



PHYSIKALISCHES GRUNDPRAKTIKUM II

Versuchsprotokoll

P6 : E5 – Gleichrichterschaltungen

Versuchsort: Raum 313 - 1

Versuchsbetreuer: B.Sc. Patrick Lessmann

Name:

Drobniewski, Kai; Matr.Nr.:

Versuchspartner:

Kirsten, Stephan; Matr.Nr.:

17. November 2009

Inhaltsverzeichnis

1. Abstrakt	1
2. Versuchsaufbau und -durchführung	1
3. Messergebnisse und Auswertung	2
3.1 Darstellung $\bar{U} = f(I)$ für Ein- und Zweiweggleichrichtung.....	2
3.2 Spannungsverläufe der Ein- und Zweiweggleichrichtung.....	4
3.3 Bestimmung der Scheitelspannung U_m	6
4. Fehleranalyse und Ergebniseinschätzung	8
4.1 Auswertung der Ergebnisse	8
5. Anhang	9
5.1 Messdatenprotokoll	9

1. ABSTRAKT

In dem Versuch soll der Spannungsverlauf für unterschiedliche Gleichrichterschaltungen untersucht werden, wobei sowohl Einweggleichrichter, als auch Zweiweggleichrichter jeweils mit und ohne Glättungskondensator verwendet wurden.

Außerdem soll die Scheitelspannung U_m der eingehenden sinusförmigen Wechselspannung durch verschiedene Messmethoden bestimmt und verglichen werden.

Notwendig sind diese Gleichrichterschaltungen für die Umwandlung von Wechselstrom, der bei hohen Frequenzen effizienter über weite Strecken transportiert werden kann, in Gleichstrom, den viele elektrische Geräte im Haushalt verwenden, so z.B. der Computer oder der Fernseher.

Durch den Versuch wurden unsere Erwartungen bezüglich der Spannungsverläufe bestätigt. Die Gleichrichter transformierten den Wechselstrom durch Blockierung des negativen Teils der Wechselspannung beim Einweggleichrichter und beim Zweiweggleichrichter durch die Änderung des negativen Teils in einem Positiven, während der Kondensator durch periodisches Auf- und Entladen die Spannungskurven glättete.

Wir konnten ebenfalls die Scheitelspannung U_m des Wechselstroms durch das gewichtete Mittel verschiedener Methoden auf $U_m = (9,8 \pm 2)V$ bestimmen und diesen und die auf diesem Wert basierenden theoretischen Werte des zeitlichen Mittelwertes der Gleichspannung im Leerlauf durch den Kurvenverlauf mehrerer Messungen bestätigen.

2. VERSUCHSAUFBAU UND -DURCHFÜHRUNG

Am Anfang des Versuchs wurde die Schaltung nach dem Script [S.25] aufgebaut.

Dabei haben wir einen Glättungskondensator mit einer Kapazität von $C = 10\mu F$ verwendet.

Zuerst erfolgte die Messung des zeitlichen Mittelwertes \bar{U} der Gleichspannungen in Abhängigkeit vom Laststrom für die Einweggleichrichtung ohne Kondensator, danach mit Kondensator. Analog folgte die Messung für die Zweiweggleichrichtung.

Nach diesem Durchgang wurde der Oszillograf an den Ausgang der Schaltung geschlossen und eine Skizze des Spannungsverlaufs bei keiner Belastung und ohne Ladekondensator, bei keiner Belastung und mit Kondensator und bei mittlerer Belastung und ebenfalls mit Kondensator für die Ein- und Zweiweggleichrichtung angefertigt.

Danach wurde der Oszillograf wieder von der Schaltung getrennt und im Leerlauf ohne Kondensator die Gleichspannung für Ein- und Zweiweggleichrichtung mit dem analogen Spannungsmesser gemessen, wobei dieser einmal auf Gleichspannung gestellt wurde und einmal auf Wechselspannung.

Zum Schluss erfolgten noch die Messung der Wechselspannung mit dem vor der Diode geschalteten Spannungsmesser und die Messung der Gleichspannungen für beide Gleichrichtungen mit Kondensator und ohne Belastung.

