

# Verbesserung der Vorbereitung: Das Oszilloskop als Messinstrument

Carsten Röttele

17. Dezember 2011

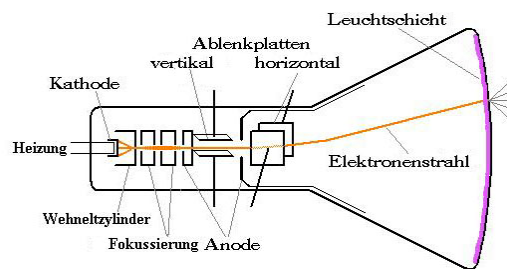
## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Allgemeines</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>Kennenlernen der Bedienelemente</b>	<b>2</b>
2.1	Wichtige Begriffe . . . . .	2
2.1.1	Eingangsempfindlichkeit eines Verstärkers . . . . .	2
2.1.2	Signaleinkoppelung . . . . .	3
2.1.3	Zeitablenkung . . . . .	3
2.1.4	Triggerung . . . . .	3
2.2	Stehendes Bild bei einem 10 Hz Signal . . . . .	3
<b>3</b>	<b>Messungen im Zweikanalbetrieb</b>	<b>3</b>
3.1	Si-Dioden-Einweggleichrichter . . . . .	4
3.2	RC-Differenzglied . . . . .	4
3.3	RC-Integrierglied . . . . .	5
3.4	RC-Phasenschieber . . . . .	5
3.5	Frequenzmodulierte Schwingung . . . . .	6
3.6	Addieren und Subtrahieren . . . . .	6
<b>4</b>	<b>X-Y-Darstellungen</b>	<b>7</b>
4.1	Lissajous-Figuren . . . . .	7
4.2	Kennlinien . . . . .	8
4.2.1	Z-Diode . . . . .	8
4.2.2	Kondensator . . . . .	9
<b>5</b>	<b>Speichern eines Einmalvorgangs</b>	<b>9</b>
<b>6</b>	<b>Quellen</b>	<b>9</b>

# 1 Allgemeines

Wie der Name des Versuches schon vermuten lässt, ist das Oszilloskop ein Messinstrument, welches in vielen Bereichen zur Messung von elektrischen Größen eingesetzt wird. Das wichtige dabei ist, dass man die zu messenden Größen hierfür in Spannungen umwandelt.

Es gibt z.B. Analogoszilloskope, deren wichtigste Elemente Kathodenstrahlröhre, y-Verstärker bzw Abschwächer hinter dem Eingang und Trigger- sowie Zeitablenkeinheit sind. Zunächst werden in der Kathodenstrahlröhre, die an der Kathode emittierten Elektronen, durch den Wehneltzylinder zur Anode beschleunigt. Damit der Strahl abgelenkt werden kann, befinden sich dahinter zwei Kondensatoren, welche parallel der x- und y-Achse angeordnet sind. Dadurch erkennt man auf dem Schirm ein Bild.



Hier wird allerdings der Combiscope verwendet. Der Vorteil ist hierbei, dass er sowohl im Analog- als auch im Digitalbetrieb arbeiten kann. Dies geschieht über einen analog/digital- Wandler(ADC).

Einerseits sind die Vorteile eines Combiscope ein asynchrones Ein- und Auslesen des Speichers. Dadurch können langsame Signale als geschlossene Signalform dargestellt werden. Außerdem kann man damit Einmalvorgänge durch die Speicherung besser untersuchen. Andererseits hat das Combiscope auch Nachteile, wie etwa das die Abtast- und Erfassungsrates beschränkt ist.

## 2 Kennenlernen der Bedienelemente

### 2.1 Wichtige Begriffe

#### 2.1.1 Eingangsempfindlichkeit eines Verstärkers

Die Spannung, die gemessen werden soll, wird nicht direkt an die Ablenkplatten angelegt, sondern mit Hilfe eines Verstärkers/Abschwächers vor der Bildschirmgröße entsprechend angepasst. An einem Drehschalter kann der Vorverstärker zwischen Volt/Divison umgestellt werden.

### 2.1.2 Signaleinkoppelung

Wir haben hier drei Möglichkeiten der Einkoppelung:

**a)AC:** Hier wird der Gleichstromanteil durch einen Koppelkondensator unterdrückt und es eignet sich somit für Wechselspannung.

