



Universität Regensburg

U N I V E R S I T Ä T R E G E N S B U R G

Naturwissenschaftliche Fakultät II - **Physik**

Physikalisches Praktikum für Lehramt Chemie an
Gymnasien

Versuch *ok* - Oszilloskop

Auflage 10/25

Das Oszilloskop

1.1 Einleitung

Das Oszilloskop ist eines der wichtigsten Messgeräte für die Untersuchung zeitlich veränderlicher Vorgänge. Es kann eine schnell veränderliche elektrische Spannung aufzeichnen und als $V(t)$ -Funktionsgraph auf dem Bildschirm darstellen. Da viele physikalischen Meßgrößen im Labor ohnehin durch einen geeigneten Detektor in ein Spannungssignal umgewandelt und als solches verarbeitet werden, lässt sich so das Zeitverhalten physikalischen Meßgrößen darstellen und untersuchen. Typische Anwendungsbeispiele in der Elektronik sind beispielsweise Signale in RC- oder RLC-Kreise.

1.2 Lernziele

- Prinzipielle Wirkungsweise des Oszilloskops
- Zeitkonstante für RC-Schaltung

1.3 Grundlagen

1.3.1 Erde und Masse in der Elektronik

Bevor das Oszilloskop erklärt wird, sollen die Begriffe Erde und Masse erklärt werden. Spannung ist definiert als eine Potentialdifferenz zwischen zwei Punkten. Häufig definiert man einen allgemeinen Bezugspunkt, an dem das elektrische Potential Null ist. Ausgehend davon kann man nun allen anderen Punkten in der Schaltung ein elektrisches Potential (relativ zum Bezugspunkt) zuordnen. Diesen gemeinsamen Bezugspunkt nennt man Masse, und entspricht oft (aber nicht immer) dem Minuspol der Spannungsquelle entspricht.

Im Haushalts- oder Laborstromnetz gibt es einen Schutzleiter, der mit dem Potential der Erde verbunden ist und daher "Erde" genannt wird. Dieser Schutzleiter ist in jeder Steckdose (als freiliegende Kontakte) vorhanden. Bei vielen Geräten (Oszilloskop, Frequenzgenerator, Netzgeräte, etc.) liegt der Masseanschluss (in der Regel der schwarze Anschluss, oder der Außenleiter der BNC-Buchsen) intern über das Netzkabel auf Erde. Wichtig wird dies in Schaltungen mit mehreren solchen Geräten: Dann nämlich können

über die Verbindung über die Erde zwei Pole verbunden sein, die in der gewünschten Schaltung nicht verbunden sind und auch nicht verbunden werden dürfen. Abb. 1.1 zeigt dies anhand eines Beispiels: wegen der ungewollten Verbindung über die Erden von Oszilloskop und Netzteil fällt in der linken Abbildung am Vorwiderstand keine Spannung mehr ab, da beide Seiten des Widerstands geerdet werden. Folglich liegt an der Leuchtdiode die gesamte Spannung an und sie kann zerstört werden.

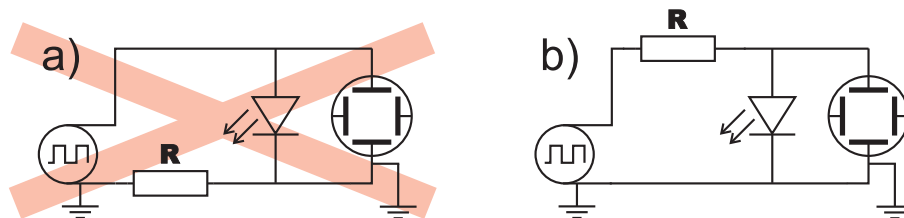


Abbildung 1.1: a) Durch die Erdung von Netzteil und Oszilloskop wird der Vorwiderstand über die Erde kurzgeschlossen und die Leuchtdiode kann zerstört werden. b) Richtiger Aufbau: die Massen beider Geräte sind direkt miteinander verbunden

1.3.2 Funktionsweise des Oszilloskops

Das Oszilloskop visualisiert zeitlich veränderliche elektrische Signale. Auf einem Bildschirm verschiebt das zu messende Signal einen Leuchtpunkt in y-Richtung, während dieser in x-Richtung mit einer einstellbaren Geschwindigkeit (Zeitachse) von links nach rechts verschoben wird.