Für detailliertere Informationen betrachte man das Script.

Benutzte Messmittel, bzw. angegebene Unsicherheiten:

MESSGRÖÙE/MESSINSTRUMENT	MESSUNSICHERHEIT
digitaler Strommesser	1% vom MW + 1 Digit
analoger Spannungsmesser	2,5% vom MBE

Berechnungen erfolgten mit „Microsoft Excel“ und unter Verwendung von „QtPlot“.

3. MESSERGEBNISSE UND AUSWERTUNG

3.1 Darstellung $\bar{U} = f(I)$ für Ein- und Zweiweggleichrichtung

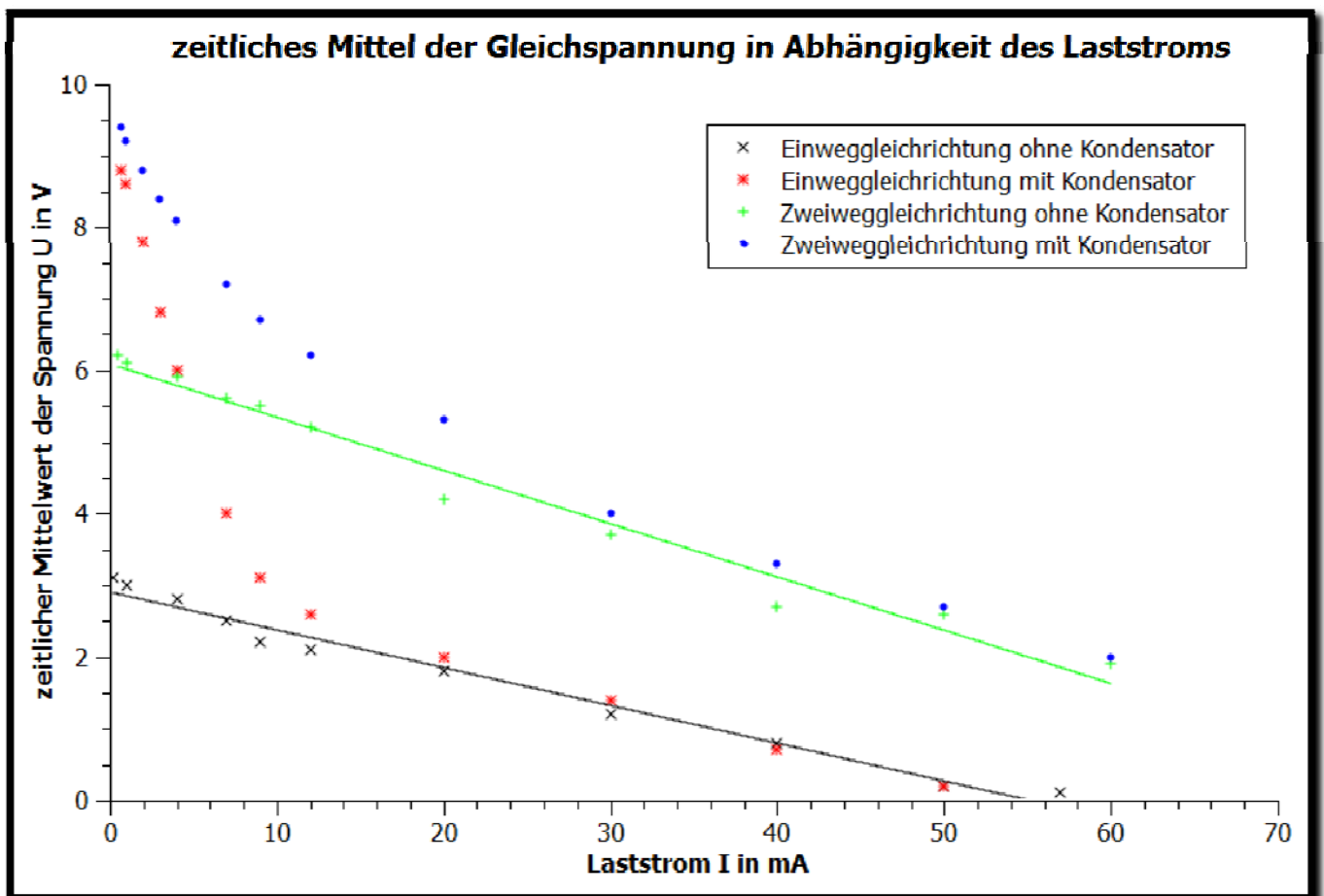
Für die Messung des zeitlichen Mittelwertes der Gleichspannungen ergaben sich zum einen der in 2. beschriebene Gerätefehler + einer Ableseungenauigkeit von einem halben Skalenteil.

