.
- Die Stromstärke fällt exponentiell ab:

$$\begin{aligned}
 I(t) &= I_0 \cdot e^{-\frac{t}{\tau C}} \\
 I_0 &= \frac{|U_0|}{R}
 \end{aligned}$$

- Nach der Zeitkonstante  $\tau$  ist die Ladung auf ca. 37% der anfänglichen Stromstärke abgefallen.
- Die Spannung  $U_R$  über dem Widerstand fällt exponentiell ab:

$$U_R(t) = |U_0| \cdot e^{-\frac{t}{\tau C}}$$

- Nach der Zeitkonstante ist die Spannung am Widerstand auf ca. 37% von der Nennspannung abgefallen.
- Der Anstieg der Spannung  $U_C$  über dem Kondensator stellt ein beschränktes Wachstum dar:

$$U_C(t) = |U_0| \cdot (1 - e^{-\frac{t}{\tau_C}})$$

- Nach der Zeitkonstante ist die Spannung am Kondensator auf ca. 63% von der Nennspannung angestiegen.

• **Beim Entladen:**

- Die Ladung auf dem Kondensator fällt exponentiell ab:

$$Q(t) = Q_{max} \cdot e^{-\frac{t}{\tau_C}}$$

$$Q_{max} = C \cdot |U_0|$$

- Nach der Zeitkonstante ist die Ladung auf dem Kondensator auf ca. 37% der maximalen Ladung abgefallen.
- Der Betrag der Stromstärke im Stromkreis fällt exponentiell ab:

$$I(t) = -I_0 \cdot e^{-\frac{t}{\tau_C}}$$

$$I_0 = \frac{|U_0|}{R}$$

- Nach der Zeitkonstante ist der Betrag der Stromstärke auf ca. 37% der anfänglichen Stromstärke abgefallen.
- Der Betrag der Spannung über dem Widerstand fällt exponentiell ab:

$$U_R(t) = -|U_0| \cdot e^{-\frac{t}{\tau_C}}$$

- Nach der Zeitkonstante ist die Spannung über dem Kondensator auf ca. 37% vom Betrag der Nennspannung abgefallen.
- Die Spannung über dem Kondensator fällt exponentiell ab:

$$U_C(t) = |U_0| \cdot e^{-\frac{t}{\tau_C}}$$

- Nach der Zeitkonstante ist die Spannung über dem Kondensator auf ca. 37% vom Betrag der Nennspannung abgefallen.

### 1.1.6 Frequenz

Die positive und die negative Halbwelle einer Schwingung bezeichnet man als Periode. Die Zeit die zum Durchlaufen der Periode benötigt wird, ist die Periodendauer  $T$ . Die Periodendauer  $T$  wird in Sekunden angegeben. Die Frequenz  $f$  gibt die Zahl der Perioden an, die in einer Sekunde durchlaufen werden. Die Frequenz wird in Hertz  $Hz$  angegeben. 1 Hertz entspricht einer Schwingung pro Sekunde. Die Frequenz ist der Kehrwert der Periodendauer. Das bedeutet, die Frequenz ist um so größer, je kleiner die Periodendauer ist.  $f = \frac{1}{T}$

### 1.1.7 Wechselstrom und Wechselspannung

Bei Wechselstrom und Wechselspannung spricht man von elektrischen Größen, deren Werte sich im Verlauf der Zeit regelmäßig wiederholen. Der Wechselstrom ist ein elektrischer Strom, der periodisch seine Polarität (Richtung) und seinen Wert (Stromstärke) ändert. Das selbe gilt für die Wechselspannung.

### 1.1.8 Hoch- und Tiefpass

Ein Hochpass lässt, wie sein Name schon sagt, Spannungen/ Amplituden mit hohen Frequenzen durch. Niedere Frequenzen werden gesperrt.

Ein Tiefpass lässt, wie sein Name schon sagt, Spannungen/ Amplituden mit tiefen Frequenzen durch. Hohe Frequenzen werden gesperrt. Die Schaltung aus Aufgabe 2 entspricht einem Tiefpass.

