

# Versuch 0:

## Technik der Messgeräte

### 1. Kennenlernen der Laborgeräte, TEK TM500 System

- 1.1 Das Grundgerät
- 1.2. Das Labornetzgerät
- 1.3. Der Funktionsgenerator
- 1.4. Das Multimeter

### 2. Das Kathodenstrahl-Oszilloskop (KO)

- 2.1. Aufbau
- 2.2. Einkanal-Betrieb
- 2.3. Triggerung und Zeitbasis
  - 2.3.1. Der Triggerkreis
  - 2.3.2. Die Zeitbasis
- 2.4. Mehrkanalbetrieb
- 2.5. Die Mess-Cursor
- 2.6. XY-Betrieb
- 2.7. Autosetup

### Anhang A: Kurze Bedienungsanleitung des Oszilloskopes TEK2245A

- A.1. Bildschirmeinstellungen
- A.2. Vertikalverstärker
- A.3. Zeitbasis
- A.4. Triggerblock
- A.5. Mess-Cursor
- A.6. Weitere Einstellungen

**Die Anleitung zum Praktischen Teil des Versuches 0 liegt mit einer älteren Version dieser Beschreibung der Geräte am Arbeitsplatz auf.**

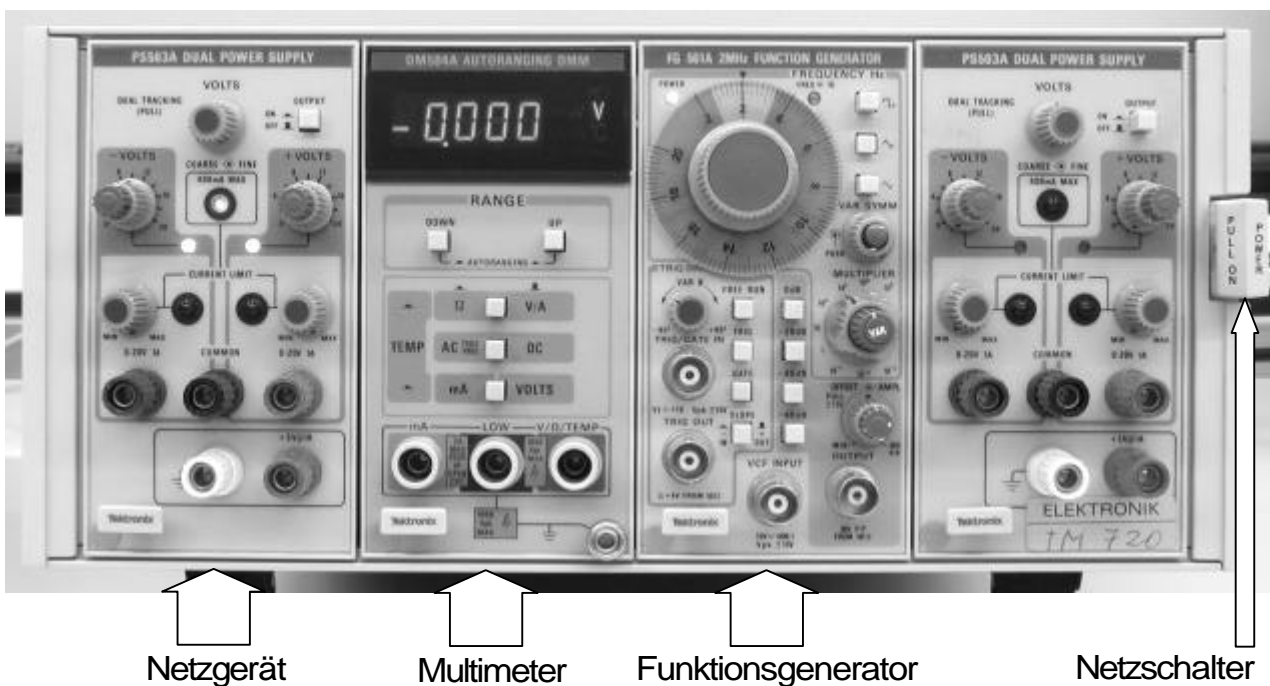
## 1. Kennenlernen der Laborgeräte, TEK TM500 System

Dieser Versuch 0 soll Sie mit den Laborgeräten vertraut machen. Grosses Gewicht wird auf das Verständnis des wichtigsten Messgerätes, des Oszilloskopes gelegt. Im praktischen Teil soll die Handhabung der Laborgeräte anhand einfacher Schaltungen in spielerischer Form geübt werden.

Auf Ihrem Arbeitsplatz finden sie neben dem Oszilloskop ein Labor-Grundgerät bestückt mit vier Einschüben: zwei Labornetzgeräten, einem Digital-Multimeter und einem Funktionsgenerator. Diese werden zuerst beschrieben.

Schalten Sie die Laborgeräte mit dem Netzschalter (Power) am Anfang des Praktikums ein und lassen Sie diese bis zum Ende aller Versuche eingeschaltet. Häufiges Aus- und Einschalten verringert die Lebensdauer der Geräte und reduziert die Messgenauigkeit (das Oszilloskop beispielsweise braucht mehrere Minuten Aufwärmzeit, bis es seine Nenngenauigkeit erreicht).

### 1.1. Das Labor-Grundgerät



Das Labor-Grundgerät Tektronix (TEK) TM504 kann 4 Einschübe aufnehmen. Es ist im Praktikum mit zwei Labornetzgeräten, einem Funktionsgenerator und einem Multimeter bestückt. Auf der rechten Seite befindet sich der Netzschalter. Sämtliche Einschübe können damit gemeinsam ein- und ausgeschaltet werden. Zum einschalten muss der Netzschalter herausgezogen werden.

**Achtung:** Die einzelnen Einschübe können problemlos aus dem Grundgerät ein- und ausgeschoben werden. Um eine Zerstörung der Einschübe zu verhindern muss dabei aber unbedingt die Spannungsversorgung des Grundgerätes ausgeschaltet sein!

## 1.2. Das Labornetzgerät (NG)

Das Labornetzgerät "PS503A DUAL POWER SUPPLY" dient zur Speisung aller Versuchsschaltungen im Praktikum.

Es ist eine Konstanzspannungsquelle für zwei Spannungen von 0 V bis 20 V mit Strombegrenzung und Bezugspotentialfreiheit. Das heisst, dass die gemeinsame Masse (mit "COMMON" beschrifteter Anschluss) der beiden Quellen nicht mit der Netzerde verbunden ist. Ausserdem ist eine separate 5 V Hilfsspannung vorhanden, deren Masse allerdings mit der Netzerde verbunden, also nicht potentialfrei ist.

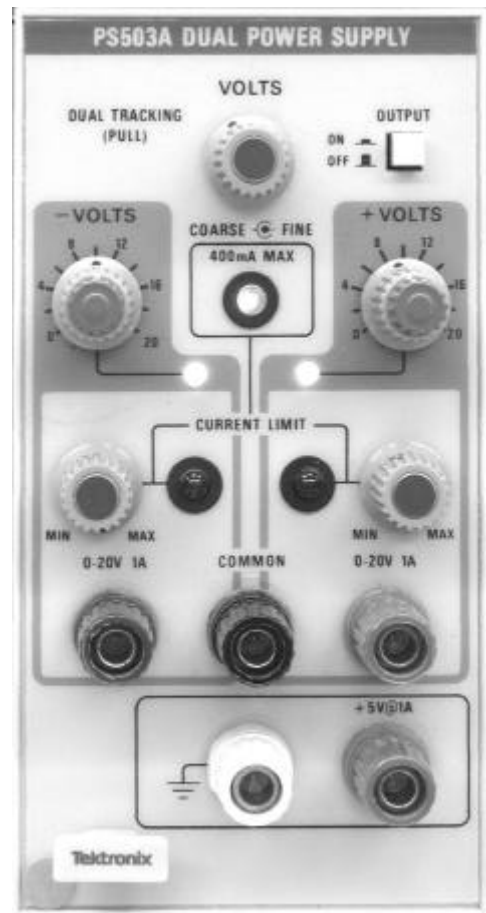
Der positive und negative Ausgang der Spannungsquellen sind einerseits unabhängig voneinander, andererseits aber auch gemeinsam in einem konstanten Verhältnis einstellbar. Jede Versorgung bietet für sich eine positive oder negative Spannung von 0 V bis 20 V in Bezug auf den gemeinsamen Masseanschluss. Bei Anschluss an die Plus- und Minus-Buchse liefert das Netzgerät bis 40 V.