Skalierung

Die Skalierung der Darstellung des Signals in y-Richtung erfolgt durch eine einstellbare Vorverstärkung des Signals. Die Achsen des Funktionsgraphen haben eine feste Teilung (Division) und die Skalierung wird als Spannungshub pro Teilung angegeben, also zum Beispiel als „50 mV/div“. Entsprechendes gilt für die horizontale Teilung. Üblicherweise gibt es eine grobe Teilung in Kästchen und eine kleine Teilung in kleinen Strichen auf den Achsen und die Skalierung bezieht sich auf die grobe Teilung in Kästchen.

Kopplung

In vielen Fällen möchte man eine kleine, zeitlich variable Spannungskomponente vor dem Hintergrund eines großen konstanten Spannungsanteils darstellen. Dazu kann man die Eingangskopplung zwischen DC (mit Gleichspannungsanteil) und AC (ohne Gleichspannungsanteil) umschalten. Die Einstellung GND setzt die Darstellung auf Null und ermöglicht so das Ablesen der Nulllinie.

Trigger

Unter Triggern versteht man das Synchronisieren des zu messenden Signals mit dem Beginn seiner grafischen Darstellung. Auf den Zeitskalen, die ein Oszilloskop erreichen kann, ist ein händisches Auslösen der Aufzeichnung unmöglich.

In manchen Fällen wird der Startpunkt des Experimentes durch ein elektrisches Signal auf einer anderen Leitung angezeigt. Dies ist zum Beispiel der Fall, wenn ein elektrisches Signal die eigentliche Messung auslöst. In diesem Fall kann man dieses Signal zum Auslösen (Triggern) des Aufzeichnungsprozesses nutzen. Dies wird üblicherweise als external Trigger bezeichnet und das Signal wird über die Buchse „Ext“ eingespeist.

In anderen Fällen muss ein charakteristischer Punkt des Signals selber die Darstellung auslösen. Diese charakteristische Punkt könnte zum Beispiel eine besonders große Signalspitze sein, oder auch ein Nulldurchgang mit positiver Steigung. Die günstige Auswahl eines solchen charakteristischen Punktes hängt von der Art des Signals selber ab und muss daher vom Nutzer vorgenommen werden. Dazu wird ein bestimmtes Spannungsniveau (Triggerlevel) angewählt und die Richtung des Durchgangs (Slope - "von unten nach oben" oder "von oben nach unten").

Beim Trigger kann auch der Gleichspannungsanteil unterdrückt werden (AC-Kopplung). Manchmal können für den Trigger auch bestimmte Frequenzkomponenten unterdrückt werden, damit nicht die Rauschanteile im Signal schon den Trigger auslösen.

Fallunterscheidung:

Möchte man ein **nicht-periodisches** Signal darstellen, so soll die Aufzeichnung nur einmalig ablaufen. In diesem Fall stellt man den Trigger auf „Single“. Hat der Trigger ausgelöst, so muss man ihn erneut scharf machen, bevor er wieder auslösen kann. Bei einem **periodischen** Signal ist es sinnvoll, wenn der Trigger am immer gleichen Punkt innerhalb des periodischen Signals auslöst, z.B. immer am Nulldurchgang mit positiver Steigung. Dieser Modus nennt sich „Continuous“ oder einfach „Run“.

Wenn das Spannungsniveau des Triggers fälschlich so gewählt wurde, dass das Signal dieses Spannungsniveau nie erreichen kann, wird der Trigger nicht ausgelöst und daher auch nichts angezeigt.

