

D Oszilloskop HM1507

Allgemeines	6
Symbole	6
Aufstellung des Gerätes	6
Sicherheit	6
Bestimmungsgemäßer Betrieb	6
Garantie	7
Wartung	7
Schutzschaltung	7
Netzspannung	7
Art der Signalspannung	8
Größe der Signalspannung	8
Gesamtwert der Eingangsspannung	9
Zeitwerte der Signalspannung	9
Anlegen der Signalspannung	10
Bedienelemente und Readout	11
Pre-Triggerung	15
Post-Triggerung	15
Menü	24
Inbetriebnahme und Voreinstellungen	25
Strahldrehung TR	25
Tastkopf-Abgleich und Anwendung	25
Abgleich 1kHz	25
Abgleich 1MHz	26
Betriebsarten der Vertikalverstärker	26
XY-Betrieb	27
Phasenvergleich mit Lissajous-Figur	27
Phasendifferenz-Messung im Zweikanal-Betrieb (Yt)	27
Messung einer Amplitudenmodulation	28
Triggerung und Zeitablenkung	28
Automatische Spitzenwert-Triggerung	29
Normaltriggerung	29
Flankenrichtung	29
Triggerkopplung	29
Bildsynchronimpuls-Triggerung	30
Zeilensynchronimpuls-Triggerung	30
Netztriggerung	30
Alternierende Triggerung	31
Externe Triggerung	31
Triggeranzeige	31
Holdoff-Zeiteinstellung	31
B-Zeitbasis (2. Zeitbasis) / Delay Triggerung	32
AUTO SET	32
SAVE/RECALL	33
Komponenten-Test	34
Speicherbetrieb	35
Signal-Erfassungsarten	35
Speicherauflösung	36
Vertikalauflösung	36
Horizontalauflösung	36
Horizontalauflösung mit X-Dehnung	36
Maximale Signalfrequenz im Speicherbetrieb	36
Anzeige von Alias-Signalen.	36
Vertikalverstärker-Betriebsarten	37
Testplan	37
Strahlröhre, Helligkeit und Schärfe, Linearität, Rasterverzeichnung	37
Astigmatismuskontrolle	37
Symmetrie und Drift des Vertikalverstärkers	37
Abgleich des Vertikalverstärkers	37
Übertragungsgüte des Vertikalverstärkers	38
Betriebsarten: CH.I/II, DUAL, ADD, CHOP., INVERT und XY-Betrieb	38
Kontrolle Triggerung	38
Zeitablenkung	39
HOLDOFF-Zeit	39
Korrektur der Strahlage	39
Service Hinweis	39
Öffnen des Gerätes	39
Betriebsspannungen	40
Maximale und minimale Helligkeit	40
Astigmatismus	40
Triggerschwelle	40
Fehlersuche im Gerät	40
Austausch von Bauteilen	40
Abgleich	40
RS232-Interface - Fernsteuerung	41
Sicherheitshinweis	41
Beschreibung	41
Baudrateneinstellung	41
Datenübertragung	41
Tabellen	41
Bedienelemente HM1507	42

SI.060598-Hub/gaRR

Das neue 150MHz Analog-/Digital-Scope HM1507 mit Autoset, Save / Recall, Readout/ Cursor und RS232-Schnittstelle

Analog:

- 2 x 0-150MHz, 2 x 1mV-50V/cm
- Delay Line, 1kHz/1MHz Kalibrator
- Zeitbasis A mit Trig. DC-250MHz
- Zeitbasis B mit 2.Trig. bis 250MHz
- TV-Sync-Separator, CRT mit 14kV

Digital:

- Refresh, Single, Roll-, Envelope-, Average-Mode
- Max. Abtastrate 200MS/s, Speicher 2x2048x8 bit
- Pretriggerer 25-50-75-100%, Posttriggerer 25-50-75%
- 2 Referenz-Speicher positionierbar, X-Y Mode
- Wiederholrate max. 180/s, Dot Joiner (linear)

Foto zweier Signale im Envelope-Modus

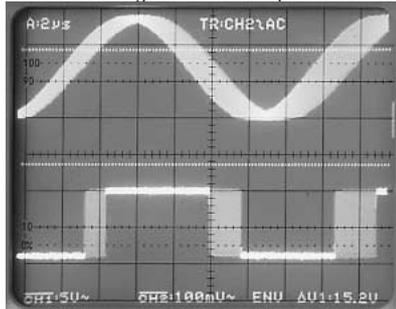
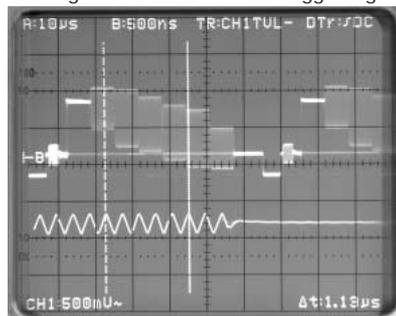


Foto eines FBAS -Signals mit Burst-Darstellung über Zeitbasis B u. 2.Triggerung



Mit dem neuen **HM1507** offeriert **HAMEG** ein Analog/Digital-Scope, das in seiner Preisklasse wirklich Außergewöhnliches bietet. Vor allem die **Güte** und **Exaktheit**, der **Signaldarstellung** ist sowohl im Analog, als auch im Digital-Betrieb weit besser als bei Digital-Oszilloskopen, die eine **Monitor-Röhre** oder nur ein **LCD-Display** verwenden. Besonders dann, wenn es bei der Beurteilung von Signalen um Feinheiten geht, ist eine Bildröhre mit vektorieller Darstellung immer die bessere Alternative. Insgesamt verfügt der **HM1507** über **3 Prozessoren**, wovon zwei der Steuerung von Baugruppen dienen. Für die Beschleunigung der digitalen Signalverarbeitung ist ein **RISC-Prozessor** eingesetzt. **Autoset**, **Readout / Cursor** sowie **Save / Recall** gehören zu den Standard-Funktionen. Für die Steuerung und Signalverarbeitung über einen **PC** ist eine **RS-232** Schnittstelle eingebaut. Zusätzlich ist als Option das Multifunktions-Interface **HO79-6** mit 3 Ausgängen inkl. **IEEE-488** lieferbar.

Die hervorragenden Eigenschaften des **HM1507** basieren vor allem auf der hohen **Übertragungsqualität** der Meßverstärker, deren Frequenzkurven oberhalb ihrer Grenzfrequenz noch relativ flach verlaufen. Aus diesem Grund können auch Signale **über 200MHz** dargestellt werden. Die Triggerung arbeitet ab 5mm Bildhöhe bis ca. **250MHz**. Ferner ist mit Hilfe der **2. Zeitbasis** und einer **2. Triggerung** auch die stark gedehnte Aufzeichnung asynchroner Signale möglich.

Digitalisierte Signale werden vom **HM1507** über die gesamte Schirmbreite mit einer Auflösung von ca. **2000 Punkten** dargestellt. Die max. Abtastrate beträgt **200MS/s**. Damit lassen sich einmalige Vorgänge bis max. **20MHz** in **"Real Time"** darstellen. Repetierende Signale können auch im **Envelope** bzw. **Average-Mode** aufgezeichnet werden. Weitere Features sind die **Pre- und Post-Trigger**, sowie **2 Referenzspeicher** mit separater Positionseinstellung. Hinzu kommen diverse automatische Meßfunktionen sowie ein **Kalibrieremenü**, mit dem man verschiedene Parameter überprüfen und neu kalibrieren kann. Erwähnenswert ist noch, daß die Handhabung des **HM1507** extrem einfach ist und auch im Digitalbetrieb ein **analoges Bedingefühl** empfunden wird.

Die Bedienung des HM1507

Die **HAMEG**-Ingenieure haben alles getan, damit der **HM1507** ohne längere Einarbeitung und auch ohne Manual zu benutzen ist. Dies ist vorteilhaft, wenn das Gerät nicht täglich oder von verschiedenen Personen nur zeitweise benutzt wird.

Schauen Sie sich das Frontbild des **HM1507** genau an. Alle Tasten mit mehreren Funktionen sind mit einem Menü oder entsprechenden Hinweisen versehen. Sie wissen also sofort, wo und wie (kurz oder lang) Sie drücken müssen. Um die **"Readout"** Anzeige nicht zu überladen, werden alle für die Signalauswertung unwichtigen Einstellungen mit **LEDs** im Bedienfeld angezeigt.

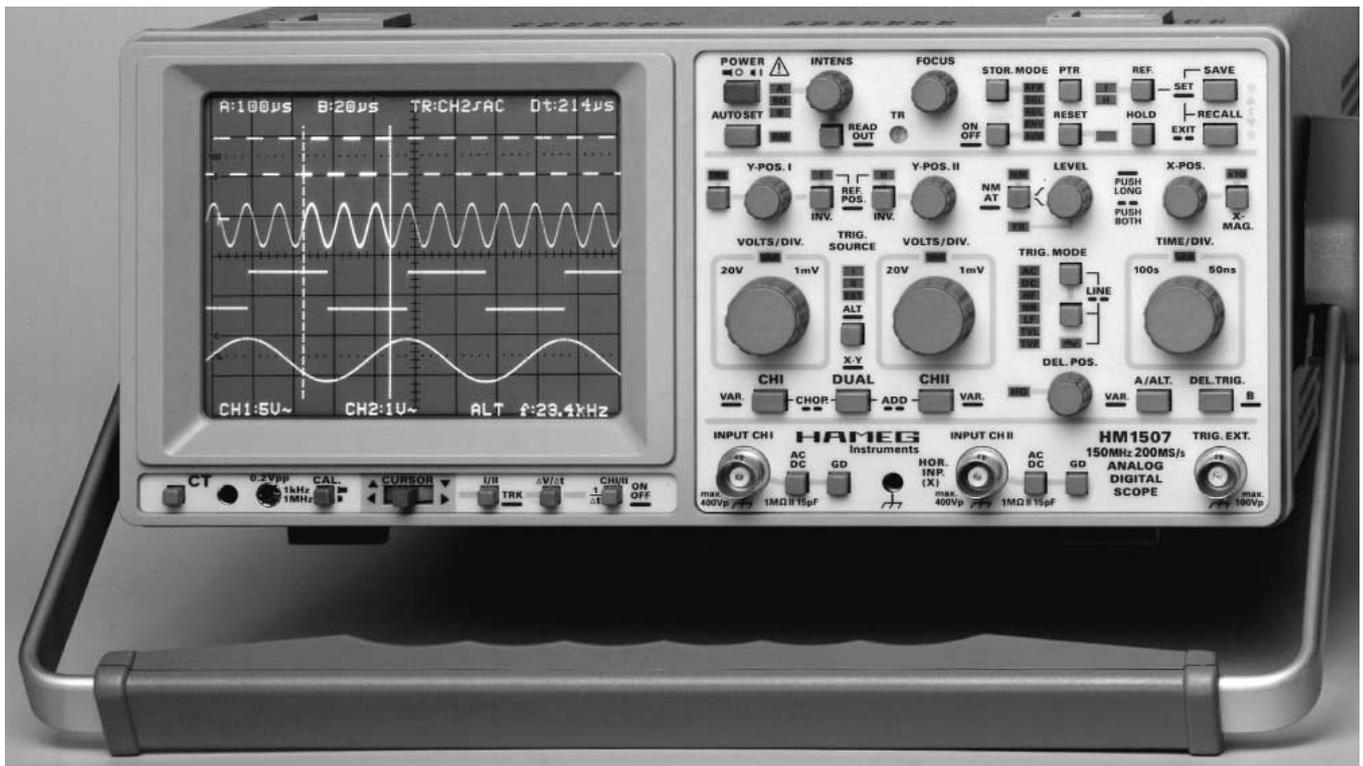
Für die Darstellung relativ einfacher Signalformen ist die Verwendung der **"Auto-Set"**-Taste zu empfehlen. Selbstverständlich sind alle damit gesetzten Meßparameter danach auch noch manuell veränderbar. Will man öfters mit den gleichen Einstellungen arbeiten, ist es sinnvoller die **"Save/Recall"**-Funktionen zu benutzen. Mit diesen können **10** komplette **Einstellprogramme** eingegeben und jederzeit wieder aufgerufen werden (Strahlhelligkeit und Cursor eingeschlossen). Noch einfacher ist die Benutzung der **Fernbedienung HZ68**. Mit dieser sind alle gespeicherten **Einstellprogramme** in beliebiger Folge abrufbar.

Mittels **PC** können über die eingebaute **RS232-Schnittstelle** alle Gerätefunktionen gesteuert und abgerufen werden. Programmierbeispiele in **Basic**, **Pascal** sowie **C** sind auf der beigelegten Diskette verfügbar. Zur Unterstützung der Anwendungsprogrammierer sind ebenfalls eine **Windows DLL** und eine **Pascal Unit** beigelegt.

Außerdem ist noch ein Windows Demoprogramm vorhanden, welches einige Möglichkeiten der Fernsteuerung über **RS232** aufzeigt.

Fernbedienung HZ68





Technische Daten

Vertikal-Ablenkung

Betriebsarten: Kanal I od. Kanal II, (beide invertierbar)
Kanal I u. II, alt. od. chop., (Chop.Frequ. ca. 0,5MHz)
Summe oder **Differenz** von K I und K II
XY-Betrieb: über Kanal I und Kanal II
Frequenzbereich: analog 2x 0–150MHz (-3dB)
Anstiegszeit: <2,3ns. Überschwingen: max. 1%
Ablenkkoeffizienten: 14 kalibrierte Stellungen
von 1mV/cm bis 20V/cm mit 1-2-5 Teilung
variabel 2,5:1 bis mindestens 50V/cm
Genauigkeit der kal. Stellungen:
1mV/cm – 2mV/cm: ±5% (0 bis 10MHz (-3dB))
5mV/cm – 20V/cm: ±3%
Eingangsimpedanz: 1MΩ || 15pF, Eingangskopplung: DC-AC-GD
Eingangsspannung: max. 400V (DC + Spitze AC).
Verzögerungsleitung: ca. 70ns

Triggerung

Automatik (Spitzenwert): <20Hz-200MHz (≤0,5cm)
Normal mit Level-Einstellung: DC-250MHz (≤0,5cm)
Flankenrichtung: positiv oder negativ
ALT.-Triggerung: (≤8mm) Triggeranzeige mit LED
Quellen: Kanal I oder II, K I alternierend K II,
Netz und extern. **Kopplung:** AC (10Hz- 200MHz),
DC (0 -200MHz), HF (50kHz - 250MHz), LF (0 -1,5kHz).
NR (Noise reject): DC–50MHz (≥ 8mm)
Aktiver TV-Sync-Separator für Bild und Zeile
Triggerung extern: ≥0,3V_{ss} von DC bis 100MHz
Triggerung Zeitbasis B:
mit Level-Einstellung und Flankenwahl. DC–250MHz.

Horizontal-Ablenkung

Zeitbasis A analog (digital): 22(26) kal. Stellungen
von 0,5s (100s)/cm bis 50ns (0,5µs)/cm (1-2-5 Teilung).
variabel nur analog 2,5:1 bis mindestens 1,25s/cm,
Zeitbasis B analog(digital): 18 (15) kal. Stellungen
von 20ms (20ms)/cm bis 50ns (0,5µs)/cm (1-2-5 Teilung)
Zeitbasis A,B: Genauigkeit der kalibrierten Stellungen ±3%
X-Dehnung x10 analog (digital): 5ns/cm ±5% (50ns±3%)
Hold-off-Zeit: variabel bis ca. 10:1
Betriebsarten: A / ALT / B,
Zeitkoeffizienten (digital): 100s - 0,5µs/cm
Bandbreite X-Verstärker: 0-3MHz (-3dB).
Eingang X-Verstärker über Kanal II, Ablenkkoeffizienten
wie Kanal II, **X-Y-** Phasendifferenz: <3° unter 120kHz.

Digitale Speicherung

Betriebsarten: Refresh, Roll, Single, XY-Betrieb.
Erfassung (Echtzeit): max. 200MS/s (8bit Flash A/D),
Envelope, Average (8 - 512 Aufnahmen). Dot Joiner.
Bildwiederholrate: max. 180/s.
Speicher & Anzeige: je Kanal 2k x 8bit.
Auflösung / cm: 200 (X) x 25 (Y); XY 25 x 25.
2 Referenzspeicher: 2k x 8 bit, EEPROM.
Pre-Trigger: 25-50-75-100%. **Post-Trigger:** 25-50-75%.

Bedienung / Steuerung

Manuell über Bedienungsknöpfe
Auto Set (automatische Parametereinstellung)
Save und **Recall** für 9 Einstellprogramme
Schnittstelle: **RS-232** (serienmäßig).
Fernbedienung HZ68 (optional).

Readout / Cursors

Anzeige der Meßparameter und diverser
Funktionen auf dem Bildschirm.
Cursormessungen von ΔU, Δt oder 1/Δt (Frequenz),
(Einzel oder im Tracking-Betrieb).
Separate Einstellung der Readout-Helligkeit

Option: Multifunktions-Interface

HO79-6: IEEE-488, RS232, Centronics;
Formate: Postscript, HPGL, PCL, EPSON, HAMEG.

Verschiedenes

Röhre: D14-375GH, 8x10cm, Innenraster.
Beschleunigungsspannung: ca. 14kV
Strahldrehung: auf Frontseite einstellbar
Kalibrator: \square (t_a <4ns), ≈1kHz/1MHz; 0,2V ±1%
Netzanschluß: 100-240V ±10%, 50/60Hz
Leistungsaufnahme: ca. 42 Watt bei 50Hz
Zul. Umgebungstemperatur: 0°C...+40°C
Schutzart: Schutzklasse I (IEC1010-1 / VDE 0411)
Gewicht: ca. 5,6kg. Farbe: techno-braun
Gehäusemaße: **B** 285, **H** 125, **T** 380 mm

Änderungen vorbehalten.

3/97

Inklusives Zubehör:
Netz Kabel, Betriebsanleitung, 2 Tastköpfe 10:1

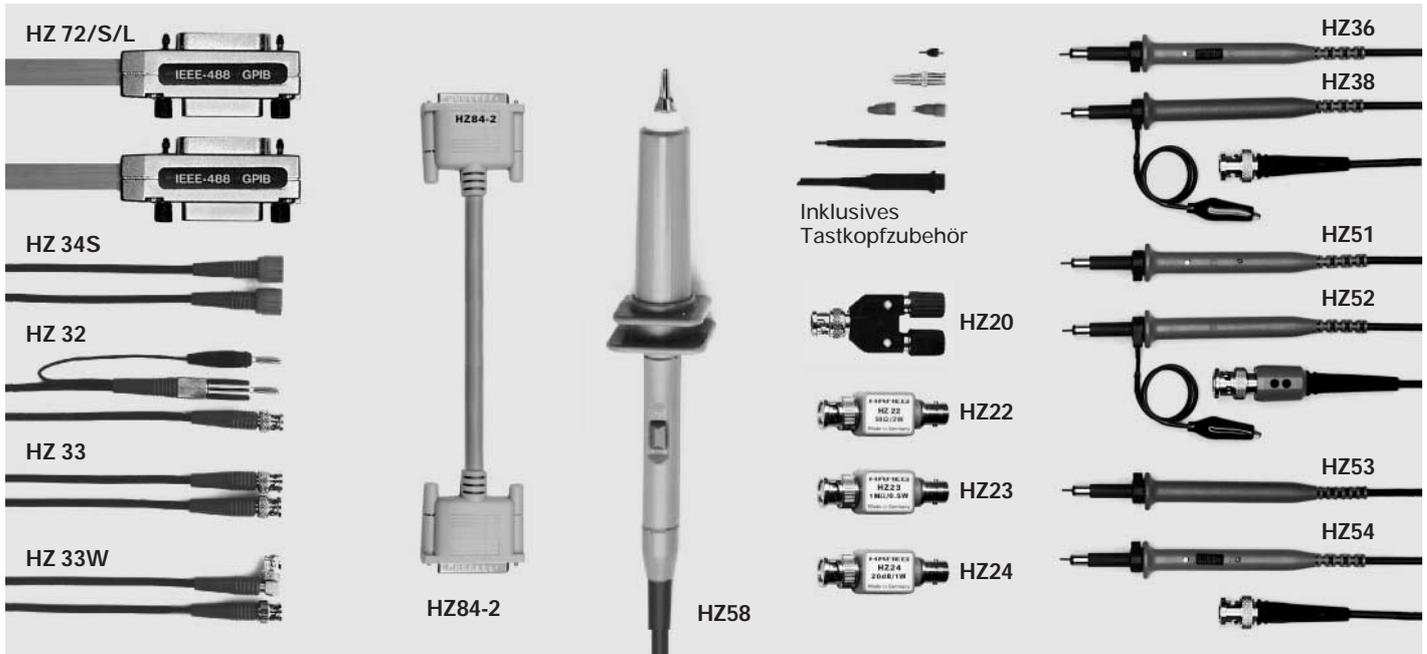
ZUBEHÖR OSZILLOSKOPE

HZ 56 Gleich-/Wechselstrom-Meßzange

Das Prinzip dieser Gleich-/Wechselstrom-Meßzange basiert auf einem Halleffekt-Sensor. Über einen weiten Frequenzbereich sind Ströme von 1mA bis 30A Spitzenwert messbar. Auch bei komplexen Kurvenformen wird eine hohe Meßgenauigkeit erreicht. Die Spannung am Ausgang ist proportional zum gemessenen Strom und ideal zur Darstellung auf einem Oszilloskop geeignet. Die Sicherheitsnormen nach IEC 1010 werden eingehalten.