**b)DC:** Jetzt wird die Gleich- und Wechselspannung direkt an den Verstärker angelegt.

**c)GND:** Das Signal wird unterdrückt durch die Erdung, da eine Masse angelegt wird.

### 2.1.3 Zeitablenkung

Hat man die Absicht eine zeitlich ändernde Spannung zu untersuchen, so ist es sinnvoll an den in x-Richtung liegenden Platten eine periodische Spannung anzulegen, da man falls sie an der y-Achse anliegt, nur einen Strich sehen würde. Im sinnvollen Fall ergibt sich aber ein Bild. Dabei verwendet man die sogenannte Sägezahn- oder Kippspannung. Diese kann man durch einen Drehschalter TIME/DIV einstellen.

### 2.1.4 Triggerung

Sie wird dazu verwendet, um ein stehendes Bild einer periodischen Wechselspannung zu bekommen. Die x-Ablenkung (Sägezahnspannung), wird so gewählt, dass sie immer dann einsetzt, wenn  $U_y$  eine vorab eingestellte Höhe (Trigger Level) erreicht hat. Hierbei kann man dann auf der x-Achse die Zeit messen. Der Slope wird für die Einstellung benötigt, wann der Trigger auslösen soll. Wenn er bei einer Steigung der Spannung eingestellt ist, spricht man vom positivem Slope, im andere Fall vom negativen.

## 2.2 Stehendes Bild bei einem 10 Hz Signal

Ziel ist es jetzt ein stehendes Bild bei einem Sinussignal, sowohl im Analog- als auch im Digitalbetrieb, zu erhalten. Dazu soll die Anstiegszeit, die Frequenz und die Amplitude mit den im Menü zur Verfügung stehenden Werkzeuge gemessen werden.

Dies geschieht durch Triggerung, wobei man dabei die Anstiegszeit richtig anpassen muss. Hierzu werden die Bedienelemente Select Cursor und Measure benötigt und zusätzlich zum Wechseln vom Analog in den Digitalbetrieb die Taste Hold.

## 3 Messungen im Zweikanalbetrieb

Das Oszilloskop hat 2 Eingänge, nämlich CH1 und CH2. Die Signale sollen nun über der selben Zeitachse betrachtet werden. Zudem werden jetzt noch die folgenden Begriffe erklärt:

**a)CHOP:** Hier wird das Signal sozusagen "zerhackt". Immer wenn der Elektronenstrahl horizontal durchläuft, wird abwechselnd entweder das Signal des ersten oder zweiten Kanals gezeichnet.

**b)DUAL:** Dies beschreibt die normale 2 Kanalbetriebsart. CH1 und CH2 werden hier gleichzeitig dargestellt. Beide Signale werden mit hoher Frequenz alternierend gezeichnet, weil es nur eine Kathodenstrahlröhre gibt. Somit zeichnet das Oszilloskop bei einem

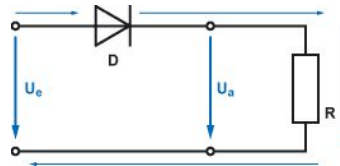
Durchlauf stets beide Kurven.

c) **ADD**: Wie der Name schon vermuten lässt, kann man hiermit Signale addieren oder subtrahieren.

d) **TRIG-I/II**: Hier kann man die Kanäle wechseln, also zwischen CH1 und CH2 auswählen.

### 3.1 Si-Dioden-Einweggleichrichter

Hier ist das Eingangssignal ein Sinus und das Ausgangssignal ein Si-Dioden-Einweggleichrichter.



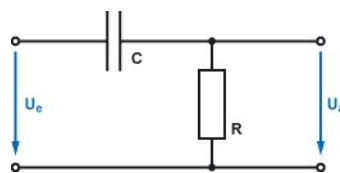
Es sollen beide Signale am Oszilloskop dargestellt werden. Der Si-Dioden-Einweggleichrichter besteht aus einem  $1k\Omega$  Lastwiderstand, welcher das Quellgerät belastet. Die Ausgangsspannung wird über dem Widerstand gemessen. Durch die Eigenschaft einer Si-Diode, wird der Strom ab einer gewissen Spannung (Schwellenspannung) nur in eine Richtung (Durchflussrichtung) passieren.

