

# E2 Oszilloskop

## 1 Ziel des Versuches

Das Oszilloskop gehört neben dem Multimeter zur Grundausstattung einer Vielzahl von Laboren. Es ermöglicht Ihnen in erster Linie einen oder mehrere Spannungsverläufe zeitlich darzustellen. Dadurch können Sie auch andere physikalische Größen wie Druck oder Temperatur messen, indem die Messgeräte beispielsweise den Temperaturverlauf in einen Spannungsverlauf übersetzen. Damit bietet es Ihnen ein mächtiges Werkzeug um zu verstehen wie Ihre Schaltungen funktionieren oder wie sich ihre Messgröße (Bsp.: Druck, Temperatur, ...) zu bestimmten Zeitpunkten verhält.

Ziel dieses Versuches ist es, Sie mit dem Funktionsprinzip des Oszilloskopes vertraut zu machen und insbesondere Sie in die Lage zu versetzen mit Hilfe eines digitalen Oszilloskopes Messungen aufzunehmen und diese auszuwerten. Im Laufe des Versuches wird Ihnen bewusst werden welche Anwendungsmöglichkeiten Sie mit dem Oszilloskop haben.

## 2 Hinweise zur Vorbereitung

Informieren Sie sich (anhand der unten angegebenen Literatur) zum grundlegenden Aufbau eines Kathodenstrahloszilloskops und der Funktion der wichtigsten Bauteile. Alternativ können Sie das Tutorium auf dieser Webseite durchführen

<https://www.leifiphysik.de/elektrizitaetslehre/bewegte-ladungen-feldern/ausblick/oszilloskop>

Zusätzlich, schauen Sie als Vorbereitung die Videos im Moodle Kurs über dem Oszilloskop und über dem Multimeter im Grundpraktikum (siehe Moodle Kurs). Sie können auch als Vorbereitung selbst an einem (simulierten) digitalen Oszilloskop ausprobieren. Die Simulation findet sich unter diesem Link:

<https://www.ced3.net/HTML0/Oscilloscope.html>

## 2.1 Pre-LAB

Im Rahmen dieses Versuchs soll pro Gruppe einen Pre-LAB angefertigt werden, das Sie vor Experimentierbeginn in Moodle einreichen, damit wir sehen, dass Sie sich entsprechend vorbereitet haben. Als Pre-LAB beantworten Sie die Fragen des Quizzes über Oszilloskop hier unten. In dem Quiz Oszilloskop werden Ihnen Verständnisfragen zum analogen Oszilloskop gestellt. Es gibt jeweils mehrere vorgegebene Antwortmöglichkeiten. Die Anzahl der richtigen Antworten ist nicht festgelegt. Es können also alle Antworten richtig sein. Für jede Frage mindestens eine Antwort ist richtig.

### 2.1.1 Quiz Oszilloskop

1. Was kann ein Oszilloskop u. a. messen? (2 Punkte)

Wählen Sie eine oder mehrere Antworten:

a) Sinusspannung

b) Gleichspannung

c) Wechselstrom

d) Wechselspannung

2. Woher kommen die Elektronen in einer Kathodenstrahlröhre? (2 Punkte)

Wählen Sie eine oder mehrere Antworten:

a) Wehnelt-Zylinder

b) Kathode

c) Anode

d) Aus einem Elektronengas in einem evakuierten Kolben

3. Welche Funktion hat der Wehnelt-Zylinder? (2 Punkte)

Wählen Sie eine oder mehrere Antworten:

a) Regulierung der Trennschärfe des Elektronenstrahls

b) Regulierung der Intensität des Elektronenstrahls

c) Elektronen freisetzen

d) Elektronen beschleunigen

4. Wodurch wird der Elektronenstrahl im Oszilloskop abgelenkt? (2 Punkte)

Wählen Sie eine oder mehrere Antworten:

a) Quer zur Bewegungsrichtung der Elektronen wirkende Lorentzkraft

b) B-Feld zwischen den Ablenkplatten

- c) E-Feld zwischen den Ablenkplatten
  - d) Quer zur Bewegungsrichtung der Elektronen wirkende Coulombkraft
5. Was sehen Sie auf dem Schirm eines eingeschalteten Kathodenstrahloszilloskops, wenn weder die x- noch die y-Ablenkplattenpaare angeschlossen sind? (2 Punkte)
- a) Eine horizontale Linie
  - b) Eine vertikale Linie
  - c) Einen Punkt
  - d) Einen Kreis
6. Der Schirm Ihres analogen Oszilloskops ist in 10x10 Einheiten (Kästchen) aufgeteilt. Sie messen nun mit diesem Oszilloskop eine Gleichspannung von 1 Volt (vorher). Anschließend erhöhen Sie die angelegte Gleichspannung auf 4 Volt (nachher). Sie behalten alle Einstellungen am Oszilloskop bei. Wie könnte sich die Anzeige auf dem Schirm verändert haben? (3 Punkte)

