

# 1 Einleitung

# 2 Theorie

# 3 Durchführung

# 4 Auswertung

## 4.1 Fehlerrechnung

In Folgenden sind die während des Versuchs aufgenommenen Daten tabellarisch dargestellt und die mit Hilfe des digitalen Oszilloskops aufgenommenen Bilder, zur Veranschaulichung der angezeigten Signale, eingebunden. An entsprechender Stelle sind Erklärungen zu den Messwerten und Rechnungen gegeben.

## 4.2 Aufbau der Schaltung

Abbildung 1 und 2, sowie die in den nachfolgendem Abschnitt 4.3 befindlichen Abbildungen zeigen die Veränderung des, vom Oszilloskop angezeigten Signals beim sukzessiven Aufbau der Schaltung und Durchführung des Versuchs. Das Signal  $U_{sig}$  aus dem *Oscillator Output* ist in seiner Amplitude variabel, wohingegen das Referenzsignal  $U_{ref}$  aus dem *Reference Output* mit  $\hat{U}_{ref} = (6,6 \pm 0,1) \text{ V}$  eine konstante Amplitude. Abbildung 1 zeigt das durch den Vorverstärker (mit Gain: 1) verstärkte Signal  $U_{sig}$  und Abbildung 2 zeigt das Referenzsignal  $U_{ref}$ .

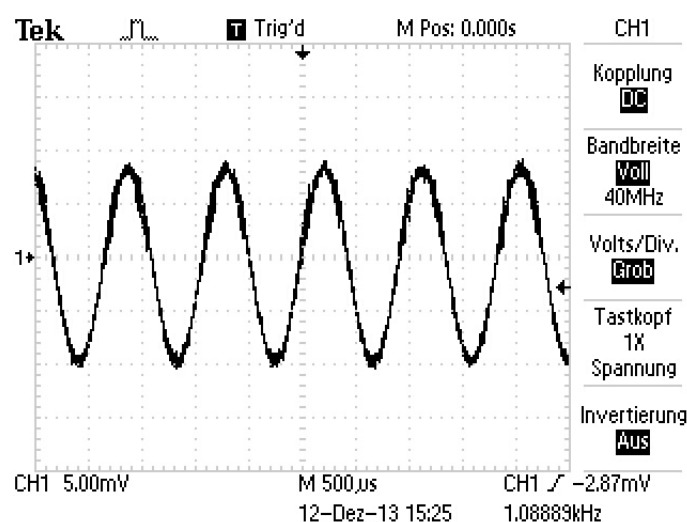


Abbildung 1: Verstärkte Signalspannung  $U_{sig}$

Die durch die Mischung von  $U_{sig}$  und  $U_{ref}$  veränderten Signalformen sind im folgenden Abschnitt 4.3 dargestellt.

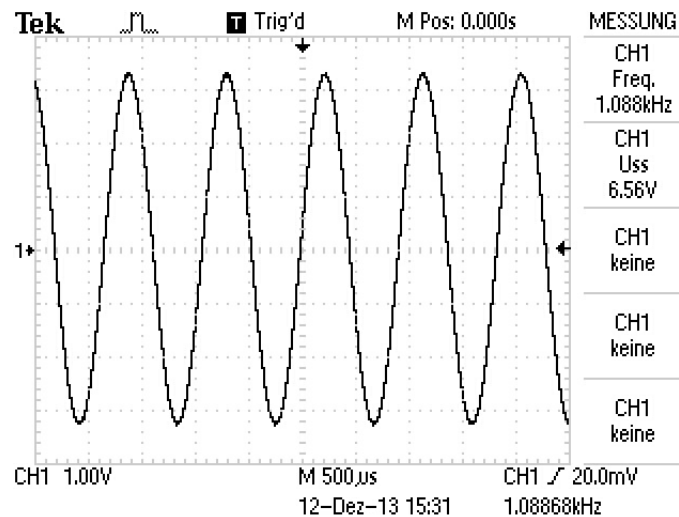


Abbildung 2: Referenzspannung  $U_{ref}$

### 4.3 Messung ohne Noise-Generator

In den Abbildungen 3 bis 7 sind die am Oszilloskop zu beobachtenden Signale zu sehen, wobei die Phasendifferenz bei Abbildung 3  $\phi = 0$  ist und zur jeweils nächsten Abbildung um  $\pi/6$  erhöht wird.