Technische Daten:

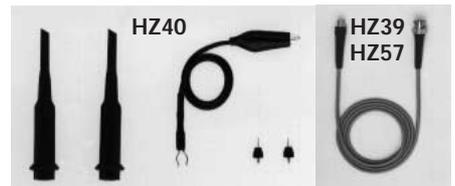
Strombereich:	20A DC / 30A AC	Frequenzbereich:	DC-100kHz
Genauigkeit:	±1% ±2mA	Auflösung:	1mA
Spg.-Festigkeit:	3.7 kV, 50Hz, 1min.	Lastimpedanz:	>100kΩ
Ausgabebereich:	100mV/A	Sonstiges:	BNC-Kabel, 2m



HZ20	Übergang BNC - Stecker auf 4mm Buchsen
HZ22	50Ω-Durchgangsabschluß 1GHz, 1W
HZ23	2:1 Vorteiler, BNC-Stecker/BNC-Buchse (nur für Servicezwecke)
HZ24	Dämpfungsglieder 50Ω; 3/6/10/20dB; 1GHz, 1W (4Stück) inkl. 1Stck. HZ22

HZ39 Ersatzkabel für HZ36
HZ57 Ersatzkabel für HZ51, 53, u. 54
 Diese Ersatzteile sind nur für ältere Modular-Tastköpfe

HZ40 Ersatzteilkit



Meßkabel

HZ32	Meßkabel BNC/Banane, 1m
HZ33	Meßkabel BNC/BNC, 50Ω, 0.5m
HZ33S	Meßkabel BNC/BNC, isoliert, 50Ω, 0.5m
HZ33W	Meßkabel BNC/BNC-Winkelstecker, 50Ω, 0.5m
HZ34	Meßkabel BNC/BNC, 50Ω, 1m
HZ34S	Meßkabel BNC/BNC, isoliert, 50Ω, 1m
HZ72S	IEEE-488-Bus-Kabel, Länge 1m. Doppelt geschirmt
HZ72L	IEEE-488-Bus-Kabel, Länge 1,5m. Doppelt geschirmt
HZ84	Drucker-Anschlußkabel (HD148) für HM205, HM408 und HM1007 bis 12/95
HZ84-2	Drucker-Anschlußkabel (HD148) für HM305, HM1007 (CE-Zeichen)
HZ84-3	Drucker-Anschlußkabel (HD148) 25pol. D-SUB- Stecker/ 26pol. Pfostenbuchse

HZ96 Oszilloskop-Tragetasche für HM203, 205, 408, 604, 1005, 1007, 2008

HZ97 Tragetasche für HM303, 304, 305, 1004, 1005-2 und HM5005 /6 /10

Für den Transport von Oszilloskopen oder Spektralanalysern ist diese allseitig schützende Tragetasche stets empfehlenswert.



Tasteteiler mit HF-Abgleich

Typ	Teiler-verhältnis	Bandbreite	Anstiegszeit	Eingangsimpedanz	Maximale Eingangsspannung
HZ36	1:1/10:1	10/100MHz	<35/3.5ns	1/10MΩ II 57/12pF	(10:1) 600V (DC+peak AC)
HZ51	10:1	150MHz	<2.4ns	10MΩ II 12pF	600V (DC+peak AC)
HZ52	10:1	250MHz	<1.4ns	10MΩ II 10pF	600V (DC+peak AC)
HZ53	100:1	100MHz	<3.5ns	100MΩ II 4.5pF	1200V (DC+peak AC)
HZ54	1:1/10:1	10/150MHz	<35/2.4ns	1/10MΩ II 57/12pF	(10:1) 600V (DC+peak AC)

Spezial-Tastköpfe

HZ38	Demodulator-Tastkopf	0.1 - 500MHz	max. 200V (DC)
HZ58	HV-Tastteiler,	1000:1; R _e ca. 500MΩ; DC - 1MHz	max. 15kV (DC+peak AC)
HZ47	Lichtschutztubus für Oszilloskope HM205, 408, 604, 1005 und 1007		
HZ48	Lichtschutztubus für Oszilloskope HM303/4/5 und 1004/5-2		



Herstellers
Manufacturer
Fabricant

HAMEG GmbH
Kelsterbacherstraße 15-19
D - 60528 Frankfurt

KONFORMITÄTSERKLÄRUNG
DECLARATION OF CONFORMITY
DECLARATION DE CONFORMITE

HAMEG[®]
Instruments

Bezeichnung / Product name / Designation:

Oszilloskop/Oscilloscope/Oscilloscope

Typ / Type / Type: **HM1507**

mit / with / avec: -

Optionen / Options / Options: **HO79-6**

mit den folgenden Bestimmungen / with applicable regulations / avec les directives suivantes

EMV Richtlinie 89/336/EWG ergänzt durch 91/263/EWG, 92/31/EWG
EMC Directive 89/336/EEC amended by 91/263/EWG, 92/31/EEC
Directive EMC 89/336/CEE amendée par 91/263/EWG, 92/31/CEE

Niederspannungsrichtlinie 73/23/EWG ergänzt durch 93/68/EWG
Low-Voltage Equipment Directive 73/23/EEC amended by 93/68/EEC
Directive des équipements basse tension 73/23/CEE amendée par 93/68/CEE

Angewendete harmonisierte Normen / Harmonized standards applied / Normes harmonisées utilisées

Sicherheit / Safety / Sécurité

EN 61010-1: 1993 / IEC (CEI) 1010-1: 1990 A 1: 1992 / VDE 0411: 1994
Überspannungskategorie / Overvoltage category / Catégorie de surtension: II
Verschmutzungsgrad / Degree of pollution / Degré de pollution: 2

Elektromagnetische Verträglichkeit / Electromagnetic compatibility
Compatibilité électromagnétique

EN 50082-2: 1995 / VDE 0839 T82-2
ENV 50140: 1993 / IEC (CEI) 1004-4-3: 1995 / VDE 0847 T3
ENV 50141: 1993 / IEC (CEI) 1000-4-6 / VDE 0843 / 6
EN 61000-4-2: 1995 / IEC (CEI) 1000-4-2: 1995 / VDE 0847 T4-2
Prüfschärfe / Level / Niveau = 2

EN 61000-4-4: 1995 / IEC (CEI) 1000-4-4: 1995 / VDE 0847 T4-4:
Prüfschärfe / Level / Niveau = 3

EN 50081-1: 1992 / EN 55011: 1991 / CISPR11: 1991 / VDE0875 T11: 1992
Gruppe / group / groupe = 1, Klasse / Class / Classe = B

Datum /Date /Date
12.03.1997

Unterschrift / Signature /Signature

Dr. J. Herzog
Technical Manager/Directeur Technique

Allgemeine Hinweise zur CE-Kennzeichnung

HAMEG Meßgeräte erfüllen die Bestimmungen der EMV Richtlinie. Bei der Konformitätsprüfung werden von HAMEG die gültigen Fachgrund- bzw. Produktnormen zu Grunde gelegt. In Fällen wo unterschiedliche Grenzwerte möglich sind, werden von HAMEG die härteren Prüfbedingungen angewendet. Für die Störaussendung werden die Grenzwerte für den Geschäfts- und Gewerbebereich sowie für Kleinbetriebe angewandt (Klasse 1B). Bezüglich der Störfestigkeit finden die für den Industriebereich geltenden Grenzwerte Anwendung.

Die am Meßgerät notwendigerweise angeschlossenen Meß- und Datenleitungen beeinflussen die Einhaltung der vorgegebenen Grenzwerte in erheblicher Weise. Die verwendeten Leitungen sind jedoch je nach Anwendungsbereich unterschiedlich. Im praktischen Meßbetrieb sind daher in Bezug auf Störaussendung bzw. Störfestigkeit folgende Hinweise und Randbedingungen unbedingt zu beachten:

1. Datenleitungen

Die Verbindung von Meßgeräten bzw. ihren Schnittstellen mit externen Geräten (Druckern, Rechnern, etc.) darf nur mit ausreichend abgeschirmten Leitungen erfolgen. Sofern die Bedienungsanleitung nicht eine geringere maximale Leitungslänge vorschreibt, dürfen Datenleitungen zwischen Meßgerät und Computer eine Länge von 3 Metern aufweisen. Ist an einem Geräteinterface der Anschluß mehrerer Schnittstellenkabel möglich, so darf jeweils nur eines angeschlossen sein.

Bei Datenleitungen ist generell auf doppelt abgeschirmtes Verbindungskabel zu achten. Als IEEE-Bus Kabel sind die von HAMEG beziehbaren doppelt geschirmten Kabel HZ72S bzw. HZ72L geeignet.

2. Signalleitungen

Meßleitungen zur Signalübertragung zwischen Meßstelle und Meßgerät sollten generell so kurz wie möglich gehalten werden. Falls keine geringere Länge vorgeschrieben ist, dürfen Signalleitungen eine Länge von 3 Metern nicht erreichen.

Alle Signalleitungen sind grundsätzlich als abgeschirmte Leitungen (Koaxialkabel -RG58/U) zu verwenden. Für eine korrekte Masseverbindung muß Sorge getragen werden. Bei Signalgeneratoren müssen doppelt abgeschirmte Koaxialkabel (RG223/U, RG214/U) verwendet werden.

3. Auswirkungen auf die Meßgeräte

Beim Vorliegen starker hochfrequenter elektrischer oder magnetischer Felder kann es trotz sorgfältigen Meßaufbaues über die angeschlossenen Meßkabel zu Einspeisung unerwünschter Signale in das Meßgerät kommen. Dies führt bei HAMEG Meßgeräten nicht zu einer Zerstörung oder Außerbetriebsetzung des Meßgerätes.

Geringfügige Abweichungen des Meßwertes über die vorgegebenen Spezifikationen hinaus können durch die äußeren Umstände in Einzelfällen jedoch auftreten.

Dezember 1995

HAMEG GmbH

Allgemeines

Sofort nach dem Auspacken sollte das Gerät auf mechanische Beschädigungen und lose Teile im Innern überprüft werden. Falls ein Transportschaden vorliegt, ist sofort der Lieferant zu informieren. Das Gerät darf dann nicht in Betrieb gesetzt werden.

Symbole



Bedienungsanleitung beachten



Hochspannung

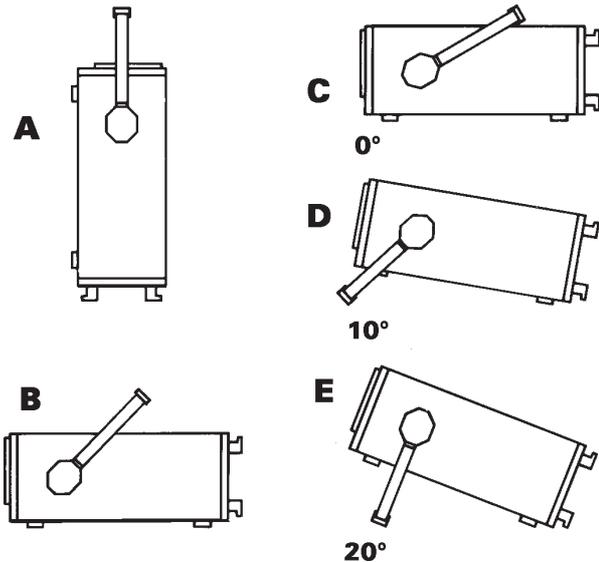


Erde

Aufstellung des Gerätes

Für die optimale Betrachtung des Bildschirms kann das Gerät in drei verschiedenen Positionen aufgestellt werden (siehe Bilder C, D, E). Wird das Gerät nach dem Tragen senkrecht aufgesetzt, bleibt der Griff automatisch in der Tragestellung stehen, siehe Abb. A.

Will man das Gerät waagrecht auf eine Fläche stellen, wird der Griff einfach auf die obere Seite des Oszilloskops gelegt (Abb. C). Wird eine Lage entsprechend Abb. D gewünscht (10° Neigung), ist der Griff, ausgehend von der Tragestellung A, in Richtung Unterkante zu schwenken, bis er automatisch einrastet. Wird für die Betrachtung eine noch höhere Lage des Bildschirms erforderlich, zieht man den Griff wieder aus der Raststellung und drückt ihn weiter nach hinten, bis er abermals einrastet (Abb. E mit 20° Neigung). Der Griff läßt sich auch in eine Position für waagrechtes Tragen bringen. Hierfür muß man diesen in Richtung Oberseite schwenken und, wie aus Abb. B ersichtlich, ungefähr in der Mitte schräg nach oben ziehend einrasten. Dabei muß das Gerät gleichzeitig angehoben werden, da sonst der Griff sofort wieder ausrastet.



Sicherheit

Dieses Gerät ist gemäß VDE 0411 Teil 1, Sicherheitsbestimmungen für elektrische Meß-, Steuer-, Regel- und Laborgeräte, gebaut und geprüft und hat das Werk

in sicherheitstechnisch einwandfreiem Zustand verlassen. Es entspricht damit auch den Bestimmungen der europäischen Norm EN 61010-1 bzw. der internationalen Norm IEC 1010-1. Um diesen Zustand zu erhalten und einen gefahrlosen Betrieb sicherzustellen, muß der Anwender die Hinweise und Warnvermerke beachten, die in dieser Bedienungsanleitung, im Testplan und in der Serviceanleitung enthalten sind. Gehäuse, Chassis und alle Meßanschlüsse sind mit dem Netzschutzleiter verbunden.

Das Gerät entspricht den Bestimmungen der Schutzklasse I. Die berührbaren Metallteile sind gegen die Netzpole mit 2200V Gleichspannung geprüft. Durch Verbindung mit anderen Netzanschlußgeräten können u.U. netzfrequente Brummspannungen im Meßkreis auftreten. Dies ist bei Benutzung eines Schutz-Trenntransformators der Schutzklasse II leicht zu vermeiden. Das Oszilloskop darf aus Sicherheitsgründen nur an vorschriftsmäßigen Schutzkontaktsteckdosen betrieben werden. Der Netzstecker muß eingeführt sein, bevor Signalstromkreise angeschlossen werden. Die Auftrennung der Schutzkontaktverbindung ist unzulässig.

Die meisten Elektronenröhren generieren g-Strahlen. Bei diesem Gerät bleibt die Ionendosisleistung weit unter dem gesetzlich zulässigen Wert von 36 pA/kg.

Wenn anzunehmen ist, daß ein gefahrloser Betrieb nicht mehr möglich ist, so ist das Gerät außer Betrieb zu setzen und gegen unabsichtlichen Betrieb zu sichern. Diese Annahme ist berechtigt,

- wenn das Gerät sichtbare Beschädigungen hat,
- wenn das Gerät lose Teile enthält,
- wenn das Gerät nicht mehr arbeitet,
- nach längerer Lagerung unter ungünstigen Verhältnissen (z.B. im Freien oder in feuchten Räumen),
- nach schweren Transportbeanspruchungen (z.B. mit einer Verpackung, die nicht den Mindestbedingungen von Post, Bahn oder Spedition entsprach).

Bestimmungsgemäßer Betrieb

Das Oszilloskop ist für den Betrieb in folgenden Bereichen bestimmt: Industrie-, Wohn-, Geschäfts- und Gewerbebereich sowie Kleinbetriebe.

Aus Sicherheitsgründen darf das Oszilloskop nur an vorschriftsmäßigen Schutzkontaktsteckdosen betrieben werden. Die Auftrennung der Schutzkontaktverbindung ist unzulässig. Der Netzstecker muß eingeführt sein, bevor Signalstromkreise angeschlossen werden.

Der zulässige Umgebungstemperaturbereich während des Betriebs reicht von 0°C... +40°C. Während der Lagerung oder des Transports darf die Temperatur zwischen -40°C und +70°C betragen. Hat sich während des Transports oder der Lagerung Kondenswasser gebildet, muß das Gerät ca. 2 Stunden akklimatisiert werden, bevor es in Betrieb genommen wird.

Das Oszilloskop ist zum Gebrauch in sauberen, trockenen Räumen bestimmt. Es darf nicht bei besonders großem Staub- bzw. Feuchtigkeitsgehalt der Luft, bei Explosionsgefahr sowie bei aggressiver chemischer Einwirkung betrieben werden.

Die Betriebslage ist beliebig. Eine ausreichende Luftzirkulation (Konvektionskühlung) ist jedoch zu gewährleisten. Bei Dauerbetrieb ist folglich eine horizontale oder schräge Betriebslage (Aufstellbügel) zu bevorzugen.

Die Lüftungslöcher dürfen nicht abgedeckt werden!

Nenndaten mit Toleranzangaben gelten nach einer Anwärmzeit von min. 20 Minuten und bei einer Umgebungstemperatur zwischen 15°C und 30°C. Werte ohne Toleranzangabe sind Richtwerte eines durchschnittlichen Gerätes.

Garantie

Jedes Gerät durchläuft vor dem Verlassen der Produktion einen Qualitätstest mit 10-stündigem „burn-in“. Im intermittierenden Betrieb wird dabei fast jeder Frühausfall erkannt. Dem folgt ein 100% Test jedes Gerätes, bei dem alle Betriebsarten und die Einhaltung der technischen Daten geprüft werden.

Dennoch ist es möglich, daß ein Bauteil erst nach längerer Betriebsdauer ausfällt. Daher wird auf alle Geräte eine **Funktionsgarantie von 2 Jahren** gewährt. Voraussetzung ist, daß im Gerät keine Veränderungen vorgenommen wurden. Für Versendungen per Post, Bahn oder Spedition wird empfohlen, die Originalverpackung zu verwenden. Transport- oder sonstige Schäden, verursacht durch grobe Fahrlässigkeit, werden von der Garantie nicht erfaßt. Bei einer Beanstandung sollte man am Gehäuse des Gerätes eine stichwortartige Fehlerbeschreibung anbringen. Wenn dabei gleich der Name und die Telefon-Nr. (Vorwahl und Ruf- bzw. Durchwahl-Nr. oder Abteilungsbezeichnung) für evtl. Rückfragen angegeben wird, dient dies einer beschleunigten Abwicklung.

Wartung

Verschiedene wichtige Eigenschaften des Oszilloskops sollten in gewissen Zeitabständen sorgfältig überprüft werden. Nur so besteht eine weitgehende Sicherheit, daß alle Signale mit der den technischen Daten zugrundeliegenden Exaktheit dargestellt werden. Die im Testplan dieses Manuals beschriebenen Prüfmethode sind ohne großen Aufwand an Meßgeräten durchführbar. Sehr empfehlenswert ist jedoch ein SCOPE-TESTER HZ60, der trotz seines niedrigen Preises Aufgaben dieser Art hervorragend erfüllt.

Die Außenseite des Oszilloskops sollte regelmäßig mit einem Staubpinsel gereinigt werden. Hartnäckiger Schmutz an Gehäuse und Griff, den Kunststoff- und Aluminiumteilen läßt sich mit einem angefeuchteten Tuch (Wasser + 1% Entspannungsmittel) entfernen. Bei fettigem Schmutz kann Brennspiritus oder Waschbenzin (Petroleumäther) benutzt werden. Die Sichtscheibe darf nur mit Wasser oder Waschbenzin (aber nicht mit Alkohol oder Lösungsmitteln) gereinigt werden, sie ist dann noch mit einem trockenen, sauberen, fuselfreien Tuch nachzureiben. Nach der Reinigung sollte sie mit einer handelsüblichen antistatischen Lösung, geeignet für Kunststoffe, behandelt werden. Keinesfalls darf die Reinigungsflüssigkeit in das Gerät gelangen. Die Anwendung anderer Reinigungsmittel kann die Kunststoff- und Lackoberflächen angreifen.

Schutzschaltung

Dieses Gerät ist mit einem Schaltnetzteil ausgerüstet, welches über Überstrom und -spannungs-Schutzschaltungen

verfügt. Im Fehlerfall kann ein sich periodisch wiederholendes tickendes Geräusch hörbar sein.

Netzspannung

Das Gerät arbeitet mit Netzwechselfspannungen von 100V bis 240V. Eine Netzspannungsumschaltung ist daher nicht vorgesehen.

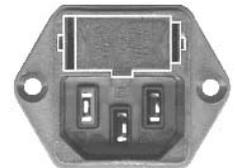
Die Netzeingangssicherungen sind von außen zugänglich. Netzstecker-Buchse und Sicherungshalter bilden eine Einheit. Der Sicherungshalter befindet sich über der 3poligen Netzstecker-Buchse.

Ein Auswechseln der Sicherungen darf und kann (bei unbeschädigtem Sicherungshalter) nur erfolgen, wenn zuvor das Netzkabel aus der Buchse entfernt wurde. Mit einem geeigneten Schraubenzieher (Klingenbreite ca. 2mm) werden die an der linken und rechten Seite des Sicherungshalters befindlichen Kunststoffarretierungen nach Innen gedrückt. Der Ansatzpunkt ist am Gehäuse mit zwei schrägen Führungen markiert. Beim Entriegeln wird der Sicherungshalter durch Druckfedern nach außen gedrückt und kann entnommen werden. Jede Sicherung kann dann entnommen und ebenso ersetzt werden.

Es ist darauf zu achten, daß die zur Seite herausstehenden Kontaktfedern nicht verbogen werden. Das Einsetzen des Sicherungshalters ist nur möglich, wenn der Führungssteg zur Buchse zeigt. Der Sicherungshalter wird gegen den Federdruck eingeschoben, bis beide Kunststoffarretierungen einrasten. Die Verwendung „geflickter“ Sicherungen oder das Kurzschließen des Sicherungshalters ist unzulässig. Dadurch entstehende Schäden fallen nicht unter die Garantieleistungen.

Sicherungstyp:

Größe 5 x 20 mm; 250V~, C;
IEC 127, Bl. III; DIN 41 662
(evtl. DIN 41 571, Bl. 3).
Abschaltung: träge (T) 0,8A.



ACHTUNG!

Im Inneren des Gerätes befindet sich im Bereich des Schaltnetzteiles eine Sicherung:

Größe 5 x 20 mm; 250V~, C;
IEC 127, Bl. III; DIN 41 662
(evtl. DIN 41 571, Bl. 3).
Abschaltung: flink (F) 0,8A.