### 1.1.9 Funktionsweise eines Oszilloskops

Ein Oszilloskop stellt Spannung über ihren zeitlichen Verlauf dar. Das bedeutet, es werden die physikalische Größe Spannung und die Zeit gemessen. Ein Oszilloskop wird verwendet, wenn periodisch wiederkehrende Signale bildlich dargestellt und schnelle elektrische Vorgänge sichtbar gemacht werden müssen.

Die klassischen Messgrößen, die mit einem Oszilloskop gemessen werden, sind die Spannung und die Periodendauer eines Signals. Beides zusammen ergibt die Wechselspannung. Damit sind wir wieder bei den periodisch wiederkehrenden Signalen, die sich mit einem Oszilloskop bildlich darstellen lassen. Die Spannung und die Periodendauer lassen sich vom Bildschirm ablesen. Die Frequenz lässt sich aus der Periodendauer berechnen.

Man legt die zu messende Wechselspannung zwischen der Eingangsbuchse und der Masse-Buchse an. Der Messbereichsdrehknopf ist so einzustellen, dass der Strahl in vertikaler Richtung möglichst weit ausgelenkt ist (nach oben).

## 1.2 Planung des Experiments

Als Messgeräte und Hilfsmittel stehen zur Verfügung: Digitalmultimeter, DC-Spannungsquelle, Frequenzgenerator, Oszilloskop, Elektroniksteckbrett, Laborkabel, Messleitungen sowie die Bauelemente Widerstand und Kondensator.

Die Zeitkonstante muss im Vorfeld berechnet werden:

$$\begin{aligned}\tau &= R \cdot C \\ \tau &= 100 \cdot 10^3 \cdot 470 \cdot 10^{-6} \\ \tau &= 47 \text{ s} \\ \Delta t &= \frac{\tau}{2} = \frac{47}{2} = 23,5 \text{ s} \\ \Delta t &\approx 20 \text{ s}\end{aligned}$$

Der Maximale Strom beträgt:

$$\begin{aligned}I &= \frac{U}{R} \\ I &= \frac{12 \text{ V}}{100000\Omega} \\ I &= 0,00012 \text{ A} \\ I &= 120\mu\text{A}\end{aligned}$$

Messfehler:

$$\begin{aligned}\Delta U &= 0,7\% \cdot U_M + 2 \text{ digits} && \text{(Systematische Abweichung der Spannung)} \\ \Delta I &= 1\% \cdot I_M + 3 \text{ digits} && \text{(Systematische Abweichung der Stromstärke)}\end{aligned}$$

## 2 Messergebnisse

### 2.1 Messwerte Aufgabe 1

Tabelle 1: Aufladen des Kondensators

$t$ in s	$I$ in $\mu A$	$U$ in V	$\Delta I$ in $\mu A$	$\Delta U$ in V
0	119,12	0,303	1,1942	0,004121
20	79,10	4,329	0,794	0,032303
40	53,56	6,86	0,5386	0,05002
60	36,21	8,55	0,3651	0,06185
80	24,99	9,67	0,2529	0,06969
100	17,71	10,38	0,1801	0,07466
120	12,73	10,88	0,1303	0,07816
140	9,26	11,22	0,0956	0,08054
160	6,85	11,47	0,0715	0,08229
180	5,09	11,64	0,0539	0,08348
200	3,90	11,76	0,042	0,08432
220	3,06	11,84	0,0336	0,08488
240	2,44	11,90	0,0274	0,0853
260	1,99	11,94	0,0229	0,08558
280	1,68	11,97	0,0198	0,08579
300	1,44	12,00	0,0174	0,086
320	1,28	12,00	0,0158	0,086

