

# Moderne Oszilloskop- Meßtechnik Teil 1

*Das Einsatzgebiet moderner Oszilloskope hat sich in den vergangenen Jahren aufgrund innovativer Technik deutlich erweitert. Die vielfältigen Möglichkeiten mit Hinweisen zum richtigen Messen beschreibt diese Artikelserie.*

## 1. Einleitung

Das Oszilloskop stellt eines der aufwendigsten, zugleich aber wohl auch das wichtigste Meßinstrument im Bereich der Elektronik dar. Bei der Entwicklung und der Reparatur elektronischer Geräte ist ein Oszilloskop praktisch unabdingbar.

Jeder Wissenschaftler, Ingenieur, Techniker oder auch private Elektroniker sollte die grundlegende Funktionsweise eines Oszilloskops kennen und die Bedienung beherrschen.

Überall in unserem physikalischen Uni-

versum sind Energien, vibrierende Teilchen und andere unsichtbare Kräfte anwesend. Mit Hilfe von Sensoren können diese Kräfte in elektrische Signale umgewandelt werden, die man dann mit einem Oszilloskop sichtbar machen, d. h. beobachten und untersuchen kann.

Der Einsatzbereich des Oszilloskops beschränkt sich aber nicht nur auf die Welt der Elektronik. Bei Verwendung des richtigen Meßwandlers sind die verschiedensten Phänomene meßbar. Ein Meßwandler ist ein Instrument, das als Reaktion auf physikalische Energie wie z. B. Schall, mechanische Belastung, Druck, Licht oder

Wärme ein elektrisches Signal erzeugt (wie z. B. ein Mikrofon).

Mit dem Schwerpunkt der Oszilloskop-anwendung im Bereich der Elektronik beschreibt diese Artikelserie in ausführlicher Weise zunächst die Grundlagen der Oszilloskopie, angefangen bei der Funktionsweise eines Oszilloskops über die Terminologie und Meßsignale, die Bedienelemente, die Messungen bis hin zur ausführlichen Beschreibung der Tastköpfe und der Digital-Speicher-Oszilloskopie.

Der interessierte Einsteiger wird nach der Lektüre dieser Artikelserie die wesentlichen Informationen zum sinnvollen Ein-

satz eines Oszilloskops erhalten haben, während der versierte Profi sicherlich eine Vielzahl wichtiger Detailinformationen über den Stand der Technik und die Möglichkeiten speziell im Bereich der Digital-Speicher-Oszilloskopie erhalten hat.

In dem Bestreben, einen bestmöglichen Überblick über die Oszilloskopie unter Berücksichtigung des neuesten Technologiestandes zu geben, entstand dieser Artikel unter Mitwirkung der Firma Hameg mit den europaweit größten Oszilloskop-Verkaufsstückzahlen sowie mit der Firma Tektronix, dem weltweit größten Hersteller von Spitzenoszilloskopen.

## 2. Historisches

Bis zur Ausgabe 1994 des deutschen Duden wird man vergeblich nach dem Wort „Oszilloskop“ suchen. Vielmehr muß man sich mit der Bezeichnung „Oszillograph“ begnügen.

Hierzu schreibt bereits die Brockhaus-Enzyklopädie von 1972:

„Oszillograph, elektrisches Meßgerät zum Sichtbarmachen und Aufzeichnen schneller elektrischer Schwingungsvorgänge, z. B. des Verlaufs von Wechselstromgrößen, Herzaktionsströmen oder mechanischen Meßgrößen (Zug, Druck, Verdrehung), deren Meßwerte sich in elektrische Werte umformen lassen.“

Dabei unterscheidet die Brockhaus-Enzyklopädie zwischen Lichtstrahl-Oszillograph und Katodenstrahl-Oszillograph. Letzterer arbeitet mit der bereits 1896 von K. F. Braun erfundenen und nach ihm benannten „braunschen Röhre“, deren Funktionsprinzip auch heute noch in den modernen Analog-Oszilloskopen zu finden ist.