Diese Sicherung darf nicht vom Anwender ersetzt werden!

Art der Signalspannung

Die folgende Beschreibung des **HM1507** bezieht sich auf den Analog-Oszilloskop-Betrieb. Siehe auch „Speicherbetrieb“.

Das Oszilloskop **HM1507** erfaßt im analogen Echtzeit-Betrieb praktisch alle sich periodisch wiederholenden Signalarten (Wechselspannungen) mit Frequenzen bis mindestens 150MHz (-3dB) und Gleichspannungen.

Der Vertikalverstärker ist so ausgelegt, daß die Übertragungsgüte nicht durch eigenes Überschwingen beeinflußt wird.

Die Darstellung einfacher elektrischer Vorgänge, wie sinusförmige HF- und NF-Signale oder netzfrequente Brummspannungen, ist in jeder Hinsicht problemlos. Beim Messen ist ein ab ca. **70MHz** zunehmender Meßfehler zu berücksichtigen, der durch Verstärkungsabfall bedingt ist. Bei ca. **110MHz** beträgt der Abfall etwa 10%, der tatsächliche Spannungswert ist dann ca. 11% größer als der angezeigte Wert. Wegen der differierenden Bandbreiten der Vertikalverstärker (**-3dB zwischen 150MHz und 170MHz**) ist der Meßfehler nicht so exakt definierbar.

Bei sinusförmigen Vorgängen liegt die -6dB Grenze für den HM1507 sogar bei 220MHz. Die zeitliche Auflösung ist unproblematisch.

Bei der Aufzeichnung rechteck- oder impulsartiger Signalspannungen ist zu beachten, daß auch deren **Oberwellenteile** übertragen werden müssen. Die Folgefrequenz des Signals muß deshalb wesentlich kleiner sein als die obere Grenzfrequenz des Vertikalverstärkers. Bei der Auswertung solcher Signale ist dieser Sachverhalt zu berücksichtigen.

Schwieriger ist das Oszilloskopieren von Signalgemischen, besonders dann, wenn darin keine mit der Folgefrequenz ständig wiederkehrenden höheren Pegelwerte enthalten sind, auf die getriggert werden kann. Dies ist z.B. bei Burst-Signalen der Fall. Um auch dann ein gut getriggertes Bild zu erhalten, ist u.U. eine Veränderung der **HOLD OFF**-Zeit erforderlich.

Fernseh-Video-Signale (FBAS-Signale) sind mit Hilfe des **aktiven TV-Sync-Separators** leicht triggerbar.

Die zeitliche Auflösung ist unproblematisch. Beispielsweise wird bei ca. 100MHz und der kürzesten einstellbaren Ablenkzeit (5ns/cm) alle 2 cm ein Kurvenzug geschrieben.

Für den wahlweisen Betrieb als Wechsel- oder Gleichspannungsverstärker hat jeder Vertikalverstärker-Eingang eine **AC/DC**-Taste (**DC** = direct current; **AC** = alternating current). Mit Gleichstromkopplung **DC** sollte nur bei vorgeschaltetem Tastteiler oder bei sehr niedrigen Frequenzen gearbeitet werden bzw. wenn die Erfassung des Gleichspannungsanteils der Signalspannung unbedingt erforderlich ist.

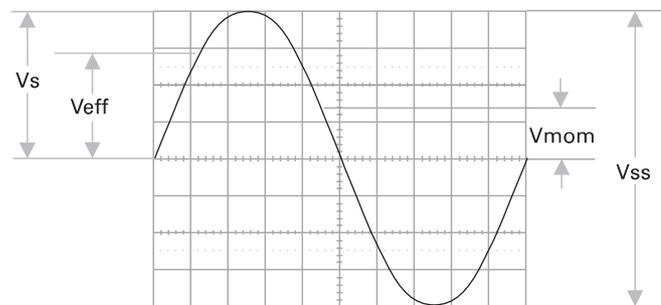
Bei der Aufzeichnung sehr niederfrequenter Impulse können bei AC-Kopplung (Wechselstrom) des Vertikalverstärkers störende Dachschrägen auftreten (AC-Grenzfrequenz **ca. 1,6Hz für 3dB**). In diesem Falle ist, wenn die Signalspannung nicht mit einem hohen Gleichspannungspegel überlagert ist, die **DC**-Kopplung vorzuziehen. Andernfalls muß vor den Eingang des auf **DC**-Kopplung geschalteten Meßverstärkers ein entsprechend großer Kondensator geschaltet werden. Dieser muß eine genügend große Spannungsfestigkeit besitzen. **DC**-Kopplung ist auch für die Darstellung von Logik- und Impulssignalen zu empfehlen, besonders dann, wenn sich dabei das Tastverhältnis ständig ändert. Andernfalls wird sich das Bild bei jeder Änderung auf- oder abwärts bewegen. Reine Gleichspannungen können nur mit **DC**-Kopplung gemessen werden.

Die mit der **AC/DC**-Taste gewählte Eingangskopplung wird mit dem **READOUT** (Schirmbild) angezeigt. Das = -Symbol zeigt **DC**-Kopplung an, während **AC**-Kopplung mit dem ~ -Symbol angezeigt wird (siehe „Bedienelemente und Readout“).

Größe der Signalspannung

In der allgemeinen Elektrotechnik bezieht man sich bei Wechselspannungsangaben in der Regel auf den Effektivwert. Für Signalgrößen und Spannungsbezeichnungen in der Oszilloskopie wird jedoch der V_{ss} -Wert (Volt-Spitze-Spitze) verwendet. Letzterer entspricht den wirklichen Potentialverhältnissen zwischen dem positivsten und negativsten Punkt einer Spannung.

Will man eine auf dem Oszilloskopschirm aufgezeichnete sinusförmige Größe auf ihren Effektivwert umrechnen, muß der sich in V_{ss} ergebende Wert durch $2 \times \sqrt{2} = 2,83$ dividiert werden. Umgekehrt ist zu beachten, daß in V_{eff} angegebene sinusförmige Spannungen den 2,83fachen Potentialunterschied in V_{ss} haben. Die Beziehungen der verschiedenen Spannungsgrößen sind aus der nachfolgenden Abbildung ersichtlich.



Spannungswerte an einer Sinuskurve

V_{eff} = Effektivwert; V_s = einfacher Spitzenwert;

V_{ss} = Spitze-Spitze-Wert;

V_{mom} = Momentanwert (zeitabhängig)

Die minimal erforderliche Signalspannung am Y-Eingang für ein 1 cm hohes Bild beträgt $1mV_{ss}$ ($\pm 5\%$), wenn mit dem **READOUT** (Schirmbild) der Ablenkoeffizient $1mV$ angezeigt wird und die Feineinstellung kalibriert ist. Es können jedoch auch noch kleinere Signale aufgezeichnet werden. Die möglichen Ablenkoeffizienten sind in mV_{ss}/cm oder V_{ss}/cm angegeben. **Die Größe der angelegten Spannung ermittelt man durch Multiplikation des eingestellten Ablenkoeffizienten mit der abgelesenen vertikalen Bildhöhe in cm.** Wird mit Tastteiler 10:1 gearbeitet, ist nochmals mit 10 zu multiplizieren.

Für Amplitudenmessungen muß sich die Feineinstellung in ihrer kalibrierten Stellung befinden. Unkalibriert kann die Ablenkempfindlichkeit mindestens bis zum Faktor 2,5:1 verringert werden (siehe „Bedienelemente und Readout“). So kann jeder Zwischenwert innerhalb der 1-2-5 Abstufung des Teilerschalters eingestellt werden. Ohne Tastteiler sind damit **Signale bis $400V_{ss}$** darstellbar (Ablenkoeffizient auf $20V/cm$, Feineinstellung 2,5:1).

Mit den Bezeichnungen

H = Höhe in cm des Schirmbildes,

U = Spannung in V_{ss} des Signals am Y-Eingang,

A = Ablenkoeffizient in V/cm (VOLTS / DIV.-Anzeige)

läßt sich aus gegebenen zwei Werten die dritte Größe errechnen:

$$U = A \cdot H \quad H = \frac{U}{A} \quad A = \frac{U}{H}$$

Alle drei Werte sind jedoch nicht frei wählbar. Sie müssen innerhalb folgender Grenzen liegen (Triggerschwelle, Ablesegenauigkeit):

- H** zwischen 0,5cm und 8cm, möglichst 3,2cm und 8cm,
- U** zwischen 1mV_{SS} und 160V_{SS} ,
- A** zwischen 1mV/cm und 20V/cm in 1-2-5 Teilung.

Beispiel:

Eingest. Ablenkoeffizient $A = 50\text{mV/cm}$ ($0,05\text{V/cm}$),
 abgelesene Bildhöhe $H = 4,6\text{cm}$,
 gesuchte Spannung $U = 0,05 \times 4,6 = 0,23\text{V}$

Eingangsspannung $U = 5\text{V}_{\text{SS}}$,
 eingestellter Ablenkoeffizient $A = 1\text{V/cm}$,
 gesuchte Bildhöhe $H = 5:1 = 5\text{cm}$

Signalspannung $U = 230\text{V}_{\text{eff}} \times 2\sqrt{2} = 651\text{V}_{\text{SS}}$
 (Spannung $>160\text{V}_{\text{SS}}$, mit Tastteiler 10:1 $U = 65,1\text{V}_{\text{SS}}$),
 gewünschte Bildhöhe $H = \text{mind. } 3,2\text{cm}$, $\text{max. } 8\text{cm}$,
 maximaler Ablenkoeffizient $A = 65,1:3,2 = 20,3\text{V/cm}$,
 minimaler Ablenkoeffizient $A = 65,1:8 = 8,1\text{V/cm}$,
 einzustellender Ablenkoeffizient $A = 10\text{V/cm}$

Die vorherigen Beispiele beziehen sich auf die Ablesung mittels des Innenrasters der Strahlröhre, können aber wesentlich einfacher mit den auf ΔV -Messung geschalteten Cursors ermittelt werden (siehe „Bedienelemente und Readout“).

Die Spannung am Y-Eingang darf 400V (unabhängig von der Polarität) nicht überschreiten.

Ist das zu messende Signal eine Wechselspannung, die einer Gleichspannung überlagert ist (Mischspannung), beträgt der höchstzulässige Gesamtwert beider Spannungen (Gleichspannung und einfacher Spitzenwert der Wechselspannung) ebenfalls + bzw. -400V (siehe Abbildung). Wechselspannungen, deren Mittelwert Null ist, dürfen maximal 800V_{SS} betragen.

Beim Messen mit Tastteilern sind deren höhere Grenzwerte nur dann maßgebend, wenn DC-Eingangskopplung am Oszilloskop vorliegt.

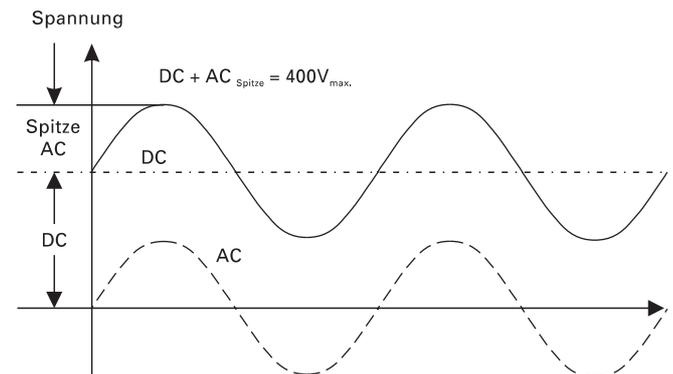
Liegt eine Gleichspannung am Eingang an und ist die Eingangskopplung auf AC geschaltet, gilt der niedrigere Grenzwert des Oszilloskopeingangs (400V). Der aus dem Widerstand im Tastkopf und dem $1\text{M}\Omega$ Eingangswiderstand des Oszilloskops bestehende Spannungsteiler ist, durch den bei AC-Kopplung dazwischen geschalteten Eingangs-Kopplungskondensator, für Gleichspannungen unwirksam. Gleichzeitig wird dann der Kondensator mit der ungeteilten Gleichspannung belastet. Bei Mischspannungen ist zu berücksichtigen, daß bei AC-Kopplung deren Gleichspannungsanteil ebenfalls nicht geteilt wird, während der Wechselspannungsanteil einer frequenzabhängigen Teilung unterliegt, die durch den kapazitiven Widerstand des Koppelkondensators bedingt ist. Bei Frequenzen $\geq 40\text{Hz}$ kann vom Teilungsverhältnis des Tastteilers ausgegangen werden.

Unter Berücksichtigung der zuvor erläuterten Bedingungen, können mit HAMEG 10:1 Tastteilern Gleichspannungen bis 600V bzw. Wechselspannungen (mit Mittelwert Null) bis 1200V_{SS} gemessen werden. Mit Spezialtastteilern 100:1 (z.B. HZ53) lassen sich Gleichspannungen bis 1200V bzw. Wechselspannungen (mit Mittelwert Null) bis 2400V_{SS} messen. Allerdings verringert sich dieser Wert bei höheren Frequenzen (siehe technische Daten HZ53). Mit einem normalen Tastteiler 10:1 riskiert man bei so hohen Spannungen, daß der den Teiler-Längswiderstand überbrückende C-Trimmer durchschlägt, wodurch der Y-Eingang des Oszilloskops beschädigt werden kann.

Soll jedoch z.B. nur die Restwelligkeit einer Hochspannung oszilloskopiert werden, genügt auch der 10:1-Tastteiler. Diesem ist dann noch ein entsprechend hochspannungsfester Kondensator (etwa 22-68 nF) vorzuschalten.

Mit der auf **GD** geschalteten Eingangskopplung und dem **Y-POS**-Einsteller kann vor der Messung eine horizontale Rasterlinie als **Referenzlinie für Massepotential** eingestellt werden. Sie kann beliebig zur horizontalen Mittellinie eingestellt werden, je nachdem, ob positive und/oder negative Abweichungen vom Massepotential zahlenmäßig erfaßt werden sollen.

Gesamtwert der Eingangsspannung



Die gestrichelte Kurve zeigt eine Wechselspannung, die um 0 Volt schwankt. Ist diese Spannung einer Gleichspannung überlagert (DC), so ergibt die Addition der positiven Spitze zur Gleichspannung die maximal auftretende Spannung (DC + AC Spitze).

Zeitwerte der Signalspannung

In der Regel handelt es sich in der Oszilloskopie um zeitlich wiederkehrende Spannungsverläufe, im folgenden Perioden genannt. Die Zahl der Perioden pro Sekunde ist die Folgefrequenz. Abhängig von der **Zeitbasis-Einstellung (TIME/DIV.)** können eine oder mehrere Signalperioden oder auch nur ein Teil einer Periode dargestellt werden. Die Zeitkoeffizienten werden mit dem **READOUT** (Schirmbild) angezeigt und in **ms/cm**, **µs/cm** und **ns/cm** angegeben.

Die folgenden Beispiele beziehen sich auf die Ablesung mittels des Innenrasters der Strahlröhre, können aber wesentlich einfacher mit den auf Δt - bzw. $1/\Delta t$ - (Frequenz) Messung geschalteten Cursors ermittelt werden (siehe „Bedienelemente und Readout“).

Die Dauer einer Signalperiode, bzw. eines Teils davon, ermittelt man durch Multiplikation des betreffenden Zeitabschnitts (Horizontalabstand in cm) mit dem eingestellten Zeitkoeffizienten. Dabei muß die Zeit-Feineinstellung kalibriert sein. Unkalibriert kann die Zeitablenkgeschwindigkeit mindestens um den Faktor 2,5:1 verringert werden. So kann jeder Zwischenwert innerhalb der 1-2-5 Abstufung der Zeit-Ablenkoeffizienten eingestellt werden.

Mit den Bezeichnungen
 L = Länge in cm einer Periode (Welle) auf dem Schirmbild,
 T = Zeit in s für eine Periode,
 F = Folgefrequenz in Hz,
 Z = Zeitkoeffizient in s/cm (TIME / DIV.-Anzeige)

und der Beziehung $F = 1/T$ lassen sich folgende Gleichungen aufstellen:

$$T = L \cdot Z \quad L = \frac{T}{Z} \quad Z = \frac{T}{L}$$

$$F = \frac{1}{L \cdot Z} \quad L = \frac{1}{F \cdot Z} \quad Z = \frac{1}{L \cdot F}$$

Alle vier Werte sind jedoch nicht frei wählbar. Sie sollten innerhalb folgender Grenzen liegen:

- L** zwischen 0,2 und 10cm, möglichst 4 bis 10cm,
- T** zwischen 5ns und 5s,
- F** zwischen 0,5Hz und 100MHz,
- Z** zwischen 50ns/cm und 500ms/cm in 1-2-5 Teilung (ohne X-Dehnung x10), und
- Z** zwischen 5ns/cm und 50ms/cm in 1-2-5 Teilung (bei X-Dehnung x10).

Beispiele:

Länge eines Wellenzugs (einer Periode) **L** = 7cm, eingestellter Zeitkoeffizient **Z** = 0,1µs/cm, gesuchte Periodenzeit **T** = 7x0,1x10⁻⁶ = 0,7µs, gesuchte Folgefrequenz **F** = 1:(0,7x10⁻⁶) = **1,428MHz**.

Zeit einer Signalperiode **T** = 1s, eingestellter Zeitkoeffizient **Z** = 0,2s/cm, **gesuchte Länge L** = 1:0,2 = **5cm**.

Länge eines Brummspannung-Wellenzugs **L** = 1cm, eingestellter Zeitkoeffizient **Z** = 10ms/cm, **gesuchte Brummfrequenz F** = 1:(1x10x10⁻³) = **100Hz**.

TV-Zeilenzahl **F** = 15 625Hz, eingestellter Zeitkoeffizient **Z** = 10µs/cm, **gesuchte Länge L** = 1:(15 625x10⁻⁵) = **6,4cm**.

Länge einer Sinuswelle L = min. 4cm, max. 10cm, Frequenz **F** = 1kHz, max. Zeitkoeffizient **Z** = 1:(4x10³) = 0,25ms/cm, min. Zeitkoeffizient **Z** = 1:(10x10³) = 0,1ms/cm, **einzustellender Zeitkoeffizient Z** = 0,2ms/cm, **dargestellte Länge L** = 1:(10³ x 0,2x10⁻³) = **5cm**.

Länge eines HF-Wellenzugs L = 1cm, eingestellter Zeitkoeffizient **Z** = 0,5µs/cm, **gedrückte Dehnungstaste X-MAG** (x 10) : **Z** = 50ns/cm, **gesuchte Signalfreq. F** = 1:(1x50x10⁻⁹) = **20MHz**, **gesuchte Periodenzeit T** = 1:(20x10⁶) = **50ns**.

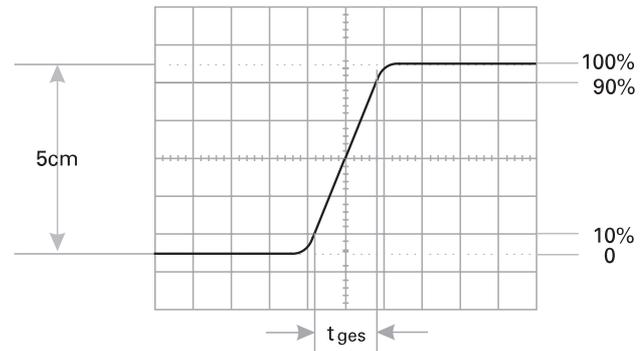
Ist der zu messende Zeitabschnitt im Verhältnis zur vollen Signalperiode relativ klein, sollte man mit gedehntem Zeitmaßstab (X-MAG. x10) arbeiten.

Durch Drehen des X-POS.-Knopfes kann der interessierende Zeitabschnitt in die Mitte des Bildschirms geschoben werden.

Das Systemverhalten einer Impulsspannung wird durch deren Anstiegszeit bestimmt. Impuls-Anstiegs-/Abfallzeiten werden zwischen dem 10%- und 90%-Wert ihrer vollen Amplitude gemessen.

Messung:

- Die Flanke des betr. Impulses wird exakt auf 5cm Schreibhöhe eingestellt (durch Y-Teiler und dessen Feineinstellung.)
- Die Flanke wird symmetrisch zur X- und Y-Mittellinie positioniert (mit X- und Y-Pos. Einsteller).
- Die Schnittpunkte der Signalfanke mit den 10%- bzw. 90%-Linien jeweils auf die horizontale Mittellinie loten und deren zeitlichen Abstand auswerten (T=LxZ).
- Die optimale vertikale Bildlage und der Meßbereich für die Anstiegszeit sind in der folgenden Abbildung dargestellt.



Bei einem eingestellten Zeitkoeffizienten von 5ns/cm ergäbe das Bildbeispiel eine gemessene Gesamtanstiegszeit von

$$t_{\text{ges}} = 1,6\text{cm} \times 5\text{ns/cm} = \mathbf{8\text{ns}}$$

Bei sehr kurzen Zeiten ist die Anstiegszeit des Oszilloskop-Vertikalverstärkers und des evtl. benutzten Tastteilers geometrisch vom gemessenen Zeitwert abzuziehen. Die Anstiegszeit des Signals ist dann

$$t_a = \sqrt{t_{\text{ges}}^2 - t_{\text{osz}}^2 - t_t^2}$$

Dabei ist **t_{ges}** die gemessene Gesamtanstiegszeit, **t_{osz}** die vom Oszilloskop (beim HM1507 ca. 2,3ns) und **t_t** die des Tastteilers, z.B. = 2ns. Ist **t_{ges}** größer als 34ns, kann die Anstiegszeit des Vertikalverstärkers vernachlässigt werden (Fehler <1%).