Mit den Drehknöpfen "+VOLTS" und "-VOLTS" kann die positive und die negative Spannung unabhängig voneinander eingestellt werden. Auf den Drehknöpfen befindet sich je ein zweiter Drehknopf, welcher eine feinere Einstellung der Spannungen erlaubt. Wenn der Drehknopf "VOLTS" herausgezogen wird, können damit die beiden Spannungen gemeinsam verändert werden, wobei das vorher eingestellte Spannungsverhältnis ungefähr beibehalten wird.

Im Gegensatz zum Modell der idealen Konstanzspannungsquelle, kann das Netzgerät den Strom nur in eine Richtung, vom positiven zum negativen Anschluss liefern. Ein Stromfluss in die andere Richtung, wie er durch eine aktive Last erzeugt werden könnte, wird durch eine interne Diode verhindert.

Jede Versorgung hat eine kontinuierlich einstellbare Strombegrenzung von 50 mA bis 1 A. Dabei muss sich das Netzteil allerdings im ganz rechts im Grundgerät befinden. In den anderen Einschub-Positionen beträgt der maximale Ausgangsstrom 400mA. Eine Leuchtdiode in der Frontplatte macht dann auf diesen Umstand aufmerksam. Die Strombegrenzung kann mit den Drehknöpfen "CURRENT LIMIT" eingestellt werden.

Durch die Anzeigelampen "VOLTS" wird angezeigt, dass die Ausgangsspannung vorhanden und einstellbar ist. Die Helligkeit der Anzeigelampen ändert sich mit der Ausgangsspannung. Die weiteren Leuchtdioden zeigen an, ob die positive oder negative Versorgungsspannung im Strombegrenzungsbereich arbeitet. Eine starke Begrenzung wird durch die maximale Helligkeit der Leuchtdiode und durch die dunkler werdende "VOLTS"-Anzeigelampe kenntlich gemacht. Diese Funktion kann durch kurzzeitiges Kurzschliessen des Ausganges überprüft werden.



Mit der Taste "OUTPUT" können sämtliche drei Spannungsausgänge des Netzgerätes gemeinsam ein- und ausgeschaltet werden.

### 1.2.2. Einstellungen für das Praktikum

Für die Speisung des Laborchassis wird das Labornetzgerät immer mit den gleichen Einstellung eingesetzt:

1. Die beiden Drehknöpfe "CURRENT LIMIT" an den rechten Anschlag drehen (dies erlaubt maximalen Ausgangsstrom).
2. Den Drehknopf "VOLTS" hineindrücken.
3. Die Drehknöpfe "-VOLTS" und "+VOLTS" auf 10 V stellen.
4. Den Knopf "OUTPUT" hineindrücken, um die Spannungsausgänge einzuschalten.
5. Mit dem Multimeter (siehe Kapitel 1.4) die Ausgangsspannungen überprüfen und eventuell nachjustieren.

Achtung: Mit dem Netzgerät können Spannungen bis  $\pm 20$  V erzeugt werden. Die maximal erlaubte Speisespannung für das Laborchassis beträgt aber  $\pm 15$  V. Achten Sie unbedingt darauf, dass das Laborchassis niemals mit mehr als  $\pm 15$  V versorgt wird, andernfalls kann dies zur Zerstörung der eingebauten Elektronik führen! Verlassen Sie sich niemals darauf, dass zu Beginn eines Praktikumsnachmittags das Netzgerät schon richtig eingestellt sein wird!

### 1.3. Der Funktionsgenerator (FG)

Der Funktionsgenerator dient zur Erzeugung von Wechselspannungen verschiedener Formen (Sinus, Rechteck, Dreieck), Amplituden und Frequenzen. Der im Grundgerät vorhandene Typ FG 501A verfügt über eine ganze Reihe zusätzlicher Eigenschaften (Trigger, Gate, Sweep) die im Praktikum Digitaltechnik nicht verwendet werden. Sie werden deshalb auch nicht weiter beschrieben. Wer sich trotzdem dafür interessiert, kann bei einem Betreuer das original Handbuch zur Einsicht verlangen.

Der Ausgang des Funktionsgenerators ist eine Spannungsquelle mit  $50\Omega$  Innenwiderstand. Bei höheren Frequenzen muss der Ausgang auch mit  $50\Omega$  belastet werden. Ein nicht korrekter Abschluss führt zu Verzerrungen des Ausgangssignals.

Der Bezugspunkt des Ausgangssignals (Masse) ist mit der Schutz Erde verbunden. Dies ist beim Gebrauch des Funktionsgenerators zu beachten. Da andere Geräte, wie zum Beispiel das Kathodenstrahl-Oszilloskop ihre Masse ebenfalls mit der Schutz Erde verbunden haben, kann dies bei ungeschickter Verdrahtung zu einem ungewollten Kurzschluss führen.

Das sind die wichtigsten Bedienungselemente des Funktionsgenerators FG 501A:

**POWER:** Stromversorgung. Das Leuchten der Lampe zeigt an, dass das Gerät eingeschaltet ist.

**FREQUENCY Hz:** Die Einstellskala dient in Verbindung mit dem Drehschalter MULTIPLIER zur Wahl der Frequenz des Ausgangssignales.

**FREQ÷10:** Die Lampe leuchtet, wenn die Funktion "variable Symmetrie" (VAR SYMM) arbeitet.

$\square$   $\sim$   $\sim$  : Diese Tasten wählen die Kurvenformen Rechteck, Dreieck und Sinus.

**VAR SYMM:** Nichtgedrückte Taste stellt eine zeitbezogene Unsymmetrie des gewählten Ausgangssignals ein. Die Frequenz des Ausgangssignals wird um den Faktor 10 verringert und die Anzeigelampe "FREQ÷10" leuchtet.

**FREQUENCY VERNIER:** Feineinsteller der Frequenz. Gestattet die Feineinstellung der Ausgangsfrequenz.

**MULTIPLIER:** Wählt in Verbindung mit "FREQUENCY Hz" die Ausgangsfrequenz in 8 dekadischen (dekadisch = Faktor 10) Stufen.

**FREE RUN:** Bei gedrückter Taste läuft das Ausgangssignal frei. Diese Betriebsart wird für die alle Versuche in diesem Praktikum benutzt.

**ATTENUATOR:** Die Drucktasten dienen zur Abschwächung der Ausgangsamplitude in 20 dB-Stufen bis zu 60 dB (20 dB = Faktor 10).

**AMPL:** Dient zur kontinuierlichen Veränderung der Amplitude des gewählten Ausgangssignals zwischen den Stufen der Attenuator-Tasten.

**OFFSET:** Mit dem Regler wird dem Ausgangssignal (wenn er herausgezogen wird) eine Gleichspannung von bis  $\pm 13$  V überlagert.

**OUTPUT:** An dieser BNC-Buchse kann das Ausgangssignal entnommen werden.



Funktionsgenerator

## 1.4. Das Multimeter (DVM)

Das Multimeter dient zur Messung von Spannungen (in Volt [V]), Strömen (in Ampère [A]) und Widerständen (in Ohm [ $\Omega$ ]). Durch Anschluss einer speziellen Sonde können auch Temperaturen gemessen werden.

Das sind die wichtigsten Bedienungselemente des Multimeters FM 504A:

**DOWN:** Wählt den nächst unteren Messbereich.

**UP:** Wählt den nächst höheren Messbereich. Wenn "UP" und "DOWN" gleichzeitig gedrückt werden, schaltet das Messgerät auf die automatische Bereichswahl (Autorange-Modus).

