

universität
ulm

Praktikum Physik für Naturwissenschaftler

Bericht zum Versuch

Elektrische Eigenschaften

Durchgeführt am **7. Dezember 2023**

Gruppe 6

Moritz Wieland und **Dominik Beck**
(moritz.wieland@uni-ulm.de) (dominik.beck@uni-ulm.de)

Betreuer: **Martin Nass**

Wir bestätigen hiermit, dass wir die Ausarbeitung selbstständig erarbeitet haben und detaillierte Kenntnis vom gesamten Inhalt besitzen.

Moritz Wieland und Dominik Beck

Inhaltsverzeichnis

Kapitel	1 Einleitung	Seite 2
Kapitel	2 Versuchsdurchführung und Auswertung	Seite 3
2.1	Versuch 1: Strom-Spannung Kennlinien Versuchsaufbau und -durchführung — 3 • Ergebnisse — 4	3
2.2	Versuch 2: Schaltkreise mit Widerständen Versuchsaufbau und -durchführung — 5 • Ergebnisse — 6	5
2.3	Versuch 3: Wechselspannung und Oszilloskop Versuchsaufbau und -durchführung — 7 • Ergebnisse — 7	7
2.4	Versuch 4: Ladeverhalten eines Kondensators Versuchsaufbau und -durchführung — 8 • Ergebnisse — 8	8

1 Einleitung

In diesem Versuchsprotokoll steht die vertiefte Analyse elektrischer Eigenschaften im Fokus, welche als fundamentale Grundlage für eine Vielzahl moderner Technologien und Anwendungen dienen. Die eingehende Untersuchung gliedert sich in vier wesentliche Versuche, die sich den Themengebieten der Strom-Spannung Kennlinien, Schaltkreise mit Widerständen, Wechselspannung und Oszilloskop sowie dem Ladeverhalten eines Kondensators widmen. Jeder dieser Versuche eröffnet ein Fenster in die komplexe Welt elektrischer Phänomene, ermöglicht eine präzise Analyse der Wechselwirkungen zwischen Strom und Spannung und gewährt vertiefte Einblicke in die Charakteristiken elektrischer Bauelemente.

Die praxisnahe Erkundung dieser Themen nicht nur vertieft theoretisches Wissen, sondern ermöglicht auch das Verständnis der fundamentalen Prinzipien, welche die Grundlage elektrischer Systeme bilden. Durch die systematische Annäherung an die untersuchten Aspekte streben wir an, nicht nur die theoretischen Konzepte zu internalisieren, sondern auch deren praktische Anwendungen in unserem täglichen Leben zu begreifen. Dieses Protokoll bietet somit eine eingehende Analyse der elektrischen Eigenschaften, welche weitreichende Erkenntnisse und eine erweiterte Perspektive auf die Bedeutung dieser Phänomene in unserer technologisch geprägten Umgebung ermöglichen wird.

2 Versuchsdurchführung und Auswertung

2.1 Versuch 1: Strom-Spannung Kennlinien

2.1.1 Versuchsaufbau und -durchführung

Versuch 1 behandelt die Strom-Spannungs Kennlinien von Widerständen und Glühbirnen. Dazu wird der Versuchsaufbau aus Abbildung 2.1 verwendet. Im ersten Teil des Versuches wird die Spannung und die Stromstärke an den markierten Stellen gemessen und festgehalten. Im zweiten Teil des Versuchs wird die Glühbirne durch einen Ohmschen Widerstand ersetzt und die Messung wiederholt. Der Widerstand beträgt $R = 1 \text{ k}\Omega$. Diese Messwerte werden ebenfalls festgehalten. In einem U über I Diagramm werden die Messwerte analysiert und die Steigung um den Spannungswert $U = 0 \text{ V}$ bestimmt. Im letzten Teil wird für jedes Wertepaar die elektrische Leistung P berechnet und in einem R über P Diagramm aufgetragen.