Die Endung „graph“ stammt aus den Tagen des Lichtstrahl-Oszillographen mit mechanischer Ablenkung des Lichtstrahls über einen Spiegel und wurde infolgedessen auch für den Katodenstrahl-Oszillographen zunächst übernommen.

Ein modernes Oszilloskop hat jedoch bezüglich der Meßsignalaufnahme, -verarbeitung und -ausgabe mit Mechanik nichts mehr zu tun und hat als wohl wichtigstes Meßinstrument in der Elektronik eine passende, eigenständige Bezeichnung „verdient“. Die korrekte Bezeichnung dafür lautet „Oszilloskop“ - auch wenn die Verfasser des „Duden“ sich seit Jahrzehnten über diese Fakten hinwegsetzen. Wenn die Techniker in der Vergangenheit neue Gegebenheiten ähnlich „schnell“ umgesetzt hätten, so würde der Duden heute vielleicht noch in Steintafeln gemeißelt (nicht ganz ernstgemeinte Anmerkung eines Technikers).

Im ersten Normenentwurf zur DIN 43740 von 1973 wurde das Wort „Oszilloskop“ zum ersten Mal erwähnt.

Zur Verbreitung in Europa trug wesentlich ein Mann bei: Karl Hartmann, Gründer und Inhaber der Firma Hameg. Die Firmenbezeichnung ist, wie nur wenige Insider wissen, aus den Anfangsbuchstaben seines Namens (**H**artmann) und dem Wort **M**eßGerät entstanden.

1958 begann Karl Hartmann mit der Produktion der ersten Oszilloskope. An diesen Erfolg anknüpfend baute der geniale Entwickler und Unternehmer seinen Betrieb erfolgreich aus. Heute kommen die meistverkauften Oszilloskope Europas aus dem Hause Hameg.

Nach diesen Vorbemerkungen wollen wir uns nun mit der Oszilloskop-Meßtechnik im Detail befassen.

## 3. Funktionsweise eines Oszilloskops

Das Oszilloskop ist „das Auge“ des Elektrikers. Es werden damit elektrische Spannungen sichtbar gemacht. Wie dies im einzelnen erfolgt, lesen Sie in diesem Kapitel.

### 3.1 Grundsätzliche Funktionsweise

Im Grunde genommen ist ein Oszilloskop ein Gerät, das eine grafische Darstellung durchführt - es stellt ein elektrisches Signal grafisch dar.

Mit den meisten Diagrammen wird die zeitliche Veränderung der Signale sichtbar gemacht: Die vertikale (Y) Achse gibt die Amplitude an und die horizontale (X) Achse die Zeit. Die Intensität oder Helligkeit der Anzeige wird auch Z-Achse genannt

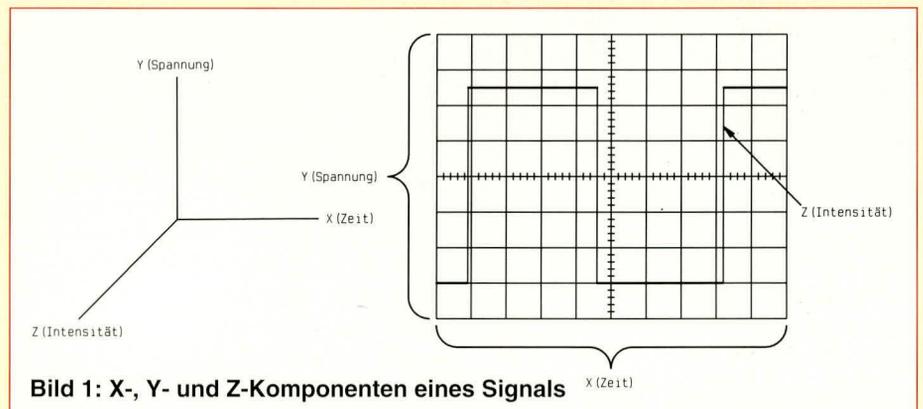
- Gleichspannungs- und Wechselspannungsanteile des Signals beurteilen,
- den Geräuschanteil eines Signals feststellen und ggf. zeitliche Veränderungen bestimmen,
- die aktiven Komponenten in einem Stromkreis durch das Meßsignal beurteilen,
- feststellen, ob ein defektes Bauteil das Signal verfälscht, usw.

