

---

---

Versuch 25

3. September 2021

**Oszilloskop**

Physikalisches Anfängerpraktikum I

Juan Provencio

Betreuer: Sebastian Blänsdorf

---

---

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Ziel des Versuches</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>Grundlagen</b>	<b>2</b>
2.1	Bestandteile eines Oszilloskops . . . . .	2
2.2	Funktionsweise eines Oszilloskops . . . . .	3
2.3	Lissajous-Figuren . . . . .	4
<b>3</b>	<b>Versuchsaufbau</b>	<b>5</b>
3.1	Materialien und Geräte . . . . .	5
3.2	Aufbau . . . . .	6
<b>4</b>	<b>Messung und Auswertung</b>	<b>7</b>
4.1	Messprotokoll . . . . .	7
4.2	Auswertung . . . . .	8
<b>5</b>	<b>Zusammenfassung und Diskussion</b>	<b>11</b>
5.1	Zusammenfassung . . . . .	11
5.2	Diskussion . . . . .	12
<b>6</b>	<b>Quellen</b>	<b>13</b>

# 1 Ziel des Versuches

Das Oszilloskop ist eins der wichtigsten Geräten, die uns in der Elektrotechnik zur Verfügung stehen. Es kann uns

[eigenhändig die tiefsten Geheimnisse der Elektronik zeigen]

nach Angabe des Video-Inhalterstellers Mehdi Sadaghdar (ElectroBOOM, 2020). Dabei kann ein Oszilloskop aber "nur" die Spannung messen. In diesem Experiment wollen uns mit der Funktionsweise des Geräts bekannt machen und die Bedeutung dieses in der Elektrotechnik und anderen Bereichen untersuchen. Wir werden dafür die Spannung von zeitabhängigen Signalen analysieren. Zuletzt werden wir Signale senkrecht gegeneinander darstellen und die Entstehung sogenannter Lissajous-Figuren beobachten.

## 2 Grundlagen

### 2.1 Bestandteile eines Oszilloskops

Das Oszilloskop besitzt für eine einfache Anwendung hauptsächlich 3 Sachen. Als erstes ein Input, wo ein Signal reinkommen kann. Normalerweise benutzt man zur Analyse von elektronischen Geräten eine Oszilloskop-Sonde, das ist wie eine Art Bleistift, den man an Spannungserzeugende Bestandteile einer Schaltung legt und daraus das Signal auf das Schirm des Scopes' übertragen kann. Wir benutzen aber für die Signale ein Funktions- und ein Signalgenerator.

Dann braucht es auf jeden Fall ein Bildschirm, damit man überhaupt was sehen kann.

Mit den Knöpfen und Tasten kann man die reinkommende Information steuern und analysieren. Beispielsweise kann man mit der **Kopplung** angeben, ob man den AC oder DC Anteil eines Signals will, oder ob man eine Referenzspannung auf 0 V mit **Erde** erhalten will. Andere nützliche Einstellungen sind natürlich die Knöpfe zur Steuerung der Signale, die das Bild auf dem Schirm anpassen. Diese befinden sich um **1** und **2** und auf der Sektion für die horizontale Steuerung für die Zeit-Achse. Mit der **Measure** Funktion kann man die Eigenschaften des Signals angegeben bekommen. Da liest man zum Beispiel die Spitze-Spitze-Spannung, die Periode, die Frequenz und die Gleichgewichtsspannung ab, aber kann es auf bis gleichzeitig 6 der verschiedenen Größen einstellen. Diese ist besonders nützlich, weil sie die wichtigsten Eigenschaften des Signals mit größerer Genauigkeit als die ma-

nuelle Einstellung des **Cursor**-Knopfs am Graph des Signals. Der **Trigger** hilft bei der Analyse von periodischen Signalen. Ein Oszilloskop misst ein Signal in Echtzeit und muss es entsprechend auf ein Bildschirm zeigen. Obwohl man die Zeitskala so einstellen kann, dass dies schneller oder langsamer vergeht, wird man in den meisten Fällen ein inkohärentes Signal was überall auf dem Bildschirm hin und her springt. Bei periodischen Signalen kann man es aber mit dem **Trigger** so einstellen, dass das Bildschirm nur genau dann das Signal zeigt, wenn die gemessene Spannung eine eingestellte Grenze von der "steigenden" oder "fallenden" Flanke überschreitet. Damit wird ein auf dem Bildschirm kontinuierliches Signal gezeigt.