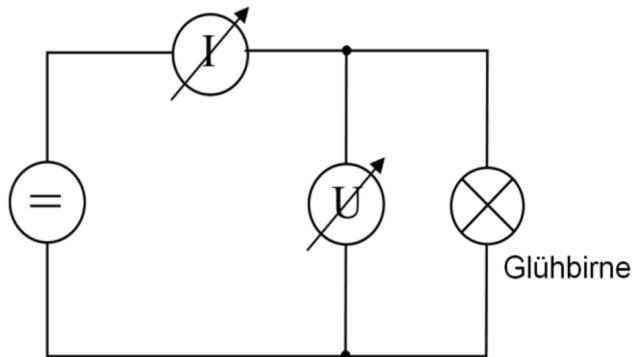


Abbildung 2.1: Versuchsaufbau für Versuch 1

2.1.2 Ergebnisse

Tabelle 2.1: Messwerte für die Glühbirne

U in V	I in mA	R in Ω	P in mW
0,00	0,00	k.A.	0,0
0,50	1,40	357,14	0,7
1,00	2,60	184,62	2,6
1,50	3,40	441,18	5,1
2,00	3,90	512,82	7,8
4,00	5,70	701,75	22,8
6,00	7,30	821,92	43,8
8,00	8,70	919,54	69,6
10,00	10,00	1000,00	100
12,00	11,30	1061,95	135,6
14,00	12,40	1129,03	173,6
16,00	13,50	1185,19	216
18,00	14,50	1241,38	261
20,00	15,50	1290,32	310

Tabelle 2.2: Messwerte für den Widerstand

U in V	I in mA	R in Ω	P in mW
0,00	0,00	k.A.	0,0
0,50	0,50	1000,00	0,3
1,00	1,00	1000,00	1,0
1,50	1,50	1000,00	2,3
2,00	2,00	1000,00	4,0
4,00	4,00	1000,00	16,0
6,00	5,90	1016,95	35,4
8,00	7,80	1025,64	62,4
10,00	9,80	1020,41	98,0
12,00	11,80	1016,95	141,6
14,00	13,70	1021,90	191,8
16,00	15,70	1019,11	251,2
18,00	17,70	1016,95	318,6
20,00	19,70	1015,23	394,0

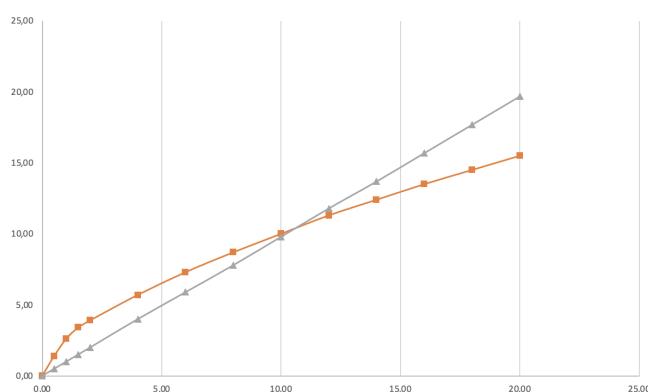


Abbildung 2.2: U über I Diagramm für Glühbirne (orange) und Widerstand (grau)
Die X-Achse $\hat{=}$ Spannung in V und die Y-Achse $\hat{=}$ Stromstärke in A

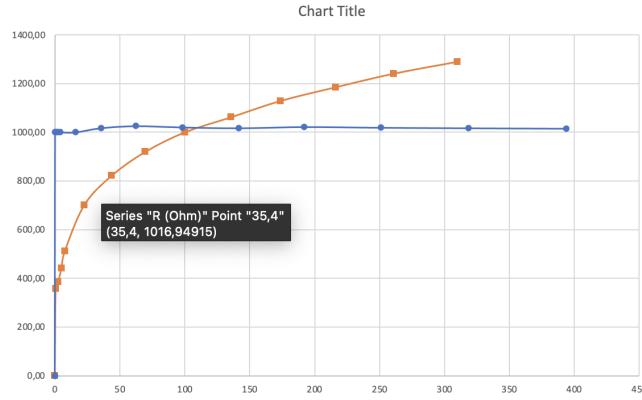


Abbildung 2.3: R über P Diagramm für Glühbirne (orange) und Widerstand (blau)
Die X-Achse $\hat{=}$ Leistung in mW und die Y-Achse $\hat{=}$ Widerstand in Ω

Die Steigung einer Gerade, hier von der Grauen aus dem Schaubild 2.2, lässt sich mithilfe der Formel 2.1 berechnen. Dabei entspricht die Steigung R dem Widerstand. Δx entspricht der Spannung in Volt und Δy der Stromstärke in Ampere.

$$R = \frac{\Delta y}{\Delta x} \quad (2.1)$$

Wählt man nun geschickt $\Delta x = 5V$ $\Delta y = 5A$ so erhält man den Widerstand $R = 1\Omega$

Man kann aus den Diagrammen so wie den berechneten und gemessenen Werten noch weitere Erkenntnisse ziehen. Zum einen sieht man das im Diagramm 2.2 die steigende Spannung keinen Einfluss auf den Widerstand hat, während der Widerstand bei der Glühbirne steigt. Dies liegt daran, dass die Glühbirne sich stark erwärmt (Glühdraht) und wenn sich Metalle erwärmen die Atome in Schwingungen geraten was wiederum zu mehr Kollisionen der Elektronen zur Folge hat. Und da mehr Kollision = höhere Widerstand steigt der Widerstand der Glühbirne (Ohmsches Gesetz).

