

**FAKULTÄT FÜR PHYSIK**  
**Physikalisches Praktikum P1 für Physiker**

**Vorbereitungshilfe zum Versuch Oszilloskop**

Die Leistungsfähigkeit analoger Oszilloskope wird charakterisiert durch die **Bandbreite der Signalverarbeitung** in MHz, d.h. durch den Abstand zwischen minimaler und maximaler Frequenz eines angelegten Signals, bei der die Amplitude um 3 dB (Faktor 0,707) gedämpft wird. Bei digitalen Oszilloskopen kommt als weitere wichtige Kenngröße die **Abtastrate** in MS/s (Megasamples/Second) hinzu. Zwischen Bandbreite und Abtastrate muss als entscheidende Beziehung das **Abtasttheorem** beachtet werden, um eine unverfälschte Signalverarbeitung zu garantieren.

Das **Abtasttheorem** besagt, dass ein Signal, das eine endliche Bandbreite  $f_{\max}$  hat (d.h. keine höheren Frequenzen als  $f_{\max}$  enthält), durch Abtastwerte **größer als das Zweifache der Grenzfrequenz  $f_{\max}$**  unverfälscht wiedergegeben wird, d.h. aus den gewonnenen Abtastwerten kann das zugrunde liegende Analogsignal originalgetreu errechnet werden. Diese exakte Rekonstruktion ist jedoch sehr aufwendig, daher wird das Signal einfacher durch lineare oder Spline-Interpolation aus den Abtastwerten angenähert. Um sicher zu sein, den Signalverlauf aus den Abtastpunkten noch klar erkennen zu können, sollte eine gewisses Maß an **Überabtastung (Oversampling)** von etwa dem zehnfachen der Grenzfrequenz  $f_{\max}$  angestrebt werden. Bei Verletzung des Abtasttheorems, wenn also für eine Frequenz aus dem Signalspektrum  $f_A < 2 \cdot f$  (**Unterabtastung**) gilt, so erhält man durch Interpolation zwischen den Abtastwerten eine falsche Frequenz. Man spricht hier vom **Aliasing-Effekt**. Wenn dieser Effekt auftritt und nicht erkannt wird, dann führt dies zu gravierenden Fehlinterpretationen der Messung. Als Gegenmaßnahme gegen ein Auftreten des Aliasing Effekts sollte ein Signal vor der A/D-Wandlung immer durch ein Tiefpassfilter mit einer Eckfrequenz gleich der halben Abtastfrequenz gefiltert werden, damit erst gar keine Frequenzen in den A/D-Wandler gelangen, die bei der gegebenen Frequenz unterabgetastet sind.

Bei dem im Versuch verwendeten Oszilloskop Tektronix TDS2002B beträgt die maximale Abtastrate **1GS/s**. Die Bandbreite ist mit **60MHz** spezifiziert. Damit wird der Aliasing-Effekt vermieden.

Eine weitere Kenngröße für digitale Oszilloskope ist die **Erfassungsrate**. Bei analogen Oszilloskopen ist es einfach: mit jedem Anstieg der Sägezahnspannung für die Zeitablenkung wird auch das Signal auf dem Schirm angezeigt (erfasst), d.h. die Erfassungsrate entspricht der eingestellten Zeitablenkfrequenz (z.B. 1 $\mu$ s entspricht 1 Million Erfassungen pro Sekunde). Bei digitalen Oszilloskopen sieht das anders aus. Die Samplingrate ist zwar sehr hoch, aber der Datentransfer in den Displayspeicher ist ein Flaschenhals, der eine kontinuierliche Signalerfassung verhindert. Als Anwender spürt man diese Totzeit nicht, weil ja stets ein Signal auf dem Bildschirm dargestellt wird. Problematisch wird es dann, wenn in einer Anwendung wenige interessante Signale von einer großen Anzahl von Untergrundsignalen überlagert werden. Bei zu kleiner Erfassungsrate besteht dann eine Wahrscheinlichkeit, die interessanten Signale zu übersehen.

