

Versuch 56

Messungen mit einem Elektronenstrahloszilloskop, Kondensatorentladung

Protokoll des Anfänger-Praktikums II



Gruppe 14

Durchgeführt am
07.03.2018

Inhaltsverzeichnis

1	Versuchsziel	3
2	Grundlagen	3
3	Versuchsaufbau	4
3.1	Bestimmung des Tast- und Ein-Aus-Verhältnisses	4
3.2	Messung der Zeitkonstanten	4
4	Versuchsdurchführung	5
5	Auswertung	7
5.1	Bestimmung des Tast- und Ein-Aus-Verhältnisses	7
5.2	Ausmessung des Kurvenverlaufs	8
5.3	Messung der Halbwertszeiten	12
6	Zusammenfassung und Diskussion	15
6.1	Bestimmung des Tast- und Ein-Aus-Verhältnisses	15
6.2	Ausmessung des Kurvenverlaufs	15
6.3	Messung der Halbwertszeiten	15
7	Literatur	17
8	Anhang	18

1 Versuchsziel

In diesem Versuch soll der Auf- und Entladevorgang eines Kondensators untersucht werden. Dabei sind das Tastverhältnis sowie das Ein-Aus-Verhältnis zu bestimmen, sowie die Spannungsverläufe der Spannung am Kondensator und am Widerstand untersucht werden. Daraus wird grafisch die Zeitkonstante und somit die Halbwertszeit ermittelt sowie der Wert des verwendeten Widerstands berechnet. Zuletzt sollen über die Messung der Halbwertszeiten die Zeitkonstanten sowie die Widerstandswerte der verwendeten Widerstände bestimmt werden.

In diesem Versuch sollen mit Hilfe eines Oszilloskops und eines Rechteckspannungsgenerators auf zwei unterschiedliche Arten die Zeitkonstanten und ohmsche Widerstände durch Messungen am Auflade- und Entladevorgang eines Kondensators untersucht werden. Dafür wird zum einen der Kurvenverlauf des Kondensators bei der Entladung und der Kurvenverlauf eines ohmschen Widerstands bei der Aufladung des Kondensators ausgemessen und zum anderen die Halbwertszeit beim Auflade- und Entladevorgang für drei verschiedene ohmsche Widerstände bestimmt.

2 Grundlagen

Die Periodendauer bei einer Rechtecksspannung setzt sich aus der Pulszeit t_b , mit Spannung U_0 und aus der Zeit t_a mit Spannung 0 V zusammen. Demnach gilt

$$T = t_a + t_b \quad (2.1)$$

Des weiteren wird das Ein-Aus-Verhältnis dabei als

$$\text{Ein-Aus-Verhältnis} = \frac{t_b}{t_a} \quad (2.2)$$

und das Tastverhältnis als

$$\text{Tastverhältnis} = \frac{t_b}{T} \quad (2.3)$$

bezeichnet.

Bei der Aufladung eines Kondensators über einen ohmschen Widerstand ergibt sich bei einer Rechtecksspannung aus der Gleichung

$$U_0 = U_R(t) + U_C(t) \quad (2.4)$$

und für die Spannung am Widerstand

$$U_R(t) = U_0 e^{-\frac{t}{RC}} \quad (2.5)$$

Bei der Entladung gilt dagegen

$$0 = U_R(t) + U_C(t). \quad (2.6)$$

Daraus ergibt sich für den Kondensator

$$U_C(t) = U_0 e^{-\frac{t}{RC}} \quad (2.7)$$

Wie in den Formeln erkennbar ist, hängt die Geschwindigkeit des Auflade- bzw. Entladevorgangs von dem Produkt RC ist. Dies bezeichnet man deshalb als Zeitkonstante mit

$$\tau = RC. \quad (2.8)$$

Die Halbwertszeit $T_{1/2}$, nach der die Spannung auf die Hälfte des Anfangswerts abgefallen ist, berechnet sich über

$$T_{1/2} = RC \cdot \ln 2 = \tau \cdot \ln 2. \quad (2.9)$$

Wenn man Spannungen oder Spannungsverhältnisse dabei auf logarithmisches Papier mit einem Logarithmus der Basis e aufträgt, kann man die Zeitkonstante über die Steigung b

$$b = -\frac{1}{\tau} \quad (2.10)$$

berechnen.

3 Versuchsaufbau

3.1 Bestimmung des Tast- und Ein-Aus-Verhältnisses

Zunächst benötigt man in diesem Versuch einen Rechteckspannungsgenerator der zwischen 0 V und der Spannung U_0 hin- und herspringt. Der Verlauf der Spannung entspricht dann dem in Abbildung 1 dargestellten Verlauf. Für die Zeit t_b ist die Spannung genau U_0 und für die Zeit t_a ist sie genau 0 V.