**Hinweis:** Alle Positionsangaben beziehen sich auf eine relative Position gegenüber der Mitte des Schirms.

**Tipp:** Ein Oszilloskop hat viele Einstellungsmöglichkeiten.

Wählen Sie eine oder mehrere Antworten:

- a) Vorher: Eine horizontale Linie um 2 Einheiten nach oben verschoben  
Nachher: Keine Anzeige auf dem Schirm erkennbar
  - b) Vorher: Eine vertikale Linie die genau eine Einheit (also ein Kästchen) lang ist.  
Nachher: Eine vertikale Linie die genau 4 Einheiten lang ist.
  - c) Vorher: Punkt um eine Einheit (1 Kästchen) nach oben verschoben  
Nachher: Punkt um 4 Einheiten (4 Kästchen) nach oben verschoben
  - d) Vorher: Horizontale Linie um eine halbe Einheit nach unten verschoben  
Nachher: Horizontale Linie um 2 Einheiten nach unten verschoben
7. Sie messen das Signal in Abbildung 1. Wählen Sie eine oder mehrere Antworten (3 Punkte):
- a) Die Periodendauer beträgt 0,01ms.
  - b) Der Effektivwert beträgt  $2V/\sqrt{2}=1,4V$
  - c) Der Spitze-Spitze-Wert beträgt 4 Volt
  - d) Die Frequenz beträgt  $1/0,1ms=10kHz$ .
  - e) Die Wechselspannung beträgt 4 Volt

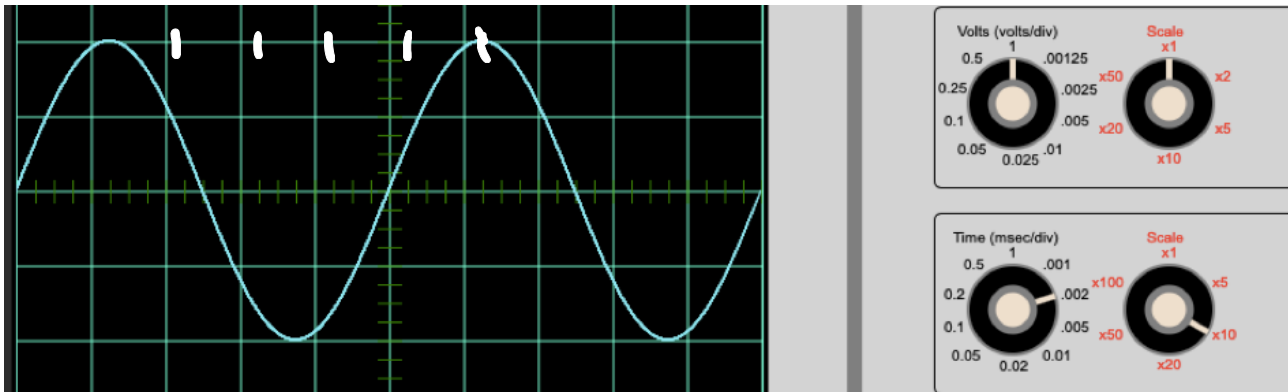


Abbildung 1: Messung mit digitalen Oszilloskop.

f) Die Spannung beträgt 2 Volt

8. Sie messen dieselbe Wechselspannung aus Aufgabe 7 mit einem Multimeter. Welcher Wert wird Ihnen angezeigt werden? (3 Punkte)

Wählen Sie eine oder mehrere Antworten:

a) 4 Volt

b) Keine Anzeige, da Wechselspannungen nur mit einem Oszilloskop gemessen werden können.

c) 2 Volt

d) 1,4 Volt

9. Sie schalten das Oszilloskop in den x-y-Betrieb (bzw. Dual Mode oder 2-Kanal-Betrieb) und legen an beide Eingänge eine sinusförmige Wechselspannung. Die Einstellungen am Oszilloskop sind für beide Eingänge identisch. Sie sehen auf dem Schirm einen Kreis. Welche Informationen könnten Sie daraus ableiten? (4 Punkte)

**Hinweis: Stichwort Lissajous**

Wählen Sie eine oder mehrere Antworten:

a) Beide Signale haben die gleiche Amplitude.

