

Versuchsanleitungen
zum
Praktikum
Grundlagen der Elektrotechnik

Versuch Nr.:9

Messungen mit dem Elektronenstrahl-Oszilloskop



Fachhochschule Fulda
Fachbereich Elektrotechnik
Pf/Stand: 2/97

Gruppe Nr: _____

Namen: _____ (Protokollant)

MESSUNGEN MIT DEM ELEKTRONENSTRAHL-OSZILLOSKOP

Aufgaben: *Messung von Amplitude, Frequenz und Phasenverschiebung bei Wechselspannungen*

Meßverfahren: *Ein- und Zweikanalbeobachtung mit dem Oszilloskop, x-y-Darstellung*

Vorkenntnisse: *Mathematische Darstellung einer Wechselspannung, Effektivwert*
Lehrinhalt: *Bedienung eines modernen Labor-Oszilloskops; Ausnutzung der Amplituden- und Zeitkalibrierung, Triggerung, Zweikanalbetrieb, Erdungsfragen*

Literatur: *W. Walcher, Praktikum der Physik, Teubner- Verlag, die Lehrbücher der Physik.*

1.Einführung

Das Oszilloskop ist eines der vielseitigsten Meßgeräte für physikalische Messungen. Der große Vorteil des Oszilloskops liegt im Vergleich zu elektromechanischen Meßsystemen wie Volt- und Amperemetern und x-y-Schreibern in seiner trägheitslosen Wirkungsweise und der anschaulichen Darstellung des Zeitverlaufs der untersuchten Vorgänge. Dabei ist das Gerät weitgehend unempfindlich gegen Bedienungsfehler. Man kann das Oszilloskop auch als superschnellen Kurvenschreiber betrachten. Der Meßbereich erstreckt sich von Millivolt bis zu mehreren 100 Volt, der Frequenzbereich reicht von Gleichspannung bis zu mehreren Megahertz je nach Typ mit hoher Linearität.

Folgende Messungen kann man u.a. mit dem Oszilloskop ausführen:

Gleichspannungsmessungen (DC)
Wechselspannungsmessungen (AC)
Frequenzmessungen
Kurvenanalyse
Phasenmessungen
Kennlinienaufnahme

Diese Aufzählung ist jedoch nur ein Teil der vielfältigen Möglichkeiten.

Die Hauptteile des Elektronenstrahl-Oszilloskops sind:

Elektronenstrahlröhre
1. y-Verstärker mit Abschwächer
2. y-Verstärker mit Abschwächer (kann auch als x-Verstärker benutzt werden)
Zeitablenkschaltung
Triggerteil

Zur Verdeutlichung der Funktionsweise dient das folgende vereinfachte Blockschaltbild:

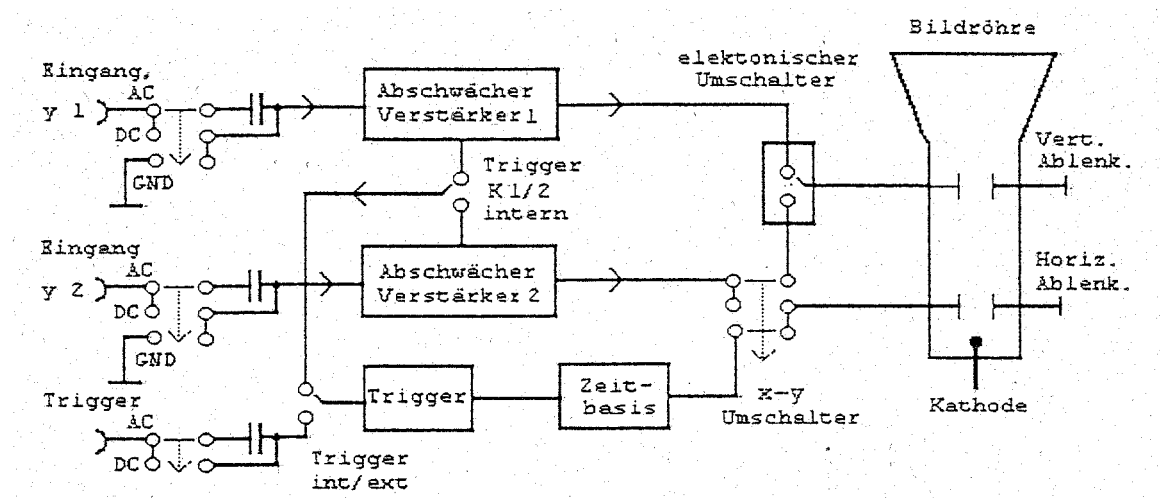


Abb. 1 Vereinfachtes Blockschaltbild eines Zweikanal-Oszilloskops. Die Netzversorgung ist der Übersichtlichkeit halber weggelassen. Man beachte die durch Pfeile auf den Leitungen gekennzeichnete Laufrichtung der Signale.

2. Aufgaben

1. a) Messung der Gleichspannung des DC-Netztesiles im Tischaufbau.
b) Messung der dieser Gleichspannung überlagerten Störspannung (Ripple).
2. a) Messung der Wechselspannung (Effektivwert!) des im Tischaufbau befindlichen Festfrequenzgenerators.
b) Darstellung der Summenspannung aus Gleich- und Wechselspannung.
3. Untersuchung der Wirkungsweise des Triggers.
4. Messung der Frequenz des Festfrequenzgenerators.
5. a) Messung der Phasenverschiebung zwischen Spannung und Strom an einer einzelnen Spule.
b) Messung der Phasenverschiebung an einer R-L-Reihenschaltung.
c) Darstellung der Phasenellipse zu a) und b).
6. a) Messung der Phasenverschiebung zwischen Spannung und Strom an einem einzelnen Kondensator.
b) Messung der Phasenverschiebung an einer R-C-Reihenschaltung.
c) Darstellung der Phasenellipse zu a) und b).
7. Aufnahme der Kalibrierkurve des variablen Frequenzgenerators (im Tischaufbau) mittels Lissajous-Figuren.
8. Geben Sie bei Aufgabe 2b) den Effektivwert der Summenspannung an. Überprüfen Sie bei Aufgabe 5b) und 6b) die gemessene Phasenverschiebung anhand der zugehörigen Formeln und überprüfen Sie die Formel für die Leistungsbilanz.

9. Ermittlung der Anstiegszeit des HP 33120A Frequenzgenerators.
10. Bestimmung der dem Versuch beigegebenen Komponenten mit dem Komponententester.

3. Durchführung

- zu 1. a) Messung der Gleichspannung mit DC-Eingang, Nulllinie nach unten verlegen.
b) Messung des Rippels mit AC-Eingang, Nulllinie in die Mitte legen, Verstärkungsfaktor entsprechend erhöhen. Angabe der vollen Höhe des Rippels.
- zu 2. a) Messung des Effektivwertes der Wechselspannung mit AC-Eingang. Vergleichsmessung mit Meßinstrument.
b) Beide Netzteile in Reihe schalten, Messung mit DC-Eingang. Überzeugen Sie sich experimentell, daß der Mittelwert der Wechselspannung auf dem Niveau der Gleichspannung liegt.
- zu 3. Die Triggereinstellung bestimmt den zeitlichen Einsatz der Darstellung des Signals. Triggereinstellung auf NORM. Sehen Sie sich an, wie bei Änderung der LEVEL-Einstellung sich Höhe und Vorzeichen des Signaleinsatzes ändern.
- zu 4. Zeitbasis auf CAL. (kalibriert) einstellen, Frequenz als Kehrwert der Dauer einer Schwingungsperiode bestimmen.
- zu 5. a) Schaltungsaufbau nach Abb. 2 (ohne Widerstand), Zweikanalbetrieb (DUAL+ADD = CHOP.); Registrierung des Stromes über den Spannungsabfall am Amperemeter. Bitte beachten Sie die für beide Eingänge gemeinsame Erdung über die Abschirmung der Kabel. Zeitbasis so einstellen, daß eine Schwingungsperiode auf den Bildschirm paßt.