## 2.2 Funktionsweise eines Oszilloskops

Im Allgemeinen dient ein Oszilloskop dazu, die zeitliche Entwicklung einer Spannung zu messen und analysieren. Wobei ein normaler Spannungsmesser auf dem Schirm eine Zahl angibt, zeigt ein Oszilloskop den Verlauf dieser Spannung auch in einer sehr kleinen Zeitskala. Moderne digitale Oszilloskope können in der Größenordnung von Milliarden Einzelmessungen pro Sekunde durchführen. Analoge dagegen sind nicht von einer Speicherkapazität oder "Messungsgeschwindigkeit" begrenzt, aber sie haben den Nachteil, dass kein Bild auf dem Schirm bleibt, sondern muss das Signal in Echtzeit beobachtet werden.

### 2.2.1 Analog

Die älteren Oszilloskope basieren auf dem Prinzip eines Kathodenstrahls und die Ablenkung von Elektronen mithilfe von parallelen Plattenkondensatoren.

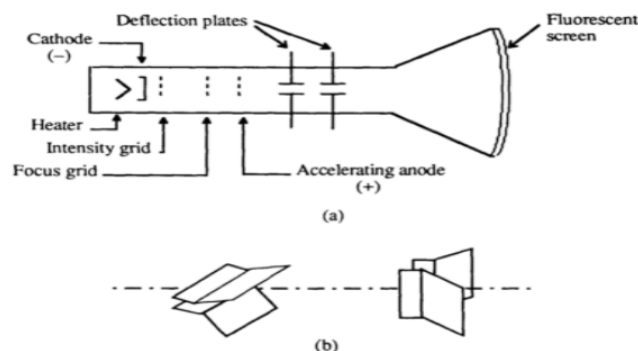


Abbildung 1: Kathodenstrahlrohr

Aus einer Elektronenpistole werden überraschenderweise Elektronen rausgeschossen. Diese werden mithilfe eines positiven Potentials in Richtung eines fluoreszenten Bildschirms beschleunigt. Zusätzlich gibt es zwei Paare von Plattenkondensatoren, die die Elektronen in eine beliebige Richtung ablenken. Das eine Paar lenkt sie auf der horizontalen Ebene, und das andere auf der vertikalen Ebene ab. Somit kann die volle Größe des Bildschirms von den Elektronen getroffen werden. Zuerst wird das elektrische Signal auf die vertikalen Kondensatorplatten übersetzt. Damit ändert sich die Amplitude des Elektronenstrahls. Danach wird bei den horizontalen Platten eine linear steigende Spannung angelegt, das führt dazu, dass sich der Strahl linear in der horizontalen Achse bewegt um den Zeitverlauf darzustellen. Am Ende des Durchgangs durch das Bildschirm wird diese Spannung auf 0 gesunken und wieder linear erhöht. Bei Ankunft am Fluoreszentschirm wird dann in Echtzeit die Position der Elektronen, und somit den Wert der Spannung mit sehr großer Genauigkeit gezeigt. Allerdings bleibt der Elektronenstrahl natürlich immer in Bewegung, weshalb man zum Beispiel keine kurze einmalige Ereignisse am analogen Oszilloskop beobachten kann und die Analyse der Welle wird deutlich erschwert.