Da außer bei den letzten beiden Messungen des Versuchs immer ein Messbereich von 10V für die Spannungsmessung gewählt wurde, ergibt sich also die Gesamtunsicherheit der Spannungsmessungen aus der Wurzel der Quadrate der Einzelunsicherheiten, wobei die Ableseungenauigkeit 0,1V betraf.

Bei der Strommessung ergibt sich der Fehler wie in 2. beschrieben. Allerdings traten zuweilen starke Schwankungen im Wert auf (gerade bei höheren Stromstärken), weshalb wir eine Größtfehlerabschätzung vornehmen und den Gerätefehler mit einem variablen Wert zwischen 0,1mA und 0,6mA, abhängig von der Stärke der Schwankung, addieren.

Es erfolgt keine pythagoräische Addition, weil die Schwankungen zum Teil sehr viel größer waren, als 0,6mA.

Aus den Messdaten erhalten wir folgende Darstellung:



Wobei sich die Geraden aus einer linearen Regression mit instrumenteller Gewichtung ergeben und wir die Anstiege $a_{Ein} = (-0,053 \pm 0,005) \frac{V}{mA}$ und $a_{Zwei} = (-0,074 \pm 0,005) \frac{V}{mA}$ erhalten.

Eigentlich würden wir etwa den gleichen Anstieg erwarten, aber diese geringe Differenz der beiden Werte können wir durch die Messung an sich begründen, bei der gerade bei hohen Stromstärken und vor allem bei der Zweiweggleichrichtung starke Schwankungen der Strommessung auftraten.

Ansonsten kann man sehr schön die lineare Beziehung zwischen \bar{U} und I erkennen, die auf dem Ohmschen Gesetz beruht. Durch die Gleichung (5) für die Zweiweggleichrichtung aus dem Script

$$\bar{U}_{Zwei} = \frac{2U_m}{\pi} \cdot \frac{R}{R + R_D} \quad \text{mit } R_D - \text{Diodenwiderstand, } R - \text{Lastwiderstand}$$

ist der Verlauf auch gut nachzuweisen.

Bei sehr geringen Laststrom ($I \rightarrow 0$) ist der Lastwiderstand sehr groß ($R \rightarrow \infty$), wodurch der Diodenwiderstand vernachlässigbar ist und wir eine Leerlaufspannung von

$$\bar{U}_{Zwei} = \frac{2U_m}{\pi}$$

erhalten ($\bar{U}_{Zwei} = (6,25 \pm 0,12)V$).

Dies entspricht auch ungefähr dem Wert, der dem Schnittpunkt mit der Achse bei $I=0$ in der Darstellung am nächsten kommt.. Analog dazu kann man die Leerlaufspannung für die Einweggleichrichtung mit

$$\bar{U}_{Ein} = \frac{U_m}{\pi}$$

herleiten, die ebenfalls ungefähr dem dem Schnittpunkt nächsten Punkt in unserer Darstellung entspricht ($\bar{U}_{Ein} = (3,13 \pm 0,06)V$).

Das bedeutet, dass die Gerade für die Zweiweggleichrichtung doppelt so hoch liegt, wie für die Einweggleichrichtung, weil wir den Mittelwert aus den Effektivwerten der beiden Halbperioden messen, die bei der Zweiweggleichrichtung übereinstimmen (und somit wir den Effektivwert messen), während bei der Einweggleichrichtung die Effektivspannung für die 2. Halbperiode 0 beträgt, da nur der positive Teil der Wechselstromspannung genutzt wird.