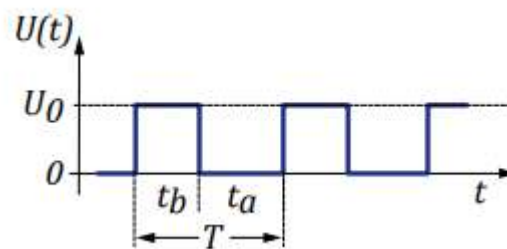


Abbildung 1: Spannungsverlauf der verwendeten Rechteckspannung [1]

Außerdem wird ein Oszilloskop benötigt, da an diesem die benötigten Größen t_a , t_b , T und U_0 per Längenmessung bestimmt werden.

3.2 Messung der Zeitkonstanten

Für die Messung der Zeitkonstanten wird ein anderer Aufbau benötigt. Dafür werden zusätzlich noch ein ohmscher Widerstand, ein Kondensator mit bekannter Kapazität und ein Tastkopf benötigt. Diese werden entsprechend Abbildung 2 angeschlossen.

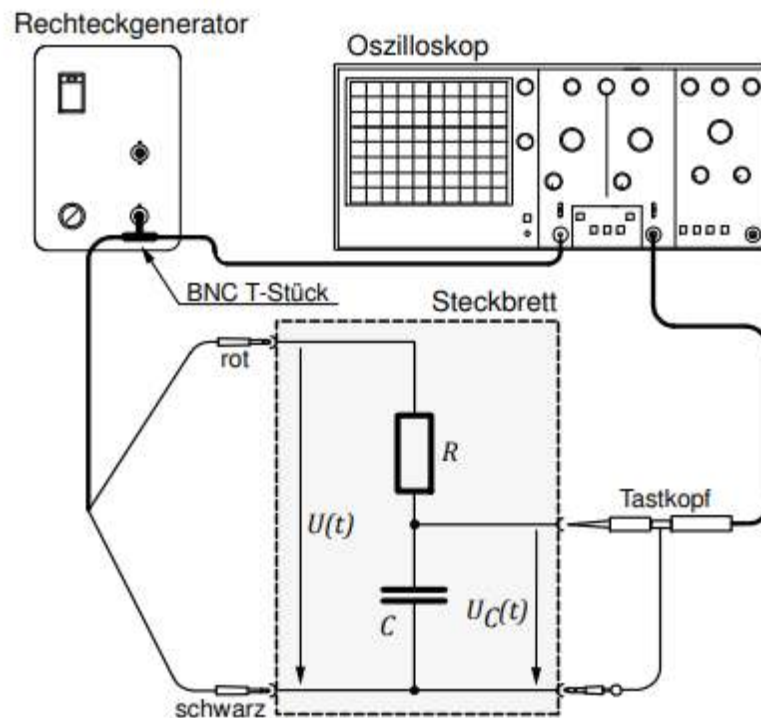


Abbildung 2: Schaltung zur Messung an der Entladekurve eines Kondensators mit Hilfe eines Oszilloskops und eines Rechteckgenerators [1]

Des weiteren werden für diesen Versuchsteil noch zwei weitere ohmsche Widerstände verwendet, da diese im weiteren Verlauf benötigt werden.

4 Versuchsdurchführung

Bestimmung der Tastverhältnisse

Zunächst wurde die Rechteckspannung an einen Eingang des Oszilloskops gelegt. Danach zeigte das Oszilloskop die Spannung an, sodass man durch horizontale Längenmessungen t_a , t_b und T und durch senkrechte Längenmessung U_0 ablesen konnte. Dabei war wichtig, dass die roten Knöpfe zur Verstärkung am Oszilloskop ganz nach rechts gedreht waren, damit dadurch die Messung nicht beeinflusst wurde. Zuletzt sollte bei dieser Messung und auch bei allen folgenden in diesem Versuch darauf geachtet werden, die eingestellte Empfindlichkeit (Divisions) zu notieren.

Messung der Zeitkonstanten

Ausmessung des Kurvenverlaufs

In diesem Teil sollte am Kurvenverlauf des Kondensators beim Entladevorgang und am Kurvenverlauf des Widerstands beim Aufladevorgang gemessen werden. Beide Kurven stellen dabei exponentielle Zerfälle dar. Dafür musste beim Entladevorgang der Kondensator mit dem Tastkopf und damit dem Oszilloskop verbunden sein und beim Aufladevorgang der Widerstand. Für den Aufladevorgang wurden deshalb die beiden Bauteile vertauscht. Um am Oszilloskop korrekt messen zu können, wurde darauf geachtet, dass der Nullpunkt auf den untersten Rasterstrich gestellt war. Die Funktion des Kondensators bzw. des Widerstands wurde so verschoben, dass die Funktion gegen den eingestellten Nullpunkt lief. Danach wurden mittels Trigger und Einstellung der Divisions ein Ausschnitt gewählt, auf dem der interessante Teil der Kurve gerade

noch so ins Bild passte. Danach wurden an allen Punkten, wo die Kurve einen Rasterstrich trifft Werte gemessen. Dies waren bei der Entladung 13 Messwerte und bei der Aufladung 15. Im Verlauf der Messung wurde mehrfach kontrolliert, ob die Nulllinie auch nach Änderung der Verstärkung noch auf der untersten Rasterlinie lag.

