



Grundpraktikum II

E5 Gleichrichterschaltungen

Julien Kluge

16. Dezember 2015

Student: Julien Kluge [REDACTED]
julien@physik.hu-berlin.de

Partner: [REDACTED]
[REDACTED]

Betreuer: Dr. Uwe Müller

Raum: 313

Messplatz: 2

Inhaltsverzeichnis

1	Abstract	1
2	Versuchsdurchführung/-Erklärung	2
3	Auswertung/Fehlerberechnung	2
3.1	Messreihen mit Regelwiderstand	2
3.2	Leerlaufmessungen	4
4	Fehler-/Ergebniseinschätzung	5
4.1	Leerlaufmessung	5
4.2	Messreihe mit Regelwiderstand	5
5	Anlagen	6
5.1	Abbildungen	6
5.2	Messwerte	8
6	Literaturverzeichnis	9

1 Abstract

In diesem Versuch wurden Gleichrichterschaltungen untersucht, welche Sinus-förmige Gleichspannung in pulsierende Wechselspannung konvertiert. Dabei wurde insbesondere die Ein- / und Zweiweggleichrichtung (EWG & ZWG) untersucht, welche mit zwei verschiedenen Messgeräten aufgenommen wurde. Des weiteren wurde der Glättungseffekt eines Kondensators untersucht. Folgende Werte konnten über den Versuch ermittelt werden:

Ergebnis	EWG	ZWG
Schaltungswiderstand:	$(41.5 \pm 0.9)\Omega$	$(41.9 \pm 0.5)\Omega$
Leerlaufspannung:	$(2.99 \pm 0.05)V$	$(6.00 \pm 0.07)V$
Kurschlussstrom:	$(72 \pm 2)mA$	$(143 \pm 2)mA$
Gleichspannung (DC):	$(3.2 \pm 0.3)V$	$(6.3 \pm 0.3)V$
Gleichspannung (AC):	$(3.4 \pm 0.3)V$	$(6.8 \pm 0.3)V$
Scheitelspannung:	$(9.8 \pm 0.6)V$	$(9.7 \pm 0.3)V$
Scheitelspannung (Effektivwert):	-	$(10.5 \pm 0.4)V$

2 Versuchsdurchführung/-Erklärung

Es wurde für jeden Messdurchgang jeweils einmal den Aufbau einer Einweggleichrichterschaltung (EWG) und Zweiweggleichrichterschaltung (ZWG) benutzt. Als erstes wurden die Messungen im Leerlauf, also ohne geschalteten Verbraucher, durchgeführt. Dabei wurde ebenfalls die Versorgungsspannung gemessen durch welche später die Scheitelspannung des Effektivwertes für die ZWG-Reihe berechnet werden kann.

Nun wurde ein regelbarer Widerstand in die Schaltung integriert, (Drehpotentiometer) durch den effektiv die Spannung/Stromstärke variiert werden konnte. Sowohl die EWG als auch die ZWG wurden einmal mit und ohne einen eingeschalteten Kondensator $10 \mu\text{F}$ gemessen. Für beide Messreihen wurde ein äquidistanter Abstand für die Stromstärke vom Minimum zum dazugehörigen Maximum gewählt. Nach den Gleichungen des Scripts¹ waren folgende ähnliche Verläufe auf dem angeschlossenen Oszilloskop zu erwarten und wurden auch beobachtet:

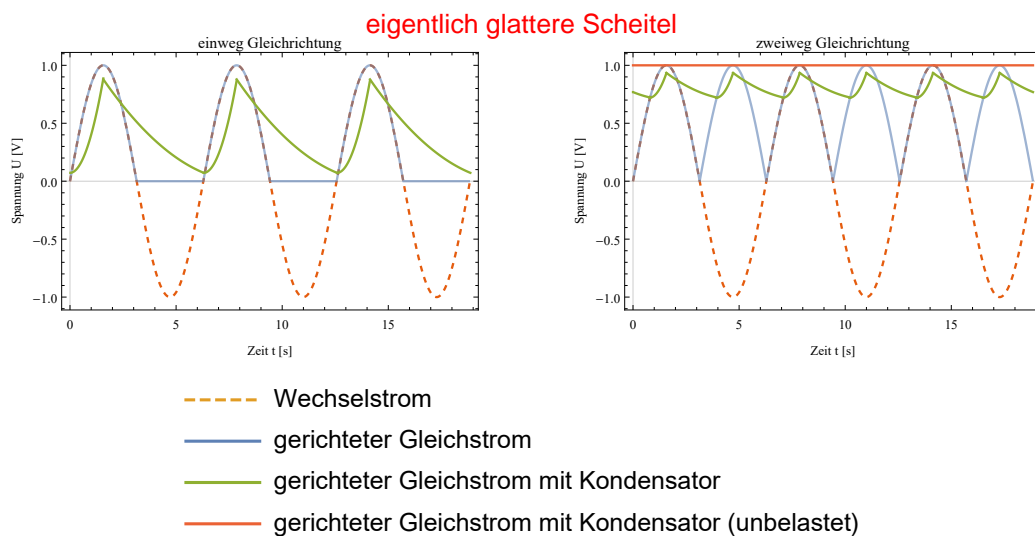


Abbildung 1: Erwartete/beobachtete zeitliche Verläufe der Spannungskurve. Dabei ist zu beachten, dass der rote Verlauf, keine perfekte Gerade ist sondern nur ein sehr glattes Derivat der belasteten Kurve darstellt. Des Weiteren war der reale Verlauf für die Linien mit Kondensator weicher um ihren Scheitelpunkt herum.

Nach zwei, der vier gewonnenen, Messreihen (ohne geschalteten Kondensator) konnte eine lineare Regression durchgeführt werden um den Regelwiderstand, der den Anstieg darstellt, die Leerlaufspannung (Schnittpunkt mit der Ordinatenachse) und den Kurzschlussstrom (Schnittpunkt mit der Abszissenachse) zu bestimmen. Die aufgenommenen Messwerte sind im Anhang zu finden. Beide Regressionen befinden sich ebenfalls, zur gesonderten Betrachtung, im Anhang.

3 Auswertung/Fehlerberechnung

3.1 Messreihen mit Regelwiderstand

Die zuvor erwähnten Regressionen führt man über folgende Gleichung¹ durch:

$$\bar{U}(I_L) = R_i \cdot I_L + U_0 \quad (1)$$

Trägt man die alle Werte gemeinsam in einen Graphen ein und führt die Regression durch, entsteht die folgende Abbildung:

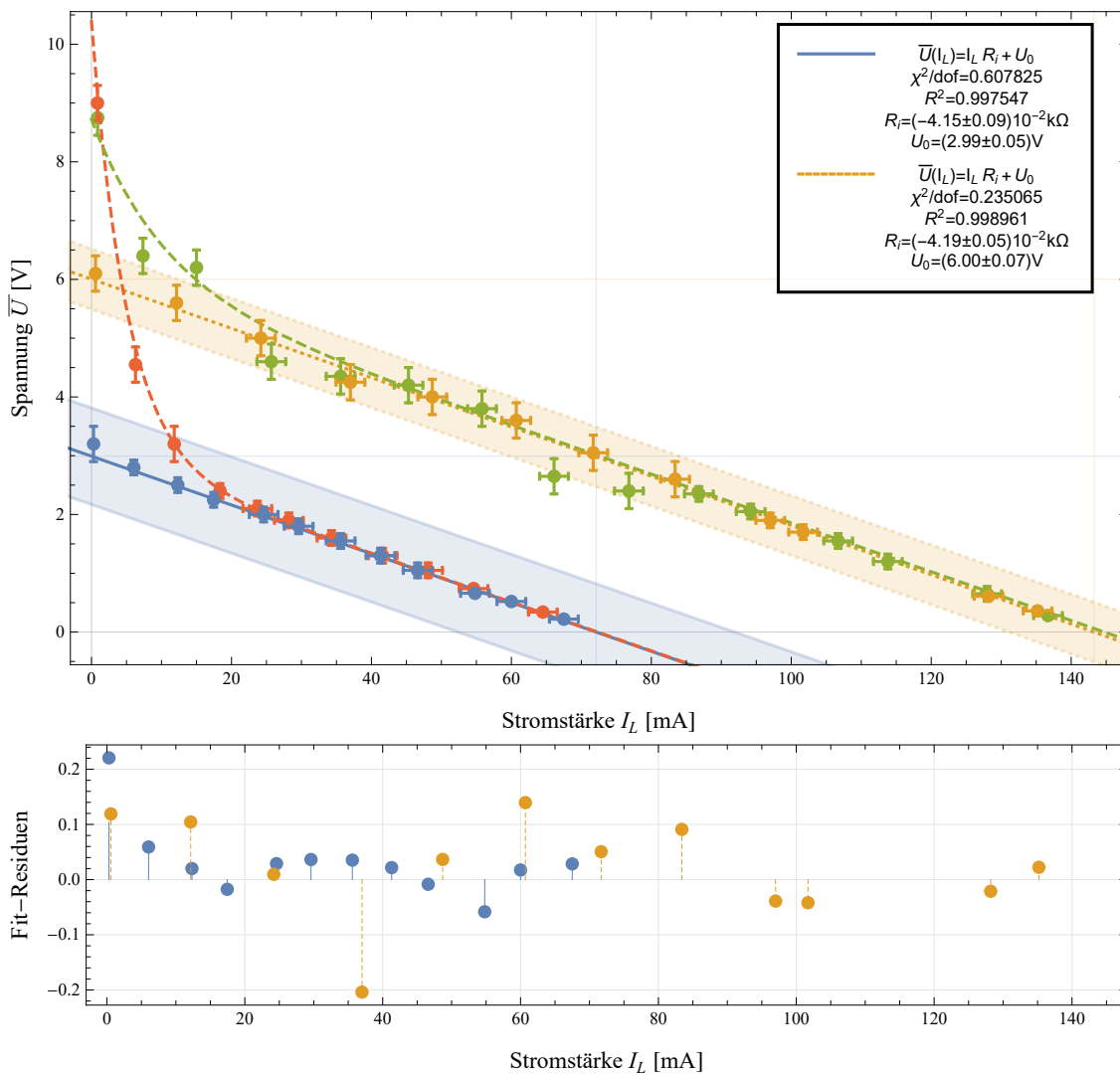


Abbildung 2: Abhängigkeit der gemessenen Spannung \bar{U} und der Stromstärke I_L und Regression nach der angegebenen Gleichung 1. Es gilt: Blau: kein Kondensator, EWG; Orange: kein Kondensator, ZWG; Rot: 10 μ F-Kondensator, EWG, spline interpolierte Kurve; Grün: 10 μ F-Kondensator, ZWG, spline interpolierte Kurve;

Wie leicht zu sehen ist, nähern sich die Kurven mit zugeschalteten Kondensator asymptotisch nach steigender Stromstärke immer mehr den Verläufen, die ohne zugeschalteten Kondensator aufgenommen wurden. Das erklärt sich leicht darin, dass je kleiner der Widerstand ist, desto mehr fließt natürlich über diesen ab und das System lädt den Kondensator immer weniger bis es sich verhält, als wäre keiner mehr geschaltet. Beide Kondensator-Kurven werden aber nicht als weiteres Mittel für die Regression genutzt, da zu wenige Messwerte am Anfang dieser Reihen genommen wurden, um ein numerisch stabiles Ergebnis zu erhalten. Eine Regressionsfunktion die bei zureichenden Daten benutzt hätte werden können ist: $\bar{U}(I_L) = R_I \cdot I_L + U_0 + a \cdot e^{b \cdot I_L}$ mit dementsprechenden $b < 0$. Aus dem Ergebnis lässt sich unmittelbar der Regelwiderstand als negativer Anstieg der Funktionen ablesen.

Dabei waren ca. 39Ω als Richtwert angegeben.

- für EWG: $(41.5 \pm 0.9)\Omega$
- für ZWG: $(41.9 \pm 0.5)\Omega$

Alle im nächsten Abschnitt angegeben Unsicherheiten wurden mit Gaußscher-Fehlerfortpflanzung² bestimmt.

Setzt man nun in die Funktion $I_L = 0$ ein, erhält man den Schnittpunkt mit der Ordinatenachse und damit die Leerlaufspannung.

- für EWG: $(2.99 \pm 0.05)V$
- für ZWG: $(6.00 \pm 0.07)V$

Setzt man die linke Seite der Gleichung zu null, kann man ebenfalls den Schnittpunkt mit der Abszissenachse und damit den Kurzschlussstrom bestimmen.