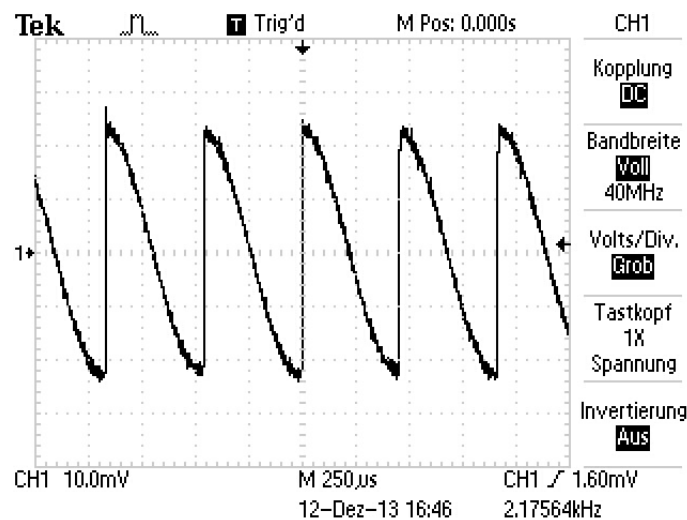


Abbildung 3: Mischungssignal mit  $\phi = 0$

Durch die Integration des Signals durch den Tiefpass erhält man eine konstante Gleichspannung  $U_{out}$ , deren Form am Beispiel für  $\phi = 0$  in Abbildung 8 dargestellt.

Die Messwerte für diese Ausgabespannung  $U_{out}$  sind zusammen mit der entsprechenden Phase in Tabelle 1 eingetragen.

An der grafischen Darstellung dieser Messwerte in Abbildung 9 ist festzustellen, dass die aufgenommene Messwerte nicht dem durch die Theorie prognostiziertem Verlauf von ??, mit der Proportionalität zu  $\cos(\phi)$  folgen, sondern Proportional zu  $\sin(\phi)$  verlaufen.