Im Normalfall wird auf einem Oszilloskopbildschirm der zeitliche Verlauf einer zu untersuchenden Spannung (Meßspannung) dargestellt, d. h. die Änderung der Amplitude (y) wird in Abhängigkeit von Zeit (t) sichtbar gemacht. Diese Betriebsart wird auch yt-Betrieb genannt.

Betrachten wir hierzu zunächst einmal die vertikale (Y) Achse des Oszilloskopbildschirms, also den Verlauf des Anzeigepunktes nach oben und nach unten, getrennt von der horizontalen (t) Achse (Auslenkung von links nach rechts).

Ohne Ablenkung erscheint auf einem Oszilloskopbildschirm in der Mitte ein Leuchtpunkt. Legen wir nun an den Y-Eingang eine Gleichspannung an, so springt der Punkt bei positiver Spannung nach oben, um dort zu verharren bzw. bei negativer Spannung nach unten.

Verändern wir diese Spannung in ihrer Höhe, so verändert sich auch die Auslenkung des Leuchtpunktes, d. h. er bewegt sich in Abhängigkeit von der Amplitude und Polarität der Meßspannung über den Bildschirm, und zwar immer von oben nach unten und umgekehrt, jedoch nicht nach links oder rechts.



**Bild 1: X-, Y- und Z-Komponenten eines Signals**

(Abbildung 1). Um eine dritte Information zu erhalten, erfolgt bei einigen anspruchsvolleren Oszilloskopen eine Modulation der Helligkeit zur Markierung einzelner Bereiche.

Mit Hilfe der einfachen grafischen Darstellung sind wesentliche Aussagen über ein Signal möglich. Unter anderem können Sie:

- das Spannungs- und Zeitverhalten eines Signals feststellen,
- die Frequenz eines oszillierenden Signals berechnen,

Bei sehr schneller Veränderung (20x/sek.) der Meßspannung sehen wir durch die Trägheit des Auges auf dem Bildschirm eine senkrechte Linie, deren Länge von der Größe der Spannungsdifferenz abhängt, d. h. von der Differenz der größten positiven zur negativen Meßspannung. Entfernen wir nun die Meßspannung, befindet sich der Leuchtpunkt wieder in der Bildschirmmitte.

Schalten wir nun die Zeitablenkung ein, so bewegt sich der Leuchtpunkt mit konstanter (aber wählbarer) Geschwindigkeit

vom linken zum rechten Bildschirmrand, um anschließend dunkel getastet zu werden und blitzschnell zum linken Rand zurückzukehren und von dort erneut den Bildschirm von links nach rechts zu beschreiben. Bei sehr langsam eingestellter Zeitablenkung (z. B. 0,1 s/cm) bewegt sich der Leuchtpunkt in 0,1 sek einen Zentimeter weiter, d. h. er überstreicht einen 10 cm breiten Bildschirm in einer Sekunde. Bei dieser Geschwindigkeit ist der Leuchtpunkt mit dem Auge noch gut zu verfolgen.

Erhöhen wir die Geschwindigkeit der Zeitablenkung, so erscheint der Leuchtpunkt nun als waagerechte Linie auf dem Oszilloskop-Bildschirm.

Durch Anlegen einer Gleichspannung an den Y-Meßeingang des Oszilloskops ändert sich die Position der waagerechten Linie nach oben oder unten in Abhängigkeit von der Höhe und Polarität der Eingangsspannung. Ändert sich die Meßspannung nun periodisch (Wechselspannung) und hinreichend schnell, so können wir auf dem Oszilloskopbildschirm genau deren Verlauf in Form eines Kurvenzuges erkennen.