### 2.2.2 Digital

Ein digitaler Oszilloskop misst die Spannung mit einer sehr hohen Rate und speichert diese Information. Diese Werte werden dann auf dem Bildschirm des Oszilloskops gegen die Zeit geplottet, und damit erhält man den Verlauf der Signalwelle. Der Vorteil daran ist natürlich, dass man mehr Zeit hat um die Information zu analysieren, und einige kurze Signale sind überhaupt daran sichtbar. Dabei verliert man aber einiges an Auflösung, denn die verwendeten Geräte eine maximale Auflösung von 256 bits hat, das heißt höchstens können nur 256 verschiedene Spannungswerte angezeigt werden.

## 2.3 Lissajous-Figuren

Lissajous-figuren entstehen aus der senkrechten Überlagerung zweier harmonischer Wellen. Bei Schwingungen gleicher Frequenz entsteht eine Ellipse, aus welcher wir die Phasenverschiebung zwischen den beiden bestimmen können.

Der Abstand zwischen den zwei Nullstellen bezeichnen wir mit  $b$  und den zwischen den weitesten entfernten Punkten in  $x$ -Richtung. Aus deren Verhältnis

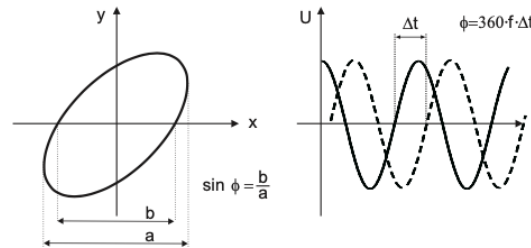


Abbildung 2: Messung der Phasenverschiebung im xy-Bereich und yt-Modus.

können wir die Phasenverschiebung bestimmen per die Formel

$$\sin \phi = \frac{b}{a} \quad (1)$$

Mit Kenntnis über die Formel können wir einiges über die Phasenverschiebung schon am Bild erkennen. Eine gerade Linie entspricht einer Phasenverschiebung von  $\phi = 0$ , dadurch dass dann der  $b$  Abstand 0 wäre. Ein Kreis entspricht einer Phasenverschiebung von  $\phi = \frac{\pi}{2}$ , denn da genau  $\frac{b}{a} = 1$  ist. Das heißt, je gestauchter unsere Ellipse, desto kleiner ist die Phasenverschiebung.

Bei Signalen unterschiedlicher Frequenzen entstehen interessante Figuren. Für rationale Verhältnisse zwischen den Frequenzen sind die entstandenen Figuren geschlossen.

Die Phasenverschiebung auf dem yt-Modus lässt sich per die Formel

$$\phi = 360 \cdot f \cdot \Delta t \quad (2)$$

bestimmen. Dabei entspricht  $f$  der Frequenz und  $\Delta t$  dem Unterschied zwischen zwei "äquivalente" Nullstellen wie in Abbildung 2 gezeigt.

### 3 Versuchsaufbau

#### 3.1 Materialien und Geräte

- Oszilloskop TBS1072B
- Funktionsgenerator
- Signalgenerator
- Phasenschieber
- Netzteil