Der Status des Triggers wird angezeigt als

- „armed“ oder „ready“ wenn der Trigger im Einzelmodus scharf ist, aber noch nicht ausgelöst hat
- „triggered“ wenn der Trigger regelmäßig ausgelöst wird
- „stop“ wenn im Einzelmodus fertig aufgezeichnet wurde
- „auto“ wenn kein Trigger registriert wird, und die Signalaufzeichnung zufällig erfolgt, und
- „scan“ wenn besonders langsame Signale kontinuierlich angezeigt werden.

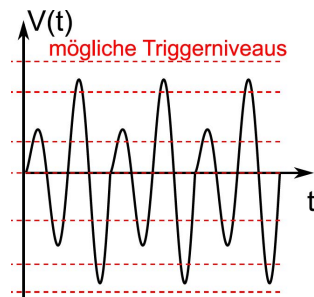
x-y-Modus

Im x-y-Modus kann das Oszilloskop zwei Signale gegeneinander auftragen, d.h. das eine Signal bestimmt die vertikale Position, das andere Signal die horizontale Position des Leuchtpunkts. Es wird damit ein $y(x)$ -Graph dargestellt. Bei einem Zwei-Kanal Oszilloskop werden die beiden Spannungen über die Eingänge der beiden Kanäle eingespeist. Im x-y-Modus gibt es keinen Trigger.

1.4 Vorbereitende Fragen zum Versuch

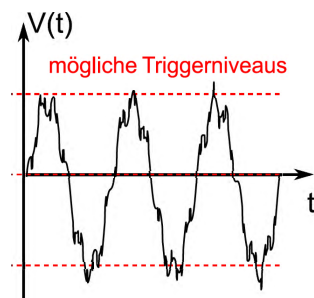
1. Zur Signaldarstellung im x - y -Modus:
 - (a) Gegeben ist eine Sägezahnspannung $U_x(t)$ der Kreisfrequenz ω_x , die im x - y -Modus die horizontale Ablenkung (x -Achse) steuert. Welche Frequenzen ω_y muss eine Sinusspannung $U_y(t)$ haben, damit ein stehendes Bild der Sinusfunktion entsteht?
 - (b) Was erwarten Sie, wenn die Sinusfrequenz ω_y geringfügig von den in 1a) ermittelten Werten abweicht?
2. Zur Signaldarstellung im x - y -Modus: Welche Bilder erwarten Sie auf dem Schirm, wenn an den x - bzw. y -Eingang die Spannungen $U_x = U_0 \sin(\omega_x t)$ und $U_y = U_0 \sin(\omega_y t + \varphi)$ angelegt werden, für die Fälle
 - (a) $\omega_x = \omega_y$. Welche Bedeutung hat hierbei die Phase φ ?
Diskutieren sie die Fälle $\varphi = 0, \frac{\pi}{2}, \frac{3\pi}{2}, \dots$
Welche Formen ergeben sich (qualitativ) für Zwischenwerte von φ ?
 - (b) Für welche Verhältnisse von ω_x/ω_y ergeben sich geschlossene Kurven? Wählen Sie zwei solche Verhältnisse mit $\omega_x \neq \omega_y$ beispielhaft aus, geben Sie sie an, und zeichnen Sie welche Bilder Sie auf dem Schirm erwarten.
3. Es liegt ein Sinussignal von 2Vpp an. Ihr Triggerniveau ist auf 0V bzw. 0.5V eingestellt. Skizzieren Sie, wie Ihr Signal aussieht, wenn Sie auf steigende oder fallende Signalrichtung oder auf beide Signalrichtungen triggern. (Skizzieren Sie alle sechs Fälle: zwei Triggerniveaus mit jeweils drei Möglichkeiten)

4. Sie haben folgendes Signal anliegen:



Diskutieren Sie, welche der eingezeichneten Triggerniveaus sinnvoll gewählt sind und welche nicht.