Zur vorzeichenrichtigen Wiedergabe muß ein Kanal durch Drücken der Taste INV. invertiert werden.
b) Messung wie 5a), jetzt mit Widerstand.
c) x-y-Betrieb (Taste X-Y gedrückt; CH I/II, DUAL, ADD nicht gedrückt).
- zu 6. Aufbau und Messungen entsprechend der Aufgabe 5, statt Spule jetzt mit Kondensator.

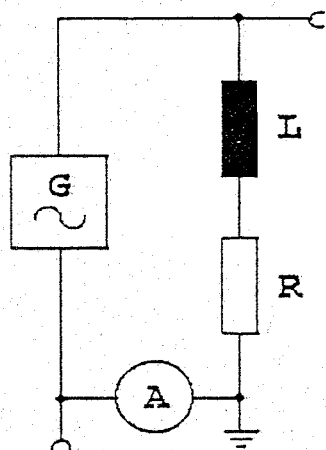


Abb. 2

Schaltungsaufbau zur Messung der Phasenverschiebung zwischen Strom und Spannung mit dem Oszilloskop im Zweikanalbetrieb. Einer der beiden Eingänge muß invertiert werden.

- zu 7. Die beiden Generatoren je an einen Eingang anschließen, x-y-Betrieb (Taste X-Y drücken; ADD, CH I/II, DUAL, nicht gedrückt). Auf dem Bildschirm erscheinen sich laufend verändernde Schleifen (Lissajous-Figuren). Man stellt an dem variablen Frequenzgenerator zunächst eine einzelne Phasenellipse ein (gleiche Frequenz beider Generatoren). Verändert man dann die variable Frequenz, so erhält man eine Reihe nahezu stehender Bilder. Das Verhältnis der Zahl der Extrema in x- und y-Richtung ist dann jeweils gleich dem Frequenzverhältnis der an den y- und den x-Eingang angeschlossenen Schwingungen.
- zu 9. Man berücksichtige in der Fehlerbetrachtung die Anstiegszeit des Oszilloskops (s. Bedienungsanleitung im Anhang der Tischanleitung).
- zu 10. Hierzu sind die Komponenten mittels eines Kabels BNC/Banane mit dem Eingang Comp. Tester des Oszilloskops zu verbinden. Nach Drücken der dazugehörigen Taste wird eine dem Bauteil entsprechende Kennlinie dargestellt.

4. Fehlerbetrachtung

Die Genauigkeit der kalibrierten Stellungen beträgt sowohl bei den beiden Verstärkern als auch bei der Zeitbasis $\pm 3\%$.

5. Anhang

5.1 Bedienung des Oszilloskops HM 303

Ausgangseinstellung:

1. Alle kalibrierten Regler in Stellung „cal“.
2. Alle anderen Regler in Mittelstellung.
3. Alle Drucktasten nicht gedrückt.
4. Gerät einschalten.
5. Helligkeit (Intens.) und Fokus einstellen.
6. Schalter auf „GD“, Nullpunkt mit Y-Pos. festlegen.

Achtung: Die Schirmungen der BNC-Kabel beider Kanäle sind über das Oszilloskopgehäuse miteinander verbunden. Man achte auf gleiches Potential.

Spannungsmessung: Die Meßspannung wird über eine BNC-Buchse dem Eingangsverstärker über den Abschwächer zugeführt (Eingangswiderstand $1M\Omega$). Da mit dem Oszilloskop auch sehr kleine Spannungen gemessen werden können und der im Raum vorhandene Elektromagnetismus das Meßergebnis beeinflussen würde, ist das Eingangskabel abgeschirmt.

