

VERSUCHSPROTOKOLL E5
GLEICHRICHTERSCHALTUNGEN

JOHANN FÖRSTER 519519
VERSUCHSPARTNER MEIKEL SOBANSKI

VERSUCHSORT: NEW14'313 MESSPLATZ 4
VERSUCHSDATUM: 13.01.2009
VERSUCHSBETREUER: HOLGER SCHULZ

HUMBOLDT UNIVERSITÄT ZU BERLIN
INSTITUT FÜR PHYSIK

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
1) Physikalische Grundlagen und Aufgabenstellung	3
2.1) Darstellung der zeitlichen Mittelwerte \bar{U} als Funktion des Laststromes I für Ein- und Zweiweggleichrichtung jeweils mit und ohne Kondensator	3-4
2.2) Spannungsverläufe der Ein- und Zweiweggleichrichtungsschaltungen	5-6
2.3) Bestimmung der Scheitelspannung U_m der eingehenden sinusförmigen Wechselspannung	6
3) Fehleranalyse und kritische Ergebniseinschätzung	7
4) Quellenangabe	7
Anhang: Messprotokoll	8-9

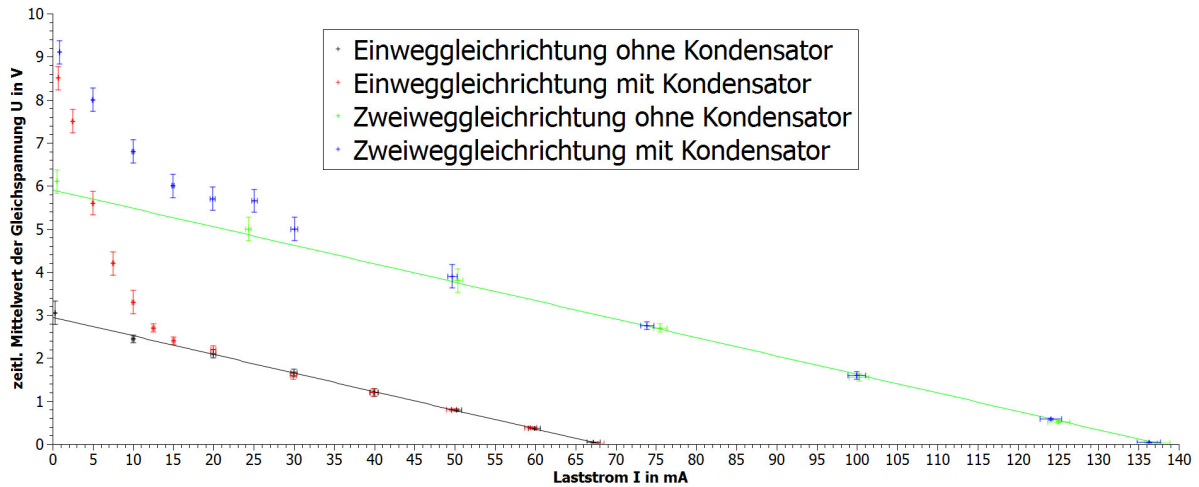
1) Physikalische Grundlagen und Aufgabenstellung

Ziel des Versuches war es, die Spannungsverläufe verschiedener Gleichrichterschaltungen (Ein- und Zweiweggleichrichter, mit und ohne Glättungskondensator) zu untersuchen und insbesondere die Scheitelspannung der eingehenden sinusförmigen Wechselspannung zu bestimmen. Die physikalischen Grundlagen und die genaue Aufgabenstellung sind in Quelle [1], Seite 21-25 zu finden.

2.1) Darstellung der zeitlichen Mittelwerte \bar{U} als Funktion des Laststromes I für Ein- und Zweiweggleichrichtung jeweils mit und ohne Kondensator