### 3.2 Aufbau

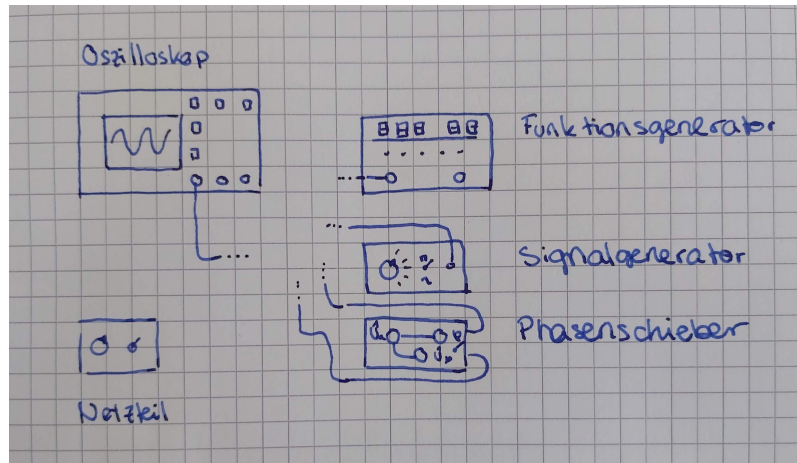


Abbildung 3: Aufbau des Versuches

## 4 Messung und Auswertung

### 4.1 Messprotokoll

Messprotokoll V25 Oszilloskop  
03.09.2021  
Mina Brandt  
Juan Provencio

Teil 1:  
Wir haben das Bild auf dem Oszilloskop mit der Trigger und Scale Funktion angepasst. Die Sinus-Kurve geht aber nicht exakt durch die Null.

Teil 2:  
Beim Signalgenerator stellen wir die Positionen von 1, bis 5 und messen wir jeweils die Periodendauer, die Frequenz, die Spitze-Spitze- und ggf. die Gleichspannung. Auf Position 5 zusätzlich die Halbwertszeit.

Tabelle 1: Messungen bei verschiedenen Signalen

Signal	Kopplung	Periode T [ $\mu$ s]	SS-Spannung $U_{ss}$ [V]	AC [V]
1	DC	$8,06 \pm 0,02$	$2,34 \pm 0,02$	0
2	DC	$5,63 \pm 0,03$	$10,1 \pm 0,01$	$2,18 \pm 0,02$
3	AC	$43,40 \pm 0,20$	$0,580 \pm 0,01$	$4,40 \pm 0,01$
4	DC	$13,20 \pm 0,15$	$3,65 \pm 0,05$	$-2,56 \pm 0,01$
5	DC	$42,90 \pm 0,10$	$23,21 \pm 0,23$	$-0,63 \pm 0,01$

Für Messung 5 messen wir vom höchsten Punkt der Spannung zur halben Spannung eine Zeit von

$t = (21,2 - 18,0) \mu\text{s} \pm 0,10$  \* die Messung wurde wiederholt um die Zeitskala anzupassen

$t = (3,00 \pm 0,10) \mu\text{s}$  \* der Fehler wurde auf menschliche Einflüsse angepasst

von der ansteigenden Flanke.

Die Messungen haben sich mit der Measure Funktion als genauer erwiesen.