**W - V/A:** Bei gedrücktem Knopf werden Widerstände, andernfalls werden Spannungen oder Ströme gemessen (je nach Stellung der Taste mA - VOLTS).

**AC - DC:** Bei gedrücktem Knopf werden Wechselspannungen, andernfalls werden Gleichspannungen gemessen.

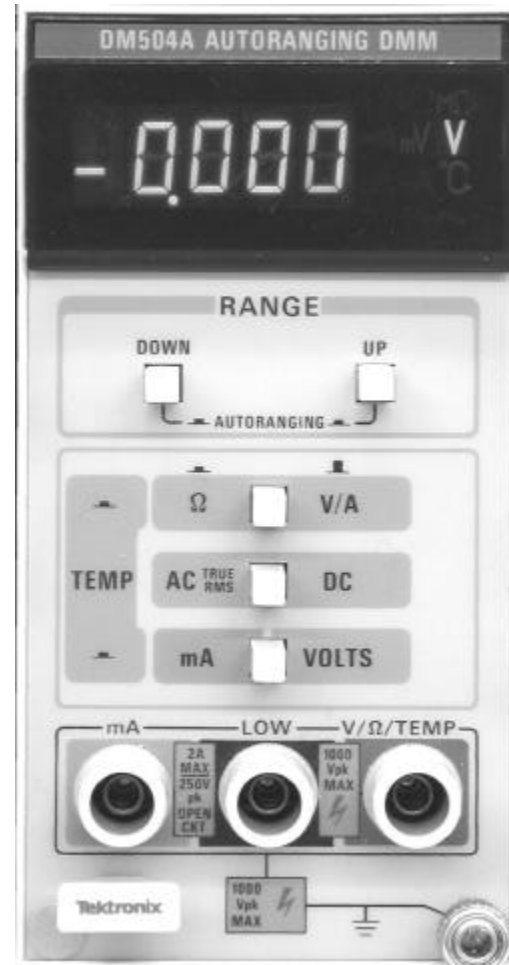
**mA - VOLTS:** Bei gedrücktem Knopf werden Ströme, andernfalls werden Spannungen gemessen.

**LOW:** Gemeinsamer Bezugspunkt (Masse, nicht zu verwechseln mit Erde!) für alle Messungen.

**V/W/TEMP:** Dieser Eingang wird, zusammen mit dem "LOW"-Eingang, zur Messung von Spannungen, Widerständen und zu Temperaturmessungen gebraucht.

**mA:** Dieser Anschluss wird, zusammen mit dem "LOW"-Eingang zur Messung von Strömen gebraucht.

**GND:** Schutz Erde, (verbunden mit dem Grundgerät).



Multimeter

Im Anzeigenfeld können neben dem Messwert mit Polarität und Dezimalpunkt die folgenden Informationen angezeigt werden:

**W:** Leuchtet, wenn die Messeinheit Ohm ist.

**kW:** Leuchtet, wenn die Messeinheit Kilo-Ohm ist ( $1 \text{ k}\Omega = 1000\Omega$ ).

**MW:** Leuchtet, wenn die Messeinheit Mega-Ohm ist ( $1 \text{ M}\Omega = 1000 \text{ k}\Omega$ ).

**)))** Dieses Zeichen leuchtet im Durchgangsprüfmodus. Es ertönt ein akustisches Signal, wenn der gemessene Widerstand unterhalb  $10 \Omega$  liegt. Der Durchgangsprüfmodus ist der unterste Widerstandsmessbereich (auf Ohm schalten (siehe 16) und die "DOWN"-Taste mehrmals drücken).

**~ :** Leuchtet im Wechselstrom Messmodus

**V:** Leuchtet, wenn die Messeinheit Volt ist.

**mV:** Leuchtet, wenn die Messeinheit Milli-Volt ist ( $1000\text{mV} = 1\text{V}$ )

**mA:** Leuchtet, wenn die Messeinheit Mikro-Ampere ist ( $1000 \text{ mA} = 1\text{A}$ ).

**uA:** Leuchtet, wenn die Messeinheit Mikro-Ampere ist ( $1'000'000 \text{ uA} = 1\text{A}$ ).

**C:** Leuchtet, wenn die Messeinheit Grad Celsius ist.

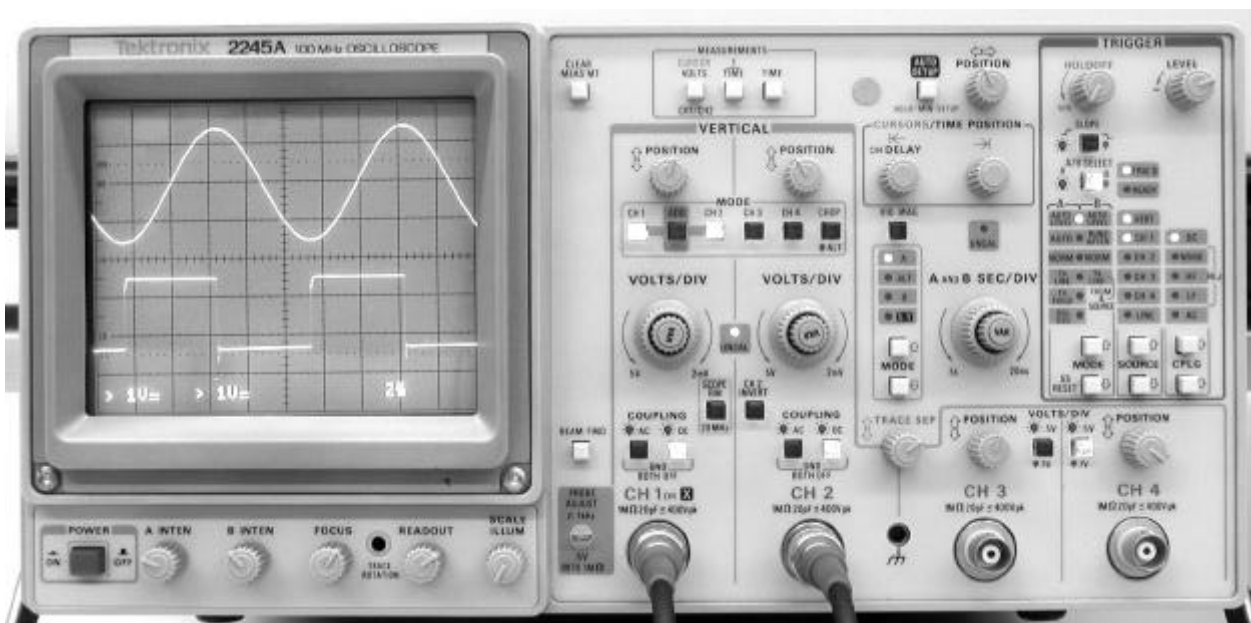
**AUTO:** Leuchtet, wenn das Messgerät im "Autorange"-Modus ist. In diesem Modus wählt das Multimeter automatisch den best möglichen Messbereich (siehe auch 15)

**DIODE:** Dieses Symbol leuchtet im 20M $\Omega$ , 200k $\Omega$  und im 2k $\Omega$  Modus. Damit wird angedeutet, dass in diesen Modi eine Diode auf ihre Funktion geprüft werden kann (eine Diode leitet den Strom nur in einer Richtung)

Im Wechselspannungsmodus wird die Wurzel des quadratischen Mittelwerts des Signales angezeigt (True RMS, RMS = Root Mean Square). Bei sinusförmigen Signalen entspricht dies dem Effektivwert.

Im Gegensatz zum Kathodenstrahl-Oszilloskop ist die Masse des Multimeters nicht mit der Schutz Erde verbunden. Mit diesem Multimeter sind also erdpotentialfreie Messungen möglich.