Obiges Bildbeispiel ergibt damit eine Signal-Anstiegszeit von

$$t = \sqrt{8^2 - 2,3^2 - 2^2} = \mathbf{7,4}$$

Die Messung der Anstiegs- oder Abfallzeit ist natürlich nicht auf die oben im Bild gezeigte Bild-Einstellung begrenzt. Sie ist so nur besonders einfach. Prinzipiell kann in jeder Bildlage und bei beliebiger Signalamplitude gemessen werden. Wichtig ist nur, daß die interessierende Signalfanke in voller Länge, bei nicht zu großer Steilheit, sichtbar ist und daß der Horizontalabstand bei 10% und 90% der Amplitude gemessen wird. Zeigt die Flanke Vor- oder Überschwingen, darf man die 100% nicht auf die Spitzenwerte beziehen, sondern auf die mittleren Dachhöhen. Ebenso werden Einbrüche oder Spitzen (glitches) neben der Flanke nicht berücksichtigt. Bei sehr starken Einschwingverzerrungen verliert die Anstiegs- oder Abfallzeitmessung allerdings ihren Sinn. Für Verstärker mit annähernd konstanter Gruppenlaufzeit (also gutem Impulsverhalten) gilt folgende Zahlenwert-Gleichung zwischen Anstiegszeit **t_a** (in ns) und Bandbreite **B** (in MHz):

$$t_a = \frac{350}{B} \quad B = \frac{350}{t_a}$$

Anlegen der Signalspannung

Ein kurzes Drücken der **AUTOSET**-Taste genügt, um automatisch eine sinnvolle, signalbezogene Geräteeinstellung zu erhalten (siehe „**AUTOSET**“). Die folgenden Erläuterungen beziehen sich auf spezielle Anwendungen, die eine manuelle Bedienung erfordern. Die Funktion der Bedienelemente wird im Abschnitt „Bedienelemente und Readout“ beschrieben.

Vorsicht beim Anlegen unbekannter Signale an den Vertikaleingang!

Es wird empfohlen, möglichst immer mit Tastteiler zu messen! Ohne vorgeschalteten Tastteiler sollte als Signalkopplung zunächst immer **AC** und als Ablenkoeffizient **20V/cm** eingestellt sein. Ist die Strahllinie nach dem Anlegen der Signal-

spannung plötzlich nicht mehr sichtbar, kann es sein, daß die Signalamplitude viel zu groß ist und den Vertikalverstärker total übersteuert. Dann ist der Ablenkkoeffizient zu erhöhen (niedrigere Empfindlichkeit), bis die vertikale Auslenkung nur noch 3-8cm hoch ist. Bei kalibrierter Amplitudenmessung und mehr als $160V_{ss}$ großer Signalamplitude ist unbedingt ein Tastteiler vorzuschalten. Ist die Periodendauer des Meßsignals wesentlich länger als der eingestellte Zeit-Ablenkkoeffizient, verdunkelt sich der Strahl. Dann sollte der Zeit-Ablenkkoeffizient vergrößert werden.

Die Zuführung des aufzuzeichnenden Signals an den Y-Eingang des Oszilloskops ist mit einem abgeschirmten Meßkabel, wie z.B. HZ32 und HZ34 direkt, oder über einen Tastteiler 10:1 geteilt möglich. Die Verwendung der genannten Meßkabel an hochohmigen Meßobjekten ist jedoch nur dann empfehlenswert, wenn mit relativ niedrigen, sinusförmigen Frequenzen (bis etwa 50kHz) gearbeitet wird. Für höhere Frequenzen muß die Meß-Spannungsquelle niederohmig, d.h. an den Kabel-Wellenwiderstand (in der Regel 50Ω) angepaßt sein.

Besonders bei der Übertragung von Rechteck- und Impulssignalen ist das Kabel unmittelbar am Y-Eingang des Oszilloskops mit einem Widerstand gleich dem Kabel-Wellenwiderstand abzuschließen. Bei Benutzung eines 50Ω -Kabels, wie z.B. HZ34, ist hierfür von HAMEG der 50Ω -Durchgangsabschluß HZ22 erhältlich. Vor allem bei der Übertragung von Rechtecksignalen mit kurzer Anstiegszeit werden ohne Abschluß an den Flanken und Dächern störende Einschwingverzerrungen sichtbar. Auch höherfrequente ($>100kHz$) Sinussignale dürfen generell nur impedanzrichtig abgeschlossen gemessen werden. Im allgemeinen halten Verstärker, Generatoren oder ihre Abschwächer die Nenn-Ausgangsspannung nur dann frequenzunabhängig ein, wenn ihre Anschlußkabel mit dem vorgeschriebenen Widerstand abgeschlossen wurden.

Dabei ist zu beachten, daß man den Abschlußwiderstand HZ22 nur mit max. 2Watt belasten darf. Diese Leistung wird mit $10V_{eff}$ oder - bei Sinussignal - mit $28,3V_{ss}$ erreicht.

Wird ein Tastteiler 10:1 oder 100:1 verwendet, ist kein Abschluß erforderlich. In diesem Fall ist das Anschlußkabel direkt an den hochohmigen Eingang des Oszilloskops angepaßt. Mit Tastteiler werden auch hochohmige Spannungsquellen nur geringfügig belastet (ca. $10M\Omega$ || $12pF$ bzw. $100M\Omega$ || $5pF$ bei HZ53). Deshalb sollte, wenn der durch den Tastteiler auftretende Spannungsverlust durch eine höhere Empfindlichkeitseinstellung wieder ausgeglichen werden kann, nie ohne diesen gearbeitet werden. Außerdem stellt die Längsimpedanz des Teilers auch einen gewissen Schutz für den Eingang des Vertikalverstärkers dar. Infolge der getrennten Fertigung sind alle Tastteiler nur vorabgeglichen; daher muß ein genauer Abgleich am Oszilloskop vorgenommen werden (siehe „Tastkopf-Abgleich“).

Standard-Tastteiler am Oszilloskop verringern mehr oder weniger dessen Bandbreite; sie erhöhen die Anstiegszeit. In allen Fällen, bei denen die Oszilloskop-Bandbreite voll genutzt werden muß (z.B. für Impulse mit steilen Flanken), raten wir dringend dazu, die **Tastköpfe HZ51** (10:1), **HZ52** (10:1 HF) und **HZ54** (1:1 und 10:1) zu benutzen. Das erspart u.U. die Anschaffung eines Oszilloskops mit größerer Bandbreite. Die genannten Tastköpfe haben zusätzlich zur niederfrequenten Kompensationseinstellung einen HF-Abgleich. Damit ist mit Hilfe eines auf 1MHz umschaltbaren Kalibrators, z.B. HZ60-2, eine Gruppenlaufzeitkorrektur an der oberen Grenzfrequenz des Oszilloskops möglich. Tatsächlich werden mit diesen Tastkopf-Typen Bandbreite und Anstiegszeit des Oszilloskops kaum merklich geändert und die Wiedergabe-Treue der Signalform u.U. sogar noch verbessert. Auf diese Weise könnten spezifische Mängel im Impuls-Übertragungsverhalten nachträglich korrigiert werden.

Wenn ein Tastteiler 10:1 oder 100:1 verwendet wird, muß bei Gleichspannungen über 400V immer DC-Eingangskopplung benutzt werden.

Bei AC-Kopplung tieffrequenter Signale ist die Teilung nicht mehr frequenzunabhängig. Impulse können Dachschräge zeigen, Gleichspannungen werden unterdrückt - belasten aber den betreffenden Oszilloskop-Eingangskopplungskondensator. Dessen Spannungsfestigkeit ist max. 400V (DC + Spitze AC). Ganz besonders wichtig ist deshalb die **DC-Eingangskopplung** bei einem Tastteiler 100:1, der meist eine zulässige Spannungsfestigkeit von max. 1200V (DC + Spitze AC) hat.

Zur Unterdrückung störender Gleichspannung darf aber ein **Kondensator entsprechender Kapazität** und Spannungsfestigkeit vor den Tastteiler geschaltet werden (z.B. zur Brummspannungsmessung).

Bei allen Tastteilern ist **die zulässige Eingangsspannung** oberhalb von 20kHz **frequenzabhängig begrenzt**. Deshalb muß die „Derating Curve“ des betreffenden Tastteiler Typs beachtet werden.

Wichtig für die Aufzeichnung kleiner Signalspannungen ist die Wahl des Massepunktes am Prüfobjekt. Er soll möglichst immer nahe dem Meßpunkt liegen. Andernfalls können evtl. vorhandene Ströme durch Masseleitungen oder Chassisteile das Meßergebnis stark verfälschen. Besonders kritisch sind auch die Massekabel von Tastteilern. Sie sollen so kurz und dick wie möglich sein.

Beim Anschluß des Tastteiler-Kopfes an eine BNC-Buchse sollte ein BNC-Adapter benutzt werden. Damit werden Masse- und Anpassungsprobleme eliminiert.

Das Auftreten merklicher Brumm- oder Störspannungen im Meßkreis (speziell bei einem kleinen Y-Ablenkkoeffizienten) wird möglicherweise durch Mehrfach-Erdung verursacht, weil dadurch Ausgleichströme in den Abschirmungen der Meßkabel fließen können (Spannungsabfall zwischen den Schutzleiterverbindungen, verursacht von angeschlossenen fremden Netzgeräten, z.B. Signalgeneratoren mit Störschutzkondensatoren).

Bedienelemente und Readout

Die folgenden Beschreibungen setzen voraus, daß die Betriebsart „KOMponenten Test“ abgeschaltet ist.

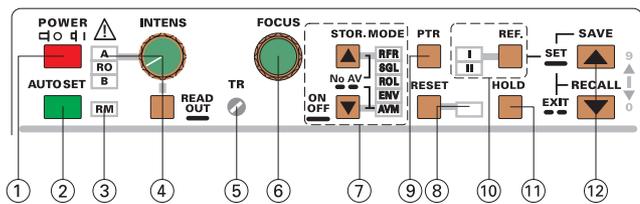
Bei eingeschaltetem Oszilloskop werden alle wichtigen Meßparameter-Einstellungen im Schirmbild angezeigt (Readout).

Die auf der großen Frontplatte befindlichen Leuchtdiodenanzeigen erleichtern die Bedienung und geben zusätzliche Informationen. Endstellungen von Drehbereichen werden durch ein akustisches Signal signalisiert.

Bis auf die Netztaсте (POWER), die Kalibratorfrequenz-Taste (CAL. 1kHz/1MHz), den FOCUS-Einsteller und den Strahldrehungs-Einsteller (TR), werden alle anderen Bedienelemente elektronisch abgefragt. Alle elektronisch erfassten Bedienelemente und ihre aktuellen Einstellungen können daher gespeichert bzw. gesteuert werden. Einige Bedienelemente sind nur im Digital-Betrieb wirksam oder haben dann eine andere Wirkung. Erläuterungen dazu sind mit dem Hinweis „Nur im Digital-Betrieb“ gekennzeichnet.

Die große Frontplatte ist, wie bei allen HAMEG-Oszilloskopen üblich, in Felder aufgeteilt.

Oben rechts neben dem Bildschirm befinden sich, oberhalb der horizontalen Linie, folgende Bedienelemente und Leuchtdiodenanzeigen:



(1) POWER - Netz-Tastenschalter mit Symbolen für Ein- (I) und Aus-Stellung (O).

Wird das Oszilloskop eingeschaltet, leuchten zunächst alle LED-Anzeigen auf und es erfolgt ein automatischer Test des Gerätes. Während dieser Zeit werden das HAMEG- Logo und die Softwareversion auf dem Bildschirm sichtbar. Wenn alle Testroutinen erfolgreich beendet wurden, geht das Oszilloskop in den Normalbetrieb über und das Logo ist nicht mehr sichtbar. Im Normalbetrieb werden dann die vor dem Ausschalten gespeicherten Einstellungen übernommen und eine der LED's zeigt den Einschaltzustand an.

Es besteht die Möglichkeit, bestimmte Betriebsfunktionen (SETUP) zu ändern bzw. automatische Abgleichprozeduren (CALIBRATE) aufzurufen. Diesbezügliche Informationen können dem Abschnitt „Menü“ entnommen werden.

(2) AUTO SET - Drucktaste bewirkt eine automatische, signalbezogene Geräteeinstellung (siehe „AUTO SET“). Auch wenn KOMONENTENTEST oder XY-Betrieb vorliegt, schaltet AUTO SET in die zuletzt benutzte Yt-Betriebsart (CH I, CH II oder DUAL). Sofern vorher alternierender Zeitbasis- (ALT) bzw. B-Zeitbasis-Betrieb vorlag, wird automatisch auf die A-Zeitbasis geschaltet. **Siehe auch „AUTO SET“.**

Nur im Digitalbetrieb.

Mit AUTO SET wird zusätzlich automatisch auf die Erfassungsart Refresh (RFR) geschaltet und die Pre- bzw. Post-Triggerung abgeschaltet (PT0%).

(3) RM - Fernbedienungs- (= remote control) LED leuchtet, wenn das Gerät über die RS232-Schnittstelle auf Fernbedienungs-Betrieb geschaltet wurde. Dann ist das Oszilloskop mit den elektronisch abgefragten Bedienelementen nicht mehr bedienbar. Dieser Zustand kann durch Drücken der AUTO SET-Taste aufgehoben werden, wenn diese Funktion nicht ebenfalls über die RS232-Schnittstelle verriegelt wurde.

Nur im Digital-Betrieb.

Findet eine Signaldatenübertragung über die RS-232 Schnittstelle statt, leuchtet die **RM** -LED. In dieser Zeit ist das Oszilloskop nicht bedienbar.

(4) INTENS - Drehknopf mit zugeordneter Leuchtdioden-Anzeige und darunter befindlichem Drucktaster.

Mit dem INTENS-Drehknopf läßt sich die Strahl-Intensität (Helligkeit) für die Signaldarstellung(en) und das Readout einstellen. Linksdrehen verringert, Rechtsdrehen vergrößert die Helligkeit.

Dem INTENS-Drehknopf sind die Leuchtdioden „A“ für A-Zeitbasis, „RO“ für Readout und „B“ für B-Zeitbasis sowie der „READ OUT“ Drucktaster zugeordnet. Welcher Funktion der INTENS-Drehknopf zugeordnet werden kann, hängt von den Zeitbasis-Betriebsbedingungen

des Oszilloskops ab. Die Umschaltung erfolgt mit einem kurzen Tastendruck.

Mit einem langen Tastendruck kann das Readout aus- oder eingeschaltet werden. Durch das Abschalten des Readout lassen sich Interferenzstörungen, wie sie beim gepopten DUAL-Betrieb auftreten können, vermeiden.

Im Yt-Betrieb mit alternierender Zeitbasis wird mit jedem kurzen Tastendruck auf die nächste INTENS-Drehknopf-Funktion geschaltet. Vorausgesetzt, das Readout ist eingeschaltet, kann dann jede Funktion bestimmt werden (A - RO - B - A). Bei abgeschaltetem Readout schaltet jeder Tastendruck von A auf B bzw. B auf A.

Wird nur die A-Zeitbasis betrieben, kann auch nur zwischen A und RO (Readout) gewählt werden, wenn das Readout eingeschaltet ist. Ist das Readout abgeschaltet, bewirkt ein kurzer Tastendruck keine Änderung; A leuchtet dann unverändert weiter.

Sinngemäß verhält es sich, wenn nur die B-Zeitbasis dargestellt wird. Es kann dann zwischen B und RO gewählt werden, wenn das Readout eingeschaltet ist. Bei abgeschaltetem Readout ist ein kurzer Tastendruck wirkungslos; B leuchtet unverändert weiter.

Im XY-Betrieb leuchtet A und es kann auf RO umgeschaltet werden, wenn das Readout eingeschaltet ist.

Bei Komponententest (CT) leuchtet nur A.

Die Strahlhelligkeit der jeweils gewählten Funktion wird auch bei ausgeschaltetem Gerät gespeichert. Beim Wiedereinschalten des Oszilloskops liegen somit die letzten Einstellungen vor.

Mit Betätigen der AUTO SET-Taste wird die Strahlhelligkeit auf einen mittleren Wert gesetzt, wenn sie zuvor unterhalb dieses Wertes eingestellt war.

(5) TR - Strahldrehung (= trace rotation). Einstellung mit Schraubenzieher (siehe „Strahldrehung TR“).

(6) FOCUS - Strahlschärfereinstellung durch Drehknopf; wirkt gleichzeitig auf die Signaldarstellung und das Readout.

(7) STOR. MODE - Drucktasten mit zugeordneter LED-Skala.

Mit einem langen Tastendruck auf die untere der beiden Drucktasten (**ON / OFF**) wird zwischen Analog und Digital (Speicher)-Betrieb umgeschaltet. Zusätzliche, den Digital-Betrieb betreffende Informationen, sind dem Abschnitt „Speicherbetrieb“ zu entnehmen.

Leuchtet keine der den Drucktasten zugeordneten LED's, liegt Analog-Betrieb vor. Ein langer Tastendruck auf **ON / OFF** schaltet dann auf den Digital-Betrieb um, ändert aber nicht die Kanal-Betriebsart (CH I, CH II, DUAL, ADD und XY). Außer bei XY-Betrieb (**nur RFR**) stellt sich dann die Digital-Betriebsart ein, die letztmalig benutzt wurde und die entsprechende LED leuchtet. Der Begriff „Digital-Betriebsart“ beinhaltet die Signalerfassungsart (**RFR - SGL - ROL - ENV - AVM**), die Pre- bzw. Post-Triggerung (**PTR (9)**) und den Status der Referenzanzeige (**REF. (10)**).

Achtung!

Die Einstellbereiche der Zeit-Koeffizienten (Zeitbasis) sind abhängig von der Betriebsart. Die folgenden Angaben beziehen sich auf eine Darstellung ohne X-Dehnung x10. Im alternierenden-

oder B-Zeitbasisbetrieb wird automatisch verhindert, daß der B-Zeitkoeffizient größer als der A-Zeitkoeffizient ist.

Analogbetrieb:

A-Zeitbasis von 500ms/cm bis 500ns/cm.

B-Zeitbasis von 20ms/cm bis 50ns/cm.

Digitalbetrieb:

Nur A-Zeitbasis von 100s/cm bis 500ns/cm.

A- und B-Zeitbasisbetrieb (alternierend) von 20ms/cm bis 500ns/cm.

Nur B-Zeitbasis von 20ms/cm bis 500ns/cm.

Daraus resultiert beim Umschalten von Analog- auf Speicher-Betrieb bzw. umgekehrt folgendes Verhalten:

1. Ist der Zeitkoeffizient im Analogbetrieb auf Werte von 200ns/cm bis 50ns/cm eingestellt und wird auf Digital-Betrieb geschaltet, stellt sich automatisch der niedrigste Zeitkoeffizient dieser Betriebsart ein; er beträgt 500ns/cm. Wird anschließend wieder auf Analogbetrieb geschaltet, ohne daß im Digitalbetrieb eine Änderung des Zeitkoeffizienten vorgenommen wurde, ist die letzte Analog-Zeitkoeffizienteneinstellung wieder wirksam (z.B. 200ns/cm).

Anders verhält es sich, wenn der Zeitkoeffizient nach der Umschaltung von Analog- auf Digital-Betrieb geändert wurde (z.B. auf 1µs/cm). Wird danach auf Analog-Betrieb zurückgeschaltet, übernimmt die Analog-Zeitbasis den Zeitkoeffizienten der Digital-Zeitbasis (z.B. 1µs/cm).

2. Liegen im Digitalbetrieb Ablenkoeffizienten von 100s/cm bis 1s/cm vor und wird auf den Analog-Betrieb umgeschaltet, stellt sich die Analog-Zeitbasis automatisch auf 500ms/cm. Das übrige Verhalten entspricht dem zuvor Beschriebenen.

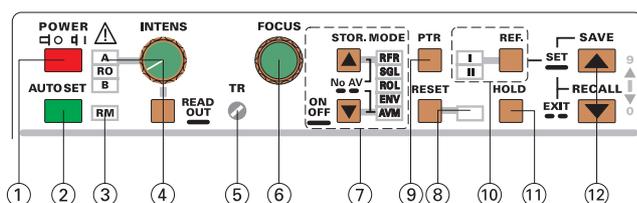
Die X-MAG x10 Einstellung bleibt unverändert, wenn von Analog- auf Digital-Betrieb bzw. umgekehrt geschaltet wird.

Nur im Digital-Betrieb.

Wird durch langes Drücken der **STOR. MODE - ON OFF**-Taste auf Digital-Betrieb geschaltet, leuchtet eine der zugeordneten LED's auf. Welche LED dies ist hängt davon ab, welche Digital-Betriebsart zuletzt benutzt wurde. Die Digital-Betriebsart wird auch durch das Readout angezeigt.

Eine Ausnahme ergibt sich beim XY-Digital-Betrieb, dann leuchtet die RFR-LED und das Readout zeigt XY an.

Mit kurzem Tastendruck auf die obere oder untere **STOR. MODE**-Taste kann im Yt-Betrieb die gewünschte Signalerfassungsart gewählt werden.



(7) RFR - steht für Refresh-Betrieb. In dieser Betriebsart können, wie im Analog-Betrieb, sich periodisch wiederholende Signale erfaßt und dargestellt werden.

Die Signalerfassung wird durch Triggern der Digitalzeitbasis ausgelöst. Dann werden die vorher erfaßten und angezeigten Signaldaten überschrieben. Sie werden so lange angezeigt, bis die Digital-Zeitbasis erneut getriggert wird. Demgegenüber würde der Bildschirm im Analog-Betrieb dunkel bleiben, wenn keine Triggerrung der Zeitbasis erfolgt.

Beim Refresh-Betrieb kann die Signalerfassung mit Pre- und Post-Triggerrung erfolgen.