Direkte Messung der Halbwertszeiten

Zunächst wurde der Widerstand mit dem Tastkopf und damit mit dem Oszilloskop verbunden und der Kondensator davor in Reihe geschaltet. Danach konnte am Oszilloskop ein Ausschnitt des exponentiellen Zerfalls beim Aufladevorgang am Widerstand eingestellt werden. Dabei musste nicht der gesamte Verlauf abgebildet sein, es genügte ein kleinerer Ausschnitt, da der Startpunkt irrelevant war. Die Nulllinie wurde dabei auf die zweit unterste Rasterlinie gelegt. Danach konnte als Startpunkt ein Wert auf der zweit obersten Rasterlinie an einem Schnittpunkt zu einer vertikalen Linie gewählt werden. Dies konnte man durch Verschiebung des Ausschnitts in x-Richtung erreichen. Dadurch war es möglich, die Halbwertszeit genau auf der mittleren Linie, die über die genaueste Skala verfügte, abzulesen. Dafür wurden die Kästchen in horizontaler Richtung vom Startwert bis zum Schnittpunkt mit der mittleren Rasterlinie gezählt. Des Weiteren wurde mit dem selben Widerstand noch der Entladevorgang am Kondensator (dafür wurden die beiden Bauteile wieder umgesteckt) auf dieselbe Weise eingestellt und auch dort die Halbwertszeit abgelesen. Dieser Versuchsteil wurde noch mit zwei weiteren ohmschen Widerständen analog durchgeführt. Auch bei diesen beiden wurde sowohl am Auflade- als auch am Entladevorgang gemessen.

5 Auswertung

5.1 Bestimmung des Tast- und Ein-Aus-Verhältnisses

Zuerst ist aus den gemessenen Werten für t_b und t_a das Tastverhältnis und das Ein-Aus-Verhältnis zu bestimmen. Aus den abgelesenen Kästchenzahlen erhält man durch Multiplikation mit der zeitlichen Ablenkung die Zeiten. Das Tastverhältnis wird über

$$\frac{t_b}{T} = 0,543 \quad (5.1)$$

berechnet mit einem Fehler von

$$s_{t_b/T} = \frac{t_b}{T} \cdot \sqrt{\left(\frac{s_{t_b}}{t_b}\right)^2 + \left(\frac{s_T}{T}\right)^2}, \quad (5.2)$$

wobei hier lediglich der statistische Ablesefehler berücksichtigt werden muss, der als 0,1 digits abgeschätzt wurde, da hier das Verhältnis zweier Messgrößen betrachtet wurde, auf die sich der systematische Fehler des Oszilloskops gleichermaßen auswirkt. Die zeitliche Ablenkung war in diesem Versuchsteil auf $0,1 \frac{\text{ms}}{\text{div}}$ eingestellt.

Insgesamt kommt man auf einen Wert von

$$\frac{t_b}{T} = 0,543 \pm 0,014. \quad (5.3)$$

Der Fehler kann dabei wie oben durchgeführt über die relativen Fehler berechnet werden, da hier T gemessen und nicht aus t_b und t_a berechnet wurde.

Das Ein-Aus-Verhältnis kann über

$$\frac{t_b}{t_a} = 1,05 \quad (5.4)$$

ermittelt werden, wobei der Fehler über

$$s_{t_b/t_a} = \sqrt{\left(\frac{s_{t_b}}{t_b}\right)^2 + \left(\frac{s_{t_a}}{t_a}\right)^2} \cdot \frac{t_b}{t_a} \quad (5.5)$$

bestimmt wird.

Das führt zu einem Ergebnis von

$$\frac{t_b}{t_a} = 1,05 \pm 0,03 \quad (5.6)$$

für das Ein-Aus-Verhältnis.

Den Wert für die Maximalspannung erhält man nach Multiplikation der Messgröße mit der Empfindlichkeit, die hier $1 \frac{\text{V}}{\text{div}}$ betrug. Diese hat den Wert

$$U_0 = (3,70 \pm 0,12) \text{V}, \quad (5.7)$$

wobei sich der Fehler aus dem systematischen Fehler des Oszilloskops und den statistischen Ablesefehler zusammensetzt, da hier für die Angabe des absoluten Werts eine systematische Abweichung relevant ist und daher berücksichtigt werden muss. Der insgesamt Fehler kann mit

$$s_{U_0} = \sqrt{\left(\frac{3 \cdot U_0 / 100}{\sqrt{3}}\right)^2 + \left(\frac{1}{10} \text{div}\right)^2} \quad (5.8)$$

berechnet werden.