- für EWG: $(72 \pm 2)mA$
- für ZWG: $(143 \pm 2)mA$

Beide Messreihen (EWG und ZWG) sind noch einmal einzeln zu genaueren Betrachtung im Anhang aufgeführt (Abbildungen 3 und 4).

3.2 Leerlaufmessungen

Für die Messungen im Leerlauf wurde sowohl für Wechselstrom (AC) als auch Gleichstrom (DC) gemessen. Es fällt auf, dass diese Messungen sich jeweils mit einem Faktor von circa 1.1 unterscheiden (genauer: EWG: 1.06; ZWG: 1.08). Das beruht auf folgenden mathematischen Zusammenhang:

$$U_{AC} = \frac{\pi}{2\sqrt{2}}U_{DC}$$

$$\frac{\pi}{2\sqrt{2}} \approx 1.11$$

der damit für diese Messung als bestätigt gesehen werden kann. Für alle Messungen blieb die Versorgerspannung bei konstant $(7.4 \pm 0.3)V$. Damit kann nach $U_{eff.} = \frac{U_m}{\sqrt{2}}$ der Wert für die Scheitelspannung U_m berechnet werden der erwartet wird.

$$U_m = (10.5 \pm 0.4)V$$

Für die EWG sind folgende Relationen gegeben¹:

$$U_m = \pi \cdot U_{DC} \quad (2)$$

$$U_m = 2\sqrt{2} \cdot U_{AC} \quad (3)$$

Für ZWG gilt dem entgegen:

$$U_m = \frac{\pi}{2} \cdot U_{DC} \quad (4)$$

$$U_m = \sqrt{2} \cdot U_{AC} \quad (5)$$

Da in den berechneten Werten die Unsicherheitsintervalle einander überlappen, kann ein gewichtetes Mittel gebildet werden.

Ergebnis	EWG	ZWG
DC	$(10.1 \pm 0.9)V$	$(9.9 \pm 0.5)V$
AC	$(9.6 \pm 0.8)V$	$(9.6 \pm 0.4)V$
gewichtetes Mittel	$(9.8 \pm 0.6)V$	$(9.7 \pm 0.3)V$

4 Fehler-/Ergebniseinschätzung

4.1 Leerlaufmessung

Es fällt auf, dass die Ergebnisse für die Scheitelspannung nicht gleich sind. Dem entgegen sind sie sogar weit unter dem erwarteten Wert. Das lässt sich auf mehrere Gründe zurückführen. Der Unterschied der beiden berechneten Werte ist durchaus auf zufällige Messfehler zurückzuführen, da sich beide im Fehlerintervall sehr nah überlappen. Ein wichtiger Faktor ist der Innenwiderstand des Messgerätes, der wie aus Versuch E2 bekannt, bei mehreren zehn Kilo-Ohm liegt. Des weiteren befinden sich in einem realen Stromkreis immer ohmsche Verbraucher, es fließt also ein bestimmter Strom/wird verbraucht und es wird kein Zustand völligen Leerlaufes erreicht. Das resultiert in einer kleineren Scheitelspannung. Ebenfalls unbeachtet bleibt der Abfluss von Strom an das Oszilloskop welches ebenfalls einen ohmschen Verbraucher darstellt. Im Nachhinein stellt sich so natürlich der Verbesserungsvorschlag das Oszilloskop nur am Anfang zur Kontrolle anzubringen und für den Messvorgang aus dem Stromkreis zu entfernen. Trotzdem sollte die dadurch erzeugte Unsicherheit sehr klein sein und wird nur für Präzisionsmessungen wichtig die mit vorhandenem Gerät kaum möglich waren.

4.2 Messreihe mit Regelwiderstand

Aus Abbildung 2 gehen einige Zusammenhänge zwischen den vier Messreihen hervor. Zu aller erst fällt auf, dass der Anstieg nahezu gleich ist. Für die ZWG ist er nur minimal größer was sich mit der zusätzlichen Diode erklären lässt. Es folgt also die erwartete Interpretation, dass der Widerstand für alle Messreihen nahezu gleichgroß war und lediglich die Leerlaufspannung doppelt so groß war (was bei effektiv doppelter Leistung auch zu erwarten war). Schön zeigt sich dieser Zusammenhang auch, wenn man eine senkrechte Linie von dem Schnittpunkt mit der Abszissenachse und eine horizontale Linie am Schnittpunkt mit der Ordinatenachse macht. Der Punkt an dem sich diese beiden Linien treffen, ist wieder Teilpunkt der Regression für die zweiten Reihe. Weitere Zusammenhänge würden auch für höhere Leerlaufspannungen gelten.