### 3.2 Analog und digital

Es gibt zweierlei Arten von elektronischen Geräten: analoge und digitale.

Analoge Geräte arbeiten mit kontinuierlich variablen Spannungen, während digitale Geräte mit diskreten Binärzahlen arbeiten. So stellt z. B. ein konventioneller Plattenspieler ein analoges Gerät, ein CD-Player hingegen ein digitales Gerät dar.

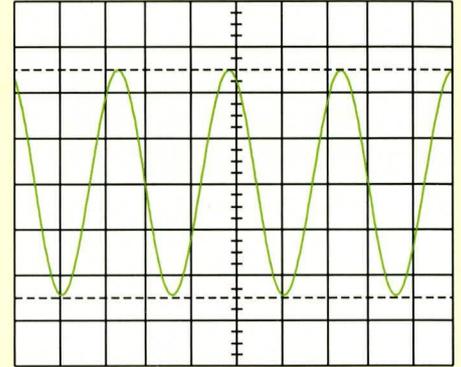
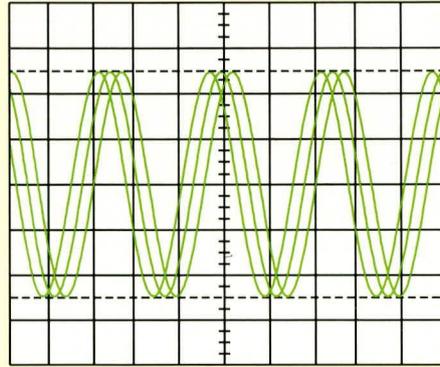
Auch bei Oszilloskopen gibt es analoge und digitale Versionen. Ein Analog-Oszilloskop funktioniert dadurch, daß es eine Spannung, die gemessen wird, direkt auf einen über den Oszilloskop-Bildschirm wandernden Elektronenstrahl anlegt. Die Spannung lenkt, wie vorstehend beschrieben, den Strahl gleichmäßig nach oben und unten ab und zeichnet das Signal auf dem Bildschirm auf. Das Resultat ist eine sofortige Abbildung des Meßsignals.

Im Gegensatz dazu tastet das Digital-Oszilloskop das Signal ab und verwendet einen Analog-Digital-Umsetzer, um die gemessene Spannung in digitale Informationen umzuwandeln. Unter Zuhilfenahme dieser digitalen Informationen wird dann das Signal auf dem Bildschirm dargestellt.

Seit einiger Zeit gibt es Analog/Digital-Oszilloskope, d. h. in einem Gerät sind beide Arten vereint.

### 3.3 Analog-Oszilloskope

Wenn Sie einen Oszilloskop-Tastkopf an einen Stromkreis anlegen, gelangt das Meßsignal durch den Tastkopf zum Vertikalsystem des Oszilloskops. Dem einfachen Blockdiagramm in Abbildung 2 können Sie entnehmen, wie ein Analog-Oszil-



**Bild 3: Signaldarstellung auf einem Oszilloskop-Bildschirm. Links ohne korrekte Triggerung und rechts mit Triggerung**

loskop ein gemessenes Signal darstellt.

Je nach Einstellung der Vertikalskala (Volt/Div.-Einstellung) gelangt die Spannung direkt auf den nachfolgenden Verstärker oder wird durch einen Abschwächer verringert. Die nachfolgende Verstärkung ist für die Aussteuerung der Y-Ablenkplatten ausgelegt.

