



Laboratorium für ELEKTROTECHNIK

Übung 4: Messungen am Kondensator

durchgeführt von:

Name: Felix Iseli/Philip Fankhauser

Klasse: 3AHET

Datum: 23-11-2016



Inhaltsverzeichnis

1	Aufgabenstellung	3
2	Beschreibung der Messobjekte	4
2.1	Kondensatoren	4
3	Verwendete Hilfsmittel und Geräte.....	5
3.1	Notebook.....	5
3.2	Oszilloskop.....	5
3.3	Thermometer	5
3.4	Spannungsquelle (Batterie).....	5
3.5	Shunt	5
3.6	Multimeter	5
4	Aufbau der Messungen.....	6
5	Beobachtungen	7
6	Auswertung.....	8
6.1	Berechnungen (Messung 1).....	8
6.2	Zusatzmessung (Messung 2).....	9
6.3	Zusatzfragen.....	10
7	Schlussfolgerung	11
8	Administrative Angaben.....	12
9	Anhang.....	13
9.1	Diagramme	13
9.2	Handschriftliche Notizen.....	17



1 Aufgabenstellung

Angesichts einer Laborarbeit wurde folgender Auftrag erteilt:

- Messen Sie die Kapazität verschiedener Kondensoren
- Dokumentieren Sie die Daten mit dem Excel-Programm
- Vergleichen Sie die Messresultate mit den Herstellerangaben

Beantworten Sie folgende Fragen:

- Ändert die Kapazität mit der Erhöhung der Temperatur des Kondensators?
- Wie kann der Maximalstrom begrenzt werden?
- Welche nachteiligen Wirkungen können hohe Kondensator-Ladeströme haben?

Erwartete Ergebnisse:

- Messbericht
- Präsentation (10-15 min.)



2 Beschreibung der Messobjekte

2.1 Kondensatoren

Kapazität [μF]	Typ gemäss Aufschrift	U_{max} [V]
470	T0328 (M) / CE 85 °C	35
330	0115 (M) / -40 +85 °C	35
220	B41851 (M) / 105 °C	50
100	SME (M) / 85 °C	50
33	B41850 (M) / 105 °C	50
10	B41850 (M) / 105 °C	100



3 Verwendete Hilfsmittel und Geräte

3.1 Notebook

Marke	Typ	HTI-Nr.	Einstellungen
IBM	Think Pad	0101	keine spez. Einstellungen

3.2 Oszilloskop

Marke	Typ	HTI-Nr.	Einstellungen
Fluke	123 Industrial Scopemeter 20 MHz	0859	Trigger: Input A, Auto Range > 1Hz Zeitachse: ms resp. μ s pro Div. Spannungsachse: 2 Volt pro Div. Scope Inputs: DC, normal Scope Mode: single shot Waveform Mode: normal

3.3 Thermometer

Marke	Typ	Serien-Nr.	Einstellungen
Fluke	65 Infrared Thermometer	02486720030 S	keine spez. Einstellungen

3.4 Spannungsquelle (Batterie)

Marke	Typ	Hersteller-Nr.	Einstellungen
Optima Batteries	12 V	1227BCH	keine Einstellungen möglich

3.5 Shunt

Marke	Typ	Nr.	Einstellungen
keine Angaben	12 Ω	keine Angaben	keine Einstellungen möglich

3.6 Multimeter

Marke	Typ	Nr.	Einstellungen
Mastech	MAS 830L	keine Angaben	DC Volt, Ohm

4 Aufbau der Messungen

Die Messschaltung besteht aus einer Batterie als Spannungsquelle (3.4), einem Taster (Abb. 4-2 unten) zur Aktivierung des Ladevorganges, einem zu messenden Kondensator (siehe Tabelle 2.1) und einem Shunt zur Begrenzung des Stroms und zur Verlängerung der Ladezeit. Der Kanal A des Oszilloskops (3.2) misst die Spannung am Kondensator und der Kanal B misst den Spannungsabfall über dem Shunt (3.5).