5.2 Ausmessung des Kurvenverlaufs

Für die abgelesenen Werte kann durch Multiplikation mit der Empfindlichkeit die Spannung und für Multiplikation mit der zeitlichen Ablenkung die Zeit ermittelt werden. Die berechneten Werte können Tabelle 1 entnommen werden, wobei die ersten beiden Spalten den Entladevorgang, gemessen an U_C , darstellen und die hinteren zwei Spalten den Aufladevorgang am Widerstand gemessen darstellen. Für das Einzeichnen ins Diagramm sind dabei lediglich die statistischen Ablesefehler, die $\frac{1}{10}\text{div}$ betragen, relevant. Diese betragen für die beiden Spannungen $U_{C(t)}$ und $U_{R(t)}$ mit einer Empfindlichkeit von $0,5 \frac{\text{V}}{\text{div}}$

$$s_{U_{C(t)}} = s_{U_{R(t)}} = 0,05\text{V}. \quad (5.9)$$

Auch der Fehler auf die Zeit t ist im Diagramm nur der Ablesefehler, der den Wert

$$s_t = 1\mu\text{s} \quad (5.10)$$

hat und mit einer Zeitablenkung von $10 \frac{\mu\text{s}}{\text{div}}$ berechnet wurde.

$t [\mu\text{s}]$	$U_C(t) [\text{V}]$	$t [\mu\text{s}]$	$U_R(t) [\text{V}]$
0	3,40	0,0	3,15
3	3,00	2,0	3,00
10	2,45	7,5	2,50
16	2,00	10,0	2,30
20	1,80	14,5	2,00
26	1,50	20,0	1,65
30	1,35	23,5	1,50
39	1,00	30,0	1,25
40	0,95	36,0	1,00
60	0,50	40,0	0,90
70	0,35	50,0	0,65
80	0,25	58,0	0,50
90	0,20	60,0	0,45

Tabelle 1: Aus den Messwerten berechnete Ergebnisse für die Zeit jeweils die Spannung U_R am Kondensator und am Widerstand U_R

Die in Tabelle ?? eingetragenen Werte werden jeweils für die gemessene Spannung $U_C(t)$ am Kondensator und für die Spannung $U_R(t)$ am Widerstand über die Zeit semilogarithmisch in ein Diagramm aufgetragen. Ersteres ist in Abbildung 3 zu sehen, der Verlauf der Spannung am Widerstand kann Abbildung 4 entnommen werden.