## 2. Das Kathodenstrahl-Oszilloskop (KO)



Das Oszilloskop ist ein äusserst vielseitiges Messinstrument, mit welchem sich Spannungen auf einer Kathodenstrahlröhre zweidimensional darstellen lassen. Bei den meisten Anwendungen zeigt das Oszilloskop den Kurvenverlauf einer Spannung (vertikal) über die Zeit (horizontal).

Die meisten elektrischen Signale lassen sich leicht mit Tastköpfen oder Kabeln zum Oszilloskopeingang übertragen. Zum Messen nichtelektrischer Phänomene müssen Messwandler eingesetzt werden. Zur Darstellung von Strömen wird der Spannungsabfall über einem Shunt (= sehr kleiner Widerstand) gemessen (Abb. 8).

Ein grosser Vorteil des Oszilloskopes gegenüber anderen dynamischen Messinstrumenten ist seine besonders grosse Bandbreite (in unserem Fall 100 MHz).

Die statische Messgenauigkeit von Oszilloskopen beträgt je nach Typ 2 bis 5%.

Zwischen der Spannungsänderung am Messeingang des Oszilloskopes und der Bewegung des Leuchtpunktes auf dem Bildschirm besteht folgende Konvention:

Konvention der Bewegungsrichtungen:

- Bei wachsender Eingangsspannung am Vertikal- Eingang bewegt sich der Leuchtpunkt auf dem Bildschirm senkrecht nach oben.
- Bei wachsender Eingangsspannung am Horizontal- Eingang bewegt sich der Leuchtpunkt auf dem Bildschirm horizontal nach rechts.
- Bei ablaufender Zeit bewegt sich der Leuchtpunkt auf dem Bildschirm von links nach rechts.

Erfolgt die Bewegung des Leuchtpunktes auf dem Schirm sehr rasch, so wird die Bahn des Leuchtpunktes als leuchtende Kurve mit dem Auge wahrgenommen. Wird der gleiche Kurvenverlauf sehr schnell wiederholt, was bei periodischen Signalen möglich ist, so entsteht auf dem Bildschirm ein scheinbar stehendes Bild, und der Spannungsverlauf kann in aller Ruhe studiert werden. Dies ist auf die optische Trägheit sowohl des Auges, wie auch der Bildröhre (Nachleuchten) zurückzuführen.

Ein spezieller Schaltkreis, die sogenannte Triggerung sorgt dafür, dass periodische Signale immer in der genau gleichen Lage auf den Bildschirm gezeichnet werden.

Das im Praktikum verwendete Oszilloskop ist von der Firma Tektronix (TEK) und trägt die Typenbezeichnung 2245A.

Es ist ein analoges Oszilloskop. Der gesamte Signalpfad von den Eingangsbuchsen bis zur Kathodenstrahlröhre ist analog ausgeführt. Die Bedienung jedoch erfolgt nach dem "operate by wire" Prinzip, bei der die Einstellungen grösstenteils auf dem Bildschirm abgelesen werden können. Die Drehknöpfe für Zeitbasis und Abschwächer (siehe unten) haben deshalb keine Endpositionen und auch keine Beschriftung. Zusätzlich bietet das Gerät die Möglichkeit, auf Knopfdruck, sich selbst auf ein angelegtes Messsignal einzustellen (Autosetup).

Heute werden immer mehr rein digitale Oszilloskope eingesetzt. Diese digitalisieren die analogen Eingangssignale und stellen das Ergebnis durch einen Signalprozessor aufbereitet auf einem LCD-Bildschirm dar. Beide Typen (Analog und Digital) haben in der Anwendung ihre spezifischen Vor- und Nachteile.

**Wichtig:** : Das Oszilloskop ist nicht nur universeller sondern auch empfindlicher als andere Messgeräte. Stellen Sie deshalb die Strahlhelligkeit so klein wie möglich ein (Drehknöpfe "A INTEN", "B INTEN" und "READOUT" unter dem Bildschirm), damit die Signale gerade noch gut erkannt werden können. Zu grosse Strahlhelligkeit reduziert die Lebensdauer der Bildröhre und ergibt unschärfere Bilder.

**Vorsicht:** : Ziehen Sie nie den Netzstecker des Oszilloskopes aus der Steckdose, bevor Sie das Gerät mit dem eingebauten Netzschalter ausgeschaltet haben. Durch die eingebauten Kapazitäten könnten sonst gefährliche Spannungen an den Stecker gelangen!

## 2.1 Aufbau

Die Schaltung eines Oszilloskops lässt sich auf vier Funktionsblöcke zurückführen: Vertikaleinheit, Horizontaleinheit, Triggereinheit und Anzeigeeinheit. (Abb. 10).

Der Vertikalverstärker steuert die vertikale Achse der darzustellenden Funktion.

Die Horizontaleinheit bewirkt Bewegungen des Elektronenstrahles von links nach rechts.



Die Triggerbaugruppe legt fest, zu welchem Zeitpunkt der Elektronenstrahl im Oszilloskop die Messignaldarstellung beginnen soll: Sie startet den Beginn der horizontalen Ablenkung des Strahles über den Bildschirm ("triggern" bedeutet etwa: zeitliches Auslösen eines Vorganges).

Die Anzeigebaugruppe schliesslich enthält die Elektronenstrahlröhre, auf deren Bildschirm der Verlauf der Messgrösse abgebildet wird.

Im folgenden werden die wichtigsten Betriebsarten kurz beschrieben.

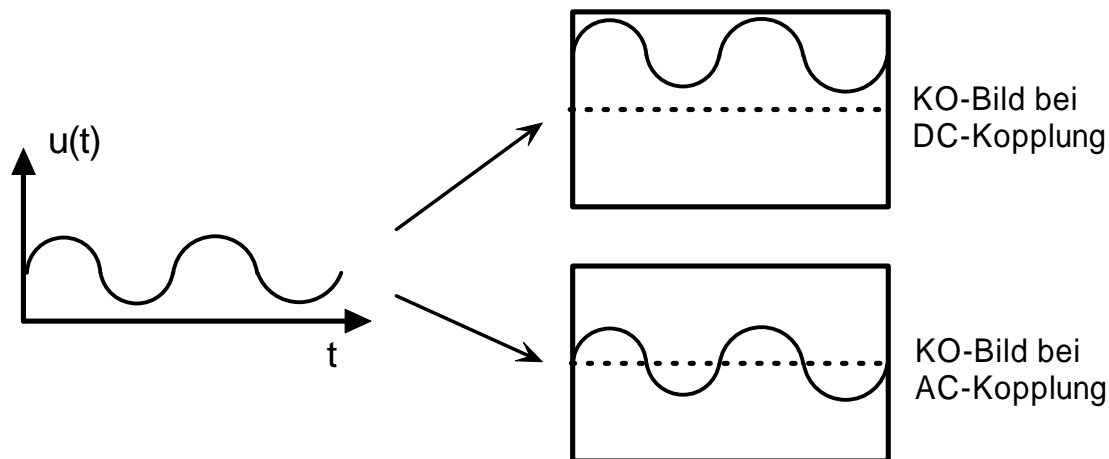
An die Buchse "CH 1" (Kanal 1) wird die Messspannung angeschlossen, welche man auf dem Bildschirm darstellen möchte.

Bei DC-Einkopplung (Schalter "DC Coupling" leuchtet) wird das gesamte Messsignal mit Gleich- und Wechselspannungsanteil dargestellt. DC (direct current) bedeutet Gleichstrom.

Bei AC-Einkopplung (Schalter "AC Coupling" leuchtet) wird nur der Wechselspannungsanteil dargestellt. Ein eventuell vorhandener DC-Anteil (genau genommen: Frequenzen kleiner als  $f \sim 20 \text{ Hz}$ ) wird durch einen Kondensator unterdrückt. AC (alternating current) bedeutet Wechselstrom.

Ein Beispiel dieser unterschiedlichen Einkopplungsarten ist im folgenden Bild dargestellt.