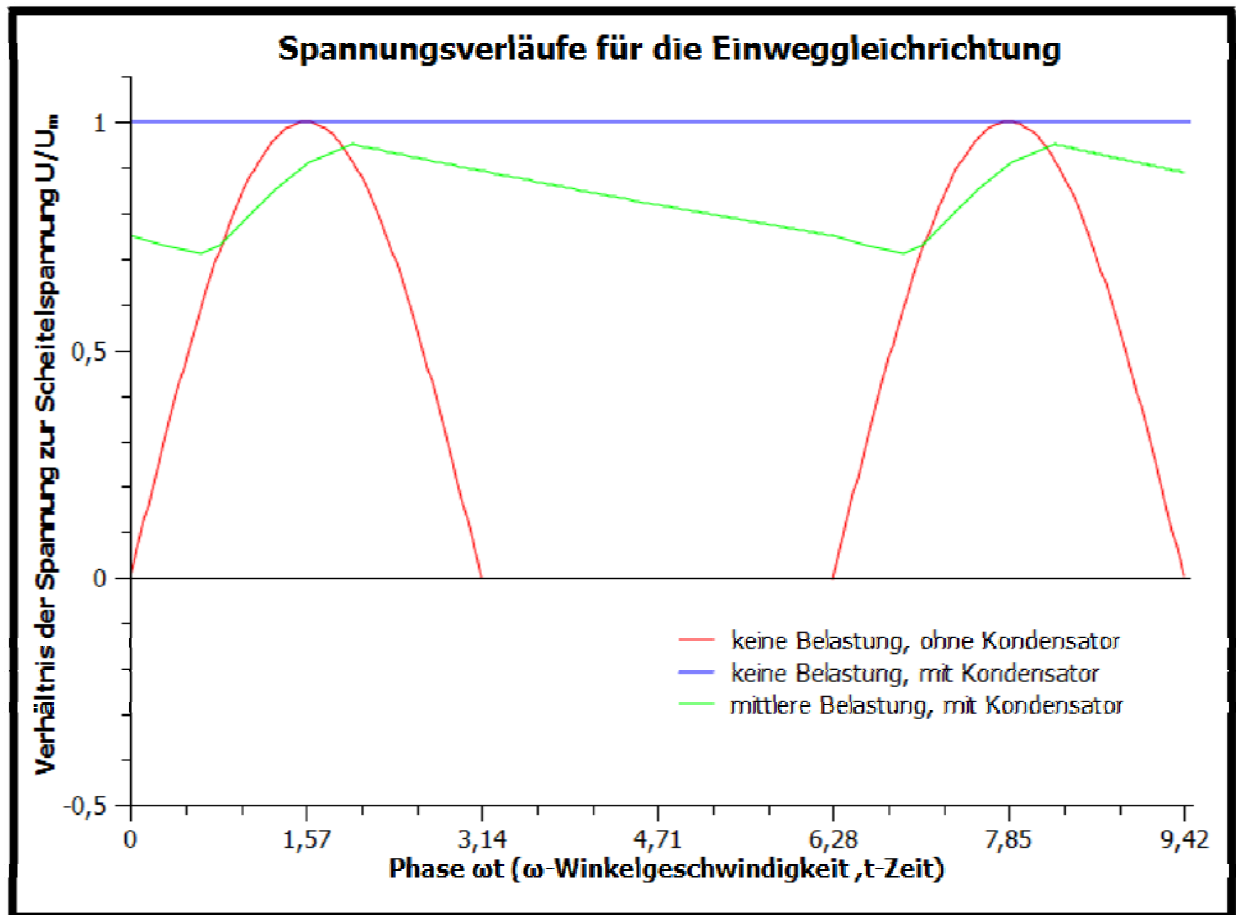
Schaltet man nun einen Kondensator parallel zum Ausgang, so wie wir es für die anderen beiden Messungen getan haben, lädt sich dieser beim Leerlauf bis auf den Scheitelwert ($U_m = (9,8 \pm 0,2)V$) auf, der dann auch gemessen wird.

Dies erkennt man auch sehr gut in unserer Darstellung, da sich die beiden Kurven für die Ein- und Zweiweggleichrichter anscheinend auf der Achse bei $I=0$ in einem Punkt schneiden, der ungefähr diesem Scheitelwert entspricht.