Abbildung 4: Messprotokoll

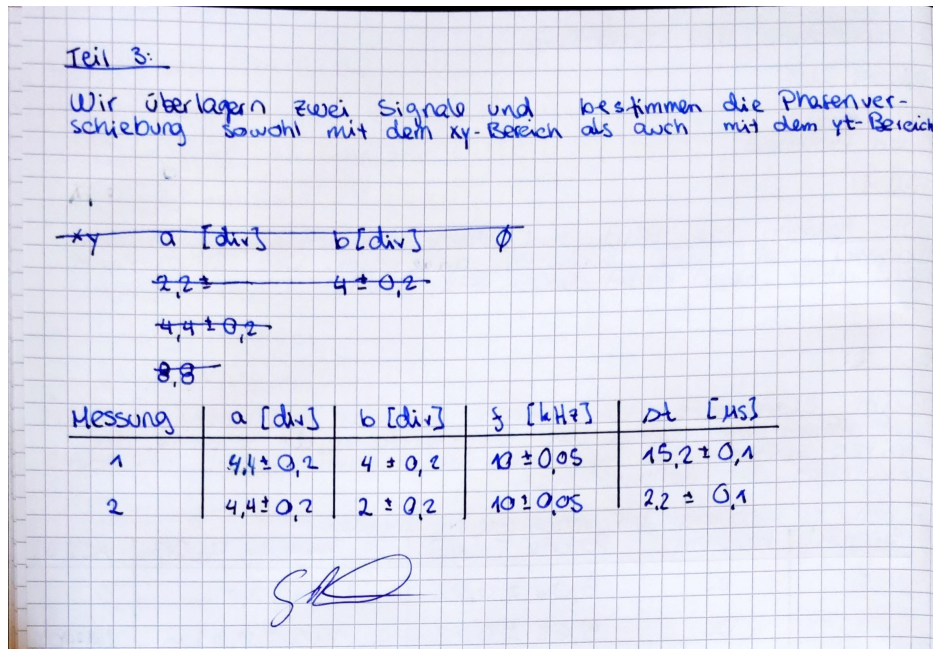


Abbildung 5: Fortsetzung Messprotokoll

## 4.2 Auswertung

### 4.2.1 Teil 1: Funktionsgenerator

Im ersten Teil haben wir die wichtigsten Funktionen des Oszilloskops ausprobiert. Mit dem Funktionsgenerator haben wir eine sinusförmige Signal der Frequenz  $f = 100 \text{ Hz}$  eingegeben, die richtige Dämpfung (1x Spannung) eingestellt und mit den Knöpfen der Scale gespielt, um das Signal in einer angemessenen Größe auf dem Bildschirm zu übertragen. Wir haben auch die Unterschiede zwischen der Einstellung Auto und Normal auf dem Trigger untersucht. Damit konnte man die periodische Sinusfunktion auf dem Bildschirm fixieren. Die Auto-Einstellung wird aber kein stabiles Signal anzeigen, wenn der Trigger außerhalb des Signalbereichs liegt. Mit der Anstieg-Option kann man sich aussuchen, ob die Spannungsgrenze des Triggers von oben oder von unten getroffen werden soll.

### 4.2.2 Teil 2: Signalgenerator

Der Signalgenerator besitzt fünf verschiedene Einstellungen, mit denen man fünf verschiedene und feste aber für uns unbekannte Signale erzeugen kann. Wir werden von diesen fünf Signalen mithilfe des Oszilloskops die Perioden-



dauer  $T$ , die Spitze-Spitze-Spannung  $U_{SS}$  und ggf. die Gleichgewichtsspannung  $U_{GG}$  bestimmen. Auf der fünften Position werden wir zusätzlich die Halbwertszeit  $t$  bestimmen, bei welcher die SS-Spannung zur Hälfte gesunken ist. Zusätzlich haben wir Bilder von den verschiedenen Signalen gespeichert und werden sie natürlich zeigen. Auf Tabelle 1 sind diese Werte übertragen worden.

Als erstes stellen wir die **Kopplung** auf **Erde** um einen Referenzwert bezüglich der 0-Spannung zu bekommen und stellen die Nulllinie auf die vertikale Mitte des Bildschirms. Der Signalgenerator hat zusätzlich zu den fünf Positionen des Schalters auch einen Knopf mit einem Symbol  $\square$  und auf der unteren Position ein eher welliges Symbol. Wir verwenden für die ersten 4 Messungen die obere Position. Die ersten Größen haben wir mit der **Measure**-Funktion bestimmt. Für Fehlern haben wir die Schwenkung der angezeigten Werte beobachtet und abgeschätzt. Für die Halbwertszeit haben wir mit dem **Cursor** die Zeit am tiefsten Punkt des Signals und an der vertikalen 0-Linie gemessen. Wir haben am tiefsten Punkt weil man diesen relativ gut erkennen konnte und an der 0-Linie weil dort genau die Hälfte der Amplitude ist. Wir haben eine Halbwertszeit von etwa  $t = (3,00 \pm 0,10) \mu s$