Ein besonderes Augenmerk muss auf die ZWG-Reihe mit geschalteten Kondensator geworfen werden. Die Werte sind unerwartet unstat und entsprechen nur entfernt dem erwarteten exponentiellen Zusammenhang wie er auch in der EWG-Reihe zu finden ist. Insgesamt sind dort 4 direkte Messpunkte welche in ihrem Unsicherheitsintervall nicht mehr in der Regressionsgerade liegen. Es lässt sich kein Zusammenhang mit den Werten und Umschalten zwischen Messbereichen finden und das Messgerät hat für alle anderen Reihen korrekt gearbeitet. Denkbar wäre ein Wackelkontakt/unsauberer Kontakt, der zufällig zu einer schlechteren Messung führt. Unterstützt wird diese Vermutung dadurch, dass alle Ausreißer stets unterhalb der Regressionsgerade waren und somit zu dem Messzeitpunkt weniger Strom fließen konnte als normal.

Insgesamt ist diese Methode dominiert durch die Unsicherheiten der Messgeräte (und deren Innenwiderstände). Weitere Unsicherheiten die durch ohmsche Verbraucher entstehen sind als recht klein anzusehen aber nicht vernachlässigbar wie die Regression gezeigt hat, da die Diskrepanz maximal $+1.9\ \Omega$ vom Richtwert $39\ \Omega$ nach oben hin entspricht, was sich durch die zusätzlichen Widerstände erklärt.