Da sich der Kondensator mit zunehmendem Stromfluss schneller entlädt und somit auch die Wirksamkeit des Kondensators abnimmt, gehen die beiden Kurven ab $I_{Ein} \approx 20mA$ und $I_{Zwei} \approx 30mA$ in die Geraden der jeweiligen Gleichrichtung ohne Kondensator über, da ab diesen Punkten dessen Wirkung sehr gering ist.

3.2 Spannungsverläufe der Ein- und Zweiweggleichrichtung

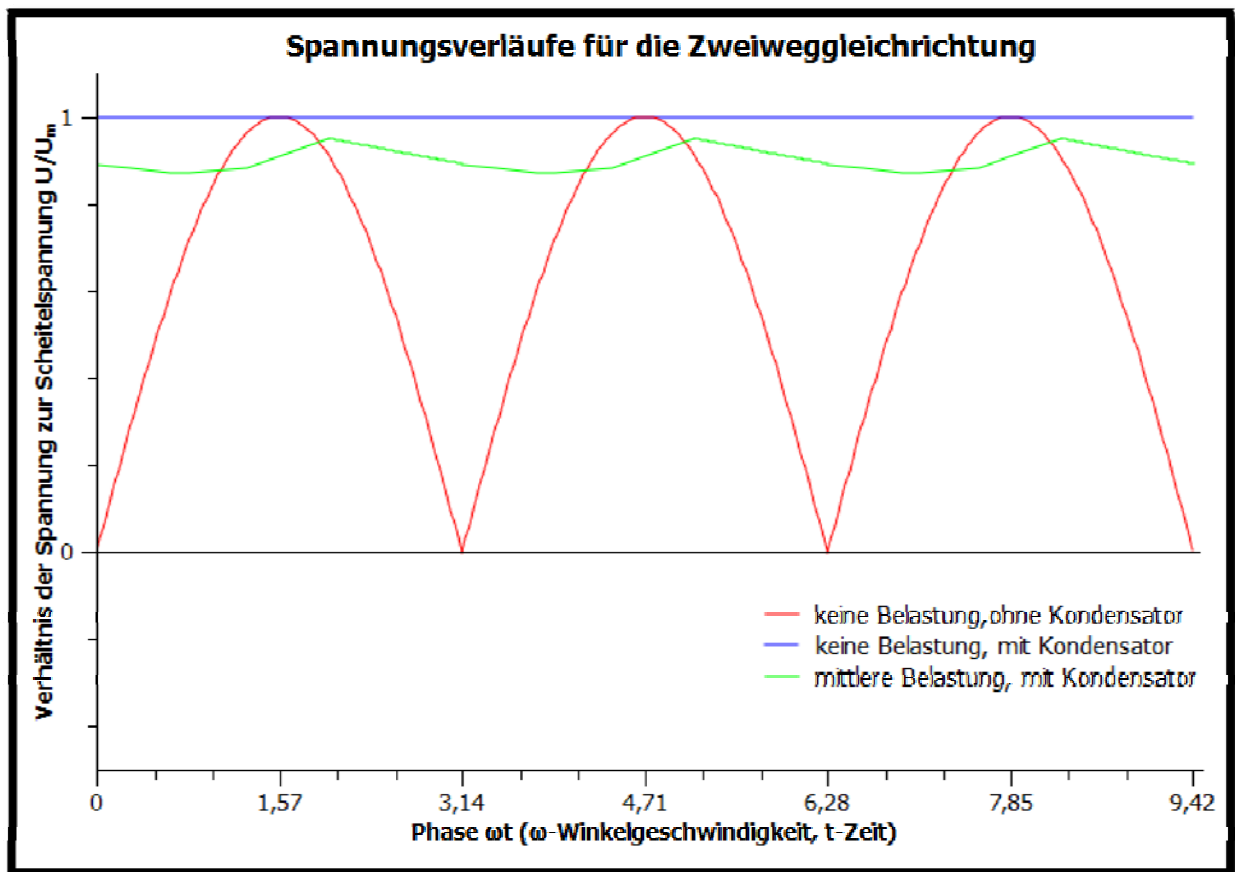
Am Oszilloskop wurden nun qualitativ die Spannungsverläufe für die Ein- und Zweiweggleichrichtung mit variierten Bedingungen abgelesen, wobei wir folgende Ergebnisse erhielten:



Der Verlauf der Kurve für die Spannung bei keiner Belastung und ohne Kondensator entspricht der Wechselspannung, wobei der negative Teil durch die Einweggleichrichter blockiert wird. Das Maximum entspricht dabei der Scheitelspannung U_m der Wechselspannung.