Wir sollen nun das ganze für unterschiedliche Eingangsspannungen, wie etwa  $0,5V$ ;  $1V$ ;  $8V$  durchführen, wobei das jeweils die Spitze-Spitze Spannungen sind. Es ist zu vermuten, dass bei kleinen Spannungen kein Ausgangssignal entsteht.

Zusätzlich soll noch ein Ladekondensator dazwischengeschaltet werden, wodurch das Signal bei hohen Frequenzen geglättet wird. Auch hier sollte bei niedrigen Spannungen nichts zu beobachten sein, da hier der Kondensator sich nicht aufladen kann, weil die Diode noch nicht leitet.

### 3.2 RC-Differenzglied

Jetzt haben wir als Eingangssignal ein Dreieck mit Periodendauer  $T$  und als Ausgangssignal ein RC-Differenzglied.



Dies entspricht einer Reihenschaltung mit einem Kondensator und einem Widerstand, also einer RC-Schaltung. Wieder wird die Ausgangsspannung über dem Widerstand gemessen, wobei diese nun auch vom Kondensator abhängt. Nämlich:

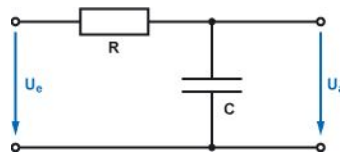
$$U_A = RI = R\dot{Q} = RC\dot{U}_C$$

Jetzt gilt es folgende Fälle zu unterscheiden:

- a)  $T \ll RC$ : Hier ist die Periodendauer sehr klein. Somit hat der Kondensator nicht genug Zeit um sich komplett auf- bzw zu entladen. Dadurch fällt fast die komplette Spannung Widerstand ab. Wir erhalten also  $U_E \approx U_A$ .
- b)  $T \approx RC$ : Wir haben nun etwa gleich große Impedanzen, wodurch beim Laden und Entladen des Kondensators, ein gedämpftes und verschobenes Signal entsteht.
- c)  $T \gg RC$ : Im Gegensatz zum Fall a) fällt jetzt fast die komplette Spannung am Kondensator ab, wodurch aus dem Dreieckssignal eine Rechteckspannung entsteht. Man spricht hier auch vom Differenzieren der Schaltung.

### 3.3 RC-Integrierglied

Dieses Mal ist das Eingangssignal ein Rechteck mit Periodendauer T und das Ausgangssignal entsteht ein RC-Integrierglied.



Ähnlich wie beim RC-Differenzierglied haben wir wieder ein RC-Kreis, nur wird jetzt die Spannung am Kondensator als Ausgangsspannung benutzt. Somit erhalten wir nun:

$$U_A = \frac{Q}{C} = \frac{1}{C} \int I dt = \frac{1}{RC} \int U_R dt$$

Hierbei ist unsere Spannung am Widerstand  $U_R$  etwa gleich groß, wie die Eingangsspannung  $U_E$ . Auch hier wieder die Fallunterscheidung:

- a)  $T \ll RC$ : Wieder fällt fast die komplette Spannung am Widerstand ab. Man spricht vom integrieren der Schaltung. Es entsteht ein Dreieckssignal am Ausgang.
- b)  $T \approx RC$ : Auch hier entsteht wieder ein gedämpftes und phasenverschobenes Ausgangssignal.
- c)  $T \gg RC$ : Fast die komplette Spannung fällt am Kondensator ab. Hier ist also in etwa die Eingangs- gleich der Ausgangsspannung.

### 3.4 RC-Phasenschieber

Hier ist das Eingangssignal eine sinusförmige Wechselspannung und das Ausgangssignal der RC-Phasenschieber, wobei die Schaltung äquivalent zum RC-Differenzierglied ist. Somit gilt für die Ein- und Ausgangsspannung:

$$\begin{aligned} U_E &= Z_{ges} I \\ U_A &= RI \end{aligned}$$

Laut Aufgabenstellung soll die Frequenz  $f = \frac{2\pi}{\omega}$  so gewählt werden, dass gilt:

$$U_A = \frac{U_E}{2}$$

Somit erhalten wir:

$$U_A = RI = \frac{U_E R}{\sqrt{R^2 + \frac{1}{\omega^2 C^2}}}$$

$$\Rightarrow f = \frac{1}{2\pi RC\sqrt{3}}$$

Es ist gegeben, dass  $R = 1k\Omega$  und  $C = 0,47\mu F$ , wodurch wir eine Frequenz von  $f = 195,5Hz$  erhalten.