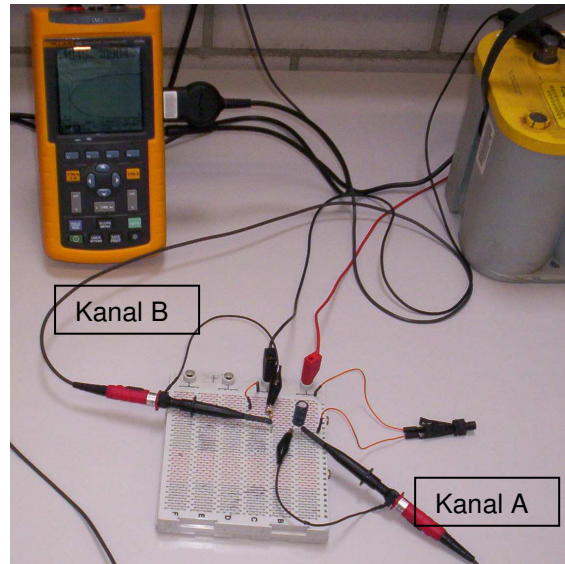
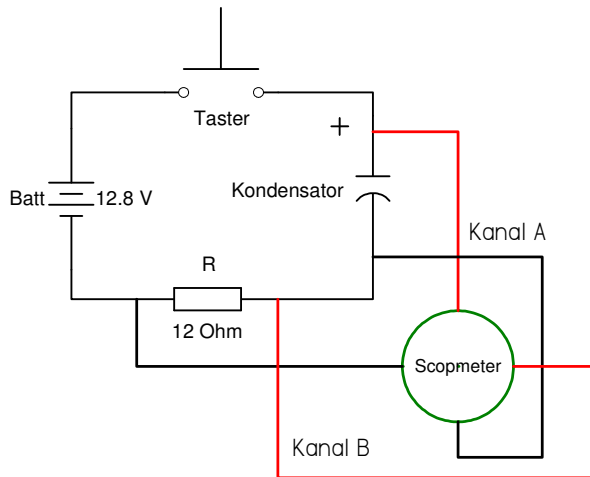


Abbildung 4-1 Aufbau der Messschaltung

Die jeweils entladenen Kondensatoren werden durch Betätigung des Tasters (Abb. 4-2) geladen. Das daraus entstandene Spannungsdiagramm (Abb. 4-3) wird mit Hilfe des Fluke-Oszilloskops (Kapitel 3.2) aufgezeichnet.



Abbildung 4-2 Taster

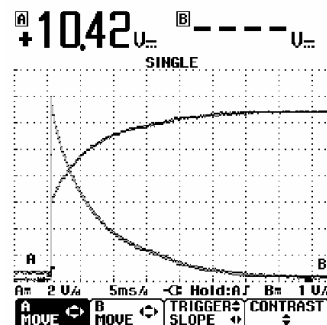


Abbildung 4-3 Oszilloskopanzeige

Die Messungen bei erhöhter Kondensatortemperatur fanden nach Erwärmen des entladenen Kondensators mit einem Heissluftföhn statt. Das restliche Vorgehen erfolgte analog zu den vorangehend beschriebenen Schritten.

5 Beobachtungen

- Der Shunt ist vorzugsweise in die Masseleitung zu schalten, da sonst Messfehler entstehen können. Konkret auf unser Beispiel bezogen heisst das, dass der Ladestrom nie auf annähernd Null Ampere zurückging.
- Bei den Kondensatoren mit eher geringen Kapazitäten konnten in den ersten paar Mikrosekunden starke Spannungsschwankungen festgestellt werden, welche sich auf den gewählten Kippschalter (Abb. 5-2) zurückführen lassen. Durch den Einsatz eines präziseren Tastschalters (Abb. 4-2) konnte das Problem behoben werden.

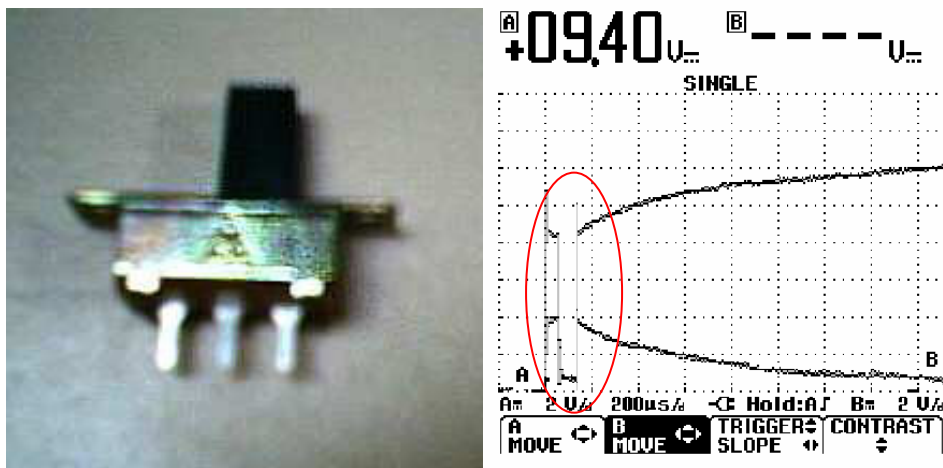


Abbildung 5-1 Kippschalter verursacht Spannungssprung



6 Auswertung

6.1 Berechnungen (Messung 1)

Die Kapazität der Kondensatoren wird folgendermassen berechnet:

Bestimmen von U_{\max} in der Excel-Tabelle.

Zeit(t) wo 63% von U_{\max} erreicht sind in der Excel-Tabelle herauslesen, gegebenenfalls durch Interpolation angleichen.

Für die, für jeden Kondensator geltende Maximalspannung von 12,8 V ergibt sich somit ein $U_{63\%}$ von 8,064 V.