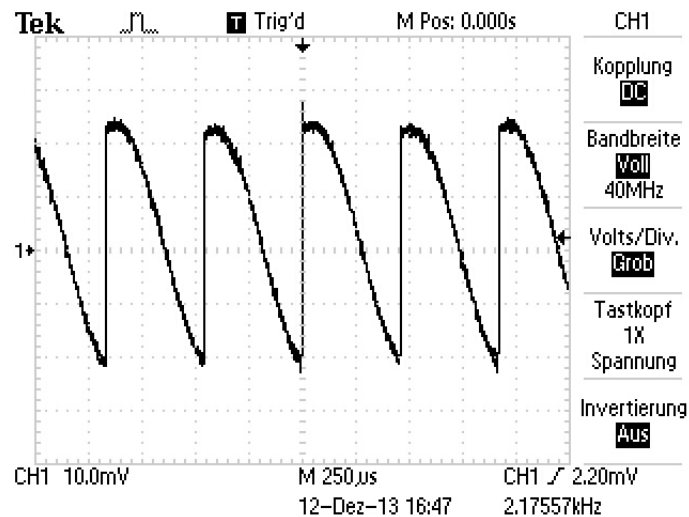


Abbildung 4: Mischungssignal mit  $\phi = \frac{\pi}{6}$

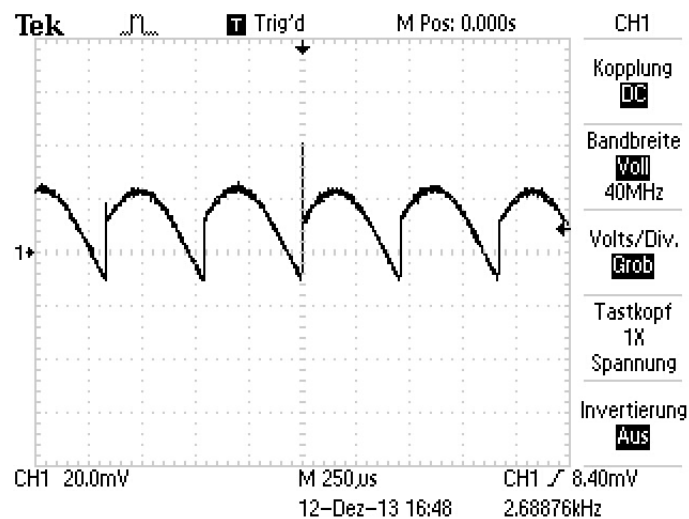


Abbildung 5: Mischungssignal mit  $\phi = \frac{\pi}{3}$

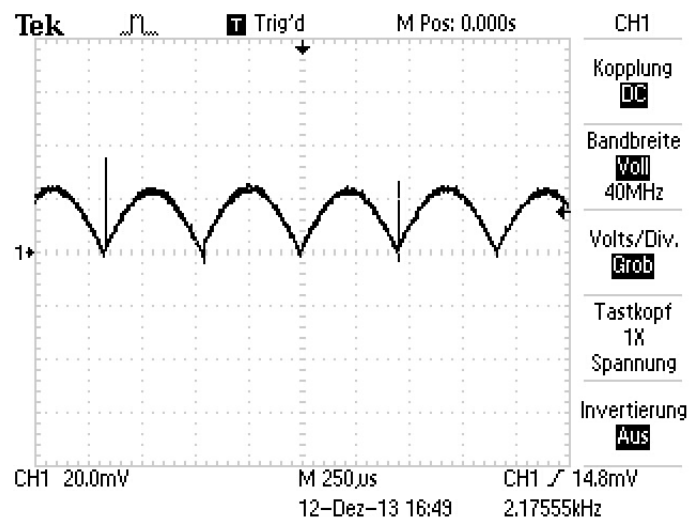


Abbildung 6: Mischungssignal mit  $\phi = \frac{\pi}{2}$

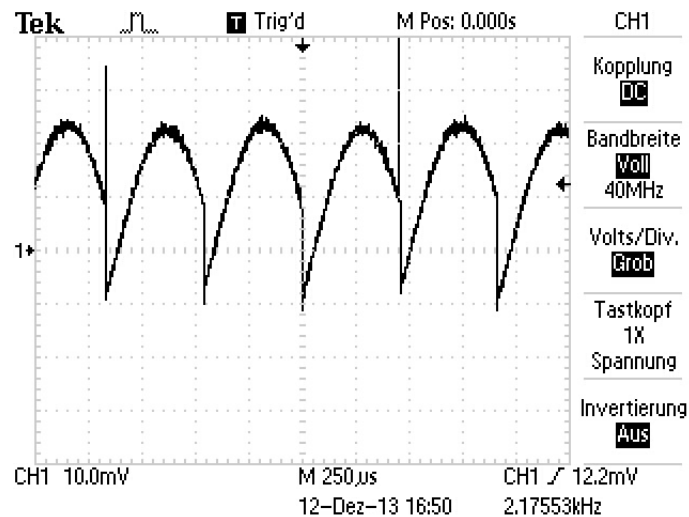


Abbildung 7: Mischungssignal mit  $\phi = \frac{2\pi}{3}$

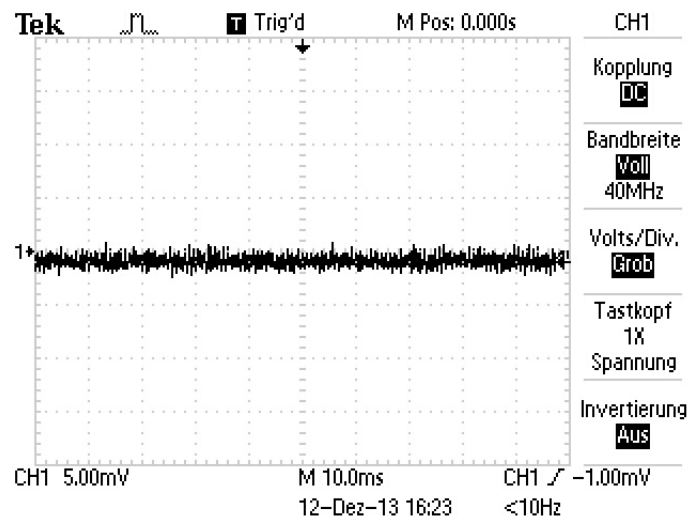


Abbildung 8: Integriertes Ausgabesignal für  $\phi = 0$

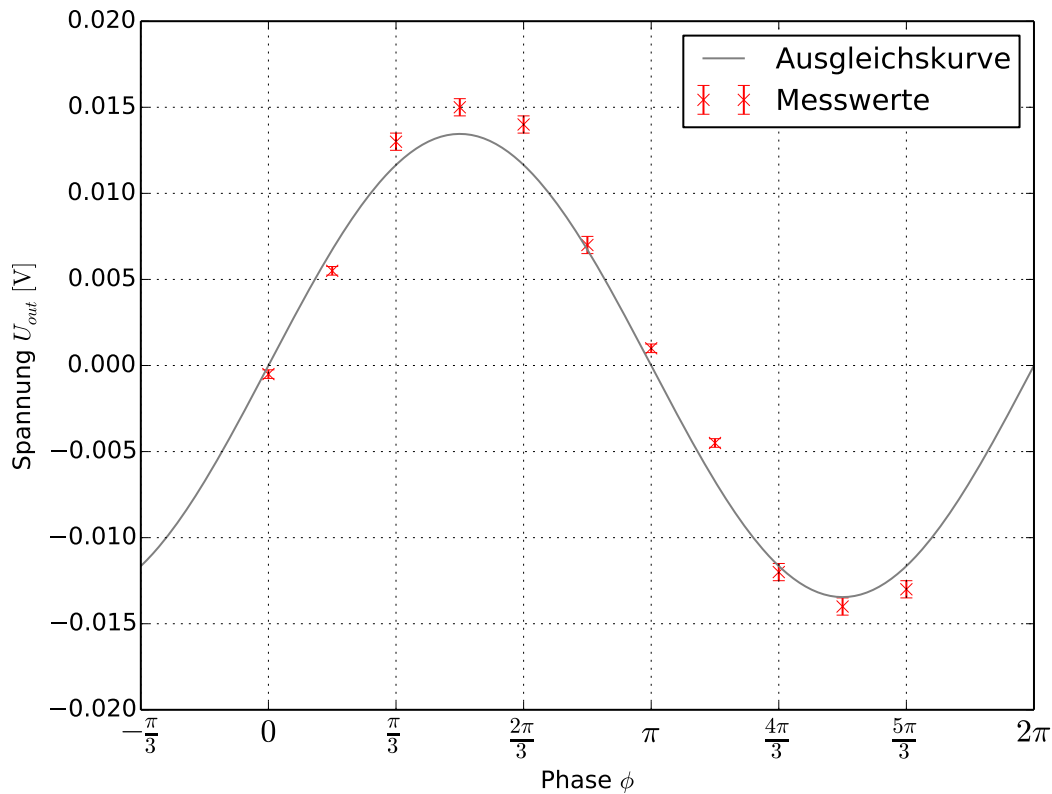
Phase $\phi$ [°]	Spannung $U_{out}$ [V]	Spannung $U_0$ [V]
0,000	$-0,0005 \pm 0,0003$	-
30,000	$0,0055 \pm 0,0003$	$0,0173 \pm 0,0008$
60,000	$0,0130 \pm 0,0005$	$0,0236 \pm 0,0009$
90,000	$0,0150 \pm 0,0005$	$0,0236 \pm 0,0008$
120,000	$0,0140 \pm 0,0005$	$0,0254 \pm 0,0009$
150,000	$0,0070 \pm 0,0005$	$0,022 \pm 0,002$
180,000	$0,0010 \pm 0,0003$	-
210,000	$-0,0045 \pm 0,0003$	$0,0141 \pm 0,0008$
240,000	$-0,0120 \pm 0,0005$	$0,0218 \pm 0,0009$
270,000	$-0,0140 \pm 0,0005$	$0,0220 \pm 0,0008$
300,000	$-0,0130 \pm 0,0005$	$0,0236 \pm 0,0009$