Am Ausgang des Y-Verstärkers sind die Y-Ablenkplatten der Kathodenstrahlröhre angeschlossen. Eine Veränderung der Spannung an den Y-Ablenkplatten bewirkt die vertikale Ablenkung des in der Röhre erzeugten Katodenstrahles. Dieser Katodenstrahl kommt von der Katode und gelangt zwischen den Y- und X-Ablenkplatten hindurch zur Phosphorbeschichtung des Bildschirms und wird dort als Leuchtpunkt wahrnehmbar. Bei positiver Meßspannung bewegt sich der Leuchtpunkt nach oben, bei negativer Meßspannung nach unten.

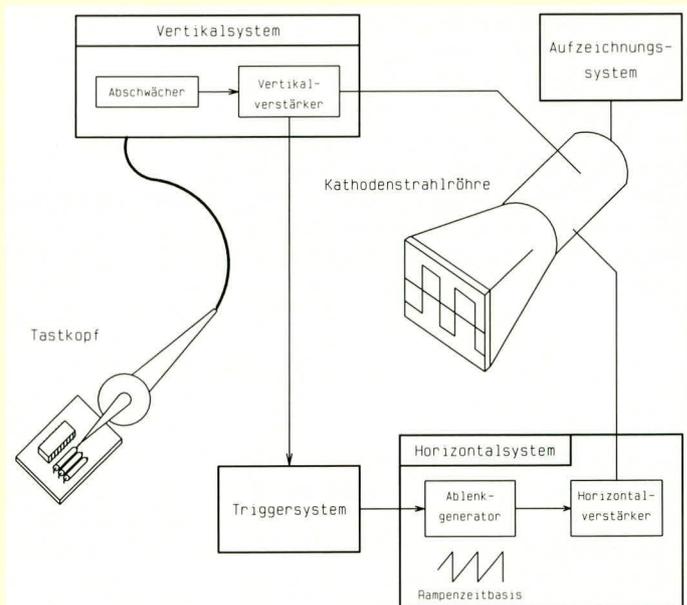
Das Meßsignal steuert auch den Trigger-Verstärker an und startet (triggert) die horizontale Ablenkung, wenn das Meßsignal die vom Benutzer vorgegebene Amplitude und Flankenrichtung aufweist.

Das Triggersystem sorgt dafür, daß nach einem erfolgten Durchlauf des Leuchtpunktes von links nach rechts über den Bildschirm der nächste Durchlauf genau im richtigen Moment startet, nämlich dann, wenn