Tabelle 2: Entladen des Kondensators

$t$ in s	$I$ in $\mu A$	$U$ in V	$\Delta I$ in $\mu A$	$\Delta U$ in V
0	-118,39	11,88	-1,1809	0,08516
20	-78,33	7,74	-0,7803	0,05618
40	-52,57	5,201	-0,5227	0,038407
60	-35,40	3,498	-0,351	0,026486
80	-23,67	2,348	-0,2337	0,018436
100	-16,22	1,597	-0,1592	0,013179
120	-10,88	1,071	-0,1058	0,009497
140	-7,46	0,735	-0,0716	0,007145
160	-5,15	0,505	-0,0485	0,005535
180	-3,55	0,349	-0,0325	0,004443
200	-2,5	0,243	-0,022	0,003701
220	-1,78	0,17	-0,0148	0,00319
240	-1,28	0,123	-0,0098	0,002861
260	-0,94	0,089	-0,0064	0,002623
280	-0,7	0,066	-0,004	0,002462
300	-0,54	0,05	-0,0024	0,00235
320	-0,44	0,039	-0,0014	0,002273

## 2.2 Messwerte Aufgabe 2

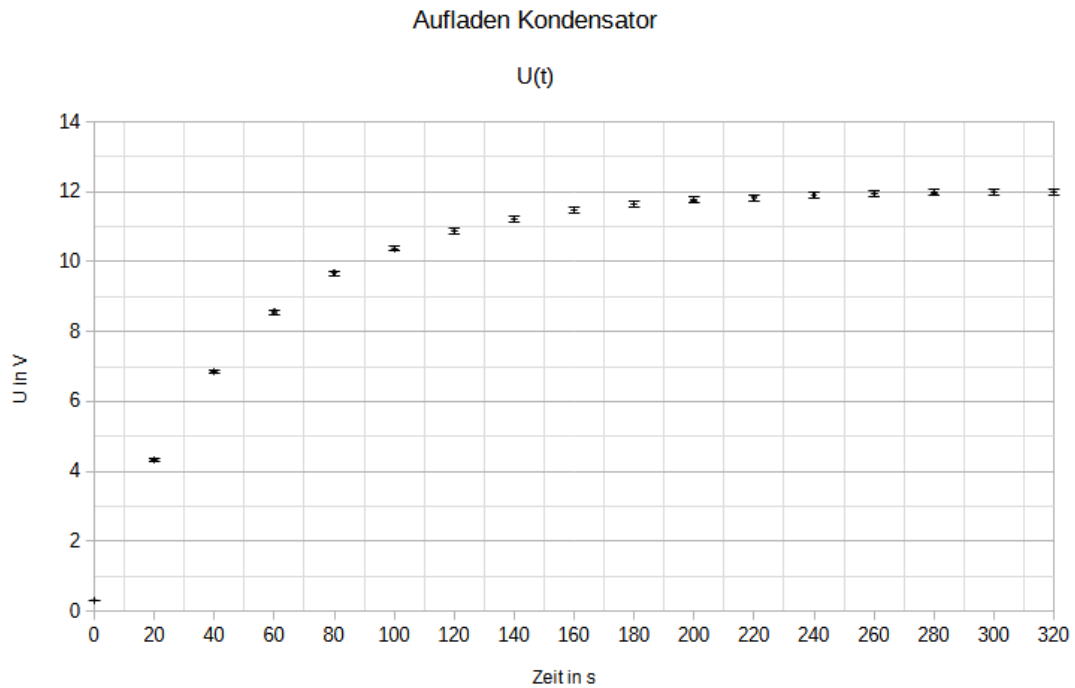
Tabelle 3: Verhalten im Wechselstromkreis

$f$ in Hz	Wechselspannung an der Spannungsquelle $\hat{U}_e$ in V	Spannung am Kondensator $U_a$ in V
50	1	1
100	1	1
200	1	1
400	1	0,95
800	1	0,85
1600	1	0,68
3200	1	0,44
6400	1	0,25
12800	1	0,13
15000	1	0,11

Die Einteilung erfolgt, weil es sich anbietet, nach dem binären Logarithmus. Anfangswert  $a = 50$ , Endwert  $b = 15000$ ,  $b = a \cdot 2^x$ ,  $x = \lg(a/b)$ .