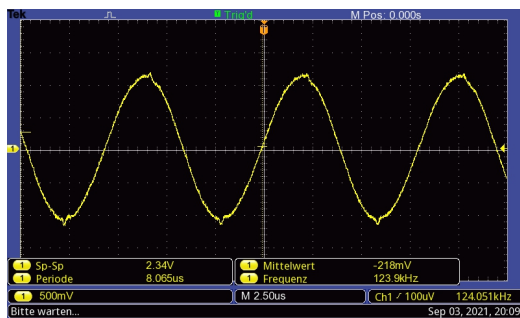


Abbildung 6: Signal 1

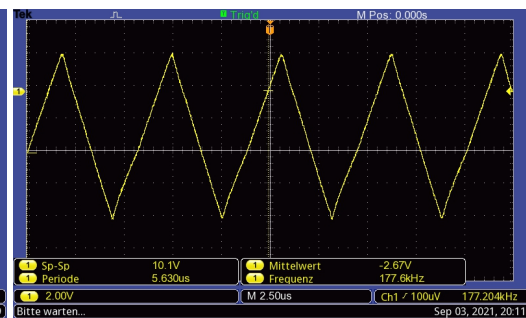


Abbildung 8: Signal 2

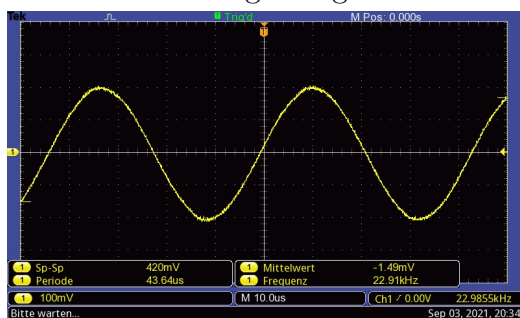


Abbildung 7: Signal 3

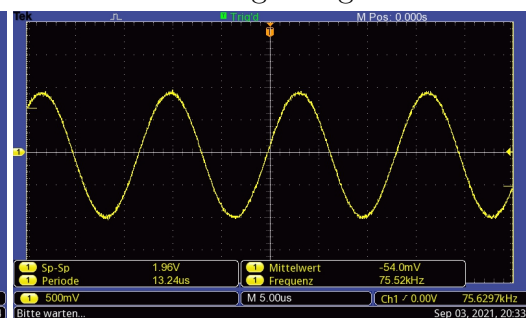


Abbildung 9: Signal 4

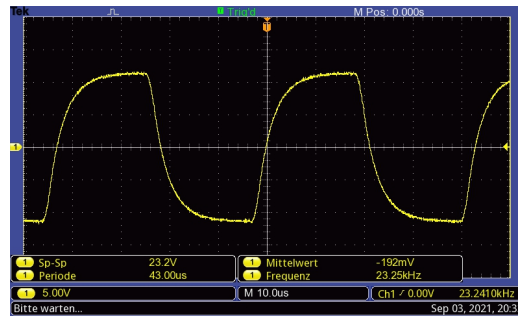


Abbildung 10: Signal 5

### 4.2.3 Teil 3: Phasenverschiebung

Nun wollen wir per die Messungen zu Aufgabenteil 3 die Phasenverschiebung bestimmen. Dafür geben wir mithilfe des Funktionengenerators ein Signal mit der Frequenz  $f = 10 \text{ kHz}$  und der Spitze-Spitze-Spannung  $U_{SS} = 1 \text{ V}$  ein. Dieses Signal lassen wir durch den Phasenverschieber laufen, bei welchem wir natürlich einerseits die Phase verändern können, aber auch die Amplitude der zwei rauskommenden Signalen. Als erstes spielen wir mit den Einstellungen und beobachten die Änderung des Bildes. Der Verschieber kann die Phase zwischen  $0$  und  $\pi$  verändern.

Wenn wir aber die Messungen durchführen möchten, ist es wichtig darauf zu achten, dass die Amplitude sich durch den Phasenverschieber leicht verändert hat und wir müssen die Spannung an den Regler wieder anpassen, sodass beide möglichst den gleichen Wert haben. Darin ergibt sich aber einen Fehler von etwa  $\sigma_{U_{SS}} = 0,05 \text{ V}$ . Auf der folgenden Tabelle sind die Ergebnisse des Versuchs wieder eingetragen:

Tabelle 1: Messungen zur Phasenverschiebung

Messung	$a$ [div]	$b$ [div]	Frequenz $f$ [kHz]	$\Delta t$ [ $\mu\text{s}$ ]
1	$4,4 \pm 0,2$	$4 \pm 0,2$	$10 \pm 0,05$	$15,2 \pm 0,1$
2	$4,4 \pm 0,2$	$2 \pm 0,2$	$10 \pm 0,05$	$2,2 \pm 0,1$