Der Meßbereichsschalter (Abschwächer) wird so eingestellt, daß die gerasterte Schirmhöhe (y-Achse) möglichst voll ausgenutzt wird. Der Feineinsteller muß dabei in der CAL.-Position (kalibriert) sein. Der Drehknopf Y-POS. (y-Position) ist so einzustellen, daß die Nulllinie auf einer Rasterlinie liegt. Der Meßwert wird aus der Höhe der vertikalen y-Ablenkung und dem Ablenkkoeffizienten, welcher auf dem Schalter des Abschwächers in Volt/Div oder in Millivolt/Div angegeben ist, ermittelt.

In der AC-Stellung des Eingangsschalters werden nur Wechselspannungen bzw. Wechselspannungsanteile abgebildet. In der DC-Stellung werden Gleich- und Wechselspannungen bzw. bei Mischspannungen beide Anteile abgebildet. In der GND-Stellung kann die Nullage der y-Auslenkung eingestellt werden, ohne daß die Meßleitung abgeklemmt werden muß, der Verstärkereingang wird dabei geerdet.

Strommessung : mit dem Oszilloskop lassen sich wegen des großen Eingangswiderstandes nur Spannungen unmittelbar messen. Der Strom muß deshalb aus dem gemessenen Spannungsabfall an einem ohmschen Widerstand mit bekanntem Widerstandswert ermittelt werden. Gegebenenfalls muß hier ein gesonderter Widerstand in den Stromkreis eingefügt werden, wobei der Widerstandswert möglichst klein sein soll, um die Beeinflussung des Gesamtstromkreises gering zu halten. Gut geeignet ist hierfür ein Amperemeter, dessen Innenwiderstand als Strommeßwiderstand verwendet wird.

Zeit- und Frequenzmessung: Die Zeitbasis erzeugt eine mit der eingestellten Geschwindigkeit linear ansteigende Spannung. Diese Spannung wiederholt sich periodisch und lenkt den Leuchtpunkt, welchen die Bildröhre erzeugt, in x-Richtung ab. Der Rücklauf wird elektronisch verdunkelt, so daß auf dem Bildschirm nur der Hinlauf sichtbar ist. Die Geschwindigkeit kann man am Zeitbasisschalter in Grobstufen von 200ms/Div bis 0,1µs/Div einstellen. Mit dem variablen Regler lassen sich auch Zwischenwerte einstellen; bei definierten Frequenz- bzw. Zeitmessungen muß dieser Regler immer in der CAL.-Stellung stehen. Die Zeitbasis ist so einzustellen, daß die gerasterte Schirmbreite möglichst für eine Periodendauer voll ausgenutzt wird. Mit dem Regler X-POS. (x-Position) oder dem LEVEL-Regler des Triggers ist das Signal so einzustellen, daß der Bezugspunkt für die Zeitmessung, z.B der vordere Nulldurchgang einer Sinuskurve, auf einer senkrechten Rasterlinie liegt. Der Meßwert wird aus der horizontalen Ablenkung für die eingestellte Periode und dem Zeitkoeffizienten ermittelt.

Triggern: Das Triggern bestimmt den Startzeitpunkt des Strahldurchlaufs. Um ein stehendes Bild zu erreichen, muß jeder Durchlauf in einem zeitlichen Zusammenhang zum Meßsignal stehen. Das Oszilloskop kann in zwei Arten betrieben werden und zwar AT und NORM. Bei der Betriebsart AT (automatisch) wird unabhängig vom Eingangssignal immer eine neue Linie geschrieben. Die Stellung AT sollte man immer benutzen, wenn das Oszilloskop neu eingeschaltet wird und noch kein oder ein unbekanntes Signal zur Verfügung steht; sonst kann es passieren, daß überhaupt keine Linie auf dem Bildschirm entsteht. Bei der Betriebsart NORM. (normal) wird mit dem LEVEL-Regler eine Triggerschwelle eingestellt, jeder neue Durchlauf startet erst dann, wenn das Meßsignal den Wert der gesetzten Schwelle erreicht hat. - Der Trigger kann auch von einem unabhängigen Signal über den gesonderten Trigger-Eingang (TRIG.INP., Taste EXT.) extern angesteuert werden.