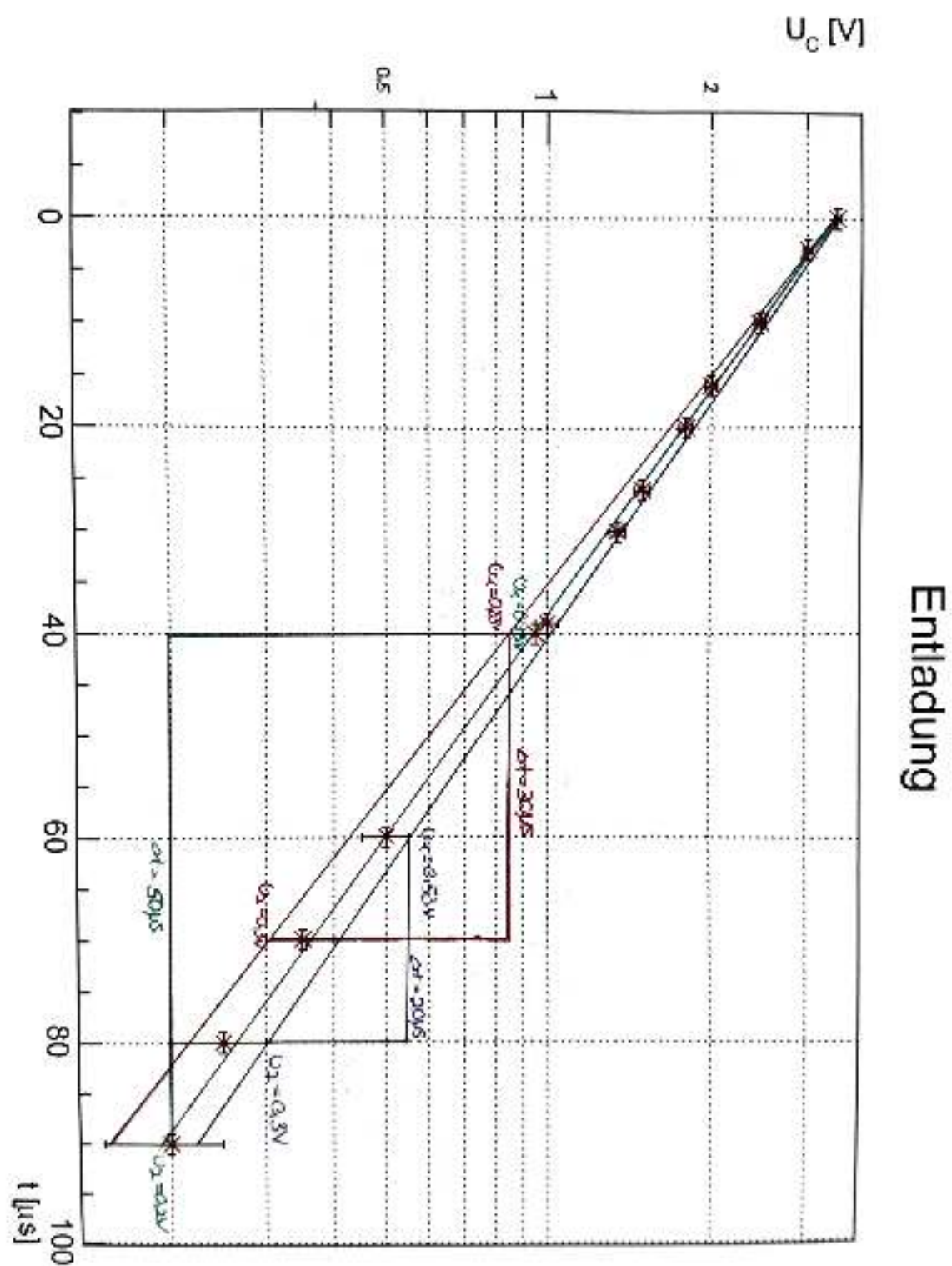


Abbildung 3: Semilogarithmisch aufgetragene Messwerte beim Entladungsvorgang am Kondensator

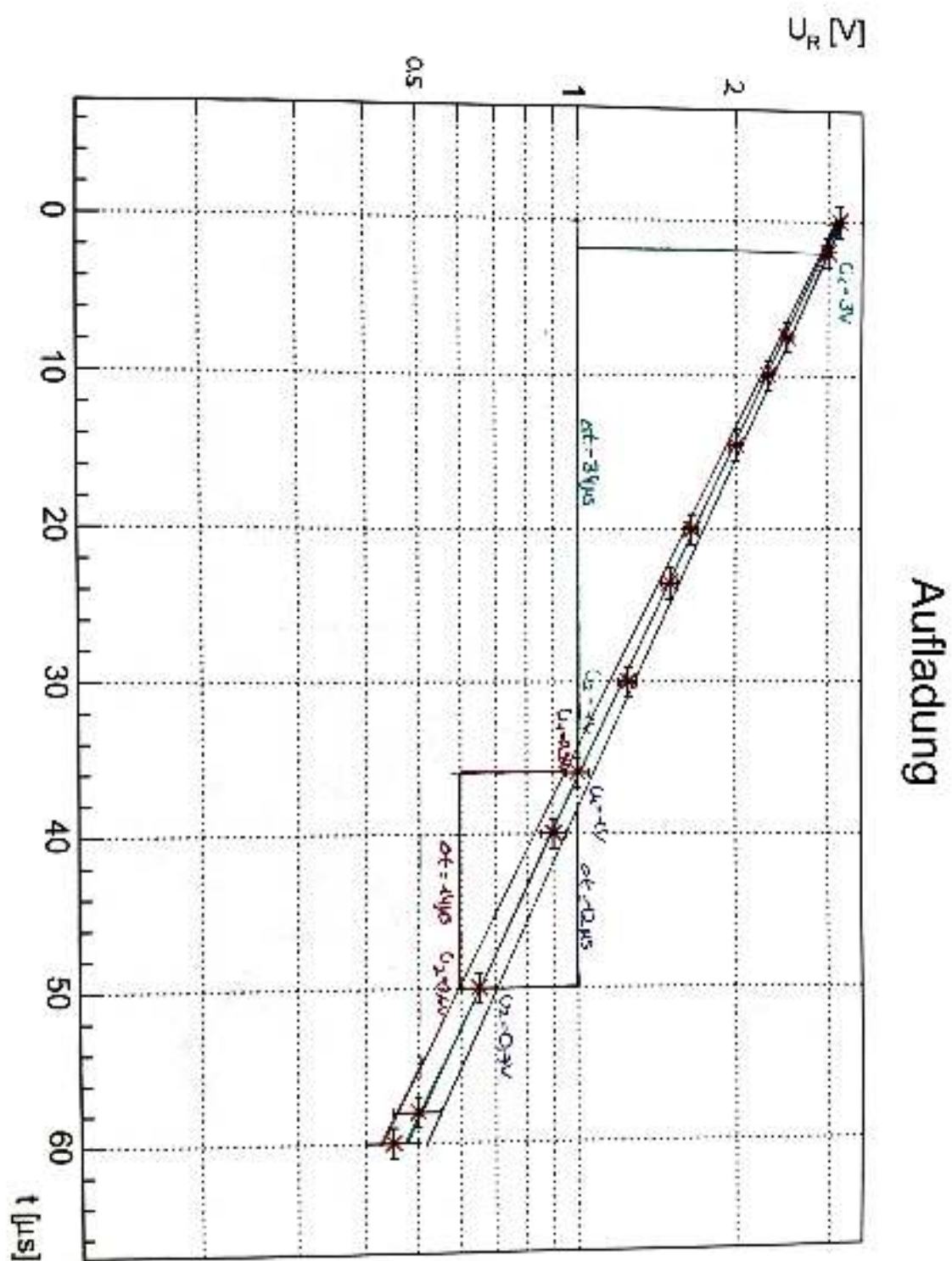


Abbildung 4: Semilogarithmisch aufgetragene Messwerte beim Aufladungsvorgang am ohmschen Widerstand