5 Anlagen

5.1 Abbildungen

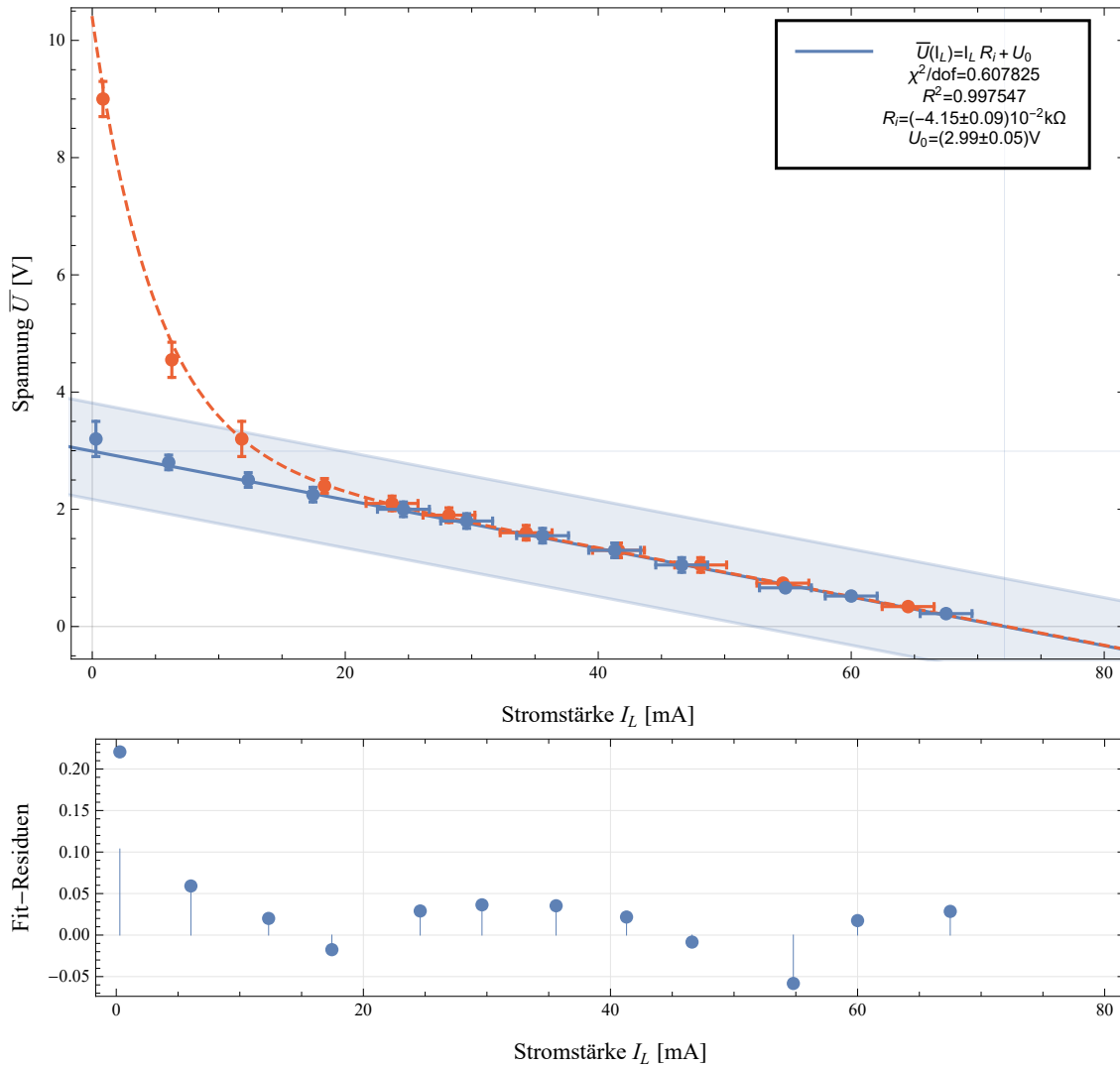


Abbildung 3: Messreihe der EWG über die Abhängigkeit der Spannung \bar{U} von der Stromstärke I_L . Rot beschreibt die Reihe mit dem 10 μF -Kondensator