Die Kapazität berechnet sich anschliessend nach der folgenden Formel:

Grundformel :

$$\tau = R \cdot C [s]$$

Formel für Berechnung :

$$C = \frac{\tau}{R} \left[F, \frac{As}{V}, \frac{s}{\Omega} \right]$$

τ : = Zeitkonstante [s] bei 63% von U_{\max}

wobei $U_{\max} := U_{\text{Batt}} := 12.8V$

R: = Vorwiderstand oder auch Shunt : = 12Ω

C: = Kapazität des Kondensators $\left[F, \frac{As}{V}, \frac{s}{\Omega} \right]$

Die erhaltenen Resultate sind in der folgenden Tabelle dargestellt (genaue Berechnungen siehe Anhang 9.2):

Temperatur [°C]	Sollwert [μF]	Istwert [μF]	Abweichung [%]	Abweichung durch Temp. [%/°C]
20	10	4.5	-55.0	0.63
55	10	5.5	-45.0	
20	33	18.75	-43.2	-0.12
40	33	18.3	-44.5	
20	100	53.3	-46.7	0.06
77	100	55	-45.0	
20	220	106.7	-51.5	-0.08
97	220	100	-54.5	
20	330	150	-54.5	0.35
67	330	175	-47.0	
20	470	208.3	-55.7	0.00
60	470	208.3	-55.7	
		Mittelwerte	-49.9	0.14

6.2 Zusatzmessung (Messung 2)

Vergleicht man die gemessenen Werte mit den Herstellerangaben, so fallen die grossen Abweichungen auf, welche etwa 50% betragen. Daraus muss der Schluss gezogen werden, dass etwas mit den Messungen nicht stimmte, da alle Messungen ähnlich aus der Toleranz fallen. Diese sollte laut Unterricht maximal $\pm 30\%$ betragen. Es lässt sich zudem feststellen, dass mit zunehmender Temperatur auch die Kapazität ändert. Diese Änderung ist aber so klein, dass sie vernachlässigbar ist.

Um die Messungen nochmals zu überprüfen und allfällige Fehlerquellen ausfindig zu machen, wurde die Schaltung nochmals aufgebaut (Abb. 6-1), nur diesmal anstatt des 12Ω Widerstandes mit einem $1k\Omega$ Widerstand, um eine längere Ladezeit zu erreichen. Zudem liessen wir die Strommessung über den Kanal B (Spannungsabfall am Shunt) ausser Acht, da die Strommessung durch den Shunt, wie wir nachträglich erfahren haben, zur Berechnung der Kapazität gar nicht benötigt wird. Diese Messung ergab folgendes Resultat (die genauen Berechnungen sind alle im Anhang 9.2 zu finden):

Temperatur [°C]	Sollwert [μF]	Istwert [μF]	Abweichung [%]
23	470	489.95	4.25

Anschliessend wurde der $1k\Omega$ Widerstand erneut durch den 12Ω Widerstand ersetzt, was folgendes Resultat ergab:

Temperatur [°C]	Sollwert [μF]	Istwert [μF]	Abweichung [%]
23	470	500	6.4

Da nun die Resultate in der Toleranz liegen, muss bei den ersten Messungen ein Fehler bei den Einstellungen des Fluke Scopemeters (Kapitel 3.2) vorgelegen haben. Möglicherweise hatte auch die Strommessung über den B-Kanal einen negativen Einfluss. Die nun korrekten Einstellungen sind im Kapitel 3.2 zu finden. In den Diagrammen (9.1) der ersten sechs Messungen fällt auch eine Unregelmässigkeit der Biegung der Kurve auf, welche bei den beiden zweiten Messungen nicht mehr zu erkennen ist. Die Unregelmässigkeit ist umso grösser, je kleiner die Kapazität des jeweiligen Kondensators ist.

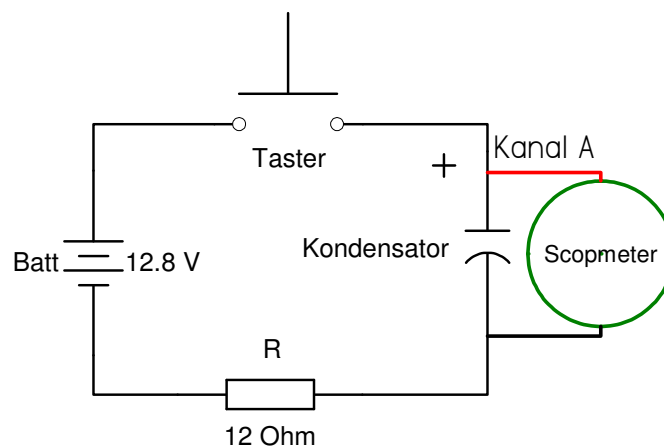


Abbildung 6-1 Messaufbau der Zweitmessung



6.3 Zusatzfragen

1. Ändert die Kapazität mit der Erhöhung der Temperatur des Kondensators?
Ja, die Kapazität verändert sich bei erhöhter Temperatur (siehe Diagramme und Berechnungen im Anhang).
2. Wie kann der Maximalstrom begrenzt werden?
Der Maximalstrom wird durch den Shunt begrenzt. Je grösser der Shunt gewählt wird, je weniger Strom fließt durch den Kondensator.
3. Welche nachteiligen Wirkungen können hohe Kondensator-Ladeströme haben?
Zu hohe Kondensatorladeströme können bei Gleichrichterschaltungen die Gleichrichterdiode zerstören, weshalb dort die Kapazität des Kondensators nicht beliebig gross gewählt werden kann (C_{\max} in den technischen Daten beachten!).