5. Sie haben ein Sinussignal mit Rauschen anliegen:

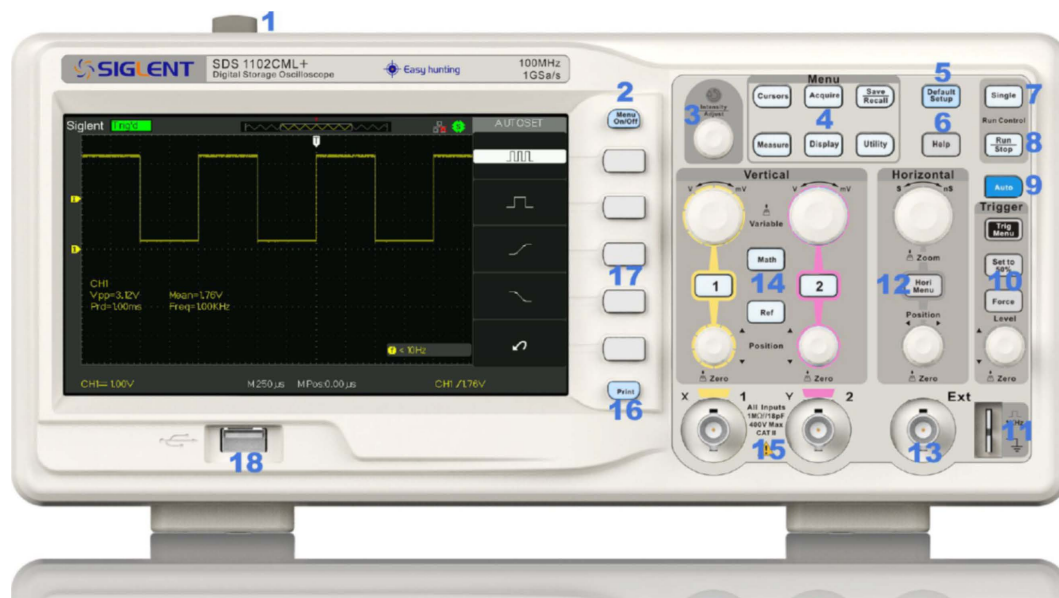


Diskutieren oder skizzieren Sie, wie sich das Rauschen in Zusammenhang mit dem Trigger auf die Abbildung des Signals auswirkt. Wäre der Effekt für alle eingezeichneten Triggerniveaus gleich?

Hinweise zum Versuchsaufbau

1.5 Das Oszilloskop Siglent SDS1102CML+

Die wichtigsten Bedienungselemente finden Sie in der Einleitung zum Praktikum kurz genannt. Da das Gerät sehr komplex ist und eine Vielzahl von Möglichkeiten bietet, ist die Steuerung nicht nur durch wenige Tasten fester Bedeutung, sondern in Menüs organisiert. Diese Praktikumsanleitung kann daher die komplette Bedienung nicht wiedergeben, die wichtigsten Knöpfe sind im Folgenden jedoch erläutert. Die komplette Bedienungsanleitung steht im Internet elektronisch zur Verfügung.



- An/Aus Schalter
- Ein- und Ausblenden des Menüs im Bildschirm
- Drehknopf zur Anwahl einer Option von mehreren in einem Menü
- Menüanwahlknöpfe, um in die Menüs „Ablesezeiger (Cursors)“, „Erfassung (Acquire)“, „Speicher (Save)“, „Messung (Measure)“, „Anzeige (Display)“, „Hilfsmittel