Tabelle 1: Messwerte der Messung ohne Noise-Generator

Daher wird für die weitere Bearbeitung dieser Messwerte anstelle von ?? die Gleichung

$$U_{out} = \frac{2}{\pi} U_0 \sin(\phi) \quad (1)$$

verwendet.



**Abbildung 9:** Verlauf der Messwerte ohne Rauschen mit Ausgleichskurve

Die in Abbildung 9 dargestellte Theoriekurve hat dabei die Form  $U(\phi) = U_0 \sin \phi$  mit der Amplitude  $U_0 = (0,0135 \pm 0,0008) \text{ V}$ , welche mit Hilfe der Python-Bibliothek SciPy [1] bestimmt wurde.

Durch Umstellen von (1) erhält man die ebenfalls in Tabelle 1 eingetragenen Werte für die Amplitude der Signalspannung  $U_0$  nach der Gleichung

$$U_0 = \frac{\pi}{2} \frac{U_{out}}{\sin(\phi)}. \quad (2)$$

Der Mittelwert dieser Werte ergibt sich zu

$$\langle U_0 \rangle = (0,022 \pm 0,001) \text{ V}, \quad (3)$$

wobei für den angegebene Fehler die Abweichung vom Mittelwert berechnet und keine Fehlerfortpflanzung verwandt wurde, da dieser Fehler klein gegen über der angegebenen

Abweichung ist.

## 4.4 Messung mit Noise-Generator

Die Messwerte der Messung mit zwischengeschaltetem Noise-Generator sind in Tabelle 2 zusammen mit denen aus diesen Werten berechneten Signalspannungsamplituden  $U_0$  eingetragen.

Phase $\phi$ [°]	Spannung $U_{out}$ [V]	Spannung $U_0$ [V]
0,000	$0,0005 \pm 0,0003$	-
30,000	$-0,0020 \pm 0,0003$	$0,0063 \pm 0,0008$
60,000	$-0,0050 \pm 0,0003$	$0,0091 \pm 0,0005$
90,000	$-0,0060 \pm 0,0003$	$0,0094 \pm 0,0004$
120,000	$-0,0055 \pm 0,0003$	$0,0100 \pm 0,0005$
150,000	$-0,0025 \pm 0,0003$	$0,0079 \pm 0,0008$
180,000	$0,0000 \pm 0,0003$	-
210,000	$0,0020 \pm 0,0003$	$0,0063 \pm 0,0008$
240,000	$0,0060 \pm 0,0003$	$0,0109 \pm 0,0005$
270,000	$0,0070 \pm 0,0003$	$0,0110 \pm 0,0004$
300,000	$0,0065 \pm 0,0003$	$0,0118 \pm 0,0005$