Bei Refresh-Betrieb kann die Signalerfassung mit Pre- und Post-Triggerrung erfolgen, wenn die Zeitbasis auf Zeitkoeffizienten von 20ms/cm bis 500ns/cm geschaltet ist. Bei großen Zeitkoeffizienten (100s/cm bis 50ms/cm) wird die Pre- bzw. Post-Triggerrung automatisch abgeschaltet ("PT0%"), um zu lange Wartezeiten zu vermeiden. Soll in diesem Zeitbasisbereich trotzdem mit Pre- oder Post-Triggerrung gemessen werden, ist auf Einzelerigniserfassung (SGL) zu schalten.

Im XY-Digital-Betrieb leuchtet die RFR-LED auch. Sie zeigt dann an, daß eine kontinuierliche, aber triggerunabhängige Signalerfassung erfolgt. Die Triggereinrichtung ist dann abgeschaltet.

(7) SGL - signalisiert die Einzelerigniserfassung (SINGLE SHOT = Einzelschuß) und wird auch im Readout angezeigt.

SGL (Einzelerignis)-Betrieb ist nur im A-Zeitbasisbetrieb möglich. Liegt alternierender- oder B-Zeitbasisbetrieb vor, wird SGL übersprungen.

In dieser Betriebsart kann ein einzelner Signalerfassungsvorgang durch die Triggerrung ausgelöst werden, wenn die Triggereinrichtung zuvor mit **RESET** aktiviert wurde. Mit dem Umschalten auf **SGL** wird die Einzelerigniserfassung eingeschaltet. Eine noch nicht vollständig ausgeführte Signalerfassung wird nicht abgebrochen, sondern zu Ende geführt. Außerdem wird **automatisch** auf **Normal-Triggerrung** (NM-LED leuchtet) umgeschaltet. Andernfalls würde die Triggerautomatik auch ohne anliegendes Meßsignal Signalerfassungsvorgänge auslösen.

Anschließend muß die **RESET**-Taste (**8**) betätigt werden, so daß die ihr zugeordnete LED leuchtet. Dann beginnt sofort die Signalerfassung. Ist die Pre-Triggerrung eingeschaltet, muß zunächst die Vorgeschichte erfaßt werden. Erst dann kann ein Triggerereignis wirksam werden. Nur bei 100% Pre-Triggereinstellung ist die Signalerfassung dann sofort vollständig.

Unter allen anderen Pre- und Post-Triggerr-Bedingungen ist die Signalerfassung mit dem Triggerereignis noch nicht vollständig und wird später beendet. Danach erlischt die RESET-LED und die Signaldarstellung bleibt erhalten. Wird die RESET-Taste erneut betätigt, kann das nächste Einzelereignis erfaßt werden, das die vorhergehende Aufnahme überschreibt.

Mit Umschalten auf XY-Betrieb können im DUAL-Betrieb erfaßte Einzelereignisse auch als XY-Darstellung angezeigt werden.

Nur im Analog-Betrieb.

Auch im Analog-Betrieb kann die Erfassung von Einzelereignissen (z.B. fotografisch) erfolgen.

Ein kurzer Tastendruck auf eine **STOR. MODE**-Taste (**7**) schaltet auf diese Zeitbasisbetriebsart und im Readout

wird oben rechts „SINGLE“ angezeigt. Zwei Signale können mit einem Zeitablenkvorgang nur dargestellt werden, wenn ständig zwischen Kanal I und II umgeschaltet wird (Chopper-Darstellung). Siehe **DUAL (25)**.

Wird, ausgehend vom Analog-SINGLE-Betrieb, der Komponententester ein- und wieder ausgeschaltet, schaltet das Oszilloskop nicht automatisch auf Analog-SINGLE-Betrieb zurück. Gleiches gilt auch für den Digital-Betrieb.

(7) ROL - signalisiert den ROLL-Betrieb.

ROLL-Betrieb ist nur im A-Zeitbasisbetrieb möglich. Liegt alternierender- oder B-Zeitbasisbetrieb vor, wird ROL übersprungen.

Leuchtet die ROL-LED, wird auch im Readout „ROL“ angezeigt. Dann erfolgt eine von der Triggerung unabhängige kontinuierliche Signalerfassung. Dabei wird das Ergebnis der letzten Abtastung am rechten Rand der Signaldarstellung angezeigt. Die zuvor aufgenommenen Signaldaten werden mit jeder Abtastung um eine Adresse nach links verschoben. Der jeweils vorher am linken Rand angezeigte Wert geht verloren. Im Gegensatz zum Refresh-Betrieb erfolgt beim **ROLL**-Betrieb eine kontinuierliche Signalerfassung ohne triggerbedingte Wartezeiten (Hold-off-Zeit).

Tritt eine Signaländerung auf, kann die Signalerfassung vom Anwender durch Betätigen der **HOLD**-Taste beendet werden.

Der im **ROLL**-Betrieb mögliche **Zeitkoeffizientenbereich** ist eingeschränkt; er reicht von **100s/cm bis 50ms/cm**. Noch kleinere Zeitkoeffizienten wie z.B. 1µs/cm sind nicht sinnvoll. Eine Beobachtung des Signals wäre dann nicht mehr möglich.

Wird auf **ROLL**-Betrieb geschaltet und die **A-Zeitbasis** war zuvor auf einen Wert von 20ms/cm bis 500ns/cm eingestellt, wird die Zeitbasis automatisch auf 50ms/cm gesetzt. Die Zeitbasiseinstellung, die vor dem Umschalten auf ROLL vorlag (z.B. 20ms/cm), wird intern gespeichert. Sie liegt wieder vor, wenn, ohne das am TIME/DIV.-Knopf gedreht wurde, auf **ENV** oder **SGL** weitergeschaltet wird.

(7) ENV - ist die Abkürzung für ENVELOPE (Hüllkurven)-Betrieb. Dabei werden die Minimum- und Maximum-Werte des Signals mit mehreren Signalerfassungsvorgängen ermittelt und dargestellt. Bis auf die Darstellung entspricht der ENVELOPE-Betrieb dem Refresh-Betrieb.

Im ENVELOPE-Betrieb werden Änderungen des Meßsignals besser sicht- und meßbar. Das gilt sowohl für Amplituden- als auch für Frequenz-Änderungen (Jitter). Die ENVELOPE-Erfassung beginnt von vorn, wenn die RESET-Taste (8) betätigt wird.

Achtung:
Im Zeitkoeffizientenbereich von 100s/cm bis 50ms/cm werden der Pre- bzw. Post-Trigger automatisch abgeschaltet ("PT0%").

(7) AVM - kennzeichnet die Betriebsart Average (Durchschnitt, Mittelwert). Sie liegt vor, wenn die AVM-LED leuchtet und das Readout „AV...“ anzeigt.

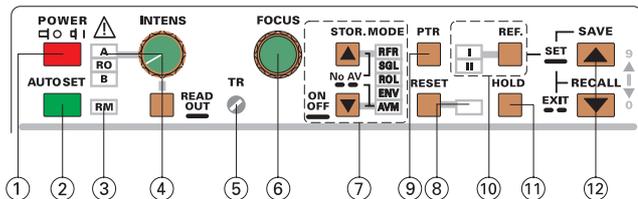
Auch in dieser Betriebsart werden mehrere Signalerfassungsvorgänge benötigt; sie entspricht somit dem Refresh-Betrieb. Aus den Signalerfassungen wird ein Mittelwert gebildet. Damit werden Amplitudenänderungen (z.B. Rauschen) und Frequenzänderungen (Jitter) in der Darstellung verringert

bzw. beseitigt. Nach dem Einschalten des Oszilloskops liegt die Grundeinstellung vor: „AV 4“.

Die Genauigkeit der Mittelwertbildung ist um so größer, je höher die Zahl der Signalerfassungsvorgänge ist, aus denen der Mittelwert gebildet wird. Es kann zwischen 2 und 512 Signalerfassungen gewählt werden; die Anzeige erfolgt durch das Readout. Mit der Genauigkeit erhöht sich aber auch die dafür benötigte Zeit.

Um einen anderen Wert zu wählen, müssen beide STOR. MODE Drucktasten gleichzeitig mit einem kurzen Tastendruck betätigt werden. Dann blinkt die „AV...“-Anzeige im Readout und signalisiert damit den Einstellmodus. Anschließend kann mit kurzem Betätigen der oberen oder unteren STOR. MODE Taste der Wert verändert werden. Der Einstellmodus kann durch nochmaliges kurzes Drücken beider Tasten verlassen werden. Wird ca. 10 Sekunden lang keine der beiden Tasten betätigt, schaltet sich der Einstellmodus automatisch ab. Die Mittelwertbildung beginnt erneut, wenn die RESET-Taste betätigt wird.

Achtung:
Im Zeitkoeffizientenbereich von 100s/cm bis 50ms/cm werden der Pre- bzw. Post-Trigger automatisch abgeschaltet ("PT0%").



(8) RESET - Drucktaster mit LED.

Ist die Signalerfassungsart „Einzelereignis“ eingeschaltet (**SGL**-LED leuchtet) und wird die **RESET**-Taste betätigt, leuchtet die **RESET**-LED. Dann beginnt sofort die ständige Signalerfassung. Siehe auch **SGL (7)**.

Achtung:
Im Zeitkoeffizientenbereich von 100s/cm bis 50ms/cm wird die Signalerfassung sofort sichtbar. Sie erfolgt als ROLL-Darstellung, hat aber sonst keine Gemeinsamkeit mit dem ROLL-Betrieb.

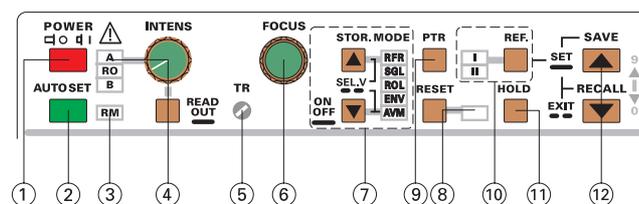
Triggerereignisse lösen nur dann die Triggerung aus, wenn zuvor die für die Vorgeschichte benötigte Erfassungszeit abgelaufen ist. Andernfalls wäre eine fehlerhafte Signaldarstellung die Folge.

Nach erfolgter Triggerung und beendeter Aufnahme erlischt die RESET-LED.

(9) PTR - Drucktaster für die Wahl der Signal-Vorgeschichte (Pre-Trigger) bzw. -Nachgeschichte (Post-Trigger) bezogen auf das Triggerereignis.

Der aktuelle Pre- bzw. Post-Triggerwert wird durch das Readout angezeigt und ändert sich mit jedem Tastendruck. Die Sequenz lautet: PT0% - PT25% - PT50% - PT75% - PT100% - PT-75% - PT-50% - PT-25% - und wieder PT0%. Die Prozentangaben der Pre- und Post-Triggerwerte beziehen sich auf das Meßrastr der Röhre (X-Richtung). Wegen der Abhängigkeit von einem Triggerereignis, steht diese Funktion in den triggerunabhängigen Signalerfassungsarten **ROLL** und **XY** nicht zur Verfügung.

Die folgende Beschreibung setzt voraus, daß die X-Dehnung (X-MAG. x10) abgeschaltet ist und die Strahldarstellung am linken Meßrasterrand beginnt. Es wird außerdem vorausgesetzt, daß eine Triggerart (Quelle, Kopplung) vorliegt, in welcher der Triggerpunkt durch ein Symbol angezeigt wird. Der Begriff Triggerpunkt beinhaltet bei Digital-Betrieb den Triggerpegel und den auf das Meßraster bezogenen Triggerzeitpunkt.



(10)REF. - Drucktaster mit 2 LED's (nur im Digital-Betrieb).

Pre-Triggerung.

0% Pre-Triggerung (Readout: **PT0%**) bedeutet, daß die Signaldarstellung mit dem Triggerereignis am linken Rasterrand beginnt. Daher wird dort auch das Triggerpunkt-Symbol angezeigt. Wird zusätzlich ein nach links zeigender Pfeil angezeigt, befindet sich der Triggerpunkt links vom Rasterrand (z.B. durch die X-Positionseinstellung).

25% Pre-Triggerung (Readout: **PT25%**) liegt vor, wenn ausgehend von 0% die **PTR**-Taste einmal betätigt wurde. Dann werden 25% (Trigger)-Signalvorgeschichte auf den ersten 2,5 cm der Signaldarstellung dargestellt. Entsprechend erfolgt die Anzeige des Triggerpunkt-Symbols.

Jeder weitere Tastendruck erhöht den Pre-Triggerwert und die erfaßte Vorgeschichte um 25%, bis der Pre-Triggerwert 100% erreicht wurde. Die Anzeige im Readout und das Triggerpunkt-Symbol zeigen die Einstellung an. Wird zusätzlich ein nach rechts zeigender Pfeil angezeigt, ist der Triggerpunkt nach rechts verschoben (X-Positionseinstellung).

Die Zeitdauer der Vorgeschichte wird durch Multiplizieren des Zeitablenkoeffizienten mit dem in Zentimetern (Division) angegebenen Pre-Triggerwert ermittelt (z.B. 20ms/cm x 7,5 (75% Pre-Trigger) = 150ms).

Post-Triggerung.

Bei Post-Triggerung befindet sich der Trigger(zeit)punkt immer links vom Rasterrand und wird deshalb immer mit dem nach links zeigenden Pfeil signalisiert. Der Trigger(zeit)punkt kann nicht mit X-Positionsverschiebung sichtbar gemacht werden. Die Anzeige zeigt in allen Post-Triggerbedingungen daher nur den Triggerpegel. Post-Triggerbedingungen werden durch ein Minuszeichen (-) vor der Prozentangabe kenntlich gemacht (z.B. PT-50%).

Liegt 100% Pre-Triggerung vor und wird die **PTR**-Taste betätigt, zeigt das Readout anschließend „PT-75%“ an. Dann erfolgt die Signalerfassung mit Post-Triggerung. Der Trigger(zeit)punkt liegt dabei 75% = 7,5 cm vor dem linken Rasterrand. Nach dem Triggerereignis wird die Signalerfassung, um die sich daraus ergebende Zeitspanne verzögert, gestartet.

Jeder weitere Tastendruck schaltet auf **PT-50%** und über **PT-25%** zurück auf **PT0%**.

Achtung: Im alternierenden- bzw. B-Zeitbasisbetrieb wird die Pre- bzw. Post-Triggerung automatisch abgeschaltet, also auf 0% gesetzt. Andernfalls würde eine kaum überschaubare Kombination von Verzögerungszeiten vorliegen, da im B-Zeitbasisbetrieb generell eine verzögerte Signaldarstellung erfolgt. Das Readout zeigt dann anstelle des Pre- bzw. Post-Triggerwertes die Verzögerungszeit (Dt:...) oder die B-Zeitbasis-Triggerung (DTr:...).

Pre- und Post-Triggerung werden automatisch abgeschaltet ("PT0%"), wenn die Zeitbasis im REFRESH- (RFR), ENVELOPE (ENV) und AVERAGE (AVM) - Betrieb auf Werte zwischen 100s/cm bis 50ms/cm eingestellt ist.

Das Oszilloskop verfügt über 2 nichtflüchtige Referenz-Speicher. Die dort gespeicherten Signale können einzeln oder gemeinsam zusätzlich zur aktuellen Anzeige dargestellt werden. Der Referenzspeicherinhalt bleibt nach dem Ausschalten des Oszilloskops erhalten.

Leuchtet keine der mit I und II gekennzeichneten LED's, wird kein Referenzsignal zusätzlich zur aktuellen Signaldarstellung angezeigt. Ausgehend davon, schaltet ein kurzer Tastendruck die LED I ein und das Referenzsignal I wird zusätzlich zur aktuellen Darstellung angezeigt. Mit jedem weiteren kurzen Tastendruck wird weiter geschaltet. Die Sequenz ist: **dunkel - I - II - I und II - dunkel**. Das Leuchten der jeweiligen Anzeige signalisiert die Darstellung des Referenzspeicherinhalts. Die aktuelle Signaldarstellung wird durch die Referenzsignaldarstellung nicht beeinflusst.

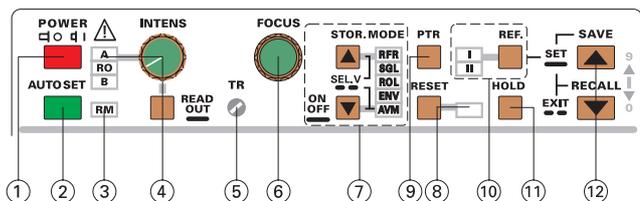
Das Überschreiben des alten Referenzspeicherinhalts mit aktuellen Signaldaten ist wie folgt vorzunehmen:

Zuerst ist mit jeweils kurzem Tastendruck der gewünschte Referenzspeicher zu bestimmen. Danach muß die REF.-Taste lang gedrückt werden, bis ein akustisches Signal ertönt. Das bestätigt die Signaldatenübernahme in den Referenzspeicher. Vor der Übernahme der aktuellen Signaldaten in den Referenzspeicher kann (muß aber nicht) zuvor auf HOLD geschaltet werden.

Da die Referenzdarstellung gleich der Position der aktuellen Signaldarstellung ist, kann sie in den meisten Fällen nicht sofort wahrgenommen werden. Ist die HOLD-Funktion abgeschaltet, genügt eine Y-Positionsverschiebung der aktuellen Signaldarstellung, um die Referenzdarstellung wahrnehmbar zu machen.

Es kann aber auch die Y-Referenzpositionsverschiebung (REF. POS., siehe (15) und (16)) benutzt werden.

Im DUAL- bzw. XY-Betrieb können beide Referenzsignale gleichzeitig dargestellt bzw. gespeichert werden, wenn beide Referenzanzeigen (I und II) leuchten. Es besteht aber auch die Möglichkeit, die Referenzsignale getrennt darzustellen bzw. zu speichern. Leuchtet nur die Referenz-LED I, betrifft es nur Kanal I (im XY-Betrieb das Y-Signal). Sinngemäß verhält es sich, wenn nur die Referenz-LED II eingeschaltet ist. Dann wird nur das Referenzsignal II angezeigt und kann nachfolgend von Kanal II überschrieben werden (im XY-Betrieb das X-Signal). Liegt Einkanal-Betrieb vor (CHI oder CHII), kann das Signal in jeden der beiden Referenzspeicher geschrieben bzw. von ihm dargestellt werden. Damit lassen sich zum Beispiel zwei Referenzsignale so speichern, daß sie sich oberhalb und unterhalb der aktuellen Darstellung befinden. Abweichungen des aktuellen Signals werden damit sofort erkennbar. Die gleichzeitige Darstellung der zwei Referenzsignale erfolgt nur, wenn durch Weiterschalten beide Referenz-LED's (I und II) leuchten. Wird unter diesen Bedingungen im Einkanal-Betrieb die REF.-Taste lang gedrückt, erfolgt keine Übernahme des aktuellen Signals in den Referenzspeicher, sondern es ertönt ein Warnsignal. Andernfalls würde ein Signal in beide Referenzspeicher geschrieben.



(11) HOLD - Drucktaster zum Sichern des aktuellen Speicherinhalts (nur im Digital-Betrieb).

Mit jedem Betätigen dieser Taste wird zwischen Sichern und Nicht-Sichern des aktuellen Speicherinhalts umgeschaltet. Der Zustand wird mit dem Readout in der Kanalanzeige sichtbar gemacht.

Zeigt die Anzeige „CH1...“, „CH2...“ oder im **DUAL-ADD** und **XY-Betrieb** beide Parameter, ist der aktuelle Speicher nicht vor erneutem Überschreiben geschützt. Wird danach die **HOLD**-Taste betätigt, wird der aktuelle Speicher sofort vor weiterem Überschreiben geschützt. Dann zeigt das Readout bei jedem aktiven Kanal „HLD...“ an.

Die Zeitbasistasten A/ALT und DEL. TRIG./B sind dann unwirksam. Gleiches gilt für die Y-Betriebsartumschaltung mit CH I (24), CH II (28) und DUAL (25). Nur wenn vor dem HOLD Betätigen DUAL- oder XY-Betrieb vorlag, kann zwischen Yt-DUAL bzw. XY-Darstellung gewälgt werden.

Insbesondere bei großen Zeitkoeffizienten-Einstellungen ist im Refresh-Betrieb zu sehen, wie der alte aktuelle Speicherinhalt durch neue Daten überschrieben wird. Das Sichern innerhalb eines Signalerfassungsvorgangs kann einen Übergang (Stoßstelle) zwischen den neuen Daten (links) und den alten Daten (rechts) erkennbar machen. Dies läßt sich vermeiden, in dem man, obwohl ein repetierendes Signal aufgezeichnet wird, eine Einzelerfassung (SGL) vornimmt. Anschließend kann mit **HOLD** verhindert werden, daß ein versehentliches Betätigen der **RESET**-Taste ein erneutes Überschreiben bewirkt.

Achtung:
Die Aussteuerbereichsgrenzen des A/D-Wandlers können sichtbar werden, wenn nach dem Speichern eine Y-Positionverschiebung vorgenommen wird. Signaleile, die sich zuvor außerhalb des vertikalen Rasters befanden, können davon betroffen sein.

(12) SAVE / RECALL - Drucktasten für Geräteeinstellungen-Speicher.

Das Oszilloskop verfügt über 9 Speicherplätze. In diesen können alle elektronisch erfaßten Geräteeinstellungen gespeichert bzw. aus diesen aufgerufen werden.