Zweikanalbetrieb: Alle im Praktikum vorhandenen Geräte können zwei Eingangssignale gleichzeitig darstellen. Dazu sind zwei gleiche Eingangsverstärker mit den dazugehörigen Abschwächern vorhanden. Der Zweikanalbetrieb wird durch das Drücken der Taste DUAL eingeschaltet. Es gibt zwei zugehörige Betriebsarten. Beim alternierenden Betrieb (nur DUAL gedrückt) schreibt durch eine elektronische Umschaltung der Elektronenstrahl abwechselnd nacheinander mal das eine, mal das andere Signal.

Beim Chopperbetrieb (zusätzlich zu DUAL auch ADD gedrückt) werden beide Signale elektronisch zerhackt und während eines Strahldurchlaufs in kurzen, zeitlich umeinander

versetzten Abschnitten auf dem Bildschirm dargestellt. Durch die Höhe der Umschaltfrequenz sind die Unterbrechungen auf beiden Kurven so klein, daß sie in die Unschärfe der Bildröhre fallen und nicht sichtbar sind. Für niederfrequente Meßaufgaben sollte man die gechoppte und für hochfrequente Meßaufgaben die alternierende Betriebsart verwenden. Die Triggerung kann wahlweise auf den einen oder den anderen Kanal eingestellt werden. Mit diesen beiden Betriebsarten funktioniert das Oszilloskop wie ein echtes Zweistrahloszilloskop mit zwei Kathodenstrahlsystemen in der Bildröhre. Andere Modelle haben die Möglichkeit, bis zu vier Signale gleichzeitig darzustellen.

Probleme bereitet oft der gemeinsame Anschluß beider Kanäle an den Schaltungsaufbau, da beide Kanäle gegen den gleichen Bezugspunkt messen und zwar das Meßgehäuse des Oszilloskops, welches aus Sicherheitsgründen über den Schutzkontaktstecker geerdet ist (siehe Abb.2). Zur vorzeichenrichtigen Darstellung muß einer der beiden Kanäle invertiert werden, weil beide Signale üblicherweise in gleicher Laufrichtung gezählt werden.

X-Y-Betrieb: Beim x-y-Betrieb ist die Zeitablenkschaltung abgeschaltet. Diese Betriebsart wird durch das Drücken der Taste X-Y (bei manchen Oszilloskoptypen auch HORIZ.EXT.) eingeschaltet (CH I/II DUAL, ADD nicht gedrückt). Der zweite Meßverstärker mit dem dazugehörigen Abschwächer dient dann zur externen x-Ablenkung. Damit hat man die Möglichkeit, Kennlinien aufzunehmen oder Frequenzmessungen und Phasenmessungen mit Hilfe von Lissajousfiguren zu machen (Achtung: ohne Ablenkung Einbrenngefahr des Punktes auf dem Bildschirm!).

Frequenzmessung mit Lissajous-Kurven: Mit Lissajous-Kurven kann man für bestimmte Frequenzverhältnisse auch Frequenzvergleiche vornehmen. Das Oszilloskop ist auf x-y-Betrieb zu schalten. Eine Schwingung bekannter Frequenz f_x wird z.B. auf den x-Eingang, die unbekannte Frequenz f_y auf den y-Eingang gegeben. Stehen f_y und f_x im Verhältnis zweier ganzer Zahlen (rationales Verhältnis), gibt es stehende Figuren, die in ein Rechteck mit der Seitenlänge der doppelten Schwingungsamplituden eingepaßt sind. Aus dem Kurvenverlauf ist dann die unbekannte Frequenz leicht zu ermitteln:

$$\frac{f_y}{f_x} = \frac{n_x}{n_y}, \text{ also } f_y = f_x \frac{n_x}{n_y}$$

dabei bedeuten:

f_x	Frequenz der Schwingung an den x-Platten,
f_y	Frequenz der Schwingung an den y-Platten,
n_x	Anzahl der Berührungspunkte mit einer der waagerechten Seiten (Extrema der auf der y-Achse aufgetragenen Schwingung)
n_y	Anzahl der Berührungspunkte mit einer der senkrechten Seiten (Extrema der auf der x-Achse aufgetragenen Schwingung)