7 Schlussfolgerung

Die ersten Messungen (Tabelle Seite 8) haben gezeigt, dass die gemessen und errechneten Kapazitäten nicht den Herstellerwerten entsprechen. Dass sie mehr als $\pm 30\%$ abweichen, ist unwahrscheinlich und kann nur mit Messfehlern begründet werden, welche jedoch nicht genau lokalisiert werden konnten. Es konnte auch gezeigt werden, dass eine Temperaturerhöhung nur einen kleinen Einfluss auf die Kapazität hat.

Zudem ist es von Vorteil, den Shunt in die Masseleitung zu schalten um Messfehler zu vermeiden. Auch ist, besonders bei schnellen Ladevorgängen, der Einsatz eines flinken Schalters zu empfehlen, um Spannungssprünge zu verhindern (Abb. 5-2). Des Weiteren ist es vor allem für die Berechnungen einfacher, den Widerstand so zu wählen, dass nicht zu kurze Ladezeiten entstehen. Zudem wird damit der Ladestrom niedrig gehalten.

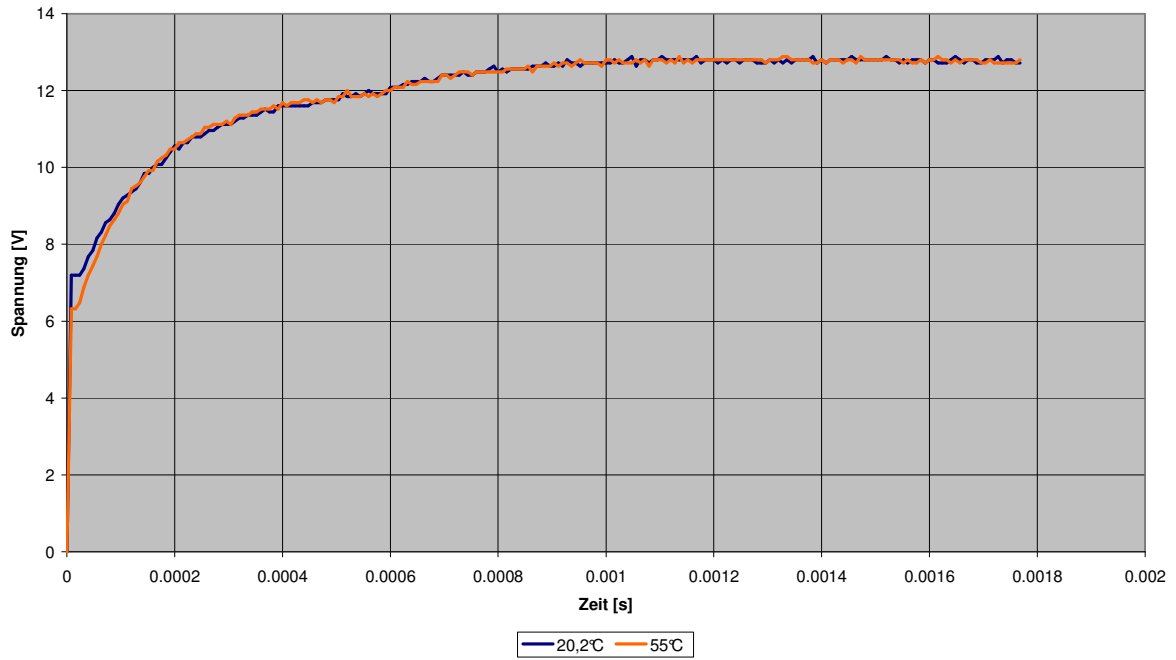
Bei der nächsten Messübung werden wir uns zuerst darüber informieren, welche Werte wir zur Beantwortung der gestellten Fragen wirklich brauchen. Damit können wir uns eine Menge Ärger ersparen.