Von der eingezeichneten Geraden wird dann zur grafischen Auswertung die Steigung bestimmt. Um den Fehler zu erhalten, werden zwei Geraden mit etwas größerer und kleinerer Steigung daneben gezeichnet. Aus allen dreien wird die Steigung berechnet, wobei die der äußeren Geraden voneinander abgezogen werden, um den Fehlerbereich zu erhalten.

Für die Steigung b erhält man dadurch

$$b = \frac{\log(U_2) - \log(U_1)}{t_2 - t_1} = \frac{\log(\frac{U_2}{U_1})}{t_2 - t_1}. \quad (5.11)$$

Da die Werte hier über einen Logarithmus der Basis 10 aufgetragen wurden, muss der die Steigung zusätzlich mit einem Faktor von $\log(e)$ umgerechnet werden, um auf den hier benötigten Wert für einen Logarithmus mit der Basis e zu kommen.

Über

$$\tau = \frac{-\log(e)}{b} \quad (5.12)$$

erhält man dadurch die Zeitkonstante mit einem Fehler von

$$s_\tau = \tau \frac{s_{1/b}}{b} = -\log(e) \cdot \frac{s_b}{b^2}. \quad (5.13)$$

Hierbei werden lediglich die statistischen Ablesefehler berücksichtigt, da hier zur Berechnung der Steigung in Gleichung 5.11 das Verhältnis der beiden Spannungswerte betrachtet wird. Ein systematischer Fehler hat dabei auf das Verhältnis keine Auswirkungen, sodass er nicht relevant ist. Über

$$T_{1/2} = \tau \cdot \ln(2) \quad (5.14)$$

kann danach die Halbwertszeit berechnet werden.

Der Fehler wird dabei über

$$s_{T_{1/2}} = s_\tau \cdot \ln(2) \quad (5.15)$$

bestimmt.

Der verwendete Widerstand lässt sich anschließend durch Umstellen von Gleichung 2.8 ermitteln, indem man

$$R = \frac{\tau}{C} \quad (5.16)$$

berechnet, wobei sich der Fehler über

$$s_R = R \cdot \sqrt{\left(\frac{s_\tau}{\tau}\right)^2 + \left(\frac{s_C}{C}\right)^2} \quad (5.17)$$

ergibt.

Die berechneten Werte können Tabelle 2 entnommen werden.

Spannung	$b [\frac{1}{\mu s}]$	$s_b [\frac{1}{\mu s}]$	$\tau [\mu s]$	$s_\tau [\mu s]$	$T_{1/2} [\mu s]$	$s_{T_{1/2}} [\mu s]$	$R [\Omega]$	$s_R [\Omega]$
U_C	-0,0134	-0,0013	33	3	23	2	3293	308
U_R	-0,0140	-0,0003	31	1	21	1	3132	119

Tabelle 2: Aus der Steigung berechnete Ergebnisse für die Spannung am Kondensator beim Aufladen und die Spannung am Widerstand beim Entladen

Aus den beiden Werten für den Widerstand R_1 , die man durch die Steigung der beiden semi-logarithmisch aufgetragenen Spannungsverläufe erhält, wird über

$$\bar{R} = \frac{\sum_{i=1}^n (R_i/s_i^2)}{\sum_{i=1}^n (1/s_i^2)} \quad (5.18)$$

das gewichtete Mittel berechnet. Dessen Fehler lässt sich über

$$s_{\bar{R}} = \frac{1}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (1/s_i^2)}} \quad (5.19)$$

ermitteln, was zu einem Widerstandswert von

$$R = (3153 \pm 111)\Omega \quad (5.20)$$

führt.

5.3 Messung der Halbwertszeiten

Zuerst werden aus den notierten Farbcodes der Widerstände deren Widerstandswerte bestimmt. Diese können Tabelle 3 entnommen werden, wobei auch hier für die Angabe der Fehler die Toleranzangabe durch $\sqrt{3}$ geteilt werden muss.