**Tabelle 2:** Messwerte der Messung mit Noise-Generator

Als Mittelwert der berechneten Signalspannungsamplituden erhält man

$$\langle U_0 \rangle = (-0,092 \pm 0,006) \text{ V} \quad (4)$$

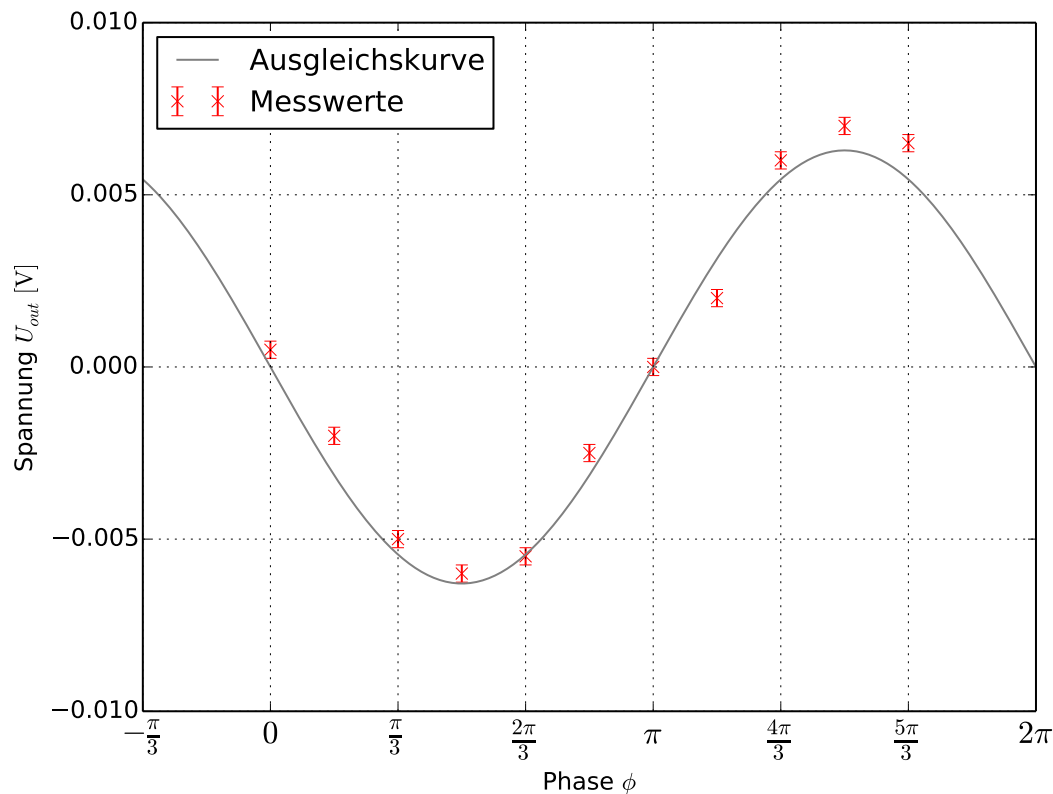
und auch hier ist der angegebene Fehler die Abweichung vom Mittelwert.

In Abbildung 10 sind die Messwerte zusammen mit einer Ausgleichskurve der Form  $U(\phi) = U_0 \sin \phi$  mit  $U_0 = (-0,0063 \pm 0,0003) \text{ V}$  aufgetragen.

## 4.5 Messung der Intensität einer LED in Abhängigkeit des Abstands

Die Messwerte für den Abstand und der am Lock-In-Verstärker abgelesenen Spannung als Maß der Lichtintensität sind in Tabelle 3 zu finden.