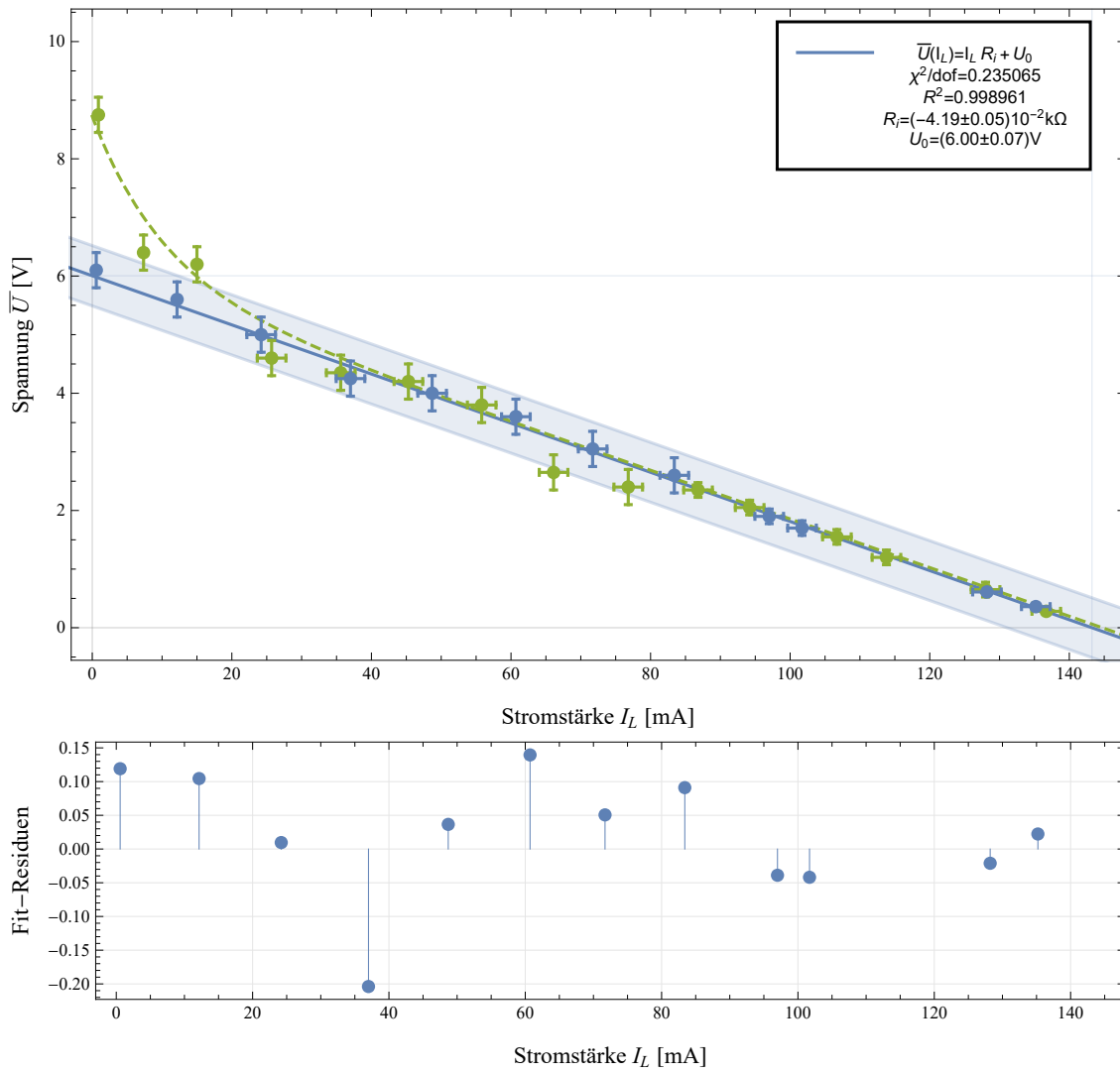


Abbildung 4: Messreihe der ZWG über die Abhängigkeit der Spannung \bar{U} von der Stromstärke I_L . Grün beschreibt die Reihe mit dem $10 \mu\text{F}$ -Kondensator

5.2 Messwerte

Einweg:		Vorsorgung U		7,4V	} Messbereich 10V 3.)				
U-nach DC		3,2V		} · 7,7!					
7kU-nach AC		3,4V							
Zweiweg:		Vorsorgung:		7,4V					
U-nach DC		6,3V		} · 7,7!					
U-nach AC		6,8V							
10µF Kondensator									
Einweg:		10VMB	30VMB	U=7,4V U-DC=10V U-AC=11V					
Zweiweg		10VMB	20 30VMB	7,4V U-DC=10V U-AC=11V					
Einweg, ohne Kondensator 2.)									
Einweg, mit									
Zweiweg, ohne Kondensator									
Zweiweg, mit Kondensator									
Zweiweg, mit Kondensator, mit Belastung									
1.) Zweiweg, 10µF,									
U	1:0,28V	3:0,65	7,2	7,55	2,05 2,35	10:2,4	2,65	3,8	
I _L	200:136,7mA	128,0	113,8	106,7	99,2 86,8	76,8	66,1	55,8	
	4,2	4,35	4,6	6,2	6,4	8,75			
	95,3	35,6	25,7	20:15,00	7,35	0,88			
Einweg, 10µF									
U	10:9V	9,55	3,2	2,2 3: 4	2,1	7,9	7,6	7,3	7,05
I _L	20:0,85	6,29	11,82	18,36	200:23,7	28,2	34,3	41,6	48,1

Abbildung 5: Seite 1 der Messwerte

\bar{u}	1:0,74	0,39							
I_L	54,6	64,5							
zweiweg, kein Kondensator									
\bar{u}	10:6,1	5,6	5,0	4,25	4,0	3,6	3,05	2,6	3:7,9
I_L	20:0,57	12,15	200:24,2	300:7,0	48,7	60,7	71,7	83,4	97,0
\bar{u}	1,7	1:0,61	0,36						
I_L	107,7	128,2	135,2						
einweg, kein Kondensator									
\bar{u}	10:3,2	3:2,8	2,5	2,25	2,00	1,8	1,55	1,3	1,05
I_L	20:0,29	6,04	12,33	17,45	200:24,6	29,6	35,6	41,3	46,6
\bar{u}	1:0,66	0,52	0,22						
I_L	59,8	60,0	67,5						
Messplatte 2									
08.12.15									

Abbildung 6: Seite 2 der Messwerte

6 Literaturverzeichnis

- [1] Dr. Uwe Müller: *Physikalisches Grundpraktikum: Elektrodynamik und Optik*, 2010
- [2] Dr. Uwe Müller: *Physikalisches Grundpraktikum: Einführung in die Messung, Auswertung und Darstellung experimenteller Ergebnisse in der Physik*, 2007