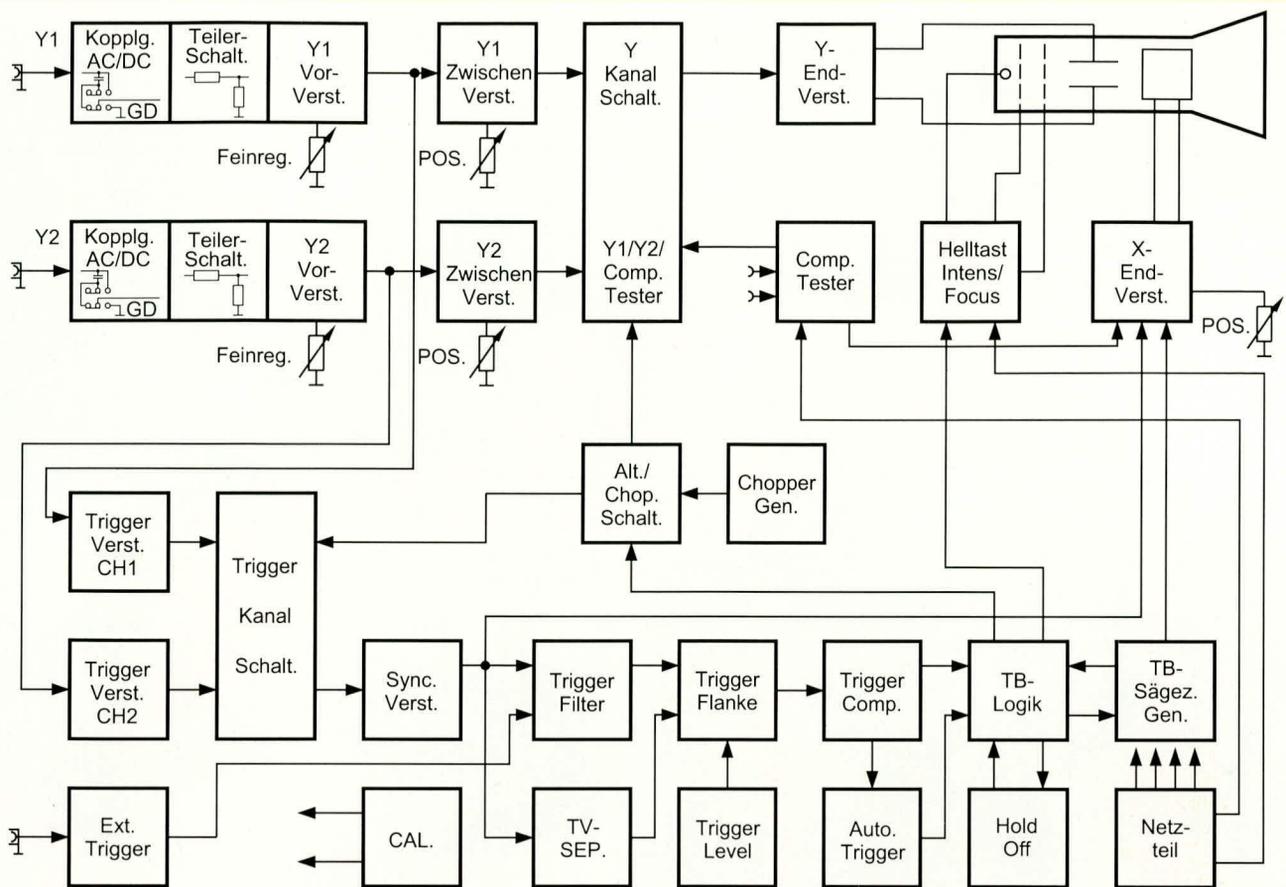
das periodisch verlaufende Meßsignal die gleiche Signalhöhe und Richtung aufweist. Die Triggerung muß somit sicherstellen, daß z. B. beim Oszilloskopieren eines Sinus-Signals die einzelnen Kurvenzüge deckungsgleich übereinander auf den Bildschirm geschrieben werden, um hierdurch ein stehendes Bild zu erzeugen.

In diesem Zusammenhang ist anzumerken, daß bei der Verwendung eines Analog-Oszilloskops 3 grundlegende Einstellungen für die Aufnahme eines Meßsignals erforderlich sind:

- Die Abschwächung oder Verstärkung des Meßsignals. Die Abschwächung mit Hilfe der Volt/Div.-Steuerung ermöglicht die Amplitudeneinstellung des Signales.
- Die Zeitbasis. Mit Hilfe der Sec./Div.-Steuerung können Sie die Ablenkgeschwindigkeit einstellen, d. h. wie schnell der Leuchtpunkt von links nach rechts über den Bildschirm läuft.
- Das Triggern des Oszilloskopes. Hierbei sind folgende Einstellungen wichtig: Triggerart (Auto- oder Normaltrigger), Amplitudenwert (Level), den das Meß-



**Bild 2: Blockdiagramm mit den wesentlichen Komponenten eines Analog-Oszilloskopes**



**Bild 4: Vollständiges Blockschaltbild eines 2-Kanal-Analog-Oszilloskops**

signal überschreiten muß, ehe die Triggerung ausgelöst wird, Triggerflankenrichtung (Slope).

Darüber hinaus ist mit den Bildschärfe- und Intensitäts-Reglern eine klare, gut sichtbare Darstellung auf dem Bildschirm einstellbar.

In Abbildung 3 ist die Darstellung eines periodischen Sinus-Signals gezeigt, und zwar einmal ohne und einmal mit Triggerung.