Am Horizontaleingang der Bildröhre liegt eine linear mit der Zeit zunehmende Spannung (in der Horizontaleinheit vom Oszilloskop selbst erzeugt), die den Leuchtpunkt nach rechts bewegt. Sobald er den rechten Bildrand erreicht hat, wird die Horizontalspannung auf Ihren Anfangswert zurückgesetzt, was den Leuchtpunkt sprungartig an den linken Bildschirmrand zurückbewegt. Sie bleibt auf diesem Wert, bis ein Auslöseimpuls (= Triggerimpuls) eintrifft. Daraufhin steigt sie wieder an und der Leuchtpunkt wandert erneut von links nach rechts.



Signaldarstellung bei DC- und AC-Einkopplung

**Wichtig:** Falls kein Triggerimpuls eintrifft, bleibt der Bildschirm dunkel!

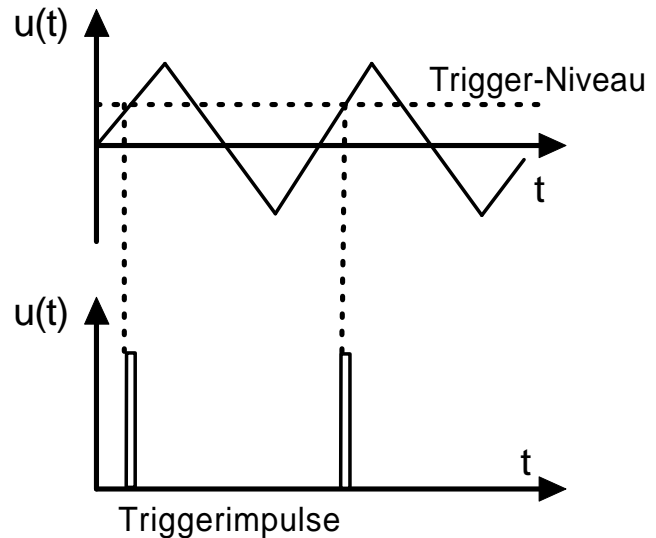
Weil die Horizontalspannung die zeitliche Ablenkung des Strahles bewirkt, nennt man die Schaltung, welche sie erzeugt, Zeitbasis.

Die Zeitbasis ist in jedem Oszilloskop fest eingebaut. Durch einen Schalter lässt sie sich jedoch auch ausser Betrieb setzen, so dass die Horizontalspannung von aussen eingespiesen werden kann (vgl. Kap. 2.5 "XY-Betrieb").

## 2.3. Triggerung und Zeitbasis

### 2.3.1. Der Triggerkreis

Der Triggerkreis hat die Aufgabe, Impulse zu erzeugen, die zur Auslösung (= Triggerung) der horizontalen Strahlablenkung dienen. Dazu wird das Eingangssignal mit dem Trigger-Niveau (Trigger-Level) verglichen und, wenn beide gleich gross sind, wird der Trigger-Impuls ausgelöst (vergleiche Abb. 12). Genauer gesagt, wenn das Eingangssignal das Trigger-Niveau überschreitet oder unterschreitet, je nach Einstellung des Oszilloskopes.



Die Erzeugung von Triggerimpulsen

Ist das Trigger-Niveau zu hoch oder zu tief eingestellt, so kommt kein Schnittpunkt zustande, und es entstehen keine Triggerimpulse. Die Horizontalablenkung wird nicht ausgelöst und der Bildschirm bleibt dunkel.

#### Trigger-Niveau

Das Trigger Niveau kann mit dem Drehknopf "LEVEL" verändert werden.

#### Trigger-Quelle

Die Trigger-Quelle, also jenes Signal von welchem die Triggerimpulse abgeleitet werden, wird mit den Knöpfen "SOURCE" ausgewählt.

Es kann einer der vier Eingangskanäle ("CH 1" bis "CH 4") oder die 220 V, 50 Hz Netzstromversorgung ("LINE") gewählt werden. Die Line-Triggerung ist ein praktisches Werkzeug, um von Störungen festzustellen, ob sie netzsynchron sind oder nicht.

#### Steigung (Slope)

Bei positiver Steigung (Knopf "SLOPE" leuchtet) wird ein Triggerimpuls erzeugt, wenn das Signal das Trigger-Niveau überschreitet, also bei ansteigender Flanke.

Bei negativer Steigung (der Knopf "SLOPE" leuchtet nicht) wird immer dann ein Triggerimpuls erzeugt, wenn das Signal das Triggerniveau unterschreitet, also bei abfallender Flanke.

#### Einkopplung des Triggersignals

Unabhängig von der Darstellung der Signale auf dem Bildschirm, kann gewählt werden, ob zur Ableitung der Triggerimpulse der DC-Anteil der Trigger-Quelle berücksichtigt werden soll oder nicht. Dies geschieht mit den Knöpfen "CPLG". Bei Einstellung "DC" wird der Gleichspannungsanteil berücksichtigt, bei Stellung "AC" nicht berücksichtigt.

Die weiteren Einstellungen bedeuten "HF REJECTION": hohe Frequenzen (oberhalb 50 kHz) werden von der Trigger-Quelle herausgefiltert, "LF REJECTION": kleine Frequenzen (unterhalb 100kHz) werden herausgefiltert und "NOISE REJECTION": störungen (der Nichtperiodische Anteil des Triggersignales) werden gedämpft.

## Triggerart

Mit dem Schalter "MODE" kann eine der folgenden Triggerarten ausgewählt werden:

Die Stellung "NORM" entspricht der bis jetzt besprochenen Triggerart.

Die Stellung "AUTO" ist eine sehr bequeme Triggerart. Bei vorhandenem Messsignal bestimmt das Oszilloskop selbständig ein sinnvolles Trigger-Niveau. Fehlt das Messsignal, so beginnt die Horizontalablenkung zu schwingen. Damit bleibt der Strahl auch bei abwesendem Messsignal sichtbar.

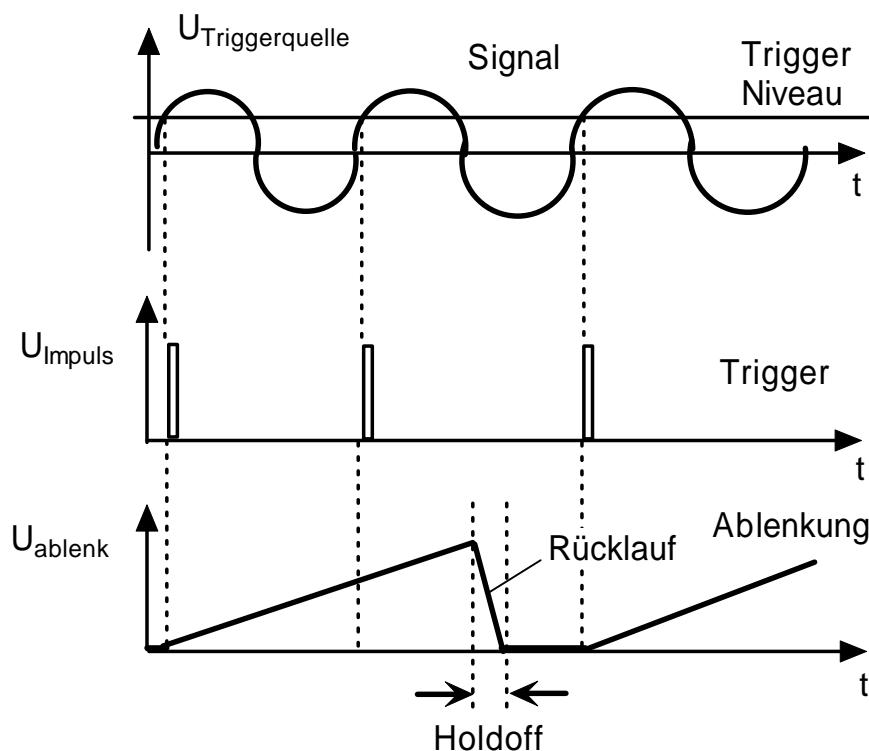
In der Stellung "TV FIELD" ist das Oszilloskop fähig, von einem Videosignal die horizontalen und vertikalen Bildsynchronisations-Pulse herauszufiltern und zur Erzeugung der Triggerimpulse zu verwenden. Dies wird vor allem für Messungen in Fernsehgeräten verwendet.