Bei keiner Belastung und mit Kondensator lädt sich dieser wie in 3.1 beschrieben bis zur Scheitelspannung auf, die danach konstant bleibt, da die Entladung wegen dem Leerlauf ausbleibt.

Für die mittlere Belastung wurde ein beliebiger Widerstand eingestellt. Die Spannung am Kondensator steigt ähnlich der gleichgerichteten Spannung an und sinkt dann aufgrund der Entladung des Kondensators exponentiell ab. Dadurch wird die Spannung dann geglättet.



Die Kurve für die Spannung bei keiner Belastung und ohne Kondensator verläuft fast identisch, wie die bei der Einweggleichrichtung, mit dem Unterschied, dass der negative Teil der Wechselspannung nicht blockiert wird, sondern positiv gemacht wird.

Der Verlauf mit Kondensator und keine Belastung entspricht exakt dem der Einweggleichrichtung und beruht auch auf der gleichen Begründung.

Bei mittlerer Belastung erhalten wir ebenfalls eine ähnliche Kurve, wie bei der Einweggleichrichtung, wobei wir die doppelte Anzahl an Maxima erhalten. Dieser Unterschied liegt wieder an der Blockierung des negativen Teils der Wechselspannung durch den Einweggleichrichter, dessen Gegenstück in diesem Fall eine weitere positive Amplitude bewirkt.

Außerdem liegen die Minima über den Minima bei der Einweggleichrichtung, was daran liegt, dass sich der Kondensator wieder auflädt, wenn er sich bei der Einweggleichrichtung immer noch entlädt.

3.3 Bestimmung der Scheitelspannung U_m

Alle Messungen zur Bestimmung der Scheitelspannung wurden im Leerlauf durchgeführt, wobei wir zwischen Ein- und Zweiweggleichrichter wechselten und die Verwendung des Glättungskondensators variierten. Außerdem wurde für die Messung des zeitlichen Mittelwertes \bar{U} ein auf Gleichspannung geeichter Spannungsmesser verwendet und für den Effektivwert der Spannung U_{eff} ein auf Wechselstrom geeichter Spannungsmesser.

Für die Berechnungen werden die im Script [S.24] genannten Formeln verwendet, wobei sich die Unsicherheiten der Scheitelspannungen aus dem Produkt der Unsicherheit der gemessenen Spannung und des Vorfaktors bei der Berechnung des Wertes von U_m ergeben.

Zum Einen kann die Scheitelspannung aus dem gemessenen Effektivwert der eingehenden Wechselspannung $U_{eff} = (7,1 \pm 0,3)V$ mithilfe der Formel

$$U_m = \sqrt{2} \cdot U_{eff}$$

berechnet werden, zum Anderen durch die in der Tabelle genannten Methoden. Für die Scheitelspannung durch die Wechselstrommessung erhalten wir:

$$U_m = \underline{\underline{(10,0 \pm 0,4)V}}$$

Bestimmung der Scheitelspannung durch verschiedene Methoden

Aufbau	Spannung in V	Formel	U_m in V
Einweggleichrichter ohne Kondensator	$\bar{U} = 3,15 \pm 0,3$	$U_m = \pi \cdot \bar{U}$	$9,9 \pm 0,8$
Einweggleichrichter ohne Kondensator	$U_{eff} = 3,4 \pm 0,3$	$U_m = 2\sqrt{2} \cdot U_{eff}$	$9,6 \pm 0,8$
Einweggleichrichter mit Kondensator	$\bar{U} = 9,75 \pm 0,8$	$U_m = \bar{U}$	$9,8 \pm 0,8$
Zweiweggleichrichter ohne Kondensator	$\bar{U} = 6,3 \pm 0,3$	$U_m = \frac{\pi}{2} \cdot \bar{U}$	$9,9 \pm 0,4$
Zweiweggleichrichter ohne Kondensator	$U_{eff} = 6,7 \pm 0,3$	$U_m = \sqrt{2} \cdot U_{eff}$	$9,5 \pm 0,4$
Zweiweggleichrichter mit Kondensator	$\bar{U} = 10,3 \pm 0,8$	$U_m = \bar{U}$	$10,3 \pm 0,8$

Vergleicht man die Werte, so erkennt man, dass die Ergebnisse alle ungefähr gleich groß sind.

Die Intervalle überschneiden sich auch fast überall, nur der berechnete Wert für den Zweiweggleichrichter ohne Kondensator bei Wechselspannungseichung liegt nicht im Intervall des Wertes für die Wechselspannungsmessung, während anders herum dieser und der Wert des Zweiweggleichrichter mit Kondensator nicht im Intervall des ohne Kondensators liegen.

Die doppelt so hohen Unsicherheiten bei der Hälfte der Werte erklären sich aus der Berechnungsformel für die Scheitelspannung. Da alle Spannungsmessungen, bis auf die Ein- und Zweiweggleichrichter mit Kondensator, im Messbereich von 10V stattfanden, ergibt sich auch eine einheitliche Unsicherheit, die sich nur durch den Faktor 2 bei dem Einweggleichrichter gegenüber den anderen Unsicherheiten ändert.

Bei den anderen beiden Messwerten wurde ein Messbereich von 30 V verwendet, wodurch sich die erhöhte Unsicherheit ergibt.

Nun können wir noch das gewichtete Mittel der berechneten Werte bilden, um einen endgültigen Wert für die Scheitelspannung zu erhalten.

Dazu quadrieren wir für die Gewichtung die geringste Unsicherheit und dividieren diese jeweils durch das Quadrat der einzelnen Unsicherheiten, um somit eine Gewichtung der einzelnen Ergebnisse zu erhalten.

Für den gewichteten Mittelwert werden nun die damit gewichteten Ergebnisse aufsummiert und durch die Summe der Gewichtungen geteilt. Die Unsicherheit ergibt sich aus der Wurzel der aufsummierten quadratischen gewichteten Unsicherheiten, geteilt durch die Summe der Gewichtungen.

Somit erhalten wir: $U_{m,gew} = \underline{\underline{(9,8 \pm 0,2)V}}$

Vergleicht man das gewichtete Mittel nun mit den zuvor berechneten Werten aus den einzelnen Messungen, erkennt man, dass nur die beiden Randwerte, der für den Zweiweggleichrichter mit Kondensator und der ohne Kondensator bei Wechselspannungseichung, nicht im Ergebnisintervall liegen.

4. FEHLERANALYSE UND ERGEBNISEINSCHÄTZUNG

4.1 Auswertung der Ergebnisse

Die in 3.1 bis 3.3 erzielten Resultate entsprechen den Erwartungen, wobei die Ergebnisse in den einzelnen Kapiteln bereits diskutiert wurden.

Die Unsicherheiten bei den Messungen beruhen bei der Spannungsmessung nur auf dem Gerätefehler und dem Ablesefehler, wobei auch ein weiterer Anteil durch Parallaxenverschiebung beim Ablesen entstehen kann.

Dieser dürfte aber sehr gering ausfallen, wobei man ihn auch noch weiter minimieren könnte, wenn man eine Spiegelleiste an der Skale anbringt, damit die senkrechte Blickrichtung besser bestimmt werden kann.

Bei der Strommessung existierten zum Einen der Gerätefehler und zum Anderen die Schwankung der Werte. Diese war zum Teil erheblich, weshalb man über eine Möglichkeit nachdenken sollte, diese Schwankungen zu verringern.

Weitere Messabweichungen können durch nicht beachtete Innenwiderstände, wie von den Kabeln, den Messgeräten oder dem Oszilloskop entstehen.