Zur Bestimmung der zeitlichen Mittelwerte \bar{U} der gleichgerichteten Gleichspannungen in Abhängigkeit des Laststromes I wurde die jeweilige Schaltung nach Quelle [1], Seite 25 (Schaltung Abb. 5) aufgebaut. Die Spannungsmessungen wurden an einem für Gleichspannung geeichten analogen Voltmeter der Güteklasse 2,5 durchgeführt, nach Quelle [1], Seite 19 beträgt der Anzeigefehler $u_1(\bar{U})$ also 2,5% vom Endwert des Messbereiches, weiterhin wird eine Ablesegenauigkeit $u_2(\bar{U})$ von einem halben Skalenteil angenommen, die Gesamtunsicherheit der Spannungsmessungen ergibt sich dann zu $u(\bar{U}) = \sqrt{u_1(\bar{U})^2 + u_2(\bar{U})^2}$. Die Strommessungen wurden mit einem digitalen Amperemeter durchgeführt, dessen Genauigkeit am Gerät mit $u_1(I) = 1\% + 1LSD$ angegeben wurde, allerdings hat der angezeigte Wert stark geschwankt, weshalb der Mittelwert zwischen dem größten und dem kleinsten angezeigten Wert gebildet wurde und als zusätzliche Unsicherheit $u_2(I)$ die halbe Differenz zwischen größtem und kleinstem Wert angenommen wurde, die Unsicherheit der Strommessungen beträgt also $u(I) = \sqrt{u_1(I)^2 + u_2(I)^2}$.

Aus den experimentellen Daten erhält man nun mit QtiPlot folgende Darstellung:

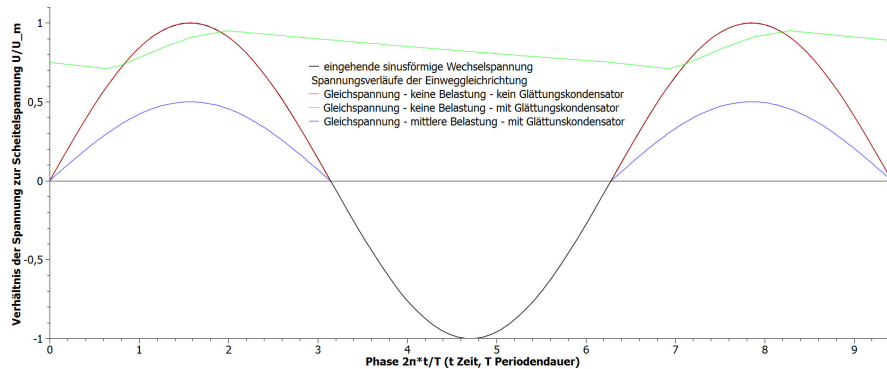


Abhängigkeit des zeitl. Mittelwertes der Gleichspannung \bar{U} vom Laststrom I

Der zeitliche Mittelwert der Spannung \bar{U} fällt bei der Ein- und Zweiweggleichrichtung jeweils ohne Kondensator mit wachsendem Laststrom I streng linear ab, alle Messpunkte überschneiden sich innerhalb ihrer Messunsicherheit mit den eingezeichneten Regressionsgeraden, was für die erwartete Gültigkeit des Ohmschen Gesetzes spricht. Bei zunehmenden Laststrom I wird der Spannungsabfall am Diodenwiderstand proportional zum Stromfluss größer und die Spannung am Lastwiderstand im gleichen Maße kleiner. Beide Geraden haben auch erwartungsgemäß etwa den gleichen Anstieg, der Schnittpunkt mit der Ordinatenachse ist bei der Zweiweggleichrichtung in etwa doppelt so hoch wie bei der Einweggleichrichtung, was damit zu erklären ist, dass bei der Zweiweggleichrichtung beide Halbwellen (positives und negatives Vorzeichen bei der Spannung) des Wechselstromes gleichgerichtet werden und bei der Einweggleichrichtung nur eine der beiden Halbwellen durchgelassen wird. Wird zum Lastwiderstand ein Kondensator parallel dazu geschaltet, so lädt sich dieser im Leerlauf ($I=0$) auf den Scheitelwert U_m der gleichgerichteten Spannung auf, weshalb die jeweiligen Graphen für die Ein- und Zweiweggleichrichtung beide dort starten. Mit zunehmenden Stromfluss I wird der Kondensator zunehmend schneller entladen und die Wirkung des Kondensators wird immer geringer, bei der Einweggleichrichtung ist ab einem Stromfluss von $I \approx 20mA$ und bei der Zweiweggleichrichtung ab $I \approx 50mA$ der Spannungsverlauf zwischen der jeweiligen Gleichrichtung mit und ohne Kondensator nahezu identisch, die Wirkung des Kondensators ist also sehr gering.