Um einen Speichervorgang einzuleiten, ist die **SAVE**-Taste zunächst einmal kurz zu betätigen. Im Readout oben rechts wird dann S für **SAVE** (= speichern) und eine Speicherplatzziffer zwischen 1 und 9 angezeigt. Danach sind die **SAVE**- und die **RECALL**-Taste zur Wahl des Speicherplatzes einzusetzen. Mit jedem kurzen Tastendruck auf **SAVE** (Pfeilsymbol nach oben zeigend) wird die aktuelle Ziffer schrittweise erhöht, bis die „Endstellung“ 9 erreicht wird. Sinngemäß wird mit jedem kurzen Tastendruck auf **RECALL** (Pfeil nach unten zeigend) die aktuelle Platzziffer schrittweise verringert, bis die

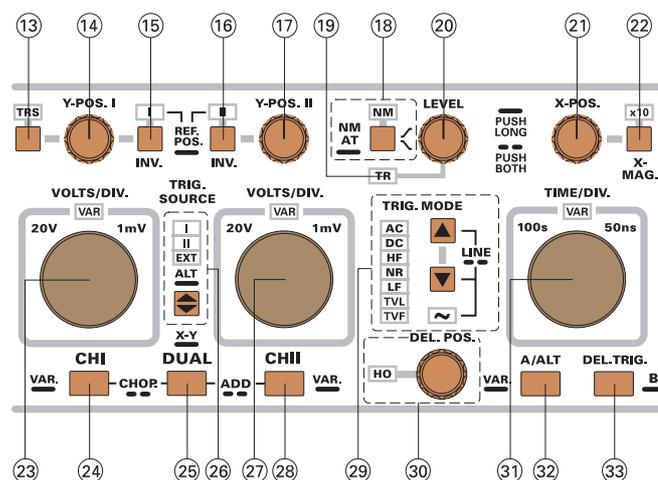
„Endstellung“ 1 erreicht ist. Die Geräteeinstellung wird unter der gewählten Ziffer gespeichert, wenn anschließend die **SAVE**-Taste lang gedrückt wird.

Beim Aufruf von zuvor gespeicherten Geräteeinstellungen ist zunächst die **RECALL**-Taste kurz zu drücken und dann der gewünschte Speicherplatz zu bestimmen. Mit einem langen Tastendruck auf **RECALL** werden dann die früher gespeicherten Bedienelemente-Einstellungen vom Oszilloskop übernommen.

Achtung:
Es ist darauf zu achten, daß das darzustellende Signal mit dem identisch ist, welches beim Speichern anlag. Liegt ein anderes Signal an (Frequenz, Amplitude) als beim Abspeichern, können Darstellungen erfolgen, die fehlerhaft sind.

Wurde **SAVE** oder **RECALL** versehentlich aufgerufen, schaltet das gleichzeitige Drücken beider Tasten die Funktion ab. Es kann aber auch ca. 10 Sekunden gewartet werden und die Abschaltung erfolgt automatisch.

Unterhalb des zuvor beschriebenen Feldes befinden sich die Bedien- und Anzeigeelemente für die Y-Meßverstärker, die Betriebsarten, die Triggerung und die Zeitbasen.



(13) TRS - Mit dem Drücken der Strahltrennung (= trace separation) -Taste leuchtet die zugeordnete LED, wenn alternierender Zeitbasisbetrieb (A alternierend B) vorliegt. Dann wirkt der **Y-POS. I** -Drehknopf als Y-Positionseinsteller für die B-Zeitbasis-Signaldarstellung. Ohne diese Funktion würden beide Signaldarstellungen (A und B) in derselben Y-Position gezeigt und die mit der B-Zeitbasis erfolgende Signaldarstellung wäre nicht erkennbar. Die maximale Y-Positionverschiebung beträgt ca. +/- 4 cm. Ein erneuter Tastendruck auf **TRS** schaltet die Funktion ab. Ohne Veränderung des **Y-POS. I** -Drehknopfs wird **TRS** nach ca. 10 Sekunden automatisch abgeschaltet.

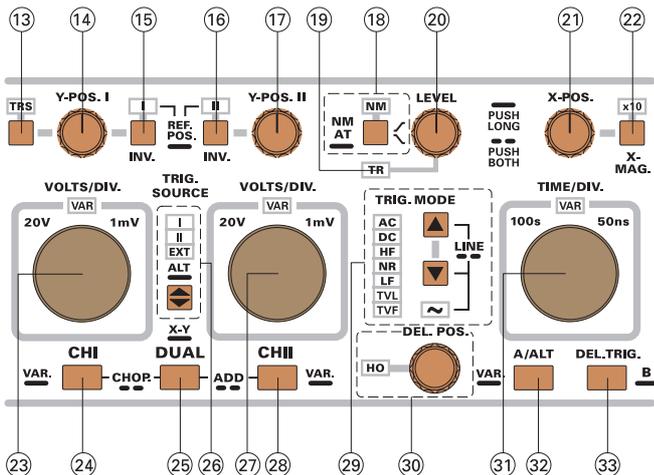
(14) Y-POS. I - Dieser Drehknopf dient dazu, die vertikale Strahlposition für Kanal I zu bestimmen. Bei Additionsbetrieb sind beide Drehknöpfe (**Y-POS. I** und **II**) wirksam. Der **Y-POS. I**-Drehknopf kann bei alternierendem Zeitbasisbetrieb als Y-Positionseinsteller für die B-Zeitbasis-Signaldarstellung benutzt werden. Siehe **TRS (13)**.

Nur im Digital-Betrieb.

Das in Referenzspeicher I befindliche Signal läßt sich mit dem **Y-POS. I** Drehknopf in vertikaler Richtung verschieben, wenn der **Y-POS. I**-Drehknopf als Referenz-Positionseinsteller wirkt (siehe **INV (15)**).

Es ist aber auch möglich, das mit HOLD gesicherte aktuelle Signal nachträglich mit dem Y-POS. I-Dreknopf zu verschieben. Ausgehend von der Original-Y-Position beträgt die Verschiebung $\pm 4\text{cm}$.

Mit einer Verschiebung in vertikaler Richtung geht die originale Strahlposition verloren, kann aber wieder ermittelt werden. Dazu muß der Y-POS. I Knopf zügig gedreht werden. Ist die Originalposition erreicht, findet keine weitere vertikale Verschiebung statt, obwohl der Knopf weitergedreht wird. Gleichzeitig ertönt ein Signalton. Um erneut eine vertikale Verschiebung vornehmen zu können, muß das Drehen des Knopfes für ca. 2 Sekunden unterbrochen werden.



(15) INV - Mit Betätigen dieser Taste, die dem Y-POS. I - Drehknopf und somit Kanal I zugeordnet ist, wird im Readout ein Strich über die Kanalangabe gesetzt. Dann erfolgt eine um 180° gedrehte (invertierte) Signaldarstellung von Kanal I. Um diese Funktion zu verlassen, muß die Taste erneut betätigt werden; dann erfolgt wieder die Originaldarstellung und der Strich über der Kanalangabe ist nicht mehr vorhanden. Wird nur Kanal II betrieben, ist die Taste wirkungslos.

Nur im Digital-Betrieb.

Im Digital-Betrieb können mit der INV-Drucktaste zwei Funktionen aufgerufen werden.

Mit kurzem Tastendruck kann zwischen invertierter und nicht invertierter Signaldarstellung von Kanal I gewählt werden, wenn die HOLD-Funktion abgeschaltet ist. Das Oszilloskop verhält sich dabei wie zuvor beschrieben.

Leuchtet die Referenzspeicheranzeige REF. I allein oder in Kombination mit REF. II, kann mit einem langen Tastendruck die oberhalb der INV.-Taste befindliche und mit „I“ gekennzeichnete LED ein- oder ausgeschaltet werden. Leuchtet die „I“-LED, kann die im Referenzspeicher I befindliche Signaldarstellung mit dem Y-POS. I-Drehknopf (in vertikaler Richtung) verändert werden. Leuchtet weder REF. I noch REF. I und II, wirkt der Y-POS. I-Drehknopf auf das aktuelle Signal.

Die Einstellung der Invertfunktion der aktuellen Darstellung bleibt erhalten.

(16) INV - Mit Betätigen dieser Taste, die dem Y-POS. II - Drehknopf und somit Kanal II zugeordnet ist, wird im Readout ein Strich über die Kanalangabe gesetzt. Dann erfolgt eine um 180° gedrehte Signaldarstellung von Kanal II (nicht im XY-Betrieb). Um diese Funktion zu verlassen, muß die Taste erneut betätigt werden; dann erfolgt wieder die Originaldarstellung und der Strich über

der Kanalangabe ist nicht mehr vorhanden. Wird nur Kanal I betrieben, ist die Taste wirkungslos.

Nur im Digital-Betrieb.

Im Digital-Betrieb können mit der INV-Drucktaste zwei Funktionen aufgerufen werden.

Mit kurzem Tastendruck kann zwischen invertierter und nicht invertierter Signaldarstellung von Kanal II gewählt werden, wenn die HOLD-Funktion abgeschaltet ist. Bei XY-Betrieb betrifft die Invertierung die X-Ablenkung. Bis auf den letztgenannten Punkt, verhält sich das Oszilloskop wie zuvor beschrieben.

Leuchtet die Referenzspeicheranzeige REF. II allein oder in Kombination mit REF. I, kann mit einem langen Tastendruck die oberhalb der INV.-Taste befindliche und mit „II“ gekennzeichnete LED ein- oder ausgeschaltet werden. Leuchtet die „II“-LED, kann die im Referenzspeicher II befindliche Signaldarstellung mit dem Y-POS. II-Drehknopf verändert werden. Im Yt-Betrieb erfolgt eine vertikale Positionsänderung. Bei XY-Betrieb erfolgt die Änderung in horizontaler Richtung. Leuchtet weder REF. II noch REF. I und II, wirkt der Y-POS. II-Drehknopf auf das aktuelle Signal.

Die Einstellung der Invertfunktion der aktuellen Darstellung bleibt erhalten.

(17) Y-POS. II - Dieser Drehknopf dient dazu, die vertikale Strahlposition für Kanal II zu bestimmen. Im Additions-Betrieb sind beide Drehknöpfe (Y-POS. I und Y-POS. II wirksam). Im XY-Betrieb ist dieser Drehknopf ohne Wirkung, für X-Positionverschiebungen ist der X-POS. Drehknopf zu benutzen.

Nur im Digital-Betrieb.

Das in Referenzspeicher II befindliche Signal läßt sich mit dem Y-POS. II Drehknopf in vertikaler Richtung verschieben, wenn der Y-POS. II-Drehknopf als Referenz-Positionseinsteller wirkt (siehe INV (16)).

Es ist aber auch möglich, das mit HOLD gesicherte aktuelle Signal nachträglich mit dem Y-POS. I-Dreknopf zu verschieben. Ausgehend von der Original-Y-Position beträgt die Verschiebung $\pm 4\text{cm}$.

Mit einer Verschiebung in vertikaler Richtung geht die originale Strahlposition verloren, kann aber wieder ermittelt werden. Dazu muß der Y-POS. II Knopf zügig gedreht werden. Ist die Originalposition erreicht, findet keine weitere vertikale Verschiebung statt, obwohl der Knopf weitergedreht wird. Gleichzeitig ertönt ein Signalton. Um erneut eine vertikale Verschiebung vornehmen zu können, muß das Drehen des Knopfes für ca. 2 Sekunden unterbrochen werden.

(18) NM AT

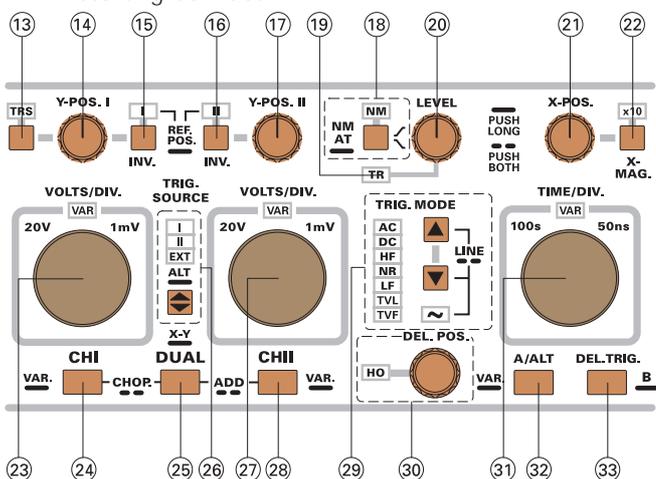
∩∧ - Oberhalb dieses Drucktasters, der eine Doppelfunktion hat, befindet sich die **NM (Normal-Triggerung)**-LED. Sie leuchtet, wenn mit einem langen Tastendruck von **AT (automatische -Spitzenwert- Triggerung)** auf Normal-Triggerung umgeschaltet wurde. Ein erneuter langer Tastendruck schaltet auf automatische (Spitzenwert) Triggerung zurück und die NM-LED erlischt.

Die zweite Funktion betrifft die Triggerflankenwahl. Mit jedem kurzen Tastendruck wird die Flankenwahl vorgenommen. Dabei wird bestimmt, ob eine ansteigende oder fallende Signalflanke die Triggerung auslösen soll. Die aktuelle Einstellung wird oben im Readout unter „TR:

Triggerquelle, Flankenrichtung, Triggerkopplung“ angezeigt. Mit Umschalten auf alternierenden Zeitbasis- oder B-Zeitbasis-Betrieb bleibt die letzte Einstellung unter A-Zeitbasis-Bedingungen gespeichert und die Taste kann zur Triggerflankenwahl für die B-Zeitbasis benutzt werden.

Die Spitzenwert-Erfassung (-Triggerung) wird bei automatischer Triggerung abhängig von der Betriebsart und der gewählten Triggerkopplung zu- oder abgeschaltet. Der jeweilige Zustand wird durch das Verhalten des Triggerpegel-Symbols beim Ändern des LEVEL-Knopfes erkennbar:

1. Wird eine in Y-Richtung nicht abgelenkte Strahllinie geschrieben und bewirkt die Änderung des LEVEL-Drehknopfes praktisch keine Verschiebung des Triggerpegel-Symbols, liegt Spitzenwert-Triggerung vor.
2. Läßt sich das Triggerpegel-Symbol mit dem LEVEL-Drehknopf nur innerhalb der Grenzen der Signalamplitude verschieben, liegt ebenfalls Spitzenwert-Triggerung vor.
3. Die Spitzenwert-Triggerung ist abgeschaltet, wenn eine ungetriggerte Darstellung erfolgt, nachdem sich das Triggerpegel-Symbol außerhalb der Signaldarstellung befindet.



(19) **TR** - Diese LED leuchtet, wenn die Zeitbasis Triggersignale erhält. Ob die LED aufblitzt oder konstant leuchtet, hängt von der Frequenz des Triggersignals ab.

Im XY-Analogbetrieb und -Digitalbetrieb leuchtet die **TR**-LED nicht.

(20) **LEVEL** - Mit dem LEVEL-Drehknopf kann der Triggerpunkt, also die Spannung bestimmt werden, die ein Triggersignal über- oder unterschreiten muß (abhängig von der Flankenrichtung), um einen Zeit-Ablenkvorgang auszulösen. In den meisten Yt-Betriebsarten wird auf dem linken Rasterrand mit dem Readout ein Symbol eingeblendet, welches den Triggerpunkt anzeigt. Das Triggerpunkt-Symbol wird in den Betriebsarten abgeschaltet, in denen keine direkte Beziehung zwischen Triggersignal und Triggerpunkt vorliegt.

Wird die LEVEL-Einstellung geändert, ändert sich auch die Position des Triggerpunkt-Symbols im Readout. Die Änderung erfolgt in vertikaler Richtung und betrifft selbstverständlich auch den Strahlstart des Signals. Um zu vermeiden, daß das Triggerpunkt-Symbol andere Readoutinformationen überschreibt und um erkennbar zu machen, in welcher Richtung der Triggerpunkt das Meßraster verlassen hat, wird das Symbol durch einen nach oben oder unten zeigenden Pfeil ersetzt.

Die letzte A-Zeitbasis bezogene LEVEL-Einstellung bleibt erhalten, wenn auf alternierenden Zeitbasis- bzw. B-Zeitbasis-Betrieb umgeschaltet und die B-Zeitbasis getriggert wird. Dann kann mit dem LEVEL-Einsteller der Triggerpunkt, bezogen auf die B-Zeitbasis, eingestellt werden. Das Triggerpunkt-Symbol wird dann durch den Buchstaben „ B „ ergänzt.

Nur im Digital-Betrieb.

kann sich das Trigger(zeit)punkt-Symbol in einer anderen horizontalen Position befinden. Siehe **PTR-Taste (9)**.

(21) **X-POS.** - Dieser Drehknopf bewirkt eine Verschiebung der Signaldarstellung in horizontaler Richtung und ermöglicht es insbesondere, jeden Signalteil bei X x10 Dehnung darzustellen.

Nur im Digital-Betrieb.

Im XY-Betrieb ist der Knopf unwirksam. Eine X-Positionsverschiebung kann mit dem Y-POS. II (17) Knopf vorgenommen werden.

(22) **X-MAG. x10** - Jeder Tastendruck schaltet die zugeordnete LED an bzw. ab. Leuchtet die x10 LED, erfolgt eine 10fache X-Dehnung. Die dann gültigen Zeit-Ablenkoeffizienten werden oben links im Readout angezeigt. X-MAG. x10 wirkt auf die A- und die B-Zeitbasis, also auch im alternierenden Zeitbasis-Betrieb. Bei ausgeschalteter X-Dehnung kann der zu betrachtende Signalauschnitt mit dem X-POS.-Einsteller auf die mittlere vertikale Rasterlinie positioniert und danach mit eingeschalteter X-Dehnung betrachtet werden. Je nach X-POS.-Einstellung ist im alternierenden Zeitbasis-Betrieb der Hellsektor nicht sichtbar.

Im XY-Betrieb ist die X-MAG. Taste wirkungslos.

(23) **VOLTS/DIV.** - Für Kanal I steht im VOLTS/DIV.-Feld ein Drehknopf zur Verfügung, der eine Doppelfunktion hat. Der Drehknopf ist nur wirksam, wenn Kanal I aktiv geschaltet und der Eingang eingeschaltet ist (AC- oder DC-Eingangskopplung). Kanal I ist im CH I- (Mono), DUAL-, ADD- (Additions-) und XY-Betrieb wirksam. Die Feinsteller-Funktion wird unter **VAR (24)** beschrieben. Die folgende Beschreibung bezieht sich auf die Funktion: Ablenkoeffizienten-Einstellung (Teilerschalter). Sie liegt vor, wenn die VAR.- LED nicht leuchtet.

Mit Linksdrehen wird der Ablenkoeffizient erhöht, mit Rechtsdrehen verringert. Dabei können Ablenkoeffizienten von 1mV/div. bis 20V/div. in 1-2-5 Folge eingestellt werden.

Der Ablenkoeffizient wird unten im Readout angezeigt (z.B. „CH1:5mV...“). Im unkalibrierten Betrieb wird anstelle des „:“ ein „>“ Symbol angezeigt.

(24) **CH I** - Diese Drucktaste hat mehrere Funktionen.

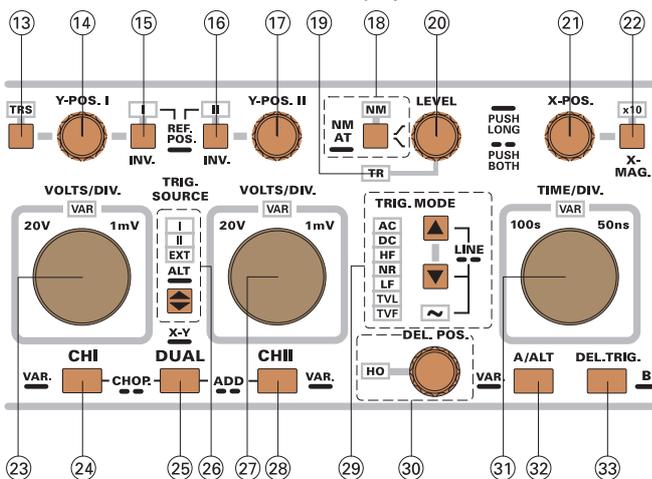
Mit einem **kurzen** Tastendruck wird auf Kanal I (Einkanal-Betrieb) geschaltet. Wenn zuvor weder externe noch Netz-Triggerung eingeschaltet waren, wird auch die interne Triggerquelle automatisch auf Kanal I umgeschaltet. Das Readout zeigt dann den Ablenkoeffizienten von Kanal I („ CH1...“) und die Triggerquelle („ TR:CH1...“). Die letzte Funktionseinstellung des VOLTS/DIV.-Drehknopfes (23) bleibt erhalten.

Alle auf diesen Kanal bezogenen Bedienelemente sind wirksam, wenn der Eingang (34) nicht auf GD (36) geschaltet wurde.

Mit jedem **langen** Betätigen der **CH I**-Taste wird die Funktion des VOLTS/DIV.-Drehknopfes umgeschaltet und mit der darüber befindlichen VAR-LED angezeigt. Leuchtet die VAR-LED nicht, kann mit dem Drehknopf der kalibrierte Ablenkkoeffizient von Kanal I verändert werden (1-2-5 Folge). Wird die CH I-Taste dann lang gedrückt, leuchtet die VAR-LED und zeigt damit an, daß der Drehknopf nun als Feinsteller wirkt. Die kalibrierte Ablenkkoeffizienteneinstellung bleibt erhalten, bis der Drehknopf einen Rastschritt nach links gedreht wurde. Daraus resultiert eine unkalibrierte Signalamplitudendarstellung („CH1>...“) und die dargestellte Signalamplitude wird kleiner. Wird der Drehknopf weiter nach links gedreht, vergrößert sich der Ablenkkoeffizient. Ist die untere Grenze des Feinstellbereichs erreicht, ertönt ein akustisches Signal.