Hier ergeben sich die Fehler hauptsächlich aus der Ablesegenauigkeit. Insbesondere ist bei der Messung der Abstände  $a, b$  zu großen Ungenauigkeiten gekommen, denn die Lissajous-Figur sehr unscharf auf die Kästchen abgebildet war. Die Fehler der Zeit  $\Delta t$  ergeben sich aus der Genauigkeit, mit welcher wir die Nullstellen mit dem Cursor bestimmen konnten.

Wir bestimmen per Gleichungen (1) und (2) die Phasenverschiebung. Dabei

ist zu bemerken, die Phasenverschiebung im xy-Modus ist Modulo  $180^\circ$ .

Für Messung 1 ergibt sich

$$\phi_{1_{xy}} = \arcsin \frac{4}{4,4} \quad (3)$$

$$= 65,38^\circ \quad (4)$$

$$\phi_{1_{yt}} = 360 \cdot 10 \text{ kHz} \cdot 15,2 \mu\text{s} \quad (5)$$

$$= 54,72^\circ \quad (6)$$

Den Fehler lässt sich per die Gaußsche Fehlerfortpflanzung bestimmen als

$$\sigma_{\phi_{1_{xy}}} = \sqrt{\left(\frac{\partial}{\partial a}(\phi_{1_{xy}}) \cdot \sigma_a\right)^2 + \left(\frac{\partial}{\partial b}(\phi_{1_{xy}}) \cdot \sigma_b\right)^2} \quad (7)$$

$$= \sqrt{(0,5 \cdot 0,2)^2 + (0,5 \cdot 0,2)^2} \quad (8)$$

$$= 8,1^\circ \quad (9)$$

$$\sigma_{\phi_{1_{yt}}} = \sqrt{\left(\frac{\partial}{\partial f}(\phi_{1_{yt}}) \cdot \sigma_f\right)^2 + \left(\frac{\partial}{\partial \Delta t}(\phi_{1_{yt}}) \cdot \sigma_{\Delta t}\right)^2} \quad (10)$$

$$= \sqrt{(360 \cdot 15,2 \mu\text{s} \cdot 0,05 \text{ kHz})^2 + (360 \cdot 10 \text{ kHz} \cdot 0,1 \mu\text{s})^2} \quad (11)$$

$$= 0,5^\circ \quad (12)$$

Insgesamt ergibt sich für den Winkel

$$\phi_{1_{xy}} = 65,38^\circ \pm 8,10^\circ \parallel \quad (13)$$

$$\phi_{1_{yt}} = 54,7^\circ \pm 0,5^\circ \parallel \quad (14)$$

Analog führen wir Rechnungen für die zweite Messung und erhalten die Werte

$$\phi_{2_{xy}} = 27,04^\circ \pm 3,28^\circ \parallel \quad (15)$$

$$\phi_{2_{yt}} = 7,9^\circ \pm 0,4^\circ \parallel \quad (16)$$

## 5 Zusammenfassung und Diskussion

### 5.1 Zusammenfassung

In diesem Versuch haben wir die Grundlagen der Arbeit mit einem Oszilloskop gelernt. Wir haben gelernt wie die Steuerung funktioniert und wie man ein Signal damit analysieren kann. Dazu gibt es verschiedene Werkzeuge wie die **Cursor** oder **Measure** Funktionen.

Außerdem haben wir mit Funktions- und Signalgeneratoren Größen verschiedener bekannter und unbekannter Signalen untersucht. Dazu gibt es verschiedene Signale zur Verfügung, beispielsweise Sinus-Wellen, rechteckige Wellen und zickzackige Wellen.