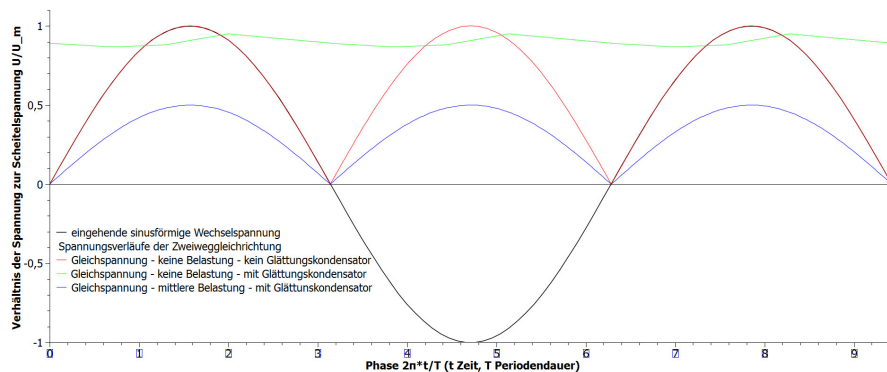
2.2) Spannungsverläufe der Ein- und Zweiweggleichrichtungsschaltungen

Mit Hilfe des Oszilloskops war für die Einweggleichrichtung qualitativ folgender Spannungsverlauf ablesbar:



Spannungsverlauf der Einweggleichrichtung

Die rote Kurve stellt die gleichgerichtete Wechselspannung ohne Belastung und ohne Glättungskondensator dar, die positive Halbwelle der Eingangsspannung wird dabei durchgelassen und die negative Halbwelle blockiert. Die grüne Kurve stellt die gleichgerichtete Gleichspannung ohne Belastung, aber mit Glättungskondensator dar, der Kondensator wird periodisch Auf- und Entladen (Entladeprozess exponentiell ([1], Seite 23) und glättet so die Gleichspannung, da der Stromfluss minimal wird ist hier die Glättung maximal. Die blaue Kurve stellt die gleichgerichtete Spannung unter mittlerer Last dar, wie aus Abschnitt 2.1) ersichtlich liegt hier (im Vergleich zum Leerlauf) nur noch etwa die halbe Spannung am Lastwiderstand an und die Glättungswirkung des Kondensators ist nicht mehr erkennbar.



Spannungsverlauf der Zweiweggleichrichtung

Die rote Kurve stellt die gleichgerichtete Wechselspannung ohne Belastung und ohne Glättungskondensator dar, hier werden nun beide Halbwellen der

Eingangsspannung durchgelassen, wobei die ursprünglich negative Halbwelle zu einer ebenfalls positiven Halbwelle wird. Die grüne Kurve stellt wieder die gleichgerichtete Wechselspannung ohne Belastung, aber mit Glättungskondensator dar, der Entladeprozess ist nun deutlich kürzer, da die zusätzliche Halbwelle zu einer erneuten Aufladung führt und auch hier ist die Glättung wieder maximal. Die blaue Kurve stellt die Gleichspannung mit Glättungskondensator, aber bei mittlerer Last dar, auch hier liegt im Vergleich zum Leerlauf nur noch etwa die halbe Spannung am Widerstand an und die Wirkung des Kondensators ist nicht mehr wahrnehmbar.

2.3) Bestimmung der Scheitelspannung U_m der eingehenden sinusförmigen Wechselspannung

Die Scheitelspannung U_m kann zunächst aus dem gemessenen Effektivwert der eingehenden Wechselspannung $U_{eff} = 7,2V$ bestimmt werden. Die Unsicherheiten der Spannungsmessungen ergeben sich wie in Abschnitt 2.1) erläutert $\Rightarrow u(U_{eff}) = 0,3V$. Die Scheitelspannung ergibt sich dann zu $U_m = \sqrt{2} * U_{eff} \pm \sqrt{2} * u(U_{eff}) = (10,2 \pm 0,4)V$ ([1], Seite 24). Weiterhin lässt sich die Scheitelspannung aus Messungen der Leerlaufspannungen für die Ein- und Zweiwegegleichrichtung gemäß der Formeln aus Quelle [1], Seite 23 und 24 bestimmen zu:

Metode	Spannung U_0 in V	Formel	Scheitelspannung U_m in V
Einweggleichrichtung ohne Kondensator, für Gleichspannung geeichtes Voltmeter	$3,1 \pm 0,3$	$U_m = \pi * U_0$	$9,6 \pm 0,8$
Einweggleichrichtung ohne Kondensator, für Wechselspannung geeichtes Voltmeter	$3,3 \pm 0,3$	$U_m = 2\sqrt{2} * U_0$	$9,3 \pm 0,8$
Einweggleichrichtung mit Kondensator, für Gleichspannung geeichtes Voltmeter	$9,1 \pm 0,3$	$U_m = U_0$	$9,1 \pm 0,3$
Zweiweggleichrichtung ohne Kondensator, für Gleichspannung geeichtes Voltmeter	$6,1 \pm 0,3$	$U_m = \frac{\pi}{2} U_0$	$9,6 \pm 0,4$
Zweiweggleichrichtung ohne Kondensator, für Wechselspannung geeichtes Voltmeter	$6,6 \pm 0,3$	$U_m = \sqrt{2} * U_0$	$9,3 \pm 0,4$
Zweiweggleichrichtung mit Kondensator, für Gleichspannung geeichtes Voltmeter	$8,6 \pm 0,3$	$U_m = U_0$	$8,6 \pm 0,3$

Die hier ermittelten Werte stimmen bis auf den vierten und sechsten Wert innerhalb ihrer Messunsicherheit überein, allerdings liegen die Werte 3,5 und 6 innerhalb ihrer Messunsicherheit unter dem aus dem Effektivwert der Wechselspannung ermittelten Wert, was damit zu erklären sein könnte, dass die gleichgerichtete Spannung eine etwas geringere Amplitude als die ursprüngliche Wechselspannung haben könnte.

3) Fehleranalyse und kritische Ergebniseinschätzung

Die erzielten Resultate entsprechen den Erwartungen, die Spannungsverläufe in Abschnitt 2.1) und 2.2) wurden bereits diskutiert und die ermittelten Scheitelspannungen in Abschnitt 2.3) bestätigen sich größtenteils gegenseitig. Die Scheitelspannungen, die bei Ein- und Zweiweggleichrichtung mit Kondensator ermittelt wurden sind auch erwartungsgemäß etwas geringer, da der Kondensator nur maximal bis zur Scheitelspannung aufgeladen wurde und sich danach wieder entladen hat. Dass dabei bei der Einweggleichrichtung mit Kondensator die geringste Scheitelspannung bestimmt wurde ist damit zu erklären, dass dort der Entladeprozess am längsten dauerte (vgl. Abschnitt 2.2). Insgesamt sind die ermittelten Scheitelspannungen aus den Gleichrichterschaltungen jedoch etwas geringer als die aus dem Effektivwert der Eingangsspannung ermittelte Scheitelspannung, was durch den Wirkungsgrad und den Vorwiderstand der Dioden erklärbar ist. Außerdem wurde bei den Messungen im Leerlauf immernoch ein geringer Laststrom bis etwa 0,9mA gemessen. Weitere nicht beachtete Messabweichungen sind die Innenwiderstände der Verbindungskabel, der Volt- und Amperemeter sowie des Oszilloskops. Geringfügige Abweichungen von der Sinusform der Eingangsspannung sind ebenfalls nicht auszuschließen, aber aufgrund des Sinusgenerators als gering einzuschätzen.

4) Quellenangabe (Stand: 18.01.2009)

- [1] Skript "Phys. Grundpraktikum: Elektrodynamik und Optik", 2005, online verfügbar unter [http://gpr.physik.hu-berlin.de/Skripten/Elektrodynamik und Optik/PDF-Dateien/Elektrodynamik und Optik.pdf](http://gpr.physik.hu-berlin.de/Skripten/Elektrodynamik%20und%20Optik/PDF-Dateien/Elektrodynamik%20und%20Optik.pdf)
- [2] Skript "Phys. Grundpraktikum: Einführung in die Messung, Auswertung und Darstellung experimenteller Ergebnisse in der Physik", 2007, online verfügbar unter <http://gpr.physik.hu-berlin.de/Skripten/Einfuehrung/PDF-Datei/Einfuehrung.pdf>