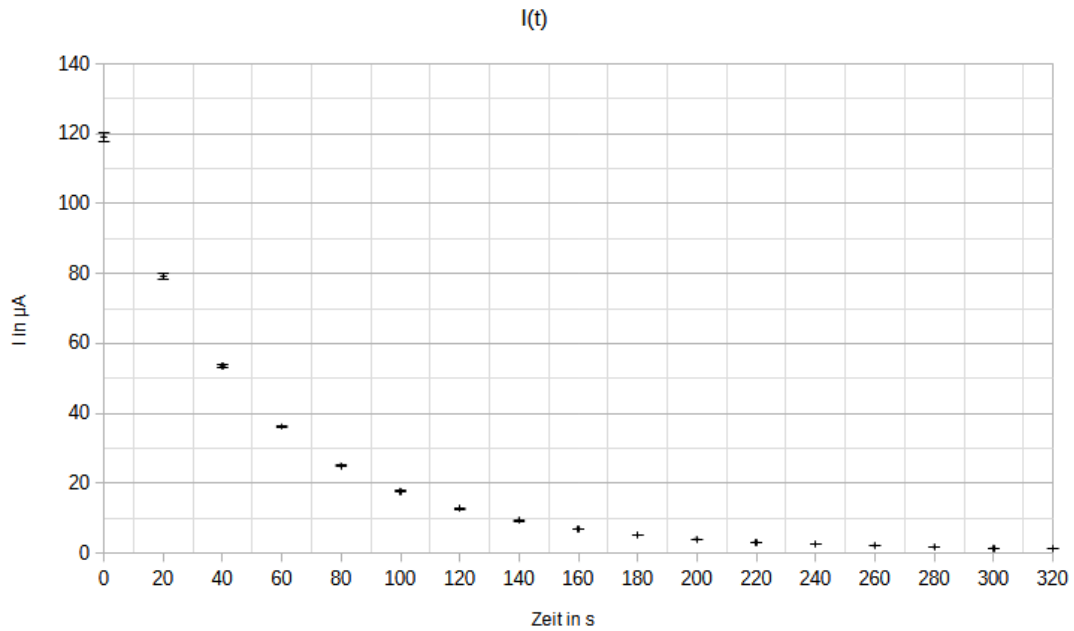
### 3 Auswertung

In der ersten Aufgabe wurde das Lade- und Entladeverhalten eines Kondensators im Gleichstromkreis untersucht. Dazu wurden sowohl Strom als auch Spannung am Kondensator gemessen. Die Messwerte sollten in Zeitintervallen von  $\Delta t \approx \frac{\tau}{2}$  gemessen werden, also etwa alle 20 Sekunden. Im folgenden sind die Diagramme für  $U_C(t)$  und  $I_C(t)$  jeweils beim Auf- und Entladen dargestellt.



Unsere Messwerte verhalten sich so, wie sie sich laut den theoretischen Grundlagen zu Ein- und Ausschaltvorgängen am Kondensator verhalten sollen. Beim Laden des Kondensators steigt die Spannung an bis zum Maximum von  $12V$  - der Nennspannung - an, während die Stromstärke exponentiell absinkt. Auch die errechnete Zeitkonstante von  $47s$  bestätigt sich in der Betrachtung der gedachten Kurve zwischen den Messpunkten. Nach  $47s$  sollte die Spannung am Kondensator bei etwa  $7,6V$  liegen, also bei etwa  $63\%$  der Nennspannung. Dies ist der Fall. Ebenso die Stromstärke, die nach Ablauf von  $47s$  auf etwa  $37\%$  ihres Anfangswertes abgefallen sein sollte, also auf rund  $44,4\mu A$ .