(Utility)“ zu gelangen

- Rücksetzen auf Werkseinstellungen
- Hilfe
- Einmalige Signalaufzeichnung
- Umschalten zwischen dauerhaft wiederholter Signalaufzeichnung und -anzeige und Einfrieren des angezeigten Signals
- Automatische Voreinstellung des Geräts, so dass das aktuell vorliegende Signal gut angezeigt wird
- Trigger: (von oben nach unten) Trigger-Menüaufruf, Trigger auf Signalmitte, Einmaliger forcierter Manueller Trigger, Triggerniveau
- Kontakte für ein Testsignal und Masse
- horizontale Ablenkung: (von oben nach unten) Skalierung der Zeitachse, Zeitachsen-Menüaufruf, horizontale Position
- externer BNC-Eingang
- vertikale Ablenkung für die beiden Kanäle x und y: (von oben nach unten) Skalierung der Spannungsachse, Kanal-Menüaufruf, vertikale Position; Mitte: Mathematik-Menüaufruf, Referenz-Menüaufruf
- BNC-Eingänge für die beiden Kanäle 1 und 2
- Bildschirmkopie
- Menüanwahlknöpfe (kontextbezogen)
- USB Buchse

1.6 Aufgabenstellung

Der Sinn des ersten Versuchsteils besteht nicht im quantitativen Messen, sondern darin, mit der Bedienung des Oszilloskops und mit einigen Anwendungen vertraut zu werden.

1.6.1 Kennenlernen der Gerätefunktionen, Kalibrierung

1. Gleichspannungsmessung

Bauen Sie folgende Schaltung (Abb. 1.2) auf und legen Sie eine Gleichspannung von z.B. 5 V an. Beachten Sie vor dem Anlegen der Gleichspannung, dass der Empfindlichkeitsbereich für den jeweiligen y-Eingang, den Sie verwenden, geeignet gewählt ist.

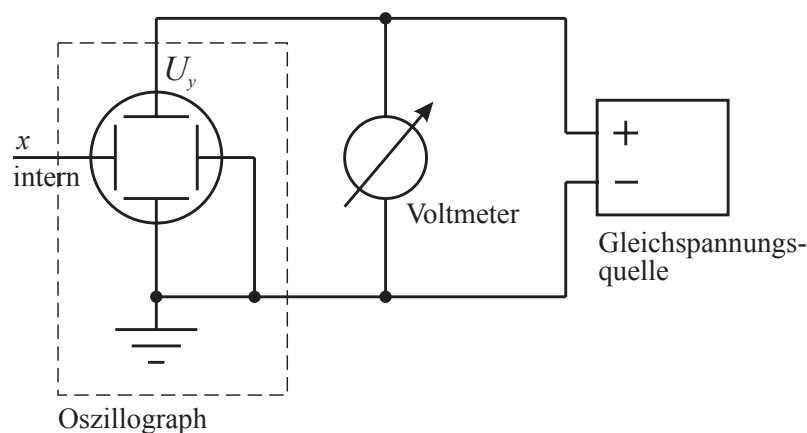


Abbildung 1.2: Messung einer Gleichspannung mit dem Oszilloskop

Notieren Sie die Anzeigen des Voltmeters und des Oszilloskops! Hier ist das Voltmeter als das genauere Messgerät zu betrachten. Sollten die Werte voneinander abweichen, dann ist das Oszilloskop schlecht kalibriert. Berechnen Sie für die nachfolgenden Messungen, welche Spannung in Volt einer Auslenkung von einem Kästchen entspricht. Stellen Sie fest, wie sich die Wahl der Eingangssignalankopplung (DC-AC-GD) auf die Anzeige auswirkt und wiederholen Sie diesen Versuchsteil auch mit dem zweiten Eingang.

2. Wechselspannungsmessung

Legen Sie nun die Ausgangsspannung (Sinus) des Funktionsgenerators anstelle der Gleichspannung an. Beachten Sie, dass Sie den Masseanschluss des Oszilloskops mit dem des Funktionsgenerators direkt verbinden, da der Funktionsgenerator nicht erdfrei ist. Stellen Sie eine Spannung von unter 1 V ein und vergleichen Sie die Anzeige am Oszilloskop und am Voltmeter. Erklären Sie eventuelle Abweichungen! Untersuchen Sie auch hier wieder die Auswirkungen der Eingangssignalankopplung. Variieren Sie dazu auch den Offset des Sinussignals am Funktionsgenerator.