Wird der Drehknopf nach rechts gedreht, verringert sich der Ablenkkoeffizient und die dargestellte Signalamplitude wird größer, bis die obere Feinstellbereichsgrenze erreicht ist. Dann ertönt wieder ein akustisches Signal und die Signaldarstellung erfolgt kalibriert („CH1:...“). Unabhängig von der Einstellung im Feinstellerbetrieb kann die Funktion des Drehknopfs jederzeit - durch nochmaliges langes Drücken der CHI -Taste - auf die Teilerschalterfunktion (1-2-5 Folge, kalibriert) umgeschaltet werden. Dann erlischt die VAR-LED und das „CH1>...“ Symbol wird durch „CH1:...“ ersetzt.

Die Beschriftung der Frontplatte zeigt, daß die CH I-Taste auch zusammen mit der **DUAL**-Taste (25) betätigt werden kann. Siehe **Punkt (25)**.



(25) **DUAL** - Drucktaste mit mehreren Funktionen.

DUAL-Betrieb liegt vor, wenn die **DUAL-Taste kurz betätigt** wurde. Wenn vorher Einkanal-Betrieb vorlag, werden nun die Ablenkkoeffizienten beider Kanäle im Readout angezeigt. Die letzte Triggerbedingung (Triggerquelle: „TR:...“) bleibt bestehen, kann aber verändert werden. Nur wenn kein Eingang auf GD (Ground = Erde) geschaltet ist, sind alle Bedienelemente, welche die Y-Ablenkung betreffen, wirksam. Alle kanalbezogenen Bedienelemente sind wirksam, wenn kein Eingang auf GD (36) (40) geschaltet wurde.

Das Readout zeigt (nur im Analog-Betrieb; rechts von den Ablenkkoeffizienten) mit „**ALT**“ (alternierend) oder „**CHP**“ (Chopper = Zerhacker) an, wie die Kanalumschaltung erfolgt. Sie ist abhängig von der Zeitkoeffizienteneinstellung (Zeitbasis) im Analog-Betrieb.

Chopper (**CHP**)-Darstellung erfolgt **automatisch** in den Zeitbasisbereichen von **500ms/div. bis 500µs/div.** Dann

wird während eines Zeit-Ablenkvorganges die Signaldarstellung ständig zwischen Kanal I und II umgeschaltet.

Alternierende Kanalumschaltung (**ALT**) erfolgt **automatisch** in den Zeitbasisbereichen von **200µs/div. bis 50ns/div.** Dabei wird während eines Zeit-Ablenkvorganges nur ein Kanal und mit dem nächsten Zeit-Ablenkvorgang der andere Kanal dargestellt.

Die von der Zeitbasis vorgegebene Art der **Kanalumschaltung** kann geändert werden. Liegt **DUAL**-Betrieb vor, bewirkt gleichzeitiges Drücken der **DUAL**- (25) und der **CH I**-Taste (24) die Änderung. Wird danach die Zeitkoeffizienteneinstellung (TIME/DIV. -Drehknopf) geändert, bestimmt der Zeitkoeffizient erneut die Art der Kanalumschaltung.

Nur im Digitalbetrieb.

Im Zweikanal (**DUAL**) -Digitalbetrieb erfolgt die Datenerfassung mit beiden A/D-Wandlern. Da keine Kanalumschaltung wie im Analog-Betrieb erforderlich ist, wird anstelle von „**ALT**“ bzw. „**CHP**“ die Digital-Betriebsart angezeigt.

ADD (Additions)-Betrieb kann durch gleichzeitiges Drücken der **DUAL**- (25) und **CH II**-Taste (28) eingeschaltet werden, wenn zuvor **DUAL**-Betrieb vorlag. Im Additionsbetrieb wird das **Triggerpegel-Symbol abgeschaltet**. Der Additionsbetrieb wird im Readout durch das Additionssymbol „+“ zwischen den Ablenkkoeffizienten beider Kanäle angezeigt.

Im **ADD (Additionsbetrieb)** -Betrieb werden zwei Signale addiert bzw. subtrahiert und das Resultat (algebraische Summe bzw. Differenz) als ein Signal dargestellt. Das Resultat ist nur dann richtig, wenn beide Ablenkkoeffizienten gleich sind.

Die Zeitlinie kann mit beiden **Y-POS.**-Drehknöpfen beeinflusst werden.

XY-Betrieb wird mit einem **langen Tastendruck** auf die **DUAL**-Taste eingeschaltet. Die Ablenkkoeffizientenanzeige im Readout zeigt dann „**CHY**: ...“ für Kanal I und „**CHX**: ...“ für Kanal II und „**XY**“ für die Betriebsart. Bei **XY**-Betrieb sind die gesamte **obere Readoutzeile** und das **Triggerpegel-Symbol abgeschaltet**; das gilt auch für die entsprechenden Bedienelemente. Die Kanal II betreffende **INV** (Invertierung)-Taste (16) und der **Y-POS. II**-Einsteller (17) sind ebenfalls unwirksam. Eine Signalpositionsänderung in X-Richtung kann mit dem **X-POS.**-Einsteller (21) vorgenommen werden.

Nur im Digital-Betrieb.

XY-Digitalbetrieb wird dadurch kenntlich gemacht, daß zusätzlich zur Readoutanzeige „**XY**“ die **RFR**-LED (7) leuchtet. Andere **STOR. MODE** -Einstellungen können dann nicht gewählt werden. Außerdem wird oben links im Readout die Abtastrate angezeigt (z.B. „100MS/s“), die mit dem **TIME/DIV.**-Drehknopf (31) einzustellen ist.

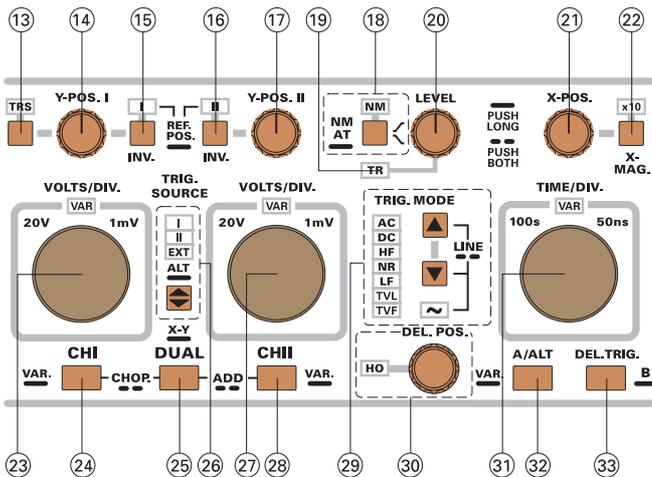
Ist die Abtastrate zu hoch, entstehen Lücken in der Darstellung von Lissajous-Figuren. Bei zu niedriger Abtastrate kommt es zu Darstellungen, bei denen das Frequenzverhältnis beider Signale nicht mehr bestimmbar ist. Die Einstellung der geeigneten Abtastrate wird vereinfacht, wenn beide Signale erst im Refresh **DUAL**-Betrieb dargestellt werden. Dabei ist mit dem **TIME/DIV.**-Einsteller der Zeitkoeffizient so einzustellen, daß jeder Kanal mindestens eine Signalperiode anzeigt. Anschließend kann auf **XY**-Digitalbetrieb geschaltet werden.

Achtung!

Gegenüber dem Analog-XY-Betrieb ergeben sich folgende Unterschiede:

Die Kanal II betreffende INV (Invertierung)-Taste (16) ist wirksam. Der Y-POS. II-Einsteller (17) wirkt als X-Positionseinsteller; dafür ist der X-POS.-Einsteller (21) abgeschaltet.

Die XY-Referenzsignalanzeige (REF. I und II müssen leuchten) kann in vertikaler und horizontaler Richtung verändert werden. Dieses setzt voraus, daß beide REF.POS. Anzeigen (I und II) leuchten. Dann bewirkt Y-POS. I eine Y-Ver-schiebung und Y-POS. II eine Positionsänderung in X-Richtung.



(26) TRIG. SOURCE - Die Anzeige der mit dieser Drucktaste gewählten Triggerquelle erfolgt oben im Readout mit "TR:Triggerquelle,.....". Voraussetzung hierfür ist, daß eine Betriebsart vorliegt, in welcher die Triggerung wirksam ist. Bei XY- oder ROLL-Betrieb erfolgt somit keine Anzeige der Triggerquelle. Bei Netzfrequenz-Triggerung ist die TRIG. SOURCE-Taste abgeschaltet und es leuchtet keine TRIG. SOURCE-LED.

Der Begriff Triggerquelle beschreibt die Signalquelle, deren Signal zur Triggerung benutzt wird. Liegt ein Signal an der TRIG. EXT.-Buchse (41) an, kann es als externes Triggersignal benutzt werden. In diesem Falle liegt dann externe Triggerung vor. Das Readout zeigt dann „TR:EXT...“ an, wobei das Triggerpegel-Symbol abgeschaltet wird.

Es kann aber auch mit interner Triggerung getriggert werden. Das Triggersignal wird dann von Kanal I oder II abgeleitet und mit „TR:CH1...“ oder „TR:CH2...“ angezeigt.

Welche interne Triggerquelle gewählt werden kann, hängt von der Kanal-Betriebsart ab; die externe Triggerung ist davon unabhängig.

Im Einkanal-Betrieb kann mit jedem kurzen Tastendruck zwischen dem gerade eingeschalteten Kanal oder dem externen Triggereingang (TRIG.EXT.-Buchse) gewählt werden. Liegt interne Triggerung vor und wird von der Einkanal-Betriebsart Kanal I auf Kanal II bzw. umgekehrt umgeschaltet, folgt die interne Triggerquelle automatisch.

Bei DUAL- und ADD- (Additions) Betrieb wird mit jedem kurzen Tastendruck die Triggerquelle in der Reihenfolge CH1, CH2, EXT, CH1.. umgeschaltet.

Mit einem langen Tastendruck wird die (interne) alternierende Triggerung eingeschaltet. Da die alternierende Triggerung auch alternierenden DUAL-Betrieb voraussetzt, wird diese Betriebsart automatisch mit eingeschaltet. Das Readout zeigt dann „TR:ALT...“ und die Ablenkoeffizienten beider Kanäle an. In dieser Betriebsart erfolgt die Triggerquellenumschaltung (CH1, CH2) synchron mit der Kanalumschaltung. Bei alternierender Triggerung wird das Triggerpegel-Symbol nicht angezeigt. Mit einem kurzen Tastendruck kann die alternierende Triggerung abgeschaltet werden.

Wenn eine der folgenden Betriebsarten vorliegt, kann nicht auf alternierende Triggerung umgeschaltet werden, bzw. wird die alternierende Triggerung automatisch abgeschaltet: ADD (Additions) -Betrieb, alternierender Zeitbasis- und B-Zeitbasis-Betrieb.

Nur im Digital-Betrieb.

Die Pre- bzw. Post-Triggerung wird automatisch abgeschaltet (auf 0% gesetzt = "PT0%"), wenn auf alternierende Triggerung umgeschaltet wird.

(27) VOLTS/DIV. - Für Kanal II steht im VOLTS/DIV.-Feld ein Drehknopf zur Verfügung, der eine Doppelfunktion hat.

Der Drehknopf ist nur wirksam, wenn Kanal II aktiv geschaltet und der Eingang eingeschaltet ist (AC- oder DC-Eingangskopplung). Kanal II ist im CH II (Mono)-, DUAL-, ADD- (Additions-) und XY-Betrieb wirksam. Die Feinsteller-Funktion wird unter VAR (28) beschrieben.

Die folgende Beschreibung bezieht sich auf die Funktion: Ablenkoeffizienten-Einstellung (Teilerschalter). Sie liegt vor, wenn die VAR.- LED nicht leuchtet.

Mit Linksdrehen wird der Ablenkoeffizient erhöht, mit Rechtsdrehen verringert. Dabei können Ablenkoeffizienten von 1mV/div. bis 20V/div. in 1-2-5 Folge eingestellt werden.

Der Ablenkoeffizient wird unten im Readout angezeigt (z.B. „CH1:5mV...“). Im unkalibrierten Betrieb wird anstelle des „:“ ein „>“ Symbol angezeigt.

(28) CH II - Diese Drucktaste hat mehrere Funktionen.

Mit einem kurzen Tastendruck wird auf Kanal II (Einkanal-Betrieb) geschaltet. Wenn zuvor weder externe noch Netz-Triggerung eingeschaltet waren, wird die interne Triggerquelle automatisch auf Kanal II umgeschaltet. Das Readout zeigt dann den Ablenkoeffizienten von Kanal II („CH2...“) und die Triggerquelle („TR:CH2...“). Die letzte Funktionseinstellung des VOLTS/DIV.-Drehknopfs (27) bleibt erhalten.

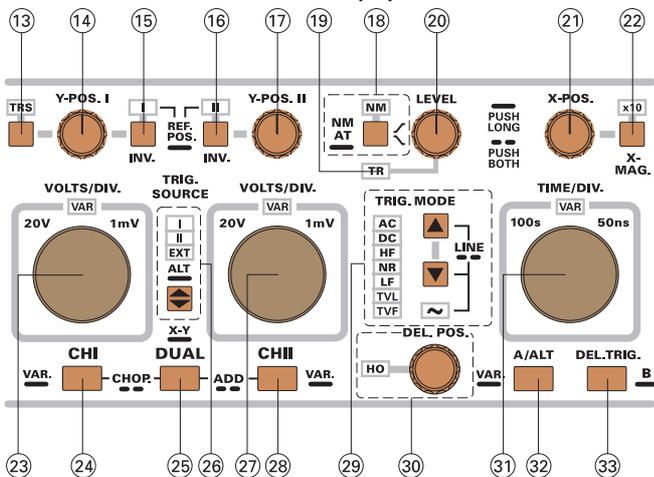
Alle auf diesen Kanal bezogenen Bedienelemente sind wirksam, wenn der Eingang (38) nicht auf GD (40) geschaltet wurde.

Mit jedem langen Betätigen der CH II-Taste wird die Funktion des VOLTS/DIV.-Drehknopfs umgeschaltet und mit der darüber befindlichen VAR-LED angezeigt. Leuchtet die VAR-LED nicht, kann mit dem Drehknopf der kalibrierte Ablenkoeffizient von Kanal II verändert werden (1-2-5 Folge). Wird die CH II-Taste dann lang gedrückt, leuchtet die VAR-LED und zeigt damit an, daß der Drehknopf nun als Feinsteller wirkt. Die kalibrierte Ablenkoeffizienteneinstellung bleibt erhalten, bis der Drehknopf einen Rastschritt nach links gedreht wurde. Daraus resultiert eine unkalibrierte Signalamplitudendarstellung („CH2>...“) und die dargestellte Signal-

amplitude wird kleiner. Wird der Drehknopf weiter nach links gedreht, vergrößert sich der Ablenkkoeffizient. Ist die untere Grenze des Feinstellbereichs erreicht, ertönt ein akustisches Signal.

Wird der Drehknopf nach rechts gedreht, verringert sich der Ablenkkoeffizient und die dargestellte Signalamplitude wird größer, bis die obere Feinstellbereichsgrenze erreicht ist. Dann ertönt wieder ein akustisches Signal und die Signaldarstellung erfolgt kalibriert („CH2:...“). Unabhängig von der Einstellung im Feinstellerbetrieb kann die Funktion des Drehknopfs jederzeit - durch nochmaliges langes Drücken der VAR.-Taste - auf die Teilerschalterfunktion (1-2-5 Folge, kalibriert) umgeschaltet werden. Dann erlischt die VAR-LED und das „CH2>...“ Symbol wird durch „CH2:...” ersetzt.

Die Beschriftung der Frontplatte zeigt, daß die CH II-Taste auch zusammen mit der DUAL-Taste (25) betätigt werden kann. Siehe Punkt (25).



(29) TRIG. MODE - Drucktasten mit LED's.

Wird eine der beiden TRIG. MODE-Tasten betätigt, wird die Triggerkopplung (Signalankopplung an die Trigger-einrichtung) umgeschaltet. Die Triggerkopplung wird mit der LED-Anzeige und oben im Readout angezeigt (z.B. TR:....., AC“).

Ausgehend von AC-Triggerkopplung bewirkt jeder Tastendruck auf die untere TRIG.-Taste ein Weiterschalten in der Folge:

- AC** - Wechsellspannungsankopplung
- DC** - Gleichspannungsankopplung (Spitzenwertfassung bei automatischer Triggerung abgeschaltet)
- HF** - Hochfrequenzankopplung mit Unterdrückung niederfrequenter Signalanteile
- NR** - Hochfrequenz-Rauschunterdrückung
- LF** - Niederfrequenzankopplung mit Unterdrückung hochfrequenter Signalanteile
- TVL** - TV-Triggerung durch Zeilen-Synchronimpulse (kein Triggerpegel-Symbol)
- TVF** - TV-Triggerung durch Bild-Synchronimpulse (kein Triggerpegel-Symbol)

In einigen Betriebsarten, wie z.B bei alternierender Triggerung, stehen nicht alle Triggerkopplungsarten zur Verfügung und sind daher nicht einschaltbar.

Werden die TRIG. MODE-Drucktasten gleichzeitig gedrückt, wird die Netzfrequenz-Triggerung ein- oder abgeschaltet.

Bei Netzfrequenz-Triggerung leuchtet die separat angeordnete LED:

~ - Netzfrequenzankopplung (kein Triggerpegel-Symbol) und das Readout zeigt „TR:~“.

Die TRIG. SOURCE-Taste (26) ist dann wirkungslos und es leuchtet keine TRIG. SOURCE-LED (26).

Mit dem Abschalten der Netzfrequenz-Triggerung stellt sich automatisch die AC-Triggerkopplung ein.

(30) HO - LED

DEL.POS. - Dieser Drehknopf hat zwei vom Zeitbasisbetrieb abhängige Funktionen.

Wird nur die A-Zeitbasis betrieben, wirkt der Drehknopf als Holdoff-Zeiteinsteller. Bei minimaler Holdoff-Zeit ist die **HO-LED** nicht eingeschaltet. Wird der Drehknopf im Uhrzeigersinn gedreht, leuchtet die HO-LED und die Holdoff-Zeit vergrößert sich. Bei Erreichen der maximalen Holdoff-Zeit ertönt ein Signal. Sinngemäß verhält es sich, wenn in die entgegengesetzte Richtung gedreht wird und die minimale Holdoff-Zeit erreicht wurde (**HO-LED** erlischt). Die letzte Holdoff-Zeiteinstellung bleibt gespeichert und wird automatisch auf den Minimalwert gesetzt, wenn eine andere A-Zeitbasis Einstellung gewählt wird. (Über die Anwendung der „Holdoff-Zeiteinstellung“ informiert der gleichnamige Absatz).

Im alternierenden A- und B-Zeitbasis-Betrieb, sowie im B-Zeitbasis-Betrieb, wirkt der Drehknopf als Verzögerungszeit-Einsteller (die zuvor gewählte Holdoff-Zeit bleibt erhalten). Die Verzögerungszeit wird im alternierenden A- und B-Zeitbasis-Betrieb auf dem Strahl der A-Zeitbasis durch den Anfang (links) eines Hellspektors sichtbar gemacht. Wenn die B-Zeitbasis im Freilauf (ungetriggert) arbeitet, wird die Verzögerungszeit oben rechts im Readout mit „Dt:...“ (Delay time = Verzögerungszeit) angezeigt. Sie bezieht sich auf den Zeit-Ablenkkoeffizienten der A-Zeitbasis und dient lediglich als Hilfe zum Auffinden des z.T. sehr schmalen Hellspektors.

Nur im Digital-Betrieb.

In dieser Betriebsart ist die Holdoff-Zeit immer auf den Minimalwert gesetzt und kann nicht verlängert werden. Die letzte Holdoff-Zeiteinstellung im Analogbetrieb wird nicht gespeichert. Folglich liegt die minimale Holdoffzeit vor, wenn wieder auf Analogbetrieb geschaltet wird.

(31) TIME/DIV. - Mit dem im TIME/DIV. Feld befindlichen

Drehknopf wird der Zeit-Ablenkkoeffizient eingestellt und oben links im Readout angezeigt. Leuchtet die oberhalb des Drehknopfes befindliche VAR-LED nicht, wirkt der Drehknopf als Zeitbasisschalter. Er bewirkt dann die Zeit-Ablenkkoeffizientenumschaltung in 1-2-5 Folge; dabei ist die Zeitbasis kalibriert. Linksdrehen vergrößert und Rechtsdrehen verringert den Zeit-Ablenkkoeffizienten. Leuchtet die VAR-LED, wirkt der Drehknopf als Feinsteller. Die folgende Beschreibung bezieht sich auf die Funktion als Zeitbasisschalter.

Bei A-Zeitbasis-Betrieb verändert der Drehknopf nur diese Zeitbasis. Ohne X Dehnung x10 können im Analog-Betrieb Zeit-Ablenkkoeffizienten zwischen 500ms/div. und 50ns/div. in 1-2-5 Folge gewählt werden. Liegt Digital-Betrieb vor, kann die A-Zeitbasis auf Zeit-Ablenkkoeffizienten von 100s/div. bis 500ns/div. eingestellt werden.

In den Zeitbasisbetriebsarten ALT (A alternierend mit B) und B ist mit dem Drehknopf der B-Zeit-Ablenkkoeffizient

von B zu bestimmen. Der Einstellbereich der B-Zeitbasis reicht von 20ms/div. bis 50ns/div. (Digital-Betrieb: 20ms/div. bis 500ns/div.), ist aber abhängig von der A-Zeitbasis. Es wird verhindert, daß der B-Zeit-Ablenkoeffizient größer als der A-Zeit-Ablenkoeffizient werden kann, da ein derartiger Betrieb keinen Sinn ergeben würde. Ist z.B. die A-Zeitbasis auf z.B. 200µs/div. geschaltet, läßt die B-Zeitbasis sich nicht auf 500µs/div. schalten. Beide Zeit-Ablenkoeffizienten würden 200µs/div. betragen. Mit einer Verringerung des Zeit-Ablenkoeffizienten der A-Zeitbasis von 200µs/div. auf z.B. 100µs/div wird der B-Zeit-Ablenkoeffizient automatisch auch auf 100µs/div. geschaltet.