Dabei wurden während der Messungen zwischen  $r = (0,226 \pm 0,001) \text{ m}$  und  $r_{max} = 0,401 \text{ m}$  noch Veränderungen der Spannung festgestellt, die jedoch kleiner als der Ablesefehler waren und somit nicht bestimmt werden konnten. Bei Abständen  $r > r_{max}$  konnten keine Spannungsveränderungen mehr festgestellt werden. Die Messwerte sind in ?? grafisch dargestellt und durch eine Ausgleichskurve ergänzt, die die Form  $U = U_0 r^{-2}$  mit  $U_0 = (0,13 \pm 0,01) \text{ V}$  hat. Die Antiproportionalität zu  $r^2$ , ist an zunehmen, da es sich



**Abbildung 10:** Verlauf der Messwerte mit Rauschen mit Ausgleichskurve

Abstand $r$ [m]	Spannung $U_{out}$ [V]
$0,026 \pm 0,001$	$0,0180 \pm 0,0005$
$0,046 \pm 0,001$	$0,0100 \pm 0,0005$
$0,066 \pm 0,001$	$0,0060 \pm 0,0005$
$0,086 \pm 0,001$	$0,0040 \pm 0,0005$
$0,106 \pm 0,001$	$0,0025 \pm 0,0003$
$0,126 \pm 0,001$	$0,0020 \pm 0,0003$
$0,146 \pm 0,001$	$0,0015 \pm 0,0003$
$0,166 \pm 0,001$	$0,0010 \pm 0,0003$
$0,186 \pm 0,001$	$0,0008 \pm 0,0003$
$0,206 \pm 0,001$	$0,0005 \pm 0,0003$
$0,226 \pm 0,001$	$0,0003 \pm 0,0003$
$0,401 \pm 0,001$	$0,0000 \pm 0,0003$

**Tabelle 3:** Messwerte der Intensität im Abstand  $r$

bei der LED um eine Punktquelle von elektromagnetischer Strahlung handelt, für deren Intensität diese Proportionalität gilt. Dies sei hier kurz gezeigt:

Bezeichnetet  $S$  die Intensität einer elektromagnetischen Kugelwelle, so ist die Strahlungsleistung  $P$  gegeben durch

$$P = \int S \, dA$$

Betrachtet man das Flächenelement einer Kugeloberfläche  $dA = r^2 \sin(\theta) d\phi d\theta$  ergibt das Integral:

$$P = 4\pi r^2 \cdot S$$

woraus folgt

$$S = \frac{P}{4\pi r^2} \propto \frac{1}{r^2}$$



## 5 Diskussion

In diesem Abschnitt werden die in Abschnitt 4 erhaltenen Ergebnisse noch einmal auf Plausibilität untersucht und mit dem Versuchsaufbau und der Versuchsdurchführung in Beziehung gesetzt.

Die in Abschnitt 4.3 erhaltenen Ergebnisse scheinen Plausibel, da analog zu der theoretischen Prognose eine Spannung  $U_{out}$  gemessen wurde die proportional zur Signalspannung  $U_{sig}$  ist. Jedoch weisen die gemessenen Werte gegen über der Theorie einen systematischen Fehler auf, welcher sich in Form einer Phasen Verschiebung von  $\Delta\phi = -90^\circ$  äußert. Durch diese Verschiebung folgen die Messwerte einem sinusförmigen Verlauf, anstelle dem eines Kosinus. Dieser Fehler tritt auch bei der Messung mit Rauschen in Abschnitt 4.4 auf, wobei die Verschiebung dabei  $\Delta\phi = 90^\circ$  ist, sodass die Messwerte einem negativen Sinus folgen. Eine Ursache für diesen Fehler zu finden ist aus den Messwerten, jedoch nicht möglich da es sich wie zu vermuten ist um einen internen Fehler der verwendeten Apparatur handelt.

Ansonsten zeigen auch die in Abschnitt 4.5 gemessenen Werte, dass der Lock-In-Verstärker auch schwache Signale, wie das Leuchten der LED auf größere Distanzen, auch unter erschweren Bedingungen, wie dem Umgebungslicht aufnehmen und wiedergeben kann.

## Literatur

- [1] *SciPy*. Dez. 2013. URL: <http://docs.scipy.org/doc/>.