Beim Widerstand sollten sich die Werte nicht verändern. In Tabelle 2.2 tut er es aber trotzdem. Dies kommt durch die Messfehler beim abnehmen der Werte zustande.

Im Diagramm 2.3 sieht man ganz gut das mit steigendem Widerstand die Glühbirne weniger Leistung verheizt wie der Widerstand mit konstantem Widerstand. Dies liegt daran, dass die Glühbirne mit steigender Spannung weniger Gesamtstrom fließen hat.

2.2 Versuch 2: Schaltkreise mit Widerständen

2.2.1 Versuchsaufbau und -durchführung

In Versuch 2 wird folgender Schaltkreis verwendet:

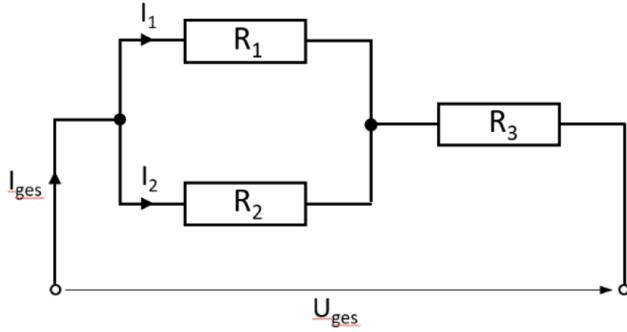


Abbildung 2.4: Aufbau Versuch 2

Zunächst wird eine Spannung $U_{\text{ges}} = 5 \text{ V}$ an die Schaltung angelegt. Nun werden die Teilspannung U_3 und der Teilstrom I_2 gemessen und anhand dieser Messungen die restlichen Werte berechnet. Die Messwerte werden in Tabelle 2.3 festgehalten. Danach wird der Versuch wiederholt, jedoch wird die Spannung so gewählt, dass eine Stromstärke von $I_{\text{ges}} = 10 \text{ mA}$ fließt. Die Messwerte werden ebenfalls in Tabelle 2.3 festgehalten.

2.2.2 Ergebnisse

Tabelle 2.3: Messwerte für Versuch 2

I_{ges} in mA	I_1 in mA	I_2 in mA	I_3 in mA	U_{ges} in V	U_1 in V	U_2 in V	U_3 in V	R_1 in Ω	R_2 in Ω	R_3 in Ω
3,81	2,41	1,40	3,81	5,00	0,60	0,60	3,80	248,96	428,57	997,38
10,00	6,10	3,90	10,00	13,40	1,63	1,63	10,14	267,21	417,95	1014,00

Die Berechnung der Werte erfolgt bei beiden Messungen nach folgendem Schema. Zunächst lässt sich I_3 berechnen, da die Stromstärke in einer Reihenschaltung überall gleich ist und I_1 , da sich die Stromstärke in Parallelschaltungen aufteilt und I_{ges} und I_2 gegeben sind. Danach lassen sich die Spannung U_1 und U_2 berechnen, da sich die beiden Widerstände als ganzes betrachtet in Reihe geschaltet sind und sich die Spannung auf jedes Element in einer Reihenschaltung aufteilt. Und in Parallelschaltungen ist die Spannung überall gleich. Zuletzt lassen sich die jeweiligen Widerstände mit der Formel berechnen:

$$R = \frac{U}{I} \quad (2.2)$$

Wir nehmen an, dass die Temperatur der Leiter konstant bleibt und so das Ohmsche Gesetz angewendet werden kann. Nun können wir den zweiten Versuchsteil erklären. Die Stromstärke wird auf 10mA festgesetzt. Mit dem Ohmschen Gesetz folgt das die Stromstärke konstant bleibt, unabhängig vom Messpunkt im Stromkreis. Wir wissen auch das sich die Stromstärke in einer Parallelschaltung abhängig vom Widerstand aufteilt. Da wir I_2 gemessen haben können wir I_3 einfach mit der Formel $I_3 = I_{\text{ges}} - I_2$ bestimmen. Da wir U_3 messen können wir mit der Formel 2.2 nun auch R_3 bestimmen. Aus der Gesamtspannung U_{ges} die uns das Netzteil anzeigt wissen wir das sich eine Teilspannung von 3,62 V auf der Parallelschaltung befindet. Da sich Spannung darin gleichmäßig aufteilt (Kirchoffsches Gesetz) können wir U_1 und U_2 leicht berechnen. Nun können wir jeweils wieder 2.2 anwenden und die anderen 2 Widerstände berechnen.