### 2.3.2. Die Zeitbasis

Die Zeitbasis hat die Aufgabe, eine mit der ablaufenden Zeit linear anwachsende Spannung (Rampe, Sägezahn) zu erzeugen, mit welcher nach der nötigen Verstärkung die Horizontalablenkung in der Bildröhre gespeist wird.

Der Anstieg erfolgt mit variabler Geschwindigkeit (Schalter "A B SEC/DIV"). Erreicht der Sägezahn den Maximalwert, so wird der Rücklauf eingeleitet. Mit einer sogenannten Holdoff-Schaltung wird verhindert, dass vor Beendigung des Rücklaufs ein weiterer Hinlauf ausgelöst werden kann (vergleiche Abb.13).

Die Holdoff-Zeit kann mit dem Drehknopf "HOLDOFF" bei Bedarf über ihren Minimalwert vergrößert werden.



Auslösung der Zeitbasis durch den Triggerimpuls (pos. Flanke) und Holdoff

## 2.4. Mehrkanalbetrieb

Das im Praktikum verwendete Oszilloskop ist ein sogenanntes Vierstrahloszilloskop, das heisst, es kann bis vier Signaleingänge (Kanal 1 bis Kanal 4) gleichzeitig auf dem Bildschirm abbilden. In der Bildröhre wird allerdings nur ein Strahl erzeugt. Zum Darstellen von mehreren Signalen wird periodisch zwischen den Kanälen umgeschaltet, so dass das Auge mehrere Kurven sieht. Die Kanäle 1 bis 4 können mit den entsprechenden Knöpfen im Vertikalverstärkerfeld einzeln ein- oder ausgeschaltet werden.

Das periodische Umschalten der Signale kann auf zwei Arten geschehen:

Beim zerhackten (chopped) Mehrkanalbetrieb wird jeder Kanal abwechslungsweise kurzzeitig auf dem Bildschirm dargestellt. Während des Umschaltens wird der Elektronenstrahl in der Bildröhre dunkelgeschaltet, so dass auf dem Bildschirm keine Verbindungslinien zwischen den dargestellten Signalen sichtbar werden.

Dieser Betriebsmodus ist für langsame Horizontalablenkungen geeignet (bis ca. 1 ms/Div oder 1 ms pro Rastereinheit).

Beim alternierenden (alternate) Mehrkanalbetrieb wird nach jedem Hin- und Rücklaufzyklus der Kanal gewechselt. Dieser Betrieb ist bei hohen Ablenkgeschwindigkeiten geeignet (ab ca. 10 ms/Div).

Die zweite Betriebsart weist noch ein Vorteil bei der Triggerung auf, es ist nämlich möglich abwechslungsweise auf Kanal 1 und Kanal 2 zu triggern. Damit können zwei nicht phasenstarre Signale gleichzeitig ruhig auf dem Bildschirm betrachtet werden. Diese Triggerart wird mit der Stellung "VERT" im Feld Trigger-Source angewählt.

Zu bemerken ist noch, dass nur Kanal 1 und Kanal 2 vollständige Eingangsabschwächer besitzen, wodurch man mit diesen beiden Kanälen Spannungen in einem sehr grossen Bereich darstellen kann. Die Kanäle 3 und 4 haben nur zwei Empfindlichkeiten 0.1 V und 0.5 V/Div, die unter Verwendung von 1:10 Abschwächer-Sonden zusätzlich um die Werte 1 V/Div und 5V/Div erweitert werden können.

## 2.5. Die Mess-Cursor

Mit den Mess-Cursor lassen sich leicht Spannungen, Zeiten und Frequenzen von Signalen auf dem Bildschirm messen.

Eingeschaltet werden die Mess-Cursor mit einem der Knöpfe "VOLTS", "1/TIME" oder "TIME". Je nach Messgrösse erscheinen zwei horizontale oder zwei vertikale Geraden, welche mit den zwei Drehknöpfen "CURSORS/TIME POSITION" bewegt werden können. Gleichzeitig wird auf dem Bildschirm die Spannung oder die Zeit, welche zwischen den beiden Geraden liegt, angezeigt. Mit der Funktion "1/TIME" könne direkt Frequenzen gemessen werden, wenn man die Cursorstriche so platziert, dass sie genau eine Periode des Signals abgrenzen..

Mit dem Knopf "CLEAR MEAS ' MT" können die Cursor wieder ausgeschaltet werden.

## 2.6. XY-Betrieb

Im XY-Betrieb wird das Oszilloskop als Koordinatenschreiber verwendet. Dazu wird die Horizontalablenkung statt auf die Zeitbasis auf eine äussere Spannungsquelle umgeschaltet. Bei unserem Oszilloskop auf Kanal 1. Für die Y-Ablenkung wird einer der anderen Kanäle verwendet. Dies wird mit dem Mode-Schalter der Vertikaleinheit bestimmt.

Der XY-Betrieb wird mit der Stellung "XY" des Mode-Schalters der Zeitbasis eingeschaltet.

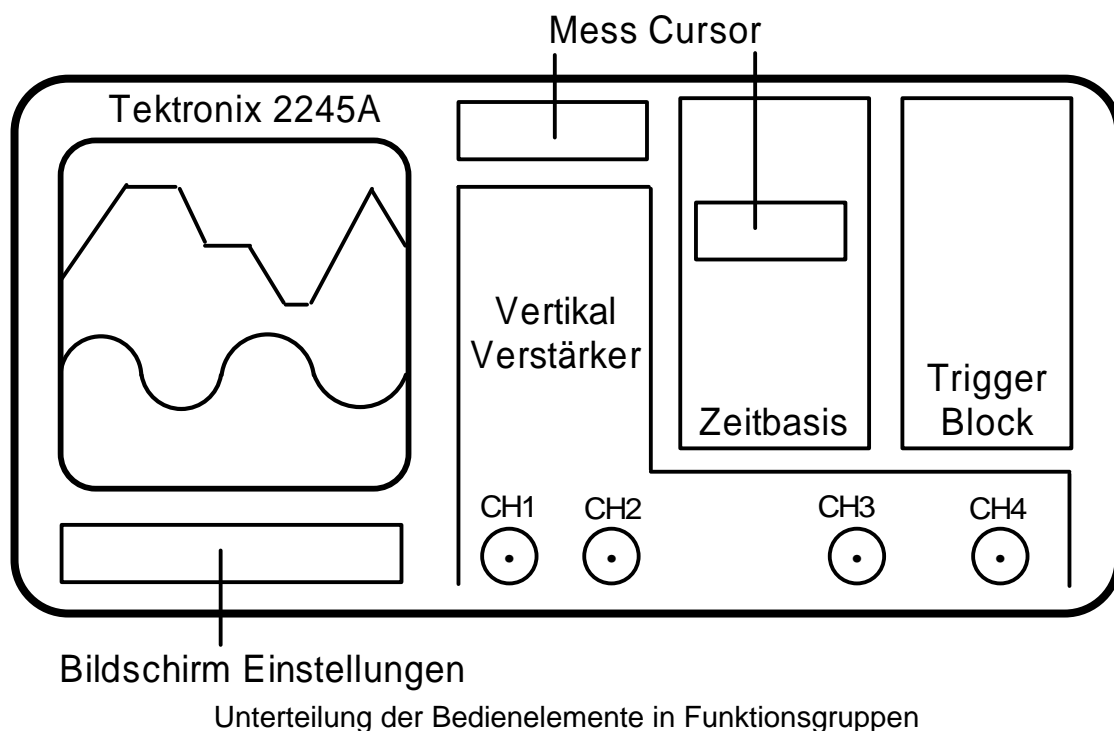
## 2.7. Autosetup

Wenn dieser Knopf gedrückt wird, so versucht sich das Oszilloskop automatisch optimal auf die anliegende Spannung einzustellen. Dies ist eine sehr angenehme Art, um unbekannte Signale schnell auf dem Bildschirm sichtbar zu machen.