## Aufladen Kondensator

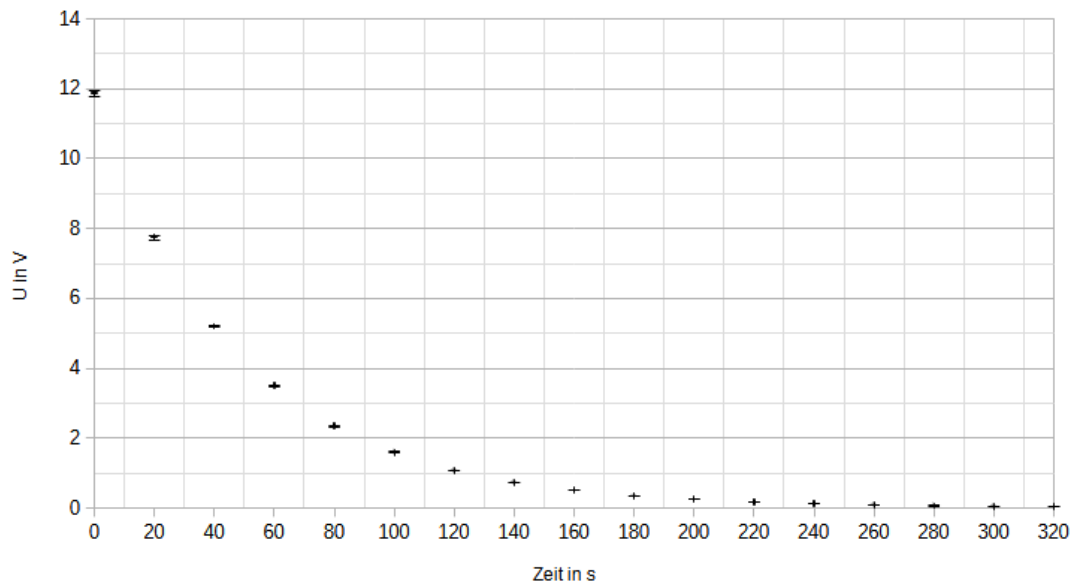


Auch beim Entladevorgang (siehe die folgenden Diagramme) verhalten sich die Messwerte so, wie sie sich verhalten sollen. Die Spannung am Kondensator sinkt exponentiell ab, ebenso wie der Betrag der Stromstärke. Der Strom wechselt seine Richtung gegenüber dem Ladevorgang, was in den Messwerten durch eine Änderung des Vorzeichens deutlich wird. Nach  $47\text{ s}$  liegen sowohl Spannung als auch der Betrag der Stromstärke auf etwa 37% ihres Ausgangswertes bei  $4,4\text{ V}$  und  $44,4\text{ }\mu A$ , wenn man sich eine Kurve zwischen den Messpunkten denkt.

Nach jeweils 5 Zeitkonstanten - das entspricht  $235\text{ s}$  - ist der Kondensator erkennbar jeweils praktisch ge- bzw. entladen.