Widerstand	R [Ω]	Toleranz [%]	s_R [Ω]
R1	3300	1	19
R2	5600	1	32
R3	10000	1	58

Tabelle 3: Werte der verschiedenen Widerstände

Die Kapazität des Kondensators wurde von diesem abgelesen und hat den Wert

$$C = (9,9 \pm 0,3)\text{nF}, \quad (5.21)$$

wobei dieser eine Toleranz von 5% hat, aus der über

$$s_C = \frac{5 \cdot C/100}{\sqrt{3}} = 0,3\text{nF} \quad (5.22)$$

der Fehler bestimmt wird.

Durch Multiplikation mit der zeitlichen Ablenkung wird aus den abgelesenen Angaben in Kästchen die Halbwertszeit.

Der Fehler darauf setzt sich aus dem systematischen Fehler des Oszilloskops und dem Ablesefehler von 0,1 divisions zusammen, sodass dieser lautet:

$$s_{T_{1/2}} = \sqrt{\left(\frac{3 \cdot T_{1/2}/100}{\sqrt{3}}\right)^2 + \left(\frac{1}{10} \cdot \text{div}\right)^2}. \quad (5.23)$$

Der systematische Fehler ist dabei in diesem Versuchsteil relevant, da alle Größen aus einer absoluten Zeitangabe berechnet werden, anstatt dass ein Verhältnis betrachtet wird. Ein systematischer Fehler beeinflusst diese Werte, sodass er in der Fehlerrechnung berücksichtigt werden

muss.

Über die Halbwertszeit kann die Zeitkonstante durch

$$\tau = \frac{T_{1/2}}{\ln(2)} \quad (5.24)$$

bestimmt werden mit einem Fehler von

$$s_\tau = \frac{s_{T_{1/2}}}{\ln(2)}. \quad (5.25)$$

Zusätzlich wird noch der Widerstand wie im Versuchsteil zuvor über

$$R = \frac{\tau}{C} \quad (5.26)$$

berechnet, wobei sich der Fehler hier analog ergibt.

Die berechneten Werte für den Entladevorgang des Kondensators, die über die am Kondensator abfallende Spannung berechnet wurden, können Tabelle 4 entnommen werden.

Widerstand	Zeitabl. $[\frac{\mu s}{\text{div}}]$	$T_{1/2} [\mu s]$	$s_{T_{1/2}} [\mu s]$	$\tau [\mu s]$	$s_\tau [\mu s]$	$R [\Omega]$	$s_R [\Omega]$
R1	5	21,5	0,6	31,02	0,90	3140	129
R2	5	35,5	0,8	51,22	1,14	5184	189
R3	10	67,5	1,5	97,38	2,22	9857	363

Tabelle 4: Berechnete Werte für den Entladevorgang des Kondensators gemessen mit U_C

Die für den Aufladevorgang über die am Widerstand abfallende Spannung ermittelten Werte sind in Tabelle 5 zu sehen.

Widerstand	Zeitabl. $[\frac{\mu s}{\text{div}}]$	$T_{1/2} [\mu s]$	$s_{T_{1/2}} [\mu s]$	$\tau [\mu s]$	$s_\tau [\mu s]$	$R [\Omega]$	$s_R [\Omega]$
R1	10	22,0	1,1	31,7	1,5	3212	182
R2	10	37,0	1,2	53,4	1,7	5403	233
R3	10	64,0	1,5	92,3	2,2	9345	347

Tabelle 5: Berechnete Werte für den Aufladevorgang des Kondensators gemessen mit U_R

Die Zeitkonstanten werden wie die Widerstände über ein gewichtetes Mittel berechnet, analog zum vorherigen Versuchsteil.

Widerstand	Zeitkonstante $\tau [\mu s]$	$s_\tau [\mu s]$
R_1	31,2	0,8
R_2	51,9	1,0
R_3	94,8	1,5

Tabelle 6: Werte der verschiedenen Zeitkonstanten

Zusätzlich wird auch hier aus den zwei berechneten Werten für den jeweiligen Widerstand das gewichtete Mittel zusammen mit dem zugehörigen Fehler analog zum Versuchsteil zuvor ermittelt.

Die Mittelwerte mit Fehler können Tabelle 7 entnommen werden.

Widerstand	R [Ω]	s_R [Ω]
R1	3134	105
R2	5271	147
R3	9590	251

Tabelle 7: Berechnete Werte für die verwendeten Widerstände

6 Zusammenfassung und Diskussion

6.1 Bestimmung des Tast- und Ein-Aus-Verhältnisses

Das in diesem Versuchsteil zu bestimmende Tastverhältnis hat den Wert

$$\boxed{\frac{t_b}{T} = 0,543 \pm 0,014} . \quad (6.1)$$

Das Ein-Aus-Verhältnis beträgt

$$\boxed{\frac{t_b}{t_a} = 1,05 \pm 0,03} . \quad (6.2)$$

Die Spannung U_0 , die beim Schalter in Stellung b gemessen wird, beträgt

$$\boxed{U_0 = (3,70 \pm 0,12)\text{V}} . \quad (6.3)$$

6.2 Ausmessung des Kurvenverlaufs

Die aus der Steigung berechnete Zeitkonstante hat für die Entladung des Kondensators den Wert

$$\boxed{\tau = (33 \pm 3)\mu\text{s}} \quad (6.4)$$

und für die Aufladung beträgt sie

$$\boxed{\tau = (31 \pm 1)\mu\text{s}} . \quad (6.5)$$

Die beiden Werte entsprechen einander innerhalb eines einfachen Fehlerintervalls.