Die (für unseren Versuch gleichgültige) detaillierte Form des stehenden Bildes hängt auch noch von den Anfangsphasen der beiden Schwingungen ab. Fallen die Kurven bei Hin- und Rücklauf zusammen, zählen die betreffenden Extrema doppelt. Meist gelingt es nur annähernd, die Figur wirklich zum Stehen zu bringen. Ist das Frequenzverhältnis nichtrational, gibt es nämlich kein stehendes Bild, vielmehr wird dann nach und nach die ganze Bildfläche von der Kurve

ausgefüllt. Sind insbesondere die beiden Frequenzen nur geringfügig verschieden, so scheint es, als ob sich die Phasendifferenz mit der Zeit vergrößert.

5.2 Formeln zu Aufgabe 8:

Effektivwert der Summenspannung:

$$U_{\Sigma} = \sqrt{U_{\text{eff}}^2 + U_{\text{eff}}^2}$$

Leistungsbilanz: $I_{\text{eff}}^2 R = U_{\text{eff}} I_{\text{eff}} \cos \varphi$

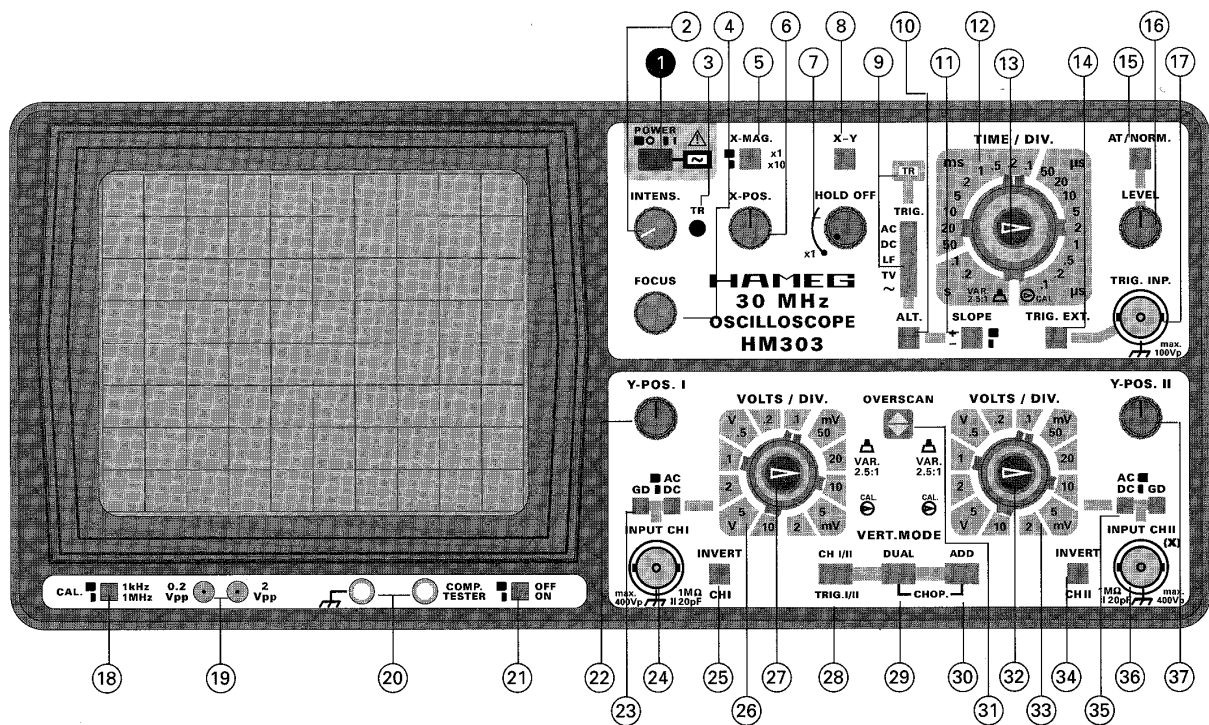
Phasenverschiebung an R-L- und R-C-

Reihenschaltung:

$$\tan \varphi_{RL} = \frac{\omega L}{R}, \quad \tan \varphi = -\frac{1}{\omega RC}$$