### **Bedienelemente an einem Oszilloskop**

Im Folgenden werden die wichtigsten Bedienelemente kurz beschrieben. Zur Vorbereitung sollte aber die ausführlichere Beschreibung der Bedienelemente im Handbuch gelesen werden.

#### **Y-Ablenkung**

**Empfindlichkeit:** Ein Vorverstärker bringt die Größe des zu messenden Eingangssignals auf den Wert, der zur Ablenkung des Elektronenstrahls in y-Richtung notwendig ist. Einstellung in V/Div.

**Kopplung:** Es gibt die drei Einstellmöglichkeiten DC/AC/GND. Bei **DC** ist der Signaleingang direkt mit dem Eingang des Verstärkers verbunden. Bei **AC** liegt zwischen dem Signaleingang und dem Eingang des Verstärkers eine Kapazität, die einen Gleichspannungsanteil des Signals unterdrückt und nur den Wechselspannungsanteil des Signals überträgt. Bei **GND** (Ground, Masse) ist der Signaleingang unterbrochen, und der Eingang des Verstärkers liegt auf Masse.

**Y-Position:** Dient zur Einstellung der vertikalen Position der Kurve auf dem Bildschirm (Offset).

#### **X-Ablenkung / Zeitbasis**

Die inverse Geschwindigkeit der x-Ablenkung ist i.a. in Einheiten von ms/Div,  $\mu$ s/Div, ns/Div einzustellen.

## **Triggerung**

Damit eine definierte Aufnahme eines Signals stattfinden kann, muss die x-Ablenkung zu einem wohl definierten Zeitpunkt beginnen. Dafür gibt es folgende Möglichkeiten:

**Triggerquelle:** Es können die Eingangssignale an den Messeingängen (Kanal 1 / 2), ein externes Signal an einem eigenen Triggereingang (extern) oder die Schwingung der Netzfrequenz angewählt werden. Die Triggerschaltung kann ähnlich wie die Signaleingangsschaltung mit verschiedenen Arten von Kopplung angeschlossen sein (AC, DC, zusätzlich Hoch- oder Tiefpassfilter, etc.). Zur Einstellung der Triggerschwelle dient ein Drehknopf.

### **Triggerarten:**

**Normal:** Ablenkung wird ausgelöst, wenn das Eingangssignal einen bestimmten Schwellwert übersteigt. Dabei ist noch einstellbar, ob die Auslösung bei ansteigendem oder abfallendem Signal erfolgen soll.

**Auto:** Ablenkung wird regelmäßig ausgelöst, wenn der Elektronenstrahl eine volle Auslenkung über den Schirm beendet hat und zum linken Rand zurückgekehrt ist; es sei denn, es tritt vorher ein Triggerereignis ein: dann beginnt die Auslenkung sofort. Auf diese Weise bleibt der Elektronenstrahl auch dann sichtbar, wenn kein Triggerereignis eintritt.

## **Bedienung mit Tasten, Drehknöpfen und Softkeys**

Die Frontplatte des CombiScopes ist in verschiedene **Bedienfelder** eingeteilt, die mehrere Tasten und/oder Drehknöpfe zusammenfassen. Wird eine **Taste** gedrückt, so erscheinen meist auf dem Bildschirm verschiedene durch **Softkey** wählbare Menüpunkte. Die Menüs sind einigermaßen selbst erklärend. Zu beachten ist, dass die Tasten unterschiedliche Funktionen haben, je nachdem sie kurz oder lang getastet werden.

## **Signaleingänge**

Das im Versuch verwendete CombiScope hat 2 Analogsignaleingänge, die über die üblichen koaxialen **BNC-Stecker** erfasst werden. Signale in Schaltungen können auch mit einem Tastkopf abgegriffen werden. Dessen Spannungsteilungsverhältnis muss durch "Langtastung" von *coupling* eingegeben werden, damit die Y-Anzeige des Oszilloskops richtig ist.

## **Komponententest**

Beide im Versuch eingesetzte Oszilloskope verfügen über einen eingebauten Komponententester, der eine wohldefinierte Spannung liefert. Man kann damit z.B. die eigenen Eingangsverstärker überprüfen.