Für die Phasenverschiebung gilt:

$$\tan \Phi = \frac{\Im Z}{\Re Z} \Rightarrow \Phi = \arctan\left(\frac{-1}{\omega CR}\right) = -60^\circ$$

### 3.5 Frequenzmodulierte Schwingung

Jetzt sollen zwei Generatoren hintereinander geschaltet werden, damit eine frequenzmodulierte Schwingung entsteht. Laut Aufgabenstellung wird hierzu der Generator 2 mit  $50mV - 50Hz$  an die Buchse  $VC_{in}$  von Generator 1 mit etwa  $1,5kHz$  geschlossen. Wir erhalten folgende Form für das Signal:

$$u(t) = u_0 \cdot \sin \phi(t) = u_0 \cdot \sin(\Omega_0 \cdot t + \left(\frac{\Delta\omega}{\omega}\right) \cdot \sin \omega t + \phi_0)$$

Wir müssen nun den Frequenzhub  $\Delta\omega$  und die Momentankreisfrequenz bestimmen:

$$\Omega(t) = \frac{d\phi}{dt} = \Omega_0 + \Delta\omega \cdot \cos \omega t$$

### 3.6 Addieren und Subtrahieren

In diesem Versuch sollen mit Hilfe der ADD Funktion des Oszilloskops zwei unabhängige Spannungsverläufe addiert werden. Indem man die INVERT-Taste verwendet, soll man zudem auch eine Subtraktion durchführen.

Dadurch kann man verschiedene Effekte, wie Schwebung (bei fast gleicher Frequenz) oder Addition (bei genau gleicher Frequenz) beobachten.

## 4 X-Y-Darstellungen

Jetzt wird der Zeitbasisgenerator durch eines der zwei Eingangssignale ersetzt, wodurch CH1 über CH2 aufgetragen wird. Dadurch erhält man auf dem Bildschirm des Oszillators  $U_y = f(U_x)$  abgebildet.

### 4.1 Lissajous-Figuren

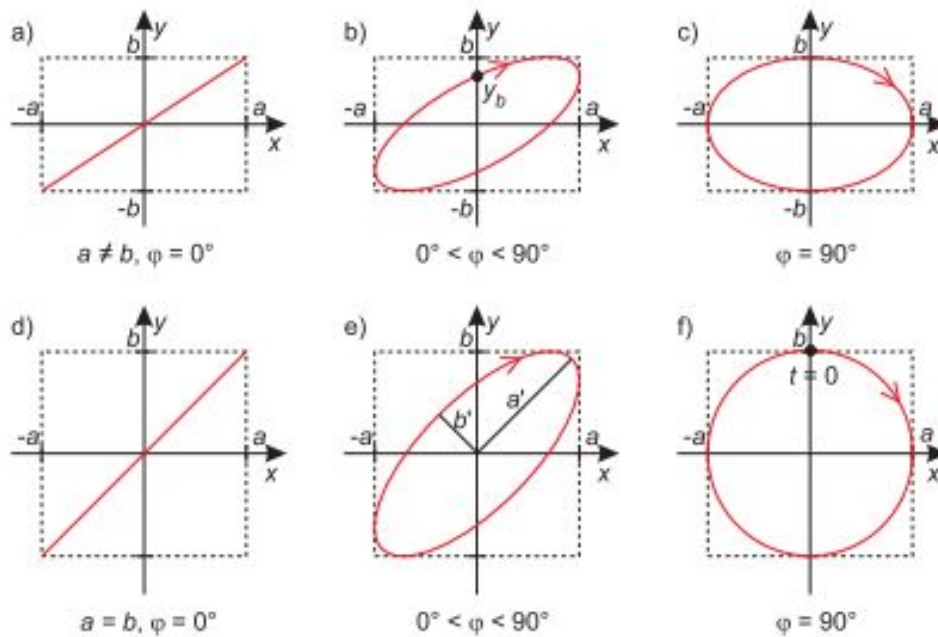
Bei verschiedenen Phasendifferenzen der Schwingungen am x- und y-Eingang ergeben sich unterschiedliche Bilder. Bei gleichen Frequenzen ergeben sich im allgemeinen Ellipsen. Die Parameterdarstellung einer Ellipse ist folgende:

$$\begin{aligned}x(t) &= a \sin(2\pi ft) \\y(t) &= b \sin(2\pi ft + \phi)\end{aligned}$$