Das Oszilloskop besitzt jedoch leider keinen Undo-Button. Wenn man also längere Zeit für die Einstellung einer schwierigen Messung gebraucht hat und versehentlich diesen Knopf drückt, so ist die ganze Einstellung verloren und muss von neuem vorgenommen werden!

## Anhang A: Kurzanleitung zum Oszilloskop TEK 2245A

Die funktional zusammengehörenden Bedienelemente liegen auf der Frontplatte des Oszilloskopes ebenfalls beieinander. Die verschiedenen Funktionsgruppen sind optisch gekennzeichnet und entsprechend beschriftet. Diese werden im folgenden erläutert.



## A.1. BildschirmEinstellungen

**POWER:** Dies ist der Netzschalter. In gedrückter Position ist das Oszilloskop eingeschaltet.

Vorsicht: Nie den Netzstecker ausziehen, wenn der Netzschalter noch eingeschaltet ist. Es können sonst gefährliche Spannungen an den Stecker gelangen!

**A INTEN:** Regelt die Leuchtstärke des Elektronenstrahles für die Zeitbasis A (Zeitbasis A ist die im Normalfall gebrauchte Zeitbasis).

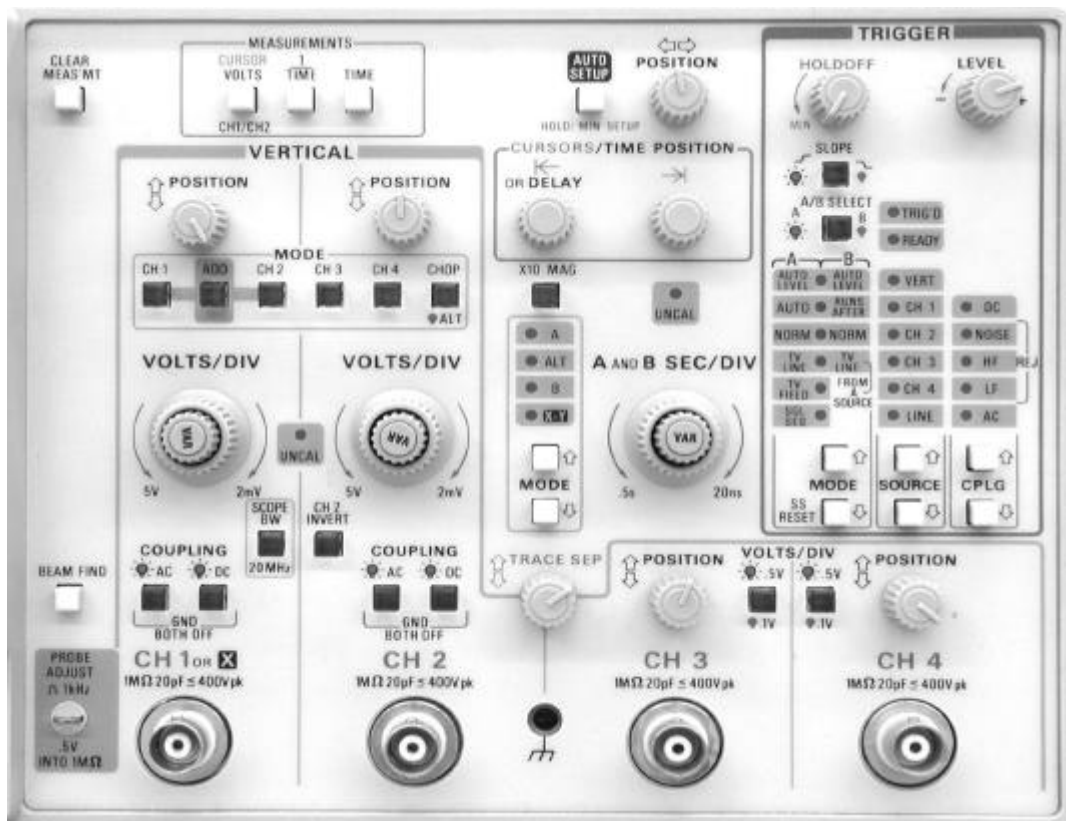
**B INTEN:** Regelt die Leuchtstärke des Elektronenstrahles für die Zeitbasis B (Zeitbasis B wird für die verzögerte Triggerung gebraucht).

**FOCUS:** Damit wird die Schärfe des Elektronenstrahles eingestellt.

**READOUT:** Regelt die Leuchtstärke der digitalen Anzeige der Einstellungen auf dem Bildschirm.

**SCALE**

**ILLUM:** Damit kann die Stärke der Skalenbeleuchtung eingestellt werden (wird nur bei zu wenig Umgebungslicht benötigt).



Ansicht auf die Bedienelemente

## A.2. Vertikalverstärker

In diesem Teil befinden sich die Bedienelemente für die Vertikalverstärker.

**POSITION:** Mit diesen vier Drehknöpfen kann, für jeden Kanal einzeln, die vertikale Lage des Elektronenstrahls eingestellt werden. Es ist durchaus möglich den Elektronenstrahl oben oder unten aus dem Bildschirm hinauszubewegen. Der Strahl ist dann unsichtbar!

**MODE:** Mit diesen Knöpfen können die 4 Kanäle unabhängig voneinander ein- und ausgeschaltet werden. Wenn der Knopf "ADD" gedrückt ist, so wird die Addition der Signale von Kanal 1 und 2 angezeigt. Mit dem Knopf "CHOP/ALT" schliesslich wird bei Mehrkanalbetrieb die Anzeigart (zerhackt oder alternierend) ausgewählt.

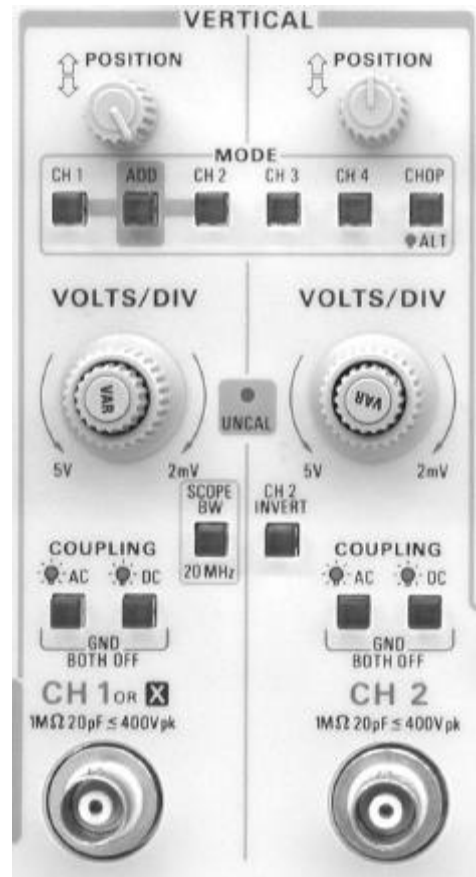
**VOLTS/DIV:** Mit diesen beiden Drehknöpfen kann die Vertikalverstärkung für die Kanäle 1 und 2 eingestellt werden. Diese wird auf dem Bildschirm angezeigt. Die Einheit Volts/Div bedeutet Anzahl Volt pro Einheit des Gitternetzes (Scale) auf dem Bildschirm. Mit den inneren Drehknöpfen (mit "VAR" beschriftet) kann die Verstärkung stufenlos verstellt werden. Allerdings ist dann die Messmöglichkeit mit dem Gitternetz nicht mehr möglich. Der Benutzer wird mit dem Leuchten des Lämpchens "UNCAL" davor gewarnt. Für die Kanäle 3 und 4 kann die Verstärkung nur noch in 2 Stufen (0.5 Volt und 0.1 Volt) eingestellt werden.