3. Zeitablenkung

Überprüfen Sie mit der Stoppuhr mit mindestens 5 Messungen die Zeitablenkung für die Einstellungen $0,2\text{ s/DIV}$ und $0,1\text{ s/DIV}$ (vgl. Abb. 1.3). Skizzieren Sie den zeitlichen Verlauf der Spannung, die an den horizontalen Ablenkplatten anliegt. Entfernen Sie dazu alle Eingangssignale. Die Zeiteichung kann auch mit dem Frequenzgenerator überprüft werden. Benutzen Sie hierfür folgende Schaltung:

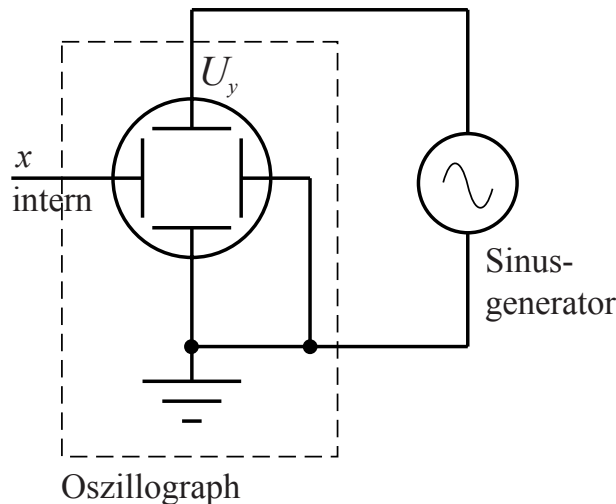


Abbildung 1.3: Zeitablenkung

Stellen Sie die Frequenz am Generator bzw. die Zeitablenkung so ein, dass z.B. fünf Schwingungen auf die ganze Breite des Bildschirms fallen. Lesen Sie die Frequenz am Generator ab und ermitteln daraus die Ablenkfrequenz.

Versuchen Sie möglichst optimale Einstellungen für die Positionierung des Strahls und die Zeitablenkung zu finden, um das Ablesen von Zeiten und damit das Ermitteln von Frequenzen zu vereinfachen.

4. Triggern

Stellen Sie nun die Zeitablenkung auf 2 ms/div ein. Welche Zeitspanne wird auf der horizontalen Achse Ihres Oszilloskops angezeigt? Stellen Sie sicher, dass der Trigger abgeschaltet ist oder so eingestellt ist, dass kein Trigger erfolgt, und legen Sie den Frequenzgenerator (Sinus) an einen Eingang des Oszilloskops. Stellen Sie jetzt die Frequenz so ein, dass kein stehendes Bild entsteht und schalten Sie dann die (interne) Triggerung ein. Verstellen Sie ausgiebig alle möglichen Einstellungen des Triggers (Pegel, Slope, Modus, . . .) und untersuchen Sie die Auswirkungen. Skizzieren Sie kurz die Unterschiede.

1.6.2 Messung von Amplitude und Frequenz verschiedener Wechselspannungen

1. Funktionsgenerator

Stellen Sie am Funktionsgenerator eine Sinusfrequenz von ca. 5 Hz / $1V_{SS}$ ein und messen Sie sie nacheinander mit einem Multimeter (*AC oder DC?*) und mit dem Oszilloskop.

Mit welcher (Zeit-)Ablenkung am Oszilloskop kann man die Amplitude sinnvoll bestimmen?

Wiederholen mit Dreieck, und Rechteck

2. Wechselstromnetz

Bestimmen Sie die Frequenz des Wechselstromnetzes. Verwenden Sie aus Sicherheitsgründen dazu den zur Verfügung gestellten Transformator, denn 230V sind für den menschlichen Körper lebensgefährlich. Stimmt die übliche Angabe 50 Hz? Bestimmen Sie auch die Spannung an der Sekundärseite des Transformators.