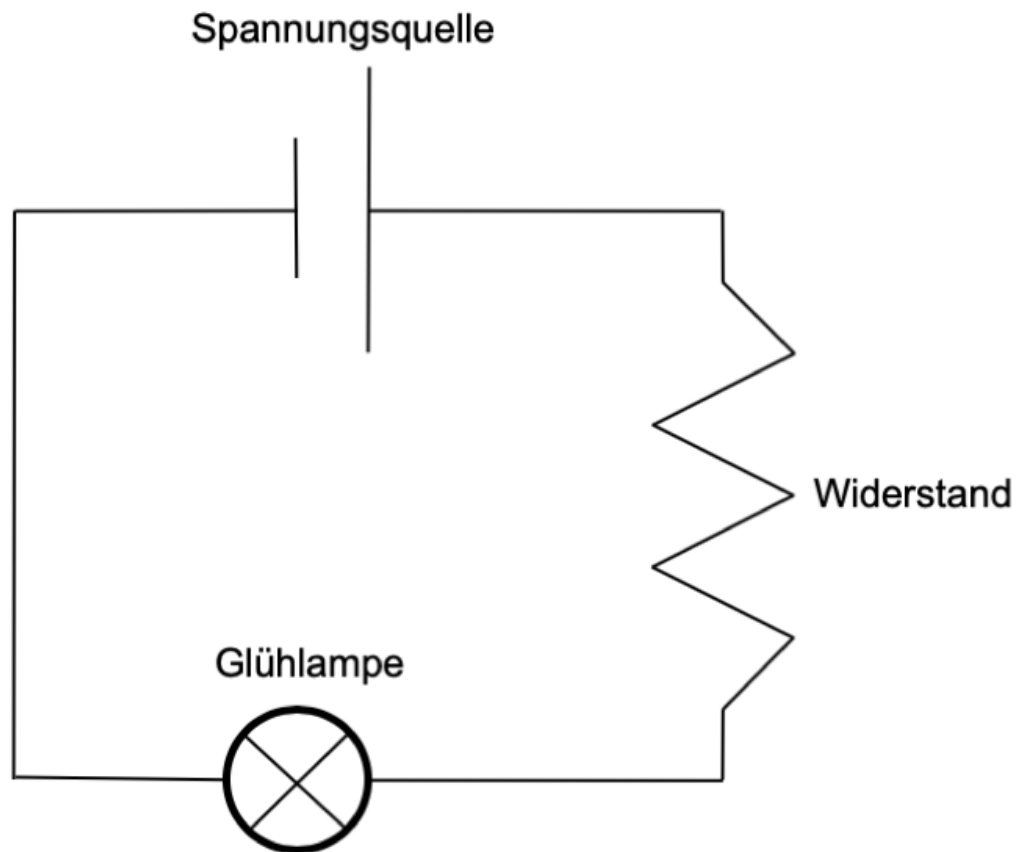
b) Beide Wechselspannungen laufen phasengleich.

c) Die Phasen sind entweder um  $\pi/2$  oder um  $3\pi/2$  verschoben.

d) Die Phasen sind um  $\pi/2$  verschoben.

e) Beide Wechselspannungen haben die gleiche Frequenz.

10. Sie sollen im abgebildeten einfachen Stromkreis (siehe Abb.??) die Stromstärke des Stroms bestimmen, der durch die Glühlampe fließt. Der eingebaute ohmnische Widerstand ist Ihnen bekannt. Jedoch stellt man Ihnen nur ein Oszilloskop zur Verfügung. Wie könnte eine



**Abbildung 2:** Elektrische Schaltung

korrekte Vorgehensweise aussehen? (2 Punkte)

- a) Sie sagen, dass eine Strommessung mit einem Oszilloskop nicht möglich ist und aus diesem Grund die Stromstärke so nicht bestimmbar ist.
- b) Sie schalten das Oszilloskop parallel zum eingebauten Widerstand und messen die Spannung, die an diesem abfällt. Zusammen mit dem Ihnen bekannten Widerstandswert berechnen Sie die Stromstärke des Stroms, der durch den Widerstand fließt. Anschließend behaupten Sie, dass die berechnete Stromstärke der gesuchten Stromstärke des Stroms durch die Glühlampe entspricht.
- c) Sie schalten das Oszilloskop in Reihe zur Glühlampe und lesen die Stromstärke auf dem Schirm entsprechend ab.
- d) Sie schalten das Oszilloskop parallel zur Glühlampe und messen die Spannung, die an der Glühlampe abfällt. Zusammen mit dem Widerstandswert des eingebauten Widerstands berechnen Sie die Stromstärke.