Zuletzt haben wir die Phasenverschiebung zweier Signalen gleicher Frequenz mithilfe zweier Funktionen des Oszilloskops bestimmt: Das yt-Modus, zur Darstellung von Signalen gegen die Zeit, und das xy-Modus, zur Darstellung von Signalen gegen einander, wo man die sogenannte Lissajous-Figuren beobachten kann.

## 5.2 Diskussion

Zunächst untersuchen wir genauer die Ergebnisse aus Teilaufgabe 3. Insbesondere fällt die große Diskrepanz zwischen den Messungen der Phasenverschiebung mithilfe der zwei Modi des Oszilloskops. Die scheinen für völlig unterschiedliche Einstellungen durchgeführt worden sein.

Für Messung 1 ergibt sich eine Abweichung von

$$k = \frac{|\phi_{1xy} - \phi_{1yt}|}{\sqrt{(\sigma_{\phi_{1xy}})^2 + (\sigma_{\phi_{1yt}})^2}} \quad (17)$$

$$= 1,3 \quad (18)$$

$\sigma$ -Bereiche vom Erwartungswert. Trotz des relativ großen absoluten Fehlers von  $10,68^\circ$ , hilft die großzügige Abschätzung des Ablesefehlers im xy-Modus dazu, dass man letztendlich eine akzeptable Abweichung erhält.

Bei Messung 1 allerdings ergibt sich eine Abweichung von

$$k = 5,8 \quad (19)$$

vom Erwartungswert. Unter Berücksichtigung, dass sich die zwei Messungen dafür um über einen Faktor 3 unterscheiden, ist dies ein eher überraschendes Ergebnis. Bemerkenswert ist auch, dass die Fehlern der zwei Messmethoden sich um eine Größenordnung unterscheiden. Dies liegt einerseits wahrscheinlich daran, dass wir den Ablesefehler überschätzt haben, aber natürlich andererseits, dass man am manchmal unscharfen Bild die richtigen Messstellen nicht erkennen konnte. Dadurch, dass die Entstehung der Lissajous-Figuren sehr sensibel auf die richtige Frequenz, können leichte Schwenkungen und Ungenauigkeiten zu großer Unschärfe führen. Dies haben wir auch jenseits der Ziele des Versuchs untersucht, indem wir versucht haben eine Lissajous-Figur mit einem rationalen Frequenzquotient zu erhalten. Selbst bei relativ

präziser Kalibrierung am Funktionsgenerator konnten wir kein sauberes Bild erzeugen.

Der Versuch war zum Kennenlernen des Oszilloskops, oder des *Scopes*’ jetzt dass wir uns mit dem Gerät anvertraut haben, sehr hilfreich. Trotzdem wäre meiner Meinung nach eine gezieltere Anwendung auch zum Verständnis des Geräts von Vorteil gewesen. Der Versuch wurde unter kontrollierten Bedingungen sehr künstlich durchgeführt und das Nutzen der Hilfsmitteln, wie z.B. des Signalgenerators oder des Phasenverschiebers, ist am Ende des Versuchs nicht komplett klar geworden. Welche Anwendung diese im echten Leben haben liegt als Recherchehausaufgabe eines neugierigen Studierenden. Von Vorteil ist aber, dass man in späteren Versuchen, z.B. Versuch 26: Schallgeschwindigkeit, tiefer auf die praktische Vorteile des Scopes eingegangen wird.

## 6 Quellen

ElectroBoom. (2020, March 2). What’s an OSCILLOSCOPE? [Video]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=DgYGRtkd9Vs>

University of South Carolina. (n.d.). Cathode-Ray Oscilloscope. University of South Carolina Department of Physics and Astronomy. Retrieved September 4, 2021, from <http://boson.physics.sc.edu/%7Ehoskins/Demos/CathodeRay.html>

Wagner, J., Universität Heidelberg (2021). Physikalisches Praktikum PAP1 für Studierende der Physik B.Sc., 55-60.

Walcher W, et. al. (1967). Praktikum der Physik (8. Auflage). <https://doi.org/10.1007/978-3-322-94128-2>