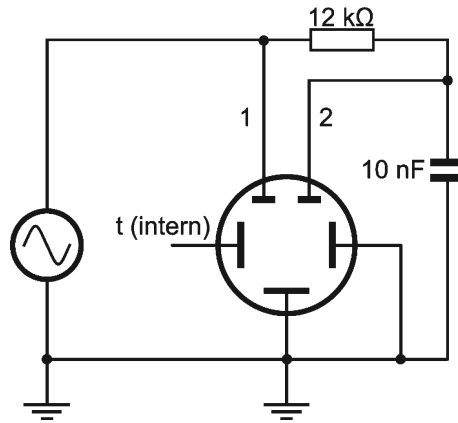
3. x-y-Betrieb und Lissajous-Figuren

Lassen Sie von der vorangegangenen Aufgabe die Netzspannung über den Tastkopf an einen der beiden Kanäle weiter anliegen. Schließen Sie an den anderen Kanal den Funktionsgenerator an. Schalten Sie das Oszilloskop auf x-y-Betrieb um. Wählen Sie am Funktionsgenerator eine Sinusspannung aus und variieren Sie die Frequenz in einem möglichst weiten Bereich, um Figuren verschiedenster Formen auf dem Bildschirm zu erzeugen. Beachten Sie, dass die Einstellung der horizontalen Ablenkung seine ursprüngliche Funktion verloren hat, da die horizontale Ablenkung durch den x-Kanal bestimmt wird. Allerdings hängt die Aufzeichnungsdauer der Signals nach wie vor von der Einstellung der horizontalen Ablenkung ab; wenn Sie diese verstellen, ändert sich die dargestellte Länge des Segmentes der Lissajous-Figur. Diese Figuren nennt man Lissajous-Figuren. Finden und notieren Sie drei Frequenzen, bei denen die Figuren still stehen. Wenn Sie dann ganz geringfügig die Frequenz variieren, bewegen sich die Figuren langsam. Versuchen Sie, diesen Sachverhalt zu erklären. Stellen Sie nun sicher, dass der Funktionsgenerator an x und das Netzsignal an y anliegt. Können Sie eine Einstellung am Funktionsgenerator finden, so dass das Bild eine Sinuswelle zeigt? Falls ja, können Sie erklären, wie es dazu kommt?

4. Messung von Phasenverschiebungen - Vergleich mehrerer Signale

Das verwendete Oszilloskop besitzt zwei Eingangskanäle, somit können zwei Signale gleichzeitig erfasst, dargestellt und miteinander verglichen werden.

Bauen Sie folgende Schaltung auf:



In der Zeichnung soll die geteilte obere Ablenkplatte die Unabhängigkeit der beiden Kanäle bzw. Eingänge 1 und 2 symbolisieren. Auf Kanal 1 liegt direkt das Signal des Funktionsgenerators an, was hier ein Sinus sein sollte. An Kanal 2 wird dasselbe Signal nach Durchlaufen eines RC-Kreises widergegeben. Den RC-Kreis (RC steht für Widerstand und Kondensator) lernen wir erst im folgenden Versuch genauer kennen; hier dient er uns lediglich dazu, zwei phaseverschobene Signale zu generieren. Die sogenannte Grenzfrequenz ν eines RC-Kreises errechnet sich aus

$$\nu = (2\pi R \times C)^{-1}$$

Berechnen Sie die Grenzfrequenz für den angegebenen RC-Kreis. Wählen Sie dann am Funktionsgenerator einen Sinus und stellen Sie nacheinander die Frequenzen $\nu/4$, ν und 4ν ein. Messen Sie möglichst exakt $\Delta\varphi$ sowie die Amplitudenverhältnisse für diese drei Fälle.