**Abbildung 3:** Digital Oszilloskop. Einstellungstasten und INPUT sind für CH1 mit dem gelben Rechteck bezeichnet, für CH2 mit dem blauen Rechteck.

### 3 Versuchsdurchführung und Auswertung

Notieren Sie alle Ihre Beobachtungen und Einstellungen in Ihrem Laborbuch. Wenn nötig, skizzieren Sie die Signalverläufe oder drucken Sie diese aus.

#### 3.1 Gleichspannungsmessung

*Mit dem Oszilloskop werden Sie nun die Spannung an einer Gleichspannungsquelle messen und eine Vergleichsmessung mit einem Multimeter machen.*

- Überprüfen Sie vor dem Einschalten des Stromversorgungsgerätes, dass der Regelknopf auf Linksanschlag steht.
- Verbinden Sie das Multimeter direkt mit dem Gleichspannungsausgang des Stromversorgungsgerätes. Überlegen Sie sich hierzu welche Größe Sie messen wollen (Spannung  $V$  oder Stromstärke  $I$ ) und ob Sie Wechselspannung (AC) oder Gleichspannung (DC) messen wollen. Dokumentieren Sie ihre Entscheidung.
- Stellen Sie nach dem Einschalten eine beliebige Spannung  $2\text{ V} \dots 10\text{ V}$  ein. Notieren Sie den Messwert.
- Überlegen Sie nun welche Voreinstellungen Sie am Oszilloskop treffen müssen. Auch diese sind im Laborbuch zu notieren.

- e) Messen Sie nun die Höhe ihres Signals in Volt, nachdem Sie das Signal aus dem Stromversorgungsgerät auf den Eingang des Oszilloskops legen. Notieren Sie sich alle Einstellungen sowie den Signalverlauf im Laborbuch.
- f) Vergleichen Sie das oszillografisch ermittelte Ergebnis mit dem Multimeter Messwert.

### 3.2 Wechselspannungsmessung

- a) Überprüfen Sie vor dem Einschalten des Stromversorgungsgerätes, dass der Regelknopf auf Linksanschlag steht.
- b) Verbinden Sie das Multimeter mit dem Wechselspannungsausgang des Stromversorgungsgerätes.
- c) Stellen Sie nach dem Einschalten eine beliebige Spannung 2 V . . . 20 V ein. Notieren Sie den Messwert  $U_{eff}$ .
- d) Bereiten Sie das Oszilloskop nach den selben Überlegungen vor wie zuvor bei der Gleichspannungsmessung.
- e) Schließen Sie nun ihr Wechselspannungssignal an das Oszilloskop an.
- f) Um ein sinnvolles Signal auf dem Bildschirm zu erhalten, helfen Ihnen unter anderem die Einstellungen **Autoset**.
- g) Messen Sie die Spitze-Spitze Spannung  $U_{SS}$ . Tipp: Es hilft das Minimum auf eine waagerechte Rasterlinie zu legen. Notieren Sie den Wert in Ihrem Laborbuch.
- h) Wie lautet der Zusammenhang zur Effektivspannung  $U_{eff}$ ?
- i) Vergleichen Sie das oszillografischer gemittelte Ergebnis mit dem Multimeter-Messwert.
- j) Nun wollen Sie aus der Periodendauer die Frequenz Ihres Signals ermitteln. Nutzen Sie dazu die Unterteilung der Zeitachse in DIV. Notieren Sie sich die eingestellten Parameter am Oszilloskop. Tipp: Zum Ablesen der zeitlichen Information hilft es die Nulldurchgänge des Signals in Deckung mit einer senkrechten Rasterlinie zu bringen.
- k) Ermitteln Sie daraus die Frequenz des Signals und vergleichen Sie das das oszilloskopisch ermittelte Ergebnis mit der in Europa üblichen Frequenz des Stromnetzes (ca. 50 Hz).