(φ gerechnet "U vor I" bzw. arcus $\underline{Z}$)

5.3 HM303-Oszilloskop - Ansicht und Bedienungselemente



Bedienungselemente HM 303 (Kurzbeschreibung – Frontbild)

Element	Funktion	Element	Funktion
① POWER (Taste + LED-Anzeige)	Netz Ein/Aus; Leuchtdiode zeigt Betriebszustand an.	②① COMP. TESTER (Drucktaste)	Einschaltung des Komponenten-Testers; ON = ein, OFF = aus.
② INTENS. (Drehknopf)	Helligkeiseinstellung für den Kathodenstrahl	②② Y-POS.I (Drehknopf)	Einstellung der vertikalen Position des Strahles für Kanal I.
③ TR Trimpotentiometer (Einstellung mit Schraubenzieher)	Trace Rotation (Strahldrehung). Dient zur Kompensation des Erdmagnetfeldes. Der horizontale Strahl wird damit parallel zum Raster gestellt	②③ GD-AC-DC (Drucktasten)	Tasten für die Eingangssignalankopplung von Kanal I. AC/DC-Taste gedrückt: direkte Ankopplung; AC/DC-Taste nicht gedrückt: Ankopplung über einen Kondensator; GD-Taste gedrückt: Eingang vom Signal getrennt, Verstärker an Masse geschaltet.
④ FOCUS (Drehknopf)	Schärfereinstellung für den Kathodenstrahl.	②④ INPUT CH I (BNC-Buchse)	Signaleingang Kanal I. Eingangsimpedanz 1MΩ/120pF.
⑤ X-MAG. (x10) (Drucktaste)	Dehnung der X-Achse um den Faktor 10. Max. Auflösung 10ns/cm.	②⑤ INVERT CH I (Drucktaste)	Invertierung der Signaldarstellung von Kanal I. In Verbindung mit gedrückter ADD-Taste = Differenzdarstellung.
⑥ X-POS. (Drehknopf)	Strahlverschiebung in horizontaler Richtung	②⑥ VOLTS/DIV. (12stufig. Drehschalter)	Eingangsteiler für Kanal I. Bestimmt die Y-Ablenkkoefizienten in 1-2-5 Schritten und gibt den Umrechnungsfaktor an (V/cm, mV/cm).
⑦ HOLD OFF (Drehknopf)	Verlängerung der Holdoff-Zeit zwischen den Ablenkperioden. Grundstellung = Linksanschlag.	②⑦ VAR. GAIN (Drehknopf)	Feineinstellung der Y-Amplitude (Kanal I). Vermindert die Verstärkung max. um den Faktor 2,5. Kalibrierung am Rechtsanschlag (Pfeil nach rechts zeigend).
⑧ XY (Drucktaste)	Umschaltung auf XY-Betrieb. Zuführung der horiz. Ablenkspannung über den Eingang von Kanal II. Achtung! Bei fehlender Ablenkung Einbrenngefahr.	②⑧ CH I/II-TRIG. I/II (Drucktaste)	Keine Taste gedrückt: Kanal I-Betrieb und Triggerung von Kanal I. Taste gedrückt: Kanal II-Betrieb und Triggerung von Kanal II. (Triggerumschaltung bei DUAL-Betr.).
⑨ TRIG. (Hebelschalter) AC-DC-LF-TV-~	Wahl der Triggerankopplung: AC: 10Hz–100MHz. DC: 0–100MHz. LF: 0–1,5kHz. TV: Triggerung für Bild und Zeile. ~: Triggerung mit Netzfrequenz.	②⑨ DUAL (Drucktaste)	Taste nicht gedrückt: Einkanalbetrieb. Taste DUAL gedrückt: Zweikanalbetrieb mit alternierender Umschaltung. DUAL und ADD gedrückt: Zweikanalbetrieb mit Chopper-Umschaltung.