Für den ersten Versuchsteil nehmen wir ebenfalls an das die Temperatur der Leiter konstant bleiben um das Ohmsche Gesetz anzuwenden. Auch hier wissen wir das I_{ges} konstant bleibt. Daraus können wir mit U_3 und der Formel 2.2 R_3 berechnen. Da sich Spannung in einer Parallelschaltung gleichmäßig aufteilt können wir wieder leicht U_1 und U_2 bestimmen. Und mit I_2 dann auch leicht I_1 .

Diese Messungen sind natürlich auch fehlerbehaftet da unsere Geräte Temperaturschwankungen unterlegen sind. Allerdings sind die Meßfehler hier zu vernachlässigen.

2.3 Versuch 3: Wechselspannung und Oszilloskop

2.3.1 Versuchsaufbau und -durchführung

In Versuch 3 wird mit einem Signalgenerator eine sinusförmige Wechselspannung mit $f = 40 \text{ kHz}$ erzeugt. Diese soll mit dem Oszilloskop beobachtet werden. Anschließend soll eine Schirmskizze angefertigt werden und ausgewertet werden. Die Auswertung ist in Tabelle 2.4 festgehalten. Als zweite Spannung wird eine rechteckförmige Wechselspannung mit $f = 2,5 \text{ kHz}$ erzeugt. Die Auswertung ist ebenfalls in Tabelle 2.4 festgehalten. Abbildungen 2.5 und 2.6 zeigen die Schirmskizzen.

2.3.2 Ergebnisse

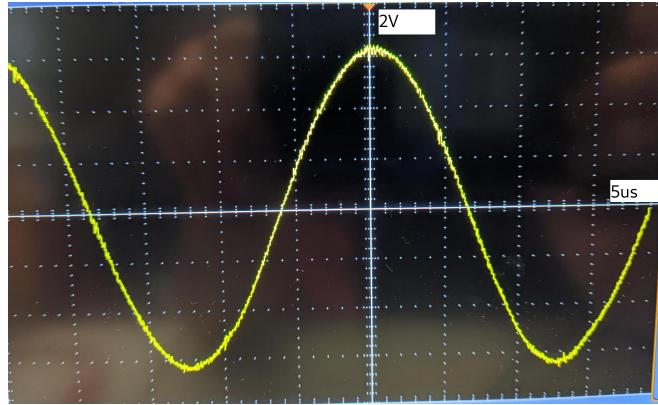


Abbildung 2.5: Schirmskizze 1

Die Amplitude lässt sich leicht ablesen, da jedes Kästchen 2 Volt in Y-Richtung und $5 \mu\text{s}$ in X -Richtung entspricht. Daraus folgt eine Amplitude von 6.2V und eine Periode von $25.0 \mu\text{s}$

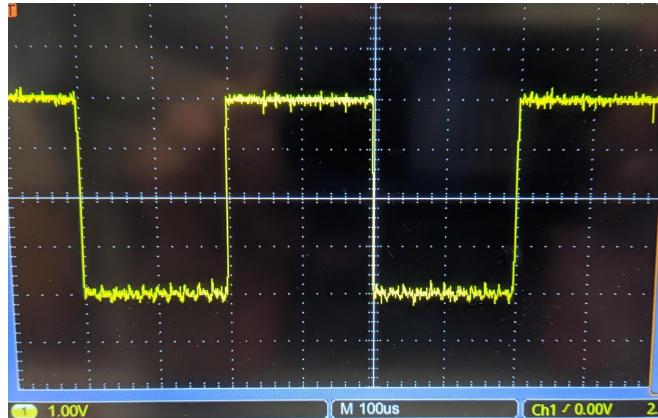


Abbildung 2.6: Schirmskizze 2

Die Amplitude lässt sich leicht ablesen, da jedes Kästchen 1 Volt in Y-Richtung und $100 \mu\text{s}$ in X -Richtung entspricht und. Daraus folgt eine Amplitude von 2.0V und eine Periode von $400.0 \mu\text{s}$