### 3.4 Blockschaltbild

Ein Analog-Oszilloskop besteht im wesentlichen aus 4 Funktionsgruppen:

1. Vertikalablenkung
2. Zeitablenkung
3. Bildröhre
4. Netzteil.

In Abbildung 4 ist das Blockschaltbild mit seinen wesentlichen Komponenten dargestellt. Der Vertikalablenkteil besteht aus Eingangskopplung, Teilerschaltern und Vorverstärkern sowie den Zwischenverstärkern. Über den Y-Kanalschalter gelangt das Y-Signal (Meßsignal) auf den Y-Endverstärker und die Vertikal-Ablenkplatten.

Die Anpassung der Signalamplitude an die gewünschte Bildhöhe ist mit Hilfe der Eingangsteiler und den Y-Ampl.-Feinreglern möglich. Die Positionierung der Signale in vertikaler Richtung ist mit den Y-Pos.-Reglern einstellbar. Alle für die Ver-

tikalablenkung verantwortlichen Baugruppen sind im Blockschaltbild mit dem Buchstaben Y vor der Bezeichnung gekennzeichnet.

Mit der Zeitablenkung wird die X-Ablenkgeschwindigkeit und damit die Anzahl der Signalperioden eingestellt. Die entsprechenden Baugruppen befinden sich in der unteren Hälfte des Blockschaltbildes.

Um überhaupt stehende Bilder zu erhalten, muß die Zeitbasis getriggert werden. Zu diesem Zweck befindet sich vor der Zeitbasis ein Spannungskomparator. Dieser hat die Aufgabe, das Meßsignal, das über den Triggerverstärker kommt, mit einer Spannung zu vergleichen, die an seinem Referenz- (Vergleichs-) Eingang anliegt.

Am Ausgang des Komparators erfolgt ein Spannungssprung, dessen Richtung davon abhängt, ob das Meßsignal die Vergleichsspannung oder Referenzspannung über- oder unterschreitet. Die Vergleichsspannungseinstellung erfolgt durch den Level-Einsteller.

Für die interne Triggerung werden die Y-Signale hinter den Y-Vorverstärkern zur Ansteuerung der jeweiligen Triggerverstärker ausgekoppelt. Mit dem Triggerkanalschalter wird bestimmt, welches Y-Signal auf den nachfolgenden Synchronverstärker gelangt und als Triggersignal dient.

Durch den Trigger-Level-Regler wird

bei NORM.-Triggerung bestimmt, bei welcher Amplitude des Triggersignals der Start der X-Ablenkung erfolgt.

Vor dem Triggerkomparator befindet sich der Triggerflanken-Wahlschalter, mit dem bestimmt wird, ob steigende oder fallende Flanken die Triggerung auslösen.

Die Triggerung von Videosignalen wird mit dem TV-Separator erleichtert. Hierbei werden die Synchronimpulse vom Bildinhalt getrennt und als Triggersignal verwendet. In Stellung „V“ werden die Zeilensynchronimpulse unterdrückt.

Die beiden Ablenkeinrichtungen steuern die Ablenkplatten der Bildröhre. Gleichzeitig mit dem Start der Zeitablenkung wird die Strahlröhre hellgetastet, d. h. der Arbeitspunkt der Strahlröhre wird so verlagert, daß die von der Katode erzeugten Elektronen als Elektronenstrahl zur Leuchtschicht gelangen können. Da die Katode der Strahlröhre auf Hochspannungspotential liegt, erfolgt die Ansteuerung über einen Optokoppler. Im Hochspannungskreis befinden sich auch die Regler für Helligkeit und Schärfe des Katodenstrahls.

Das Netzteil erzeugt die verschiedenen für den Betrieb der Elektronik erforderlichen Spannungen.

Im zweiten Teil dieser Artikelserie wenden wir uns der grundsätzlichen Funktionsweise von Digital-Oszilloskopen zu, gefolgt von der Beschreibung der Oszilloskop-Terminologie. **ELV**