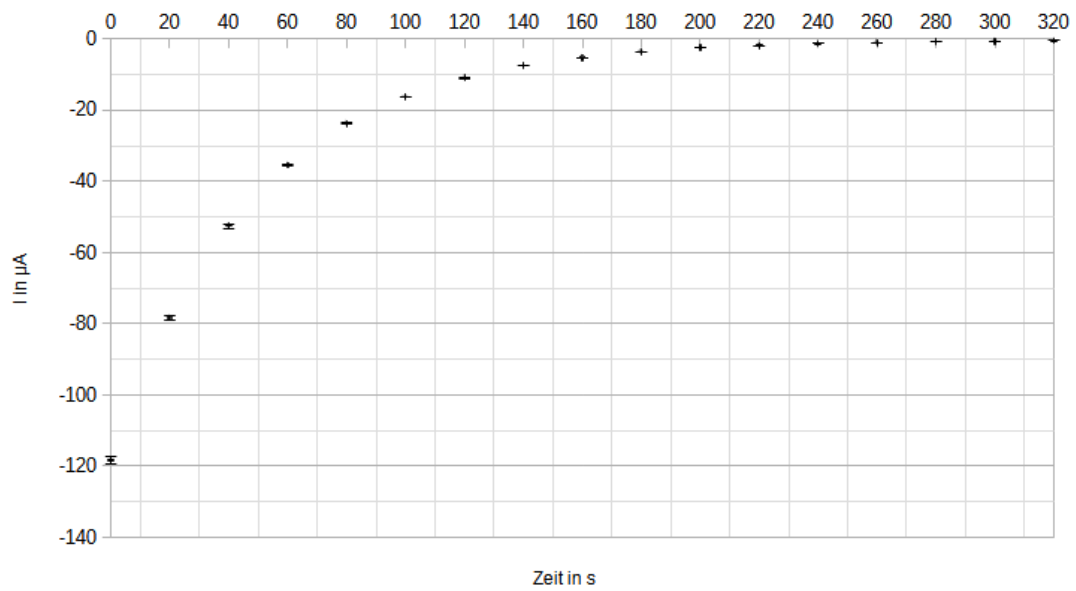
### Entladen Kondensator

U(t)

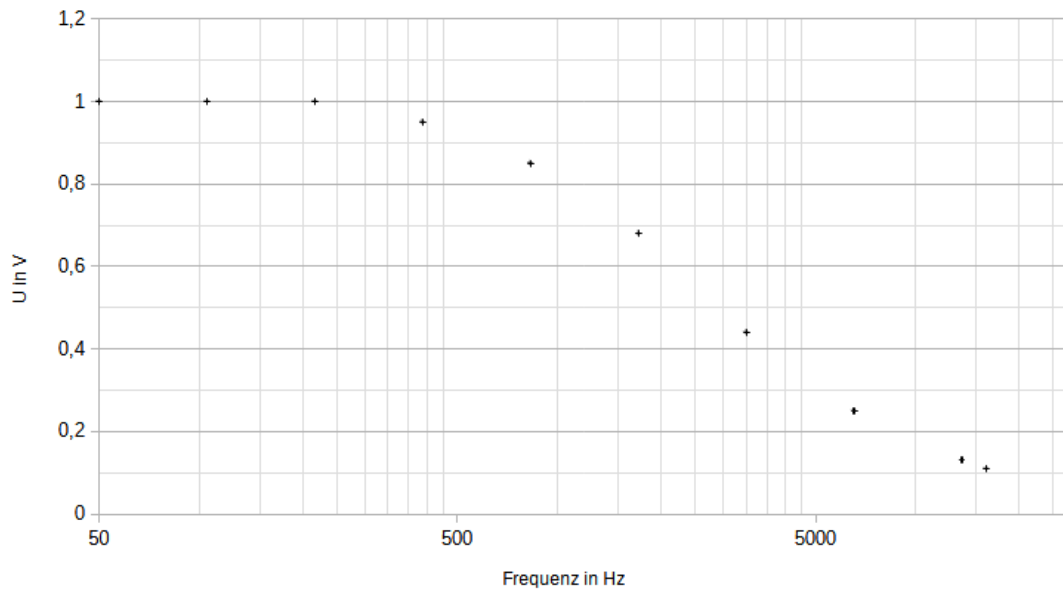


### Entladen Kondensator

I(t)



### Verhalten im Wechselstromkreis



In logarithmischer Darstellung über der Frequenz zeigt sich ein Teilungsverhältnis mit zwei Asymptoten. Bei niedrigen Frequenzen geht eine gegen die anliegende Wechselspannung von  $1\text{ V}$ . Zu den hohen Frequenzen nimmt die Asymptote ab und geht gegen  $0$ .

Bei einer sinusförmigen Eingangsspannung  $U_e$  mit tiefer Frequenz hat der Kondensator  $C$  einen großen Wechselstromwiderstand. Dadurch fällt an ihm eine größere Spannung ab, als am Widerstand  $R$ . Der Wechselstromwiderstand des Kondensators ist so groß, dass der Widerstand  $R$  fast keine Rolle mehr spielt. Er ist im Verhältnis zum Wechselstromwiderstand des Kondensators so klein, dass der Spannungsabfall am Kondensator fast so groß wie die Eingangsspannung  $U_e$  ist. Am Ausgang  $U_a$  liegt fast die volle Eingangsspannung  $U_e$ .<sup>1</sup>

Ab einer bestimmten Frequenz tritt dann die Teilung ein, zu erkennen in unseren Messwerten beim Messpunkt von  $1600\text{ Hz}$ . Etwa dort sieht es so aus, als würden sich die Asymptoten schneiden.