Tabelle 2.4: Auswertung für Versuch 3

f_{geg} in kHz	Amplitude in V	Periode T in μs	Frequenz f in kHz
40,0	$6,2 \pm 0,4$	$25,0 \pm 1,0$	$40,0 \pm 1,6$
2,5	$2,0 \pm 0,2$	$400,0 \pm 20,0$	$2,5 \pm 0,125$

Die Fehlerberechnung ergibt sich aus dem Größtfehler:

$$\Delta f = \frac{1}{T^2} \cdot \Delta T \quad (2.3)$$

mit $\Delta T = 1 \mu s$, bzw. $\Delta T = 20 \mu s$. Die Amplitude besitzt einen Fehler von 0,4 V, bzw. 0,2 V. Der Fehler der Amplitude ist allerdings nicht für die Berechnung der Frequenz relevant.

Dies sind offensichtlich Fehlerbehaftete Größen. Für einen Fehler in X-Richtung von 0.4 V bei 2.5 und 0.2 V bei 2.6 haben wir uns entschieden dies die kleinste Ablesbare Einheit ist. Den Fehler für die Zeit haben wir analog dazu festgelegt. Der Fehler für die Frequenz wurde durch die Genauigkeit des Oszilloskops festgelegt.

2.4 Versuch 4: Ladeverhalten eines Kondensators

2.4.1 Versuchsaufbau und -durchführung

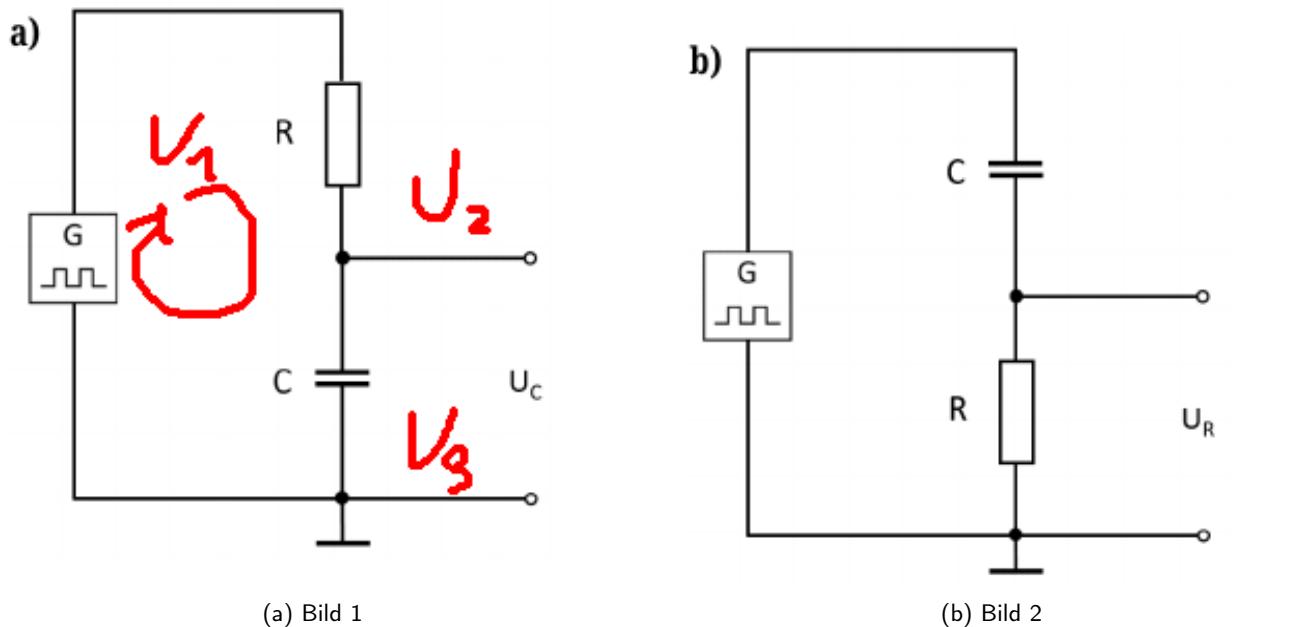
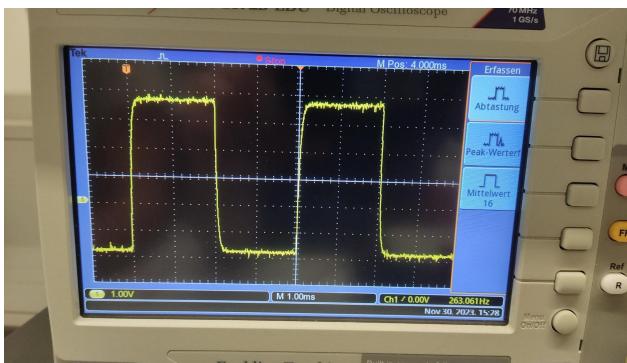