Die daraus ermittelte Halbwertszeit ist für den Entladungsvorgang

$$\boxed{T_{1/2} = (23 \pm 2)\mu\text{s}} \quad (6.6)$$

sowie für den Aufladevorgang

$$\boxed{T_{1/2} = (21 \pm 1)\mu\text{s}} \quad (6.7)$$

und entsprechen dabei einander ebenfalls innerhalb einer 1σ -Umgebung.

Der anschließend berechnete Widerstand von R_1 hat den Wert

$$\boxed{R_1 = (3153 \pm 111)\Omega} . \quad (6.8)$$

Vergleicht man dies mit dem über die Farbcodes angegebenen Wert von $R_1 = (3300 \pm 19)\Omega$, sieht man, dass diese innerhalb einer 2σ -Umgebung miteinander übereinstimmen.

6.3 Messung der Halbwertszeiten

Aus den Halbwertszeiten und der bekannten Kapazität des Kondensators wurden die Zeitkonstanten und die drei Widerstände von R_1 , R_2 und R_3 bestimmt.

Die aus der Halbwertszeit bestimmten Zeitkonstanten für die verschiedenen Widerstände können Tabelle 8 entnommen werden.

Widerstand	Zeitkonstante τ [μs]	s_τ [μs]
R_1	31,2	0,8
R_2	51,9	1,0
R_3	94,8	1,5

Tabelle 8: Werte der verschiedenen Zeitkonstanten

Der für R_1 berechnete Widerstand ist

$$\boxed{R_1 = (3134 \pm 105)\Omega} . \quad (6.9)$$

Dieser entspricht dem in Teil 2 berechneten Wert innerhalb eines einfachen Fehlerintervalls. Verglichen mit dem gegebenen Wert von $R_1 = (3300 \pm 19)\Omega$ entspricht der hier berechnete Wert dem vorgegebenen innerhalb eines 2σ -Intervalls.

Das Ergebnis des zweiten Widerstands ist

$$\boxed{R_2 = (5271 \pm 105)\Omega} \quad (6.10)$$

und entspricht dem abgelesenen Widerstandswert von $R_2 = (5600 \pm 32)\Omega$ innerhalb einer 3σ -Umgebung.

Der dritte berechnete Widerstandswert beträgt

$$\boxed{R_3 = (9590 \pm 251)\Omega} . \quad (6.11)$$

Dieser stimmt innerhalb des einfachen Fehlerintervalls mit dem vorgegebenen Wert von $R_3 = (10000 \pm 58)\Omega$ überein.

7 Literatur

- [1] *Physiklabor für Anfänger*innen Teil 2, Teil A, Versuchs 56, S.105-110.*

8 Anhang

Versuch 56

07.03.18

A. Bestimmung des Zeitverhältnisses

t_a / μ	t_b / μ	$T / \mu s$	Zeitabl. $\frac{ms}{div}$	Empf. $\frac{V}{div}$	U_c / V
4,2	4,4	8,1	0,1	1	2,2 3,7

B.1. Aufmessung des Kennenverlaufs (entladen) (U_c)

t / μ	$U_c(t) / V$	Zeitabl. $\frac{ms}{div}$	Empf. $\frac{V}{div}$	Empf. $\frac{V}{div}$
0	6,8	10	1	0,5

Aufgaben (U_c messen)

t / μ	$U_c(t) / V$	Zeitabl. $\frac{ms}{div}$	Empf. $\frac{V}{div}$	Empf. $\frac{V}{div}$
0	6,3	10	1	0,5
0,2	6			
0,75	5			
1	4,6			
1,45	4			
2	3,3			
2,35	3			
3	2,5			
3,6	2			
4	1,8			
5	1,3			
5,8	1			
6	0,9			
7	0,7			
8	0,45			

B2. Direkte Messung der Halbwertszeitenenthalten (V₀)

Widerstand	Halbwertszeit/k	Zeitabl. $\frac{10}{div}$
R1	4,3	5
R2	7,1	5
R3	6,75	10

Aufgaben (V₀)

Widerstand	Halbwertszeit/k	Zeitabl. $\frac{10}{div}$
R1	2,2	10
R2	3,7	10
R3	6,4	10

FehlerFehler Oszilloskop: 3% vom MesswertAblesefehler: $\frac{1}{20} div$ Farbcode Widerstände

R1: braun braun ~~blau~~ ^{schwarz} orange orange } falsch um
 R2: braun braun schwarz blau grün }
 R3: braun schwarz schwarz rot braun

VT M. ⁴ 