Achtung: Die unterschiedlichen Zeitkoeffizientenbereiche der Analog- bzw. Digital-Zeitbasis führen beim Umschalten zwischen Analog- und Digital-Betrieb zu Besonderheiten. Sie sind unter Punkt (7) beschrieben.

(32) A/ALT

VAR. - Diese Drucktaste hat mehrere Funktionen.

Das Oszilloskop verfügt über 2 Zeitbasen (A und B). Mit der B-Zeitbasis läßt sich ein Ausschnitt der Signal-darstellung der A-Zeitbasis vergrößert darstellen. Das Verhältnis Zeit-Ablenkoeffizient A zu Zeitablenkoeffizient B bestimmt die Vergrößerung. Mit zunehmender Vergrößerung nimmt die Strahlhelligkeit der B-Darstellung ab.

Wenn eine zum Triggern geeignete Signalfanke am Anfang der B-Zeitbasis-Signaldarstellung vorliegt, kann die Darstellung auch getriggert vorgenommen werden. Mit jedem kurzen Tastendruck wird zwischen A-Zeitbasis und alternierendem Zeitbasisbetrieb gewählt. Der alternierende Zeitbasisbetrieb ermöglicht Einstellungen für den nachfolgenden B-Zeitbasisbetrieb und ist als Hilfsfunktion zu betrachten.

Die aktuelle Zeitbasis-Betriebsart wird durch das Readout sichtbar gemacht. Ist nur die A-Zeitbasis in Betrieb, wird oben links auch nur „A....“ angezeigt. Der TIME/DIV.-Drehknopf beeinflusst dann nur die A-Zeitbasis.

Bei alternierendem (ALT) Zeitbasis-Betrieb zeigt das Readout die Zeit-Ablenkoeffizienten beider Zeitbasen („A....“ und rechts daneben „B....“) an. In diesem Falle beeinflusst der TIME/DIV.-Drehknopf nur die B-Zeitbasis. Bei ALT-Zeitbasisbetrieb wird ein Teil der A-Zeitbasis aufgehellt dargestellt (siehe „INTENS“). Die horizontale Position des aufgehellten Sektors ist mit dem DEL. POS.-Drehknopf kontinuierlich veränderbar, wenn die B-Zeitbasis im Freilauf-Betrieb arbeitet (siehe „HO - DEL. POS.“). Der Zeit-Ablenkoeffizient der B-Zeitbasis bestimmt die Breite des aufgehellten Sektors. Nur der aufgehellte Sektor der A-Zeitbasis-Signaldarstellung wird mit der B-Zeitbasis dargestellt. Die vertikale Strahlposition der B-Zeitbasis kann in dieser Zeitbasis-Betriebsart verändert werden (siehe „TRS“).

Nur im Analogbetrieb kann mit einem langen Tastendruck die Funktion des TIME/DIV. Drehknopfes geändert werden. Die Änderung betrifft nur die gerade aktive Zeitbasis (im alternierenden Zeitbasisbetrieb die B-Zeitbasis). Der TIME/DIV. Drehknopf kann als Zeit-Ablenkoeffizienten-Schalter oder - nur im Analogbetrieb - als Zeit-Feinsteller arbeiten. Angezeigt wird dies mit der VAR-LED. Leuchtet die VAR-LED, wirkt der Drehknopf als Feinsteller, wobei die Zeitbasis zunächst noch kalibriert ist. Mit einem Rastschritt nach links erfolgt die Zeitablenkung unkalibriert. Im Readout wird dann anstel-

le „A:...“ nun „A>...“, bzw. statt „B:...“ nun „B>...“ angezeigt. Mit weiterem Linksdrehen vergrößert sich der Zeit-Ablenkoeffizient (unkalibriert), bis das Maximum akustisch signalisiert wird. Wird der Drehknopf dann nach rechts gedreht, erfolgt die Verringerung des Ablenkoeffizienten, bis das Signal erneut ertönt. Dann ist der Feinsteller in der kalibrierten Stellung und das „>“ Symbol wird durch das „:“ Symbol ersetzt. Bei Feinstellerbetrieb bleibt die aktuelle Einstellung erhalten, auch wenn die Zeitbasisbetriebsart geändert wird.

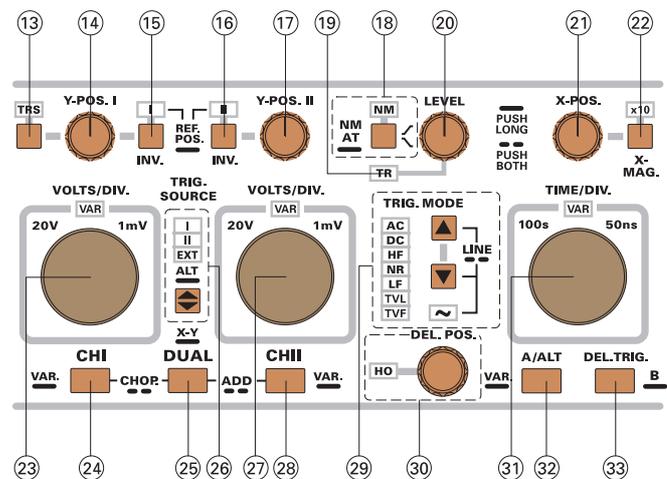
Unabhängig von der Einstellung im Feinstellerbetrieb, kann die Funktion des Drehknopfs jederzeit - durch nochmaliges Drücken der VAR. -Taste - auf kalibrierte Zeitbasischalterfunktion umgeschaltet werden. Dann erlischt die VAR-LED.

Nur im Digital-Betrieb.

Da die Signaldarstellung im B-Zeitbasisbetrieb gegenüber der A-Zeitbasis verzögert ist, würden weitere Änderungen des Triggerzeitpunkts nur Probleme bei der Beurteilung des Signals bewirken. Aus diesem Grunde wird im alternierenden- und im B-Zeitbasisbetrieb keine Pre- bzw. Post-Triggerung ermöglicht. Die PTR (9) - Taste ist dann unwirksam und die entsprechende Anzeige im Readout abgeschaltet.

Die Erfassung von Einzelereignissen (SGL) wird nur im A- Zeitbasisbetrieb ermöglicht.

ROLL-Betrieb wird nur im A-Zeitbasisbetrieb ermöglicht.



(33) DEL. TRIG.

B - Drucktaste mit Doppelfunktion.

Ein langer Tastendruck schaltet auf B-Zeitbasisbetrieb, falls zuvor A- oder alternierender Zeitbasisbetrieb vorlag. Mit einem erneuten langen Tastendruck wird auf die vorhergehende Zeitbasisbetriebsart (A oder alternierend) zurückgeschaltet. Mit einem kurzen Tastendruck auf die A/ALT - VAR.-Taste (32) wird direkt auf A-Zeitbasisbetrieb geschaltet.

Nur in der Kombination von Analog-Betrieb und B-Zeitbasisbetrieb, kann mit langem Betätigen der A/ALT - VAR. -Taste (32) die Funktion des TIME/DIV.-Drehknopfes gewählt werden.

Mit einem kurzen Tastendruck wird zwischen getriggert oder freilaufender B-Zeitbasis umgeschaltet, wenn alternierender- oder B-Zeitbasisbetrieb vorliegt.

Die aktuelle Einstellung wird oben rechts im Readout angezeigt. Im Freilaufbetrieb wird die Verzögerungszeit („Dt:...“) angezeigt. Mit kurzem Betätigen der DEL. TRIG.-Taste wird stattdessen „DTr: Triggerflankenrichtung, DC (Triggerkopplung)“ angezeigt. Die für die A-Zeitbasis gewählten Trigger-Parameter (LEVEL-Einstellung, Flankenrichtung und Kopplung) werden gespeichert und bleiben erhalten.

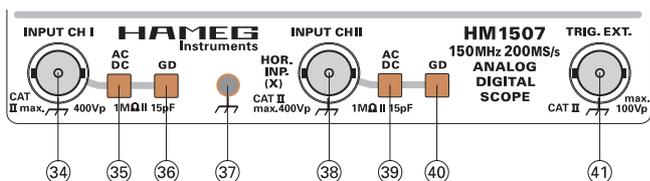
Der Trigger-LEVEL (20) und die Flankenrichtung (18) können nun, unabhängig von den vorherigen Einstellungen, für die B-Zeitbasis mit denselben Bedienelementen eingestellt werden. Normal-Triggerung und DC-Triggerkopplung sind für die Triggereinrichtung der B-Zeitbasis fest vorgegeben.

Bei geeigneter Einstellung wird auf die nächste geeignete Signalflanke, die nach Ablauf der im Freilauf eingestellten Verzögerungszeit (Anfang des Hellsektors) auftritt, getriggert. Bei mehreren Triggerflanken in der A-Zeitbasis Darstellung erfolgt beim Drehen am DEL. POS.-Knopf nun die Verschiebung des Hellsektors nicht mehr kontinuierlich, sondern von Triggerflanke zu Triggerflanke springend.

Liegt eine Betriebsart vor, in der das Triggerpegelsymbol angezeigt wird, ändert es sich mit dem Umschalten auf Delay-Trigger. Das Triggerpegelsymbol wird um den Buchstaben „B“ ergänzt und kann mit dem LEVEL-Knopf in seiner vertikalen Position verändert werden.

Befindet sich das B-Triggerpegelsymbol im alternierenden Zeitbasis-Betrieb außerhalb der Signaldarstellung der A-Zeitbasis, wird die B-Zeitbasis nicht getriggert. Deshalb erfolgt dann keine Darstellung der B-Zeitbasis. Im (nur) B-Zeitbasis-Betrieb verhält es sich nicht anders, nur das sich dann das B-Symbol auf die Signaldarstellung der B-Zeitbasis bezieht.

Im untersten Feld der großen Frontplatte befinden sich BNC-Buchsen und vier Drucktasten, sowie eine 4 mm Buchse für Bananenstecker.



(34) INPUT CH I - BNC-Buchse dient als Signaleingang für Kanal I. Der Außenanschluß der Buchse ist galvanisch mit dem (Netz) Schutzleiter verbunden. Bei XY-Betrieb ist der Eingang auf den Y-Meßverstärker geschaltet. Dem Eingang sind die im Folgenden aufgeführten Drucktasten zugeordnet:

(35) AC

DC - Drucktaste schaltet mit jedem Tastendruck von AC- (Wechselspannung) auf DC- (Gleichspannung) Signalan-kopplung. Die aktuelle Einstellung wird im Readout im Anschluß an den Ablenkkoeffizienten mit dem „~“ bzw. dem „=“ Symbol angezeigt.

(36) GD - Wird im Readout das Erde-Symbol anstelle des Ablenkkoeffizienten und der Signalan-kopplung ange-zeigt, ist das am Signaleingang anliegende Signal abge-schaltet und es wird (bei automatischer Triggerung) nur eine in Y-Richtung unabgelenkte Strahllinie dargestellt.

(37) Massebuchse - für Bananenstecker mit einem Durch-messer von 4 mm. Die Buchse ist galvanisch mit dem (Netz) Schutzleiter verbunden.

Die Buchse dient als Bezugspotentialanschluß bei **CT** (Komponententester-Betrieb), kann aber auch bei der Messung von Gleichspannungen bzw. niederfrequenten Wechselspannungen als Meßbezugspotentialanschluß benutzt werden.

(38) INPUT CH II - BNC-Buchse dient als Signaleingang für Kanal II. Der Außenanschluß der Buchse ist galvanisch mit dem (Netz) Schutzleiter verbunden. Bei XY-Betrieb ist der Eingang auf den X-Meßverstärker geschaltet. Dem Eingang sind die im Folgenden aufgeführten Druck-tasten zugeordnet:

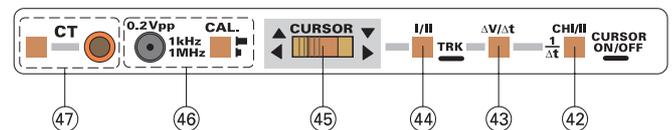
(39) AC

DC - Drucktaste schaltet mit jedem Tastendruck von AC- (Wechselspannung) auf DC- (Gleichspannung) Signalan-kopplung. Die aktuelle Einstellung wird im Readout im Anschluß an den Ablenkkoeffizienten mit dem „~“ bzw. dem „=“ Symbol angezeigt.

(40) GD - Wird im Readout das Erde-Symbol anstelle des Ablenkkoeffizienten und der Signalan-kopplung ange-zeigt, ist das am Signaleingang anliegende Signal abge-schaltet und es wird (bei automatischer Triggerung) nur eine in Y-Richtung unabgelenkte Strahllinie dargestellt.

(41) TRIG. EXT. - BNC-Buchse dient als Signaleingang für externe Triggersignale. Die Triggerquelle wird mit der TRIG.-SOURCE (26) Taste bestimmt. Der Außenan-schluß der Buchse ist galvanisch mit dem (Netz) Schutz-leiter verbunden.

Unter der Strahlröhre befinden sich die Cursor-, Kalibrator- und Komponententester-Bedienelemente, sowie 2 Buch-sen.



(42) CURSOR ON/OFF CH/II 1/Δt

- Diese Drucktaste hat mehrere Funktionen.

Wird die Drucktaste lang gedrückt, werden die Meß-Cursoren aus- oder eingeschaltet.

Mit einem kurzen Tastendruck kann zwischen Kanal I oder Kanal II Spannungsmessung bzw. Δt (Zeit-) oder 1/Δt (Frequenz-Messung) gewählt werden. Welche dieser Messungen erfolgt, wird mit der ΔV/Δt-Taste (43) be-stimmt.

Bei ΔV (Spannungs)-Messung verlaufen die Cursorlinien horizontal. Nur im DUAL-Betrieb besteht die Notwendigkeit, zwischen den möglicherweise unterschiedlichen Ablenkkoeffizienten von Kanal I und II, zu wählen. Das Meßergebnis wird unten rechts im Readout mit „ΔV1:...“ oder „ΔV2:...“ sichtbar gemacht, wenn die Ablenk-koeffizienten kalibriert sind. Dabei muß sich die Einstellung der Cursoren auf das Signal des gewählten Kanals beziehen. Der angezeigte Spannungsmeßwert bezieht sich auf den Signal-Eingang ohne Tasteteiler.

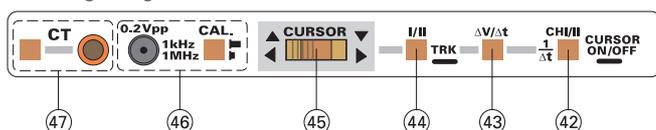
Bei Messungen mit einem Tastteiler muß die angezeigte Spannung mit dem Teilungsverhältnis multipliziert werden.

Bei XY-Betrieb und „ ΔV “ (Spannungsmessung) werden die Cursors beim Umschalten von CHI auf CHII von horizontal auf vertikal verlaufende Linien umgeschaltet. Gleichzeitig wird im Readout „ ΔVY :...“ und „ ΔVX :...“ angezeigt.

Wird mit unkalibrierten Ablenkkoeffizienten (Readout z.B. „CH1>...“) gemessen, kann kein exaktes Meßergebnis angezeigt werden. Das Readout zeigt dann: „ $\Delta V1$ >...“, „ $\Delta V2$ >...“ oder „ ΔVY >...“, „ ΔVX >...“.

Bei **Zeit-** bzw. **Frequenzmessung** verlaufen die Cursorlinien senkrecht. Mit einem kurzen Tastendruck kann bestimmt werden, welche Messung erfolgt. Die Messung und das daraus resultierende Meßergebnis bezieht sich auf die Signaldarstellung der dabei wirksamen Zeitbasis (A oder B). Bei alternierendem Zeitbasisbetrieb, in dem die Signaldarstellung mit beiden Zeitbasen erfolgt, bezieht sich die Messung auf die Darstellung der B-Zeitbasis.

Ist die Zeitbasis kalibriert, wird bei Zeitmessung das Meßergebnis mit „ Δt :...“ unten rechts im Readout angezeigt. Bei Frequenzmessung erfolgt die Anzeige „f:...“. Bei unkalibrierter Zeitbasis wird „ Δt >...“ bzw. „f<...“ angezeigt.



(43) $\Delta V/\Delta t$ - Mit dieser Drucktaste werden die Cursors zwischen Spannungs- und Zeit-/Frequenz-Messung umgeschaltet.

Bei Spannungsmessung werden die Cursors im Readout als waagerechte Linien dargestellt. Nur wenn DUAL-Betrieb vorliegt, besteht die Notwendigkeit, zwischen Kanal I und II zu wählen. Ein kurzer Tastendruck auf „CURSOR ON/OFF - CHI/II - $1/\Delta t$ “ **(42)** schaltet um.

Werden die Cursors als senkrechte Linien angezeigt, erfolgt eine Zeit- oder Frequenz-Messung. Die Umschaltung zwischen Zeit- und Frequenz-Messung kann mit der Taste „CURSOR ON/OFF - CHI/II - $1/\Delta t$ “ **(42)** vorgenommen werden. Im Readout unten rechts wird dann entweder „ Δt ...“, oder „f...“ angezeigt. **Bei XY-Betrieb werden wegen der abgeschalteten Zeitbasis Zeit- und Frequenzmessungen nicht ermöglicht.**

Bei Additionsbetrieb (**ADD**) müssen beide Kanäle mit dem gleichen Ablenkkoeffizienten betrieben werden. Daher muß und kann bei Spannungsmessung nicht zwischen CHI und II gewählt werden. Das Readout zeigt „ ΔV ...“ an. Sind die Ablenkkoeffizienten dennoch unterschiedlich (z.B. ein Kanal unkalibriert), zeigt das Readout „CH1< >CH2“ an.

(44) I/II - TRK - Drucktaste für die Cursor-Umschaltung.

Um Messungen mit Hilfe der Cursors vornehmen zu können, muß die Position beider Cursorlinien separat und gemeinsam einstellbar sein. Die Einstellung des aktiv geschalteten Cursors erfolgt mit der „CURSOR“-Wipptaste **(45)**.

Bei eingeschalteten Cursors erfolgt mit jedem kurzen Tastendruck die Umschaltung des aktiven Cursors von I

auf II und umgekehrt. Der aktive Cursor wird als eine durchgehende Linie dargestellt, die aus Punkten besteht. Der nicht aktive Cursor wird durch Lücken in der Punktierung dargestellt.

Mit einem langen Tastendruck werden beide Cursorlinien aktiv geschaltet. Dann liegt TRK (Track = Spur)-Betrieb vor und die Position beider Cursors kann gleichzeitig verändert werden. Ein kurzer Tastendruck schaltet den Trackbetrieb ab und es ist nur noch ein Cursor aktiv.

(45) CURSOR - Wipptaste steuert die vertikale bzw. horizontale Position des aktiven Cursors. Die Bewegungsrichtung entspricht dem jeweiligen Symbol.

Die Positionsänderung des Cursors kann schnell oder langsam erfolgen; je nachdem ob die Wipptaste nur ein wenig oder ganz nach links oder rechts gedrückt wird.

(46) CAL.

Drucktaste mit zugeordneter konzentrischer Buchse.

Entsprechend den Symbolen auf der Frontplatte, kann bei ausgerasteter Taste ein Rechtecksignal von ca. 1kHz mit einer Amplitude von $0,2V_{SS}$ entnommen werden. Mit eingerasteter Taste ändert sich die Frequenz auf ca. 1MHz. Beide Signale dienen der Frequenzkompensation von 10:1 Tastteilern.

(47) CT - Drucktaste und 4 mm Bananenstecker-Buchse.

Mit dem Betätigen der CT (Komponententester)- Taste kann zwischen Oszilloskop- und Komponententester-Betrieb gewählt werden. **Siehe Komponenten-Test.**

Bei Komponententester-Betrieb wird dabei automatisch auf Analog-Betrieb umgeschaltet und das Readout zeigt nur noch „CT“ an. Alle Bedienelemente und LED-Anzeigen außer „INTENS“, „READ OUT“-Taste, LED „A“ bzw. „RO“ **(4)**, „TR“ **(5)** und „FOCUS“ **(6)** sind abgeschaltet.

Die Prüfung von elektronischen Bauelementen erfolgt zweipolig. Dabei wird ein Anschluß des Bauelements mit der 4mm Buchse, welche sich neben der CT-Taste befindet, verbunden, verbunden. Der zweite Anschluß erfolgt über die Massebuchse **(37)**.

Die letzten Betriebsbedingungen des Oszilloskopbetriebs liegen wieder vor, wenn der Komponententester abgeschaltet wird.

Menü

Das Oszilloskop verfügt auch über ein Einstell (SETUP)-Menü. In diesem Menü können Einstellungen vorgegeben werden, die das Betriebsverhalten betreffen.

Nach dem Einschalten des Oszilloskops und einer Wartezeit erscheint das „HAMEG Instruments“-Logo und die Anzeige der Softwareversion „Rel. xx“ auf dem Leuchtschirm. Dann muß die AUTO SET-Taste so lange gedrückt werden, bis diverse Softwaretests beendet sind. Anschließend erscheint „MAIN MENU“ auf dem Leuchtschirm und das Drücken der AUTO SET-Taste kann beendet werden.

Unter „MAIN MENU“ kann mit der Wipptaste (45) zwischen dem „CALIBRATION“ und dem „SETUP“ Menü gewählt werden. Das aktuelle (Unter)-Menü wird mit größerer Strahlhelligkeit angezeigt. Mit der CURSOR ON/OFF-Taste **(42)** wird das Untermenü aufgerufen. Anschließend