Abbildung 2.7: Versuchsaufbau Versuch 4

Ohmscher Widerstand $R = 100 \Omega$ für sowohl den Aufbau 2.7a als auch 2.7b. Die Frequenz wird auf $f \approx 250Hz$ festgelegt

2.4.2 Ergebnisse

Die entstehenden Schirmbilder sehen wie folgt aus:



(a) Schirmbild von Aufbau a)



(b) Schirmbild von Aufbau b)

Abbildung 2.8: Schirmbilder vom jeweiligen Aufbau

Tabelle 2.5: Messwerte für Versuch 4

n	Zeit t in ms	Amplitude in V	I in A
1	0,000	6,48	0,0648
2	0,023	4,08	0,0408
3	0,048	2,56	0,0256
4	0,073	1,36	0,0136
5	0,098	0,96	0,0096
6	0,123	0,64	0,0064
7	0,148	0,40	0,0040
8	0,173	0,32	0,0032

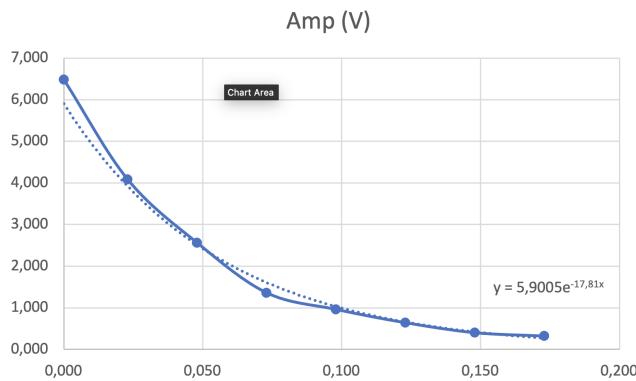


Abbildung 2.9: Ladekurve für Versuch 4
In Y-Richtung Spannung in Volt und in X-Richtung Zeit in ms

Was bei den Schirmbildern in Figur 2.8 gleich auffällt ist, dass wenn man genau hinschaut Bild b) das Komplement von Bild a) ist. Warum das so ist erklären wir gleich.

Wir möchten nun die Kapazität C vom Kondensator berechnen. Dazu müssen wir folgende Annahmen treffen. Der Stromkreis ist verlustfrei, das heißt es geht nichts durch Wärme verloren. Dann gilt das Ohmsche Gesetz. Weiter können wir mit der Maschenregel U_1, U_2, U_3 berechnen. Denn entlang einer Masche ist die Summe der Spannungen Null. Das heißt $-U_1 + U_2 + U_3 = 0V \Rightarrow U_2 + U_3 = U_1$. Anhand von der Maschenregel erklärt sich auch warum das Schirmbild 2.8a das Komplement zu Schirmbild 2.8b ist.

Die Kapazität des Kondensators lässt sich nun wie folgt mit den beiden Gleichungen

$$I(t) = I_0 e^{\frac{-t}{\tau}} \quad (2.4)$$

und

$$\tau = R \cdot C \quad (2.5)$$

berechnen.

Aus Abbildung 2.9 und Gleichung 2.4 lässt sich die Zeitkonstante τ ablesen. Diese beträgt $\tau = \frac{1}{17,81} = 0,000561$. Stellt man nun die Gleichung 2.5 nach C um und setzt für τ und R die Werte ein, so erhalten wir die Kapazität des Kondensators:

$$C = \frac{\tau}{R} = \frac{0,000561}{100} = 0,0000561 \text{ F} = 561 \mu\text{F} \quad (2.6)$$

Da kein Richtwert, bzw. kein Wert für die tatsächliche Kapazität des Kondensators gegeben ist, können wir keine Aussage über die Genauigkeit der Messung treffen. Allerdings befinden sich bei jeder Messung leichte Fehler, da die Messgeräte nicht perfekt sind und die meisten Werte gerundet werden. Außerdem ist die Temperatur der Leiter nicht konstant, was zu einer Veränderung des Widerstandes führt. Dieser Effekt sollte allerdings sehr gering sein.