Bei einer sinusförmigen Eingangsspannung  $U_e$  mit hoher Frequenz hat der Kondensator  $C$  einen sehr kleinen Wechselstromwiderstand. Dadurch fällt an ihm eine kleinere Spannung ab, als am Widerstand  $R$ . Der Widerstandswert ist im Verhältnis zum Wechselstromwiderstand des Kondensators so groß, dass der Spannungsabfall über den Kondensator und somit die Ausgangsspannung  $U_a$  fast  $0\text{ V}$  beträgt.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>vgl. Schnabel, Patrick: Elektronik-Fibel: Elektronik-Grundlagen, Messtechnik, Bauelemente, Schaltungstechnik, Digitaltechnik, 8. überarbeitete Auflage, April 2023, Books on Demand, 2002. S. 214

<sup>2</sup>vgl. Schnabel, 2002. S. 214

## 4 Fehlerbetrachtung

Wir haben in diesem Experiment in Aufgabe 1 die Funktionsverläufe für zeitliche Änderung des Stromes und der Spannung am Kondensator untersucht. Dabei kann es natürlich zu Messungenauigkeiten kommen. In Aufgabe 2 wurde das Verhalten der Ausgangsspannung am Kondensator mit zunehmender Frequenz untersucht. Dadurch, dass die Amplitude der Wechsellspannung immer wieder nachjustiert werden musste, kam dadurch ein weiterer Faktor für Messungenauigkeiten hinzu. Weitere Quellen für Messungenauigkeiten sind im Folgenden zusammengefasst:

**Besonderheiten des Elektrolytkondensators:** Wie bereits in den theoretischen Grundlagen erwähnt haben Elektrolytkondensatoren verhältnismäßig große Toleranzwerte, die die Ergebnisse verfälschen können. Auch altern Kondensatoren, der Elektrolyt zersetzt sich mit der Zeit, was sich auf die Ergebnisse auswirkt. Das Dielektrikum, das im Inneren des Kondensators zur Trennung der leitenden Platten verwendet wird, ist zudem kein perfekter Isolator, was dazu führt, dass ein sehr kleiner Strom durch das Dielektrikum fließt, was als Leckstrom bezeichnet wird.

**Messmittel:** Jedes Messgerät hat eine Genauigkeitsklasse, die einbezogen werden muss. Auch haben Bauteile eine bestimmte Fertigungstoleranz, die die Messung beeinflussen kann. Minimiert werden solche Fehler durch sachgemäße Handhabung, Wartung der Geräte und Bauteile sowie Verwendung von hochwertigen Bauteilen. Insbesondere beim Oszilloskop sind Messungen mit sehr genauen Nachkommastellen manchmal aufgrund der Skala nicht möglich, zumal wir ein analoges Modell zur Verfügung hatten.

**Experimentator:** Die Person, die das Experiment durchführt kann Fehler begehen. Das beginnt bei Ablesefehlern am Messgerät oder Ungenauigkeit beim Auslösen von Zeitmessungen, wie im Experiment verlangt. Minimiert werden solche Fehler durch gute Vorbereitung, gute Verfassung der Experimentatoren und eine ordentliche Arbeitsumgebung. In unserem Fall haben wir versucht durch die Aufnahme per Kamera die Ungenauigkeit bei den Zeitmessungen zu vermeiden.

**Nicht-idealer Stromverlauf:** In einem realen Stromkreis kann es zu Abweichungen vom idealen Stromverlauf kommen. Dadurch kann es zu ungenauen Messungen der Stromstärke kommen.

## 5 Quellen

- Schnabel, Patrick: Elektronik-Fibel: Elektronik-Grundlagen, Messtechnik, Bauelemente, Schaltungstechnik, Digitaltechnik, 8. überarbeitete Auflage, April 2023, Books on Demand, 2002.
- Abbildung 3: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Plate\\_Capacitor\\_DE.svg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Plate_Capacitor_DE.svg)