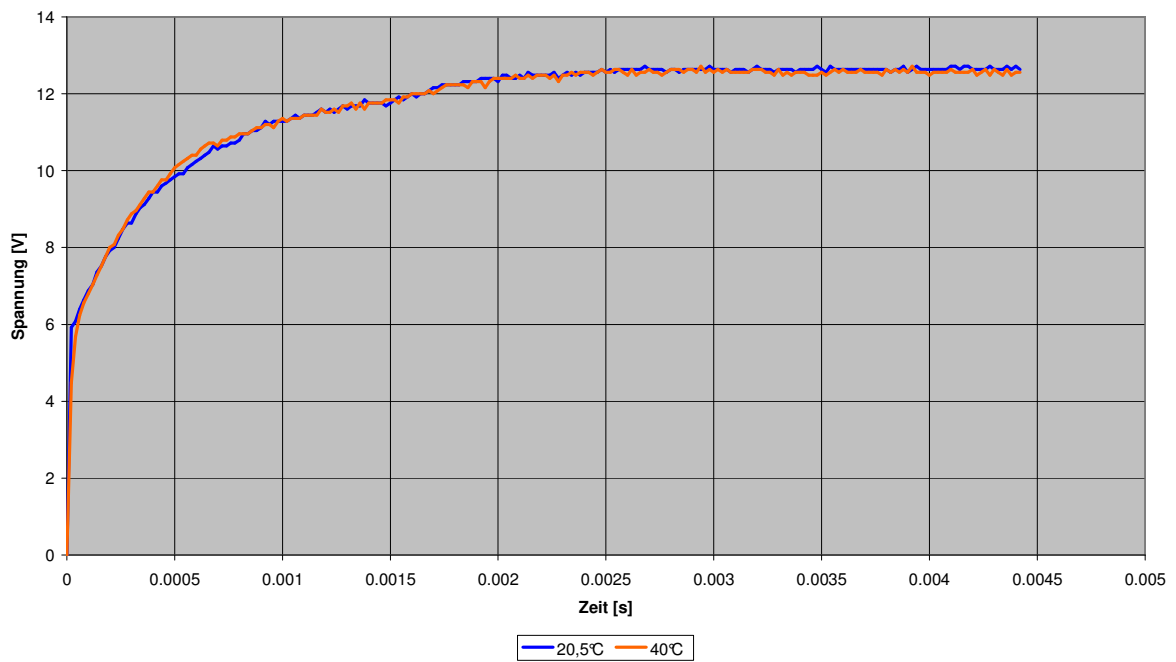
9 Anhang

9.1 Diagramme

10 μ F Kondensator

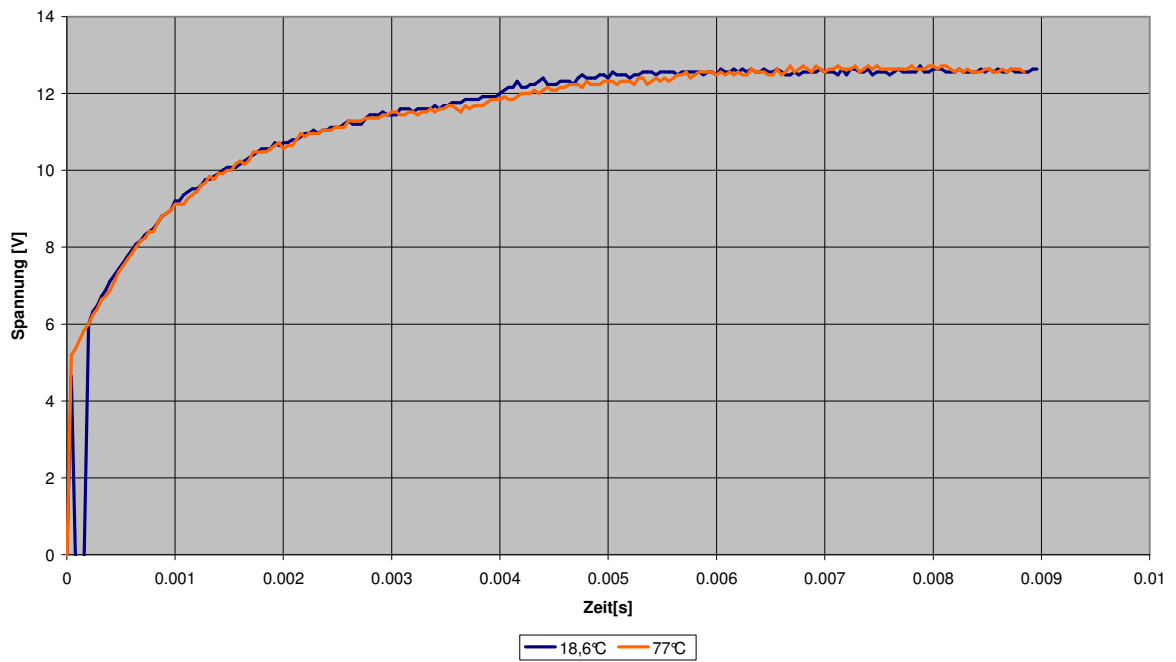


33 μ F Kondensator

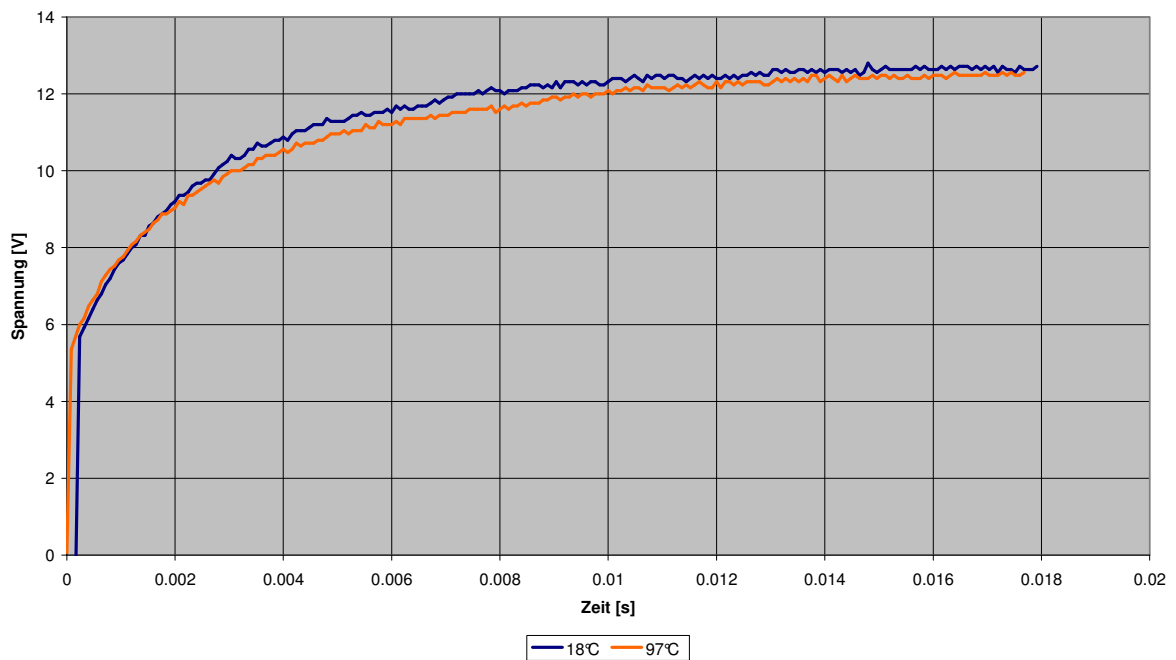