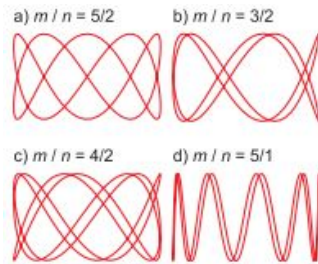
Wobei die Phasenverschiebung gegeben ist durch:

$$\sin(\phi) = \frac{y_b}{b}$$

Dies führt zu folgenden Schaubildern (die Frequenz ist noch gleich):



Wenn nun die Frequenzen nicht mehr gleich sind, entstehen schwierigere Bilder. Für den Fall, dass die Frequenzen in einem rationalen Verhältnis zueinander stehen, dh.  $f = \frac{m}{n} f_0$ , wobei  $m$  und  $n$  natürliche Zahlen sind, entstehen z.B. folgende Bilder:



Zudem kann man  $m$  und  $n$  ablesen, indem man für  $m$  die Umkehrpunkte am oberen oder unteren Rand zählt und für  $n$  die am linken oder rechten Rand.

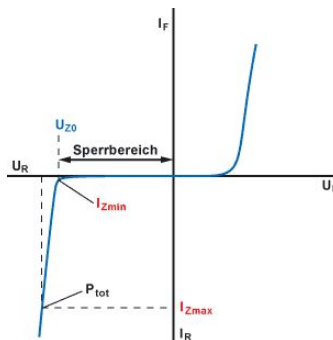
## 4.2 Kennlinien

Falls man bei einem Bauteil Strom gegen Spannung aufträgt, lassen sich spezielle Eigenschaften an der dadurch entstehenden Kurve erkennen. Diese Kurve wird auch Kennlinie genannt.

Die Bauteile, welche es zu untersuchen gilt, sollen anhand der Schaltskizze 1 eingebaut werden.

### 4.2.1 Z-Diode

Die Z-Diode ist eine SI-Diode, welche eine geringe Sperrschicht hat und zudem besonders dotiert ist. Sie arbeitet in Durchlassrichtung wie jede andere Diode und in Sperrichtung wird sie ab einer bestimmten Spannung (Sperrspannung) niederohmig und lässt somit den Strom durch.





### 4.2.2 Kondensator

Im optimalen Fall erkennt man hier einen Kreis, da die Phasenverschiebung zwischen Strom und Spannung genau  $\frac{\pi}{2}$  entspricht. Es wird aber wahrscheinlich nicht so einfach sein, einen Kreis zu erhalten, man bekommt stattdessen wahrscheinlich eine Ellipse.

Alle Ergebnisse sollen nun noch mit der Option Komponententester verifiziert werden.

## 5 Speichern eines Einmalvorgangs

Hier ist die Aufgabe den Spannungsverlauf beim Entladen eines  $0,47\mu F$  Kondensators auf zwei Arten zu speichern.

1. Über den Eingangswiderstand des Oszilloskops am DC Eingang (DC, weil bei AC vor dem Verstärker noch ein Kopplungskondensator geschaltet ist).
2. Über den Eingangswiderstand des 10:1-Tastknopfs am Oszillator.

Nun können wir durch den bekannten Kapazitätswert und den Speicherbildern die Eingangswiderstände am Oszilloskop und Tastknopf bestimmen. Für den Entladevorgang gilt:

$$U(t) = U_0 e^{-\frac{t}{RC}}$$
$$\Rightarrow R = -\frac{t}{\ln\left(\frac{U(t)}{U_0}\right) \cdot C}$$

Da man auf dem Aufgabenblatt eine Eingangsimpedanz von  $1M\Omega$  ablesen kann, ergibt sich beim 10:1-Tastknopf ein Eingangswiderstand von  $10M\Omega$ .

## 6 Quellen

<http://upload.wikimedia.org/wikipedia/de/7/79/Oszirschema.jpg>

<http://www.elektronik-kompodium.de/>

Vorbereitungsmappe

Musterprotokolle

H.J.Eichler, H.-D.Kronfeldt, J.Sahm, *Das Neue Physikalische Grundpraktikum*, 2. Auflage, Springer-Verlag