### 3.3 Grafische Vermessung eines sinusförmigen Signals

*Graphisch sind die Spitze-Spitze Spannung  $U_{SS}$  sowie die Periodendauer  $T$  zu bestimmen.*

- a) **Messen der Spitze-Spitze Spannung  $U_{SS}$**

- i. Stellen Sie Ihr Signal so ein, dass es möglichst den gesamten Bildschirm ausfüllt. Achten Sie dabei auf ihre vertikalen und horizontalen Positionen und den Ihnen bereits bekannten Einstellungen der Skalierung in vertikaler und horizontaler Richtung.
- ii. Nun können Sie mithilfe von zwei digitalen Cursors den Spitze-Spitze-Wert Ihres Signals bestimmen. Sie verschieben die horizontale Linie des Cursors 1 bzw. 2 so, dass Sie den Spitze-Spitze-Wert der Spannung als  $\Delta V$  ermitteln können. Wie folgt hierraus der Wert der Effektivspannung?
- iii. Vergleichen Sie den erhaltenen Spitze-Spitze Wert mit dem vorherige gemessenen Effektivwert  $U_{eff}$ .

#### b) Messen der Periodendauer

- i. Um eine Frequenz oder Periodendauer zu bestimmen, ist es wichtig, dass Sie mindestens eine Periode auf dem Bildschirm darstellen können. Dies stellen Sie mit **TIME/DIV** am Oszilloskop ein und skizzieren/drucken Sie die Anzeige auf dem Bildschirm.
- ii. Analog zum Messen der Spitze-Spitze-Spannung, können Sie mit Hilfe der vertikalen Cursorlinien nun Ihre Periodendauer  $T$  aus  $\Delta t$  bestimmen. *Tipp: Dabei Hilft es die Cursorlinien auf die Nullstellen Ihres Signals zu legen.*
- iii. Vergleichen Sie die erhaltene Frequenz mit dem vorherigen Wert.

### 3.4 Digitale Messung eines sinusförmigen Signals

*Grafisch sind die Spitze-Spitze Spannung  $U_{SS}$  sowie die Periodendauer  $T$  zu bestimmen*

- a) Mit einem digitalen Oszilloskop, können Sie sich Werte wie Frequenz und Amplitude vom Oszilloskop ausgeben lassen. Dies können Sie unter der Taste **Messung** abfragen. Hierbei müssen Sie Ihre Einstellungen unter anderem in den Menüpunkten **Quelle** und **Typ** überdenken. Notieren Sie sich welche Einstellungen Sie treffen müssen um die Amplitude und Periodendauer Ihres Signals zu ermitteln.
- b) Notieren Sie Ihre abgelesenen Werte und vergleichen Sie mit denen aus der grafischen Messung.

## 4 Anwendungen

Im folgenden finden Sie einige Anwendungen, mit denen Sie Ihr Wissen über das Oszilloskop nun austesten können - Viel Spaß!





**Abbildung 4:** HAMEG HM 8030-4 Kontrollanzeige.

Sie können mit dem Funktionsgenerator (Hameg HM 8030-4) in Abbildung 4 Signale mit beliebige Formen (Sinus, Dreieck, Rechteck) und Frequenzen einstellen.

#### 4.0.1 Signalgeschwindigkeit im BNC Kabel

Ein elektrisches Messsignal breitet sich in Kabeln mit einer sehr hohen Geschwindigkeit aus. Die Laborpraxis zeigt, dass bei einer Vielzahl von Messproblemen die Signalgeschwindigkeit in den Kabeln vernachlässigt werden kann. Bei einigen Messungen muss sie allerdings berücksichtigt werden. Damit Sie ein Gefühl dafür bekommen wie schnell ein elektrisches Signal übertragen wird, werden Sie in diesem Versuchsteil nun die Signalgeschwindigkeit in einem BNC Kabel messen.

- Der Ausgang des Signalgenerators (HAMEG) wird Ausgang Ihres Signals sein. Dazu verbinden Sie den Ausgang mit einem T-Stecker (sodass Sie daraus zwei gleichwertige Ausgänge machen) und stellen Sie als Ausgangssignal ein Rechtecksignal einer Frequenz Ihrer Wahl ein. Notieren Sie Ihre Werte im Laborbuch.
- Jeden dieser Ausgänge verbinden Sie nun mit BNC Kabeln gleicher Länge mit den zwei Eingängen Ihres Oszilloskops und stellen beide Signale dar. Wie sehen Ihre Signale auf dem Schirm aus?
- Ersetzen Sie nun ein Kabel mit einem Kabel anderen (bekannter) Länge und stellen Sie beide Signale erneut auf dem Oszilloskop dar!