**COUPLING:** Mit diesen beiden Knöpfen kann zwischen DC- und AC-Einkopplung gewählt werden. Sind beide Knöpfe ausgeschaltet, so wird der Eingang auf Masse (0V) gelegt. Diese Einstellungen sind nur für die Kanäle 1 und 2 möglich. Die Kanäle 3 und 4 werden immer DC-eingekoppelt.

**CH2 INVERT:** Ermöglicht die Inverse Darstellung von Kanal 2 (das Signal wird mit -1 multipliziert). Zusammen mit dem Knopf "ADD" kann damit die echte Differenzspannung zwischen Kanal 1 und Kanal 2 gemessen werden. Diese Einstellungen sind nur für die Kanäle 1 und 2 möglich. Die Kanäle 3 und 4 werden immer DC-eingekoppelt.

**SCOPE BW:** Wenn dieser Knopf "gedrückt" ist, wird die Bandbreite des Oszilloskopes auf 20 MHz beschränkt. Andernfalls beträgt die Bandbreite 100 Mhz.

**GND:** Diese Buchse ist mit der Oszilloskopmasse (Referenznullpunkt für die Messungen mit dem Oszilloskop) verbunden.



Vertikal Verstärker Kanal 1 und 2

### A.3. Zeitbasis

**MODE:** Damit wird die Zeitbasis A (Normalfall) oder B ausgewählt. Bei der Stellung "ALT" wird die Spannung aller aktiven Kanäle abwechselungsweise mit der von den Zeitbasen A und B erzeugten Ablenkgeschwindigkeit dargestellt. Damit ist es möglich, Details aus einem Signal gedehnt (vergrößert) zu betrachten.

Die Stellung "XY" schaltet das Oszilloskop in den XY-Modus. Kanal 1 bildet dann die X-Achse, einer oder mehrere der anderen Kanäle (jene, welche gerade aktiv sind), die Y-Achse.

**SEC/DIV:** Mit diesem Drehschalter wird die horizontale Ablenkgeschwindigkeit für die beiden Zeitbasen eingestellt. Welche der beiden Zeitbasen beeinflusst wird, hängt von der Stellung des "MODE"-Schalters ab: bei Stellung "A" wird die Zeitbasis A, bei den Stellungen "ALT" und "B" wird die Zeitbasis B eingestellt. Mit dem inneren Drehschalter (mit "VAR" beschriftet) kann die Ablenkgeschwindigkeit stufenlos eingestellt werden. Das Koordinatennetz auf dem Bildschirm kann dann aber nicht mehr zu Zeitmessungen benutzt werden, was durch das Aufleuchten des Lämpchens "UNCAL" angedeutet wird.

**POSITION:** Mit diesem Drehknopf kann die horizontale Position der Kurven auf dem Bildschirm verändert werden.

**x10 MAG:** Wenn dieser Knopf gedrückt wird, werden alle auf dem Bildschirm angezeigten Kurven um den Faktor 10 in horizontaler Richtung gedehnt.

**AUTO SETUP:** Dieser Knopf bewirkt, dass sich das Oszilloskop automatisch auf ein angeschlossenes Signal einstellt.

Wenn dieser Knopf gedrückt bleibt bis sich das Oszilloskop fertig eingestellt hat, so werden nur die nötigsten Einstellungen vorgenommen. Die anderen bleiben unverändert.

Vorsicht: Die vorherigen Einstellungen gehen dabei verloren und müssen bei Bedarf von Hand neu eingestellt werden!

**DELAY:** Mit diesem Knopf kann eingestellt werden um wieviel verzögert das Signal unter Zeitbasis B gegenüber Zeitbasis A gestartet werden soll. Damit kann ein beliebiger Ausschnitt einer Kurve gedehnt betrachtet werden.



Zeitbasis Block



## A.4. Triggerblock

**LEVEL:** Mit diesem Drehknopf wird das Trigger-Niveau bestimmt.

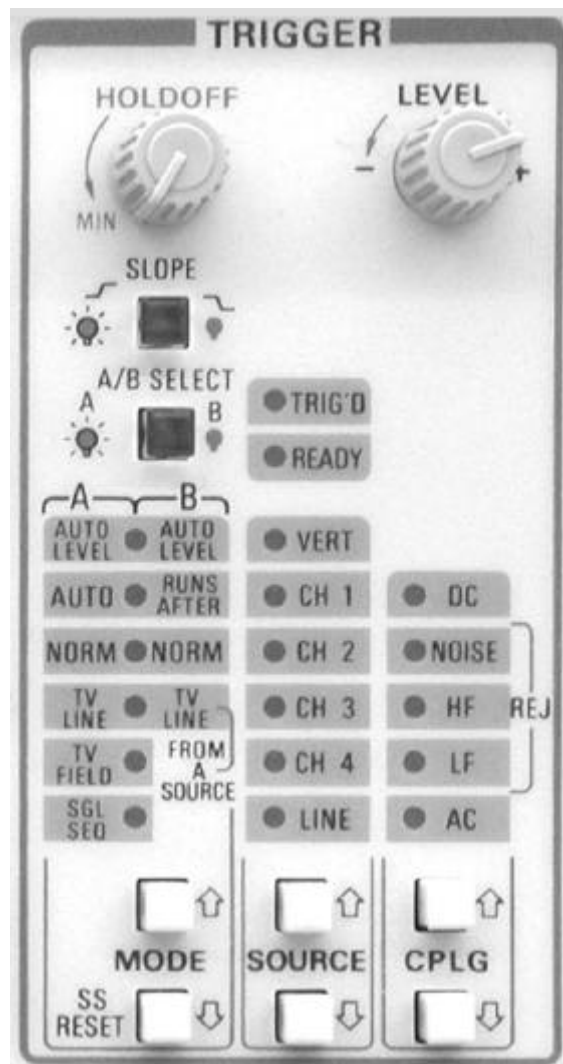
**HOLDOFF:** Variiert die Minimalzeit zwischen dem Ende einer Strahlableitung und dem Beginn der nächsten. Die Normalstellung dieses Drehknopfes ist ganz links (Minimum Holdoff).

**SLOPE:** Damit wird bestimmt ob auf die ansteigende Flanke (Schalter leuchtet) oder auf die abfallende Flanke (Schalter leuchtet nicht) eines Signales getriggert werden soll.

**A/B SELECT:** Schaltet die Triggereinstellungen und Triggeranzeigelampen zwischen dem Triggersystem A und B um. Normalstellung: Triggersystem A (Knopf leuchtet).

**MODE:** Bestimmt den Trigger-Modus. **AUTO LEVEL:** Das Trigger-Niveau wird auf die Signalspitzen beschränkt. **AUTO:** Keine Begrenzung des Trigger-Niveaus. Beim Fehlen eines Triggersignals begibt sich die Horizontalableitung in den Freilauf.

**NORM:** Die Horizontalableitung wird nur auf einen Triggerimpuls gestartet. Fehlt dieser, bleibt der Bildschirm dunkel. **TV LINE:** Die Triggerung erfolgt automatisch auf den horizontalen Synchpuls eines Videosignals. Fehlt dieser, bleibt der Bildschirm dunkel. **TV FIELD:** Die Triggerung erfolgt automatisch auf den vertikalen Synchpuls eines Videosignals. Fehlt dieser, bleibt der Bildschirm dunkel. **SGL SEQ:** Beim Eintreffen des nächsten Triggerpulses wird eine einzelne Strahlableitung ausgelöst.



## A.6. Weitere Einstellungen

**BEAM FIND:** Hilft beim Auffinden einer Kurve, welche sich ausserhalb des Bildschirms befindet. Das gesamte Bild wird stark verkleinert und auf den Bildschirmrand beschränkt. Der Strahlrücklauf bleibt sichtbar.

**PROBE** An diesem Punkt wird eine Rechteckspannung von 5 V und 1 kHz ausgegeben.

**ADJUST:** Sie dient der Frequenzabstimmung der Sonden.