100 μ F Kondensator

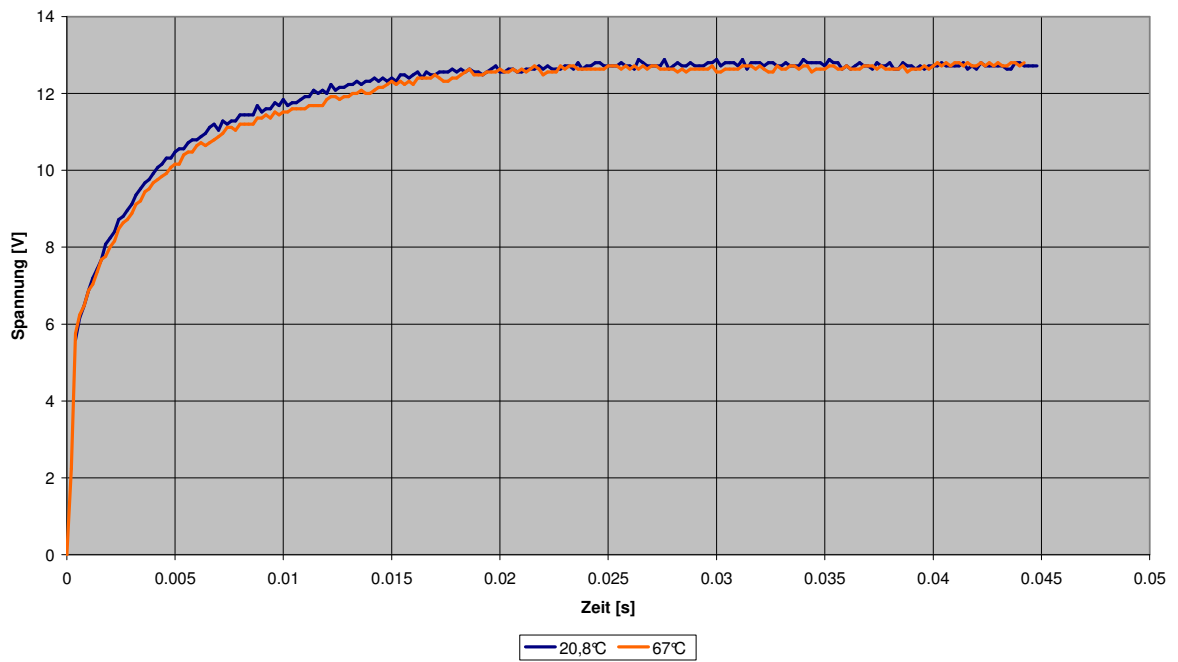


220 μ F Kondensator

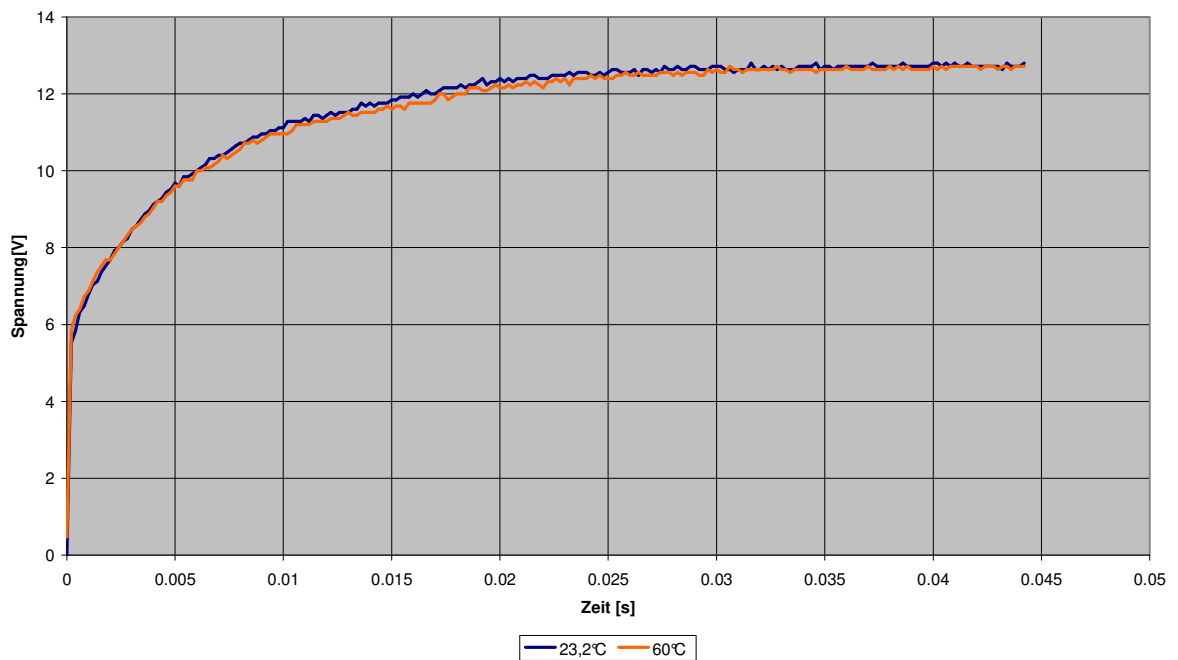




330 μ F Kondensator

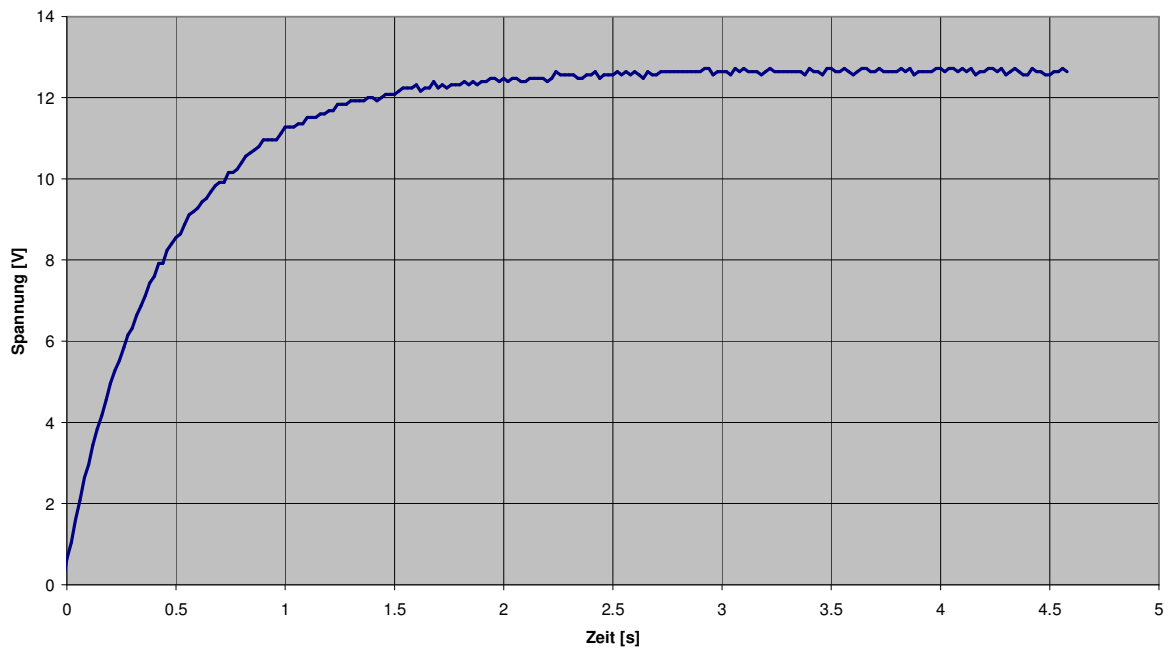