- d) Was hat sich geändert? Aus dem Zeitversatz und der Längendifferenz beider Kabel können Sie nun die Signalgeschwindigkeit errechnen.
- e) Wiederholen Sie die Messung nun mit Kabeln unterschiedlicher Länge.
- f) Vergleichen Sie Ihr Ergebniss mit der Lichtgeschwindigkeit im Vakuum. Stellen Sie eine Abweichung fest? Woher könnte dieses Abweichung kommen?

#### 4.0.2 Kamerablitz

Bei vielen Fotoaufnahmen mit Ihrem Handy benötigen Sie den Kamerablitz um ihr Objekt zu beleuchten. Ihre Aufgabe wird es nun sein, sich mit Hilfe des Oszilloskops anzusehen wie der zeitliche Verlauf Ihres Blitzlichtes ist.

- a) Schließen Sie an einen Ausgang des Oszilloskops eine Fotodiode mit einer Vorwiderstand an (Aufbau ist im Praktikum zu finden)
- b) Halten Sie nun Ihren Blitz auf die Fotodiode
- c) Stellen Sie mit Hilfe der geeigneten Einstellungen ihr Signal zeitlich auf dem Oszilloskop Bildschirm dar. Was können Sie erkennen? Wie lange dauert die Belichtung mit Ihrem Blitz insgesamt?
- a) Schließen Sie an einen Ausgang des Oszilloskops eine Fotodiode an
- b) Halten Sie nun den Infrarotsender Ihrer Fernbedienung auf die Fotodiode und drücken Sie eine beliebige Taste.
- c) Stellen Sie Ihr Signal auf dem Bildschirm dar. Können Sie ein Muster erkennen? *Tipp: Hier könnte die Single Modus Funktion des digitalen Oszilloskops sehr hilfreich sein!*
- d) Vergleichen Sie nun systematisch mehrere Tasten. Können Sie gemeinsame Muster erkennen? Was könnte das bedeuten?

#### 4.0.3 Triggerübung

*In diesem Versuchsabschnitt lernen Sie das sogenannte Triggern kennen.*

Um ein Gefühl für den Begriff und die Bedeutung des Triggerns zu bekommen, lesen Sie bitte den Paragraph 'Triggern für Anfänger' am Ende dieses Dokumentes.

- a) In diesem Versuchsteil legen Sie zwei Signale unterschiedlicher Form und leicht unterschiedlicher Frequenz an ihrem Oszilloskop an. Vom Stromversorgungsgerät erhalten Sie im AC Modus eine sinusförmige Wechselspannung mit einer Frequenz von 50Hz. Stellen Sie am HAMEG nun eine Rechteckspannung mit einer Frequenz von

leicht über 50Hz ein und stellen Sie beide Signale auf dem Oszilloskopbildschirm dar. Notieren Sie sich ihre eingestellten Werte und skizzieren Sie die Anzeige auf dem Bildschirm in ihrem Laborbuch.

- b) Nun wählen Sie im **Triggermenü** die Quelle auf **CH1** bzw. **CH2**. Welchen Unterschied bewirkt die Quelle der Triggerung auf ihr Signal? Notieren Sie Ihre Beobachtungen in Ihrem Laborbuch.
- c) Nun untersuchen Sie welchen Einfluss das Triggerlevel hat. Dies können Sie unter **Trigger Pegel** variieren. Wo sehen Sie am Bildschirm ihr Triggerlevel? Skizzieren Sie es in ihrem Laborbuch.
- d) Mittig sehen Sie, an welcher Stelle Ihres Signals sich das Triggerlevel befindet. Versuchen Sie nun das Triggerlevel a) über das Maximum Ihres Signals zu bringen b) Mittig (Auf Höhe der Nullstellen) c) unter das Minimum Ihres Signals. Notieren Sie in Ihrem Laborbuch welche Auswirkungen das Triggerlevel auf ihr Signal hat.

## 5 Triggern für Anfänger

Folgende Erklärung bezieht sich (nur für Einfachheit) auf einem analogen Oszilloskop. Wenn Sie ein zeitlich veränderliches Signal haben, kann es passieren, dass sie keine statische Darstellung auf dem Bildschirm erhalten sondern, dass Ihr Signal über den Bildschirm zu laufen scheint. Das macht es natürlich schwierig die genaue Form Ihres Signals zu identifizieren oder Amplitude bzw. Frequenz zu bestimmen.

Um dies auszugleichen gibt es den sogenannten Trigger (oder auf englisch „Auslöser“).

Aus der Funktionsweise des Oszilloskops wissen Sie bereits, dass an die X-Ablenkplatten eine Sägezahnspannung angelegt wird, die eine bestimmte Frequenz besitzt. Auf dem Bildschirm wird dann der Teil des Signals dargestellt, der in der Zeitspanne dieser Periode liegt.

Wie der Name Trigger schon beschreibt, löst er aus, wo die Sägezahnspannung starten soll (gleichbedeutend mit dem Anfang des Signals, welches auf Ihrem Bildschirm dargestellt wird). Mit dem Trigger können Sie also einstellen, an welcher Stelle des Signals Sie die Darstellung starten möchten. Diese Stelle nennt man dann **Triggerereignis** oder auch Triggerevent. Sobald das Oszilloskop das von Ihnen eingestellte Triggerevent erkennt, wird es die Sägezahnspannung starten.

Um ein Gefühl für das triggern zu bekommen, untersuchen wir zunächst die Begriffe *Trigger Threshold* und **Trigger slope**. Mit dem **Threshold** stellen Sie die Höhen Ihres Triggers im Signal ein und mit **Slope** ob Sie beim steigenden oder fallenden Signal triggern

wollen.

Sie können sich das Triggern also auch als eine Synchronisation der Ablenkspannung an den X-Ablenkplatten mit ihrem periodischen Signal vorstellen.

Viele Signalgenerierende Geräte bieten Ihnen schon automatisch einen externen Triggerausgang an, welchen Sie dann an das Oszilloskop anschließen können. Der externe Triggerausgang gibt Ihnen schon die Form des Signals vor, welches Sie auf dem Bildschirm erwarten. Wenn Sie nun die Triggerquelle am Oszilloskop auf **externen Trigger** einstellen, sehen Sie, dass das Oszilloskop Ihr Signal gut triggern kann.

In allen Oszilloskopen finden Sie außerdem im Triggermenü die Einstellungen **Auto Trigger** und **Normal Trigger**. Dies sind unterschiedliche Modi ihres Triggerns. Der wesentliche Unterschied zwischen Auto und Normal Trigger ist der, dass beim Normalen Trigger nur getriggert wird, wenn das Triggerereignis eintritt. Im Gegensatz dazu wird beim Auto Trigger auch das triggern erzwungen, selbst wenn das Triggerereignis nicht eingetreten ist. Dies bietet natürlich einige Vor- und Nachteile. Generell empfiehlt sich der Auto Trigger Modus, wenn Ihnen die Form Ihres Signals gänzlich unbekannt ist und Sie zunächst das gesamte Signal auf dem Oszilloskop darstellen wollen. Dementsprechend liefert der Normale Trigger ein besseres Ergebnis, wenn Sie die Form Ihres Signals kennen und nur bestimmte Ereignisse triggern wollen. Die Mühe lohnt sich also.

Digitale Oszilloskope haben zusätzlich noch die **Single Modus** Funktion. Haben Sie diese Taste gedrückt, so wartet das Oszilloskop auf ein Triggerevent und stoppt die Erfassung nach Ende des Signalzuges. Ihnen wird also nur ein Signalzug angezeigt.

## 6 Literatur

EICHLER, H. J.; KRONFELDT, H. D. SAHM, J. (2016). DAS NEUE PHYSIKALISCHE GRUNDPRAKTIKUM. BERLIN HEIDELBERG: SPRINGER. ONLINEANGEBOT AUFGRUND LIZENZ DER UB POTSDAM: [HTTP://DX.DOI.ORG/10.1007/978-3-662-49023-5](http://dx.doi.org/10.1007/978-3-662-49023-5) [E-BOOKS (SPRINGER)]

P.S. damit die Verbindung zum Buch funktioniert, wenn Sie nicht an der Uni sind, müssen Sie sich per VPN ans Uni Netzwerk verbinden).