TR (LED-Anzeige)	Anzeige leuchtet, wenn Zeitbasis getriggert wird.	③⑦ ADD (Drucktaste)	ADD allein gedrückt: Algebr. Addition. In Kombination mit INVERT Tasten: Differenzbetrieb.
⑩ ALT. (Drucktaste)	Die Triggerung wird im alternierenden DUAL-Betrieb abwechselnd von Kanal I und II ausgelöst.	③① OVERSCAN (LED-Anzeigen)	Richtungsanzeigen. Leuchten auf, wenn der Strahl den Bildschirm in vertikaler Richtung verläßt.
⑪ SLOPE +/- (Drucktaste)	Wahl der Triggerflanke. Taste nicht gedrückt: ansteigend, Taste gedrückt: fallend.	③② VAR. GAIN (Drehknopf)	Feineinstellung der Y-Amplitude (Kanal II). Vermindert die Verstärkung max. um den Faktor 2,5. Kalibrierung am Rechtsanschlag (Pfeil nach rechts zeigend).
⑫ TIME/DIV. (20stufiger Drehschalter)	Bestimmt Zeitkoeffizienten (Zeitablenkgeschwindigkeit) der Zeitbasis von 0.2s/cm bis 0.1µs/cm.	③③ VOLTS/DIV. (12stufig. Drehschalter)	Eingangsteiler für Kanal II. Bestimmt die Y-Ablenkkoefizienten in 1-2-5 Schritten und gibt den Umrechnungsfaktor an (V/cm, mV/cm).
⑬ Variable Zeitbasiseinstellung (Drehknopf)	Feineinstellung der Zeitbasis. Vermindert Zeitablenkgeschwindigkeit max. 2,5fach (Linksanschlag). Cal.-Stellung am Rechtsanschlag (Pfeil nach rechts).	③④ INVERT CH II (Drucktaste)	Invertierung von Kanal II. In Verbindung mit gedrückter ADD-Taste = Differenzdarstellung.
⑭ TRIG. EXT. (Drucktaste)	Umschaltung auf externe Triggerung. Signalführung über BNC-Buchse TRIG. INP.	③⑤ AC-DC-GD (Drucktasten)	Tasten für die Eingangssignalankopplung von Kanal II. Sonst wie ②③.
⑮ AT/NORM. (Drucktaste)	Taste nicht gedrückt: Zeitlinie auch ohne Signal sichtbar, Triggerung autom. Taste gedrückt: Zeitlinie nur mit Signal, Normaltriggerung mit LEVEL ⑮	③⑥ INPUT CH. II (BNC-Buchse)	Signaleingang Kanal II und Eingang für Horizontalablenkung im XY-Betrieb.
⑯ LEVEL (Drehknopf)	Einstellen des Triggerpunktes bei gedrückter Taste AT/NORM.	③⑦ Y-POS.II (Drehknopf)	Einstellung der vertikalen Position des Strahles für Kanal II. Im XY-Betrieb außer Funktion.
⑰ TRIG. INP. (BNC-Buchse)	Eingang für externes Triggersignal. Taste TRIG. EXT. gedrückt.		
⑱ CAL. 1kHz/1MHz (Drucktaste)	Frequenz des Kalibrator-Ausgangs. Taste nicht gedrückt: ca. 1kHz, Taste gedrückt: ca. 1MHz.		
⑲ 0.2V-2V	Ausgänge des Rechteck-Kalibrators 0,2V _{ss} und 2V _{ss} .		
⑳ COMP. TESTER (4mm Buchsen)	Anschluß der Testkabel für den Komponenten-Tester		