470 μ F Kondensator

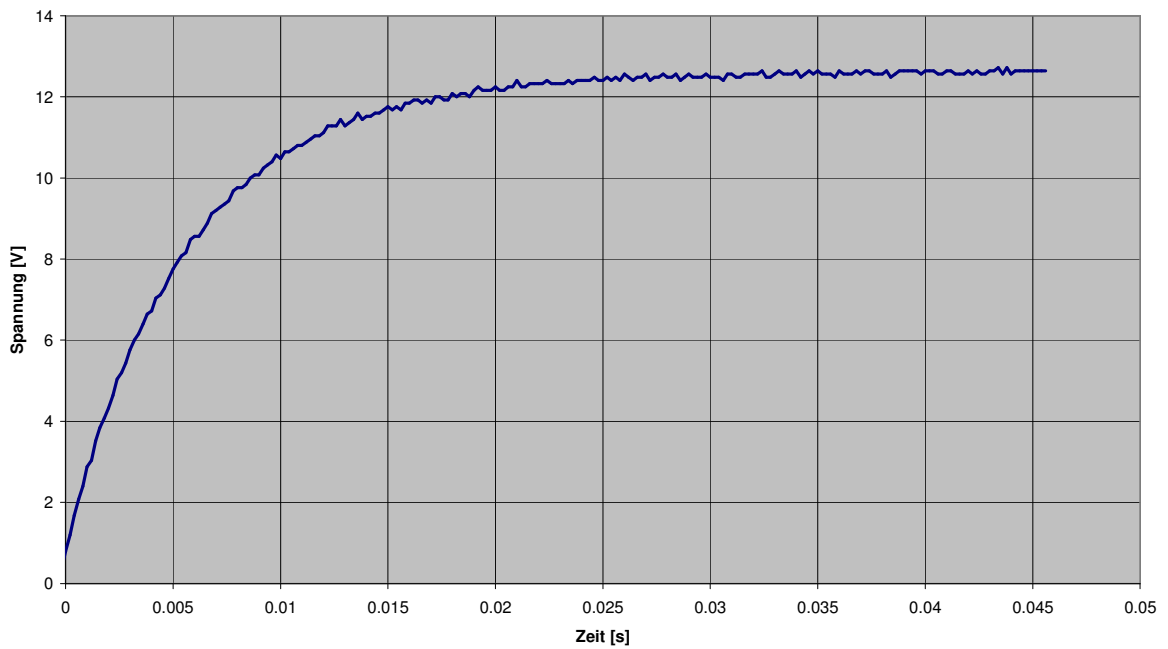




470 μ F bei 1k Ω



470 μ F bei 12 Ω



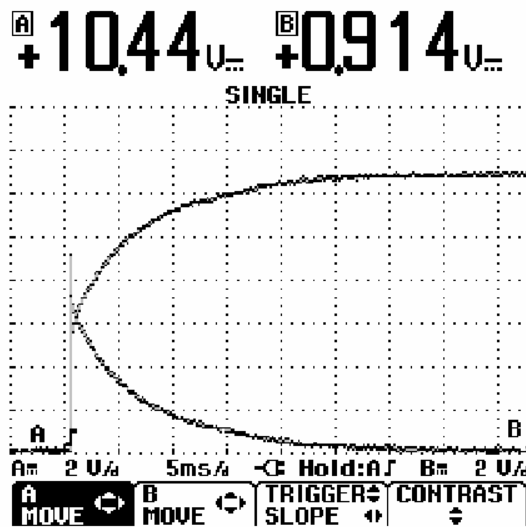


Abbildung 9-1 Erste Messserie

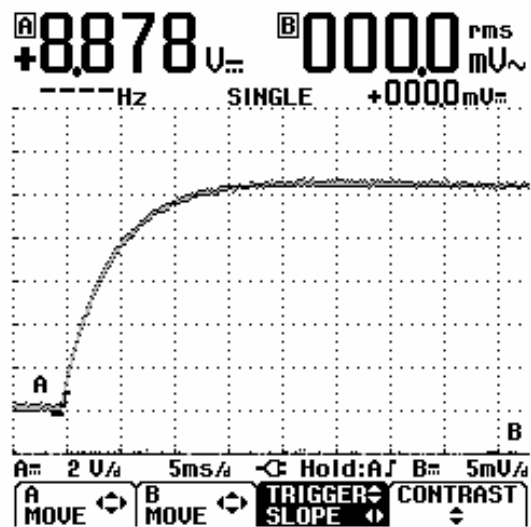


Abbildung 9-2 Zweite Messserie

9.2 Handschriftliche Notizen

Die kopierten handschriftlichen Originalaufzeichnungen sind auf den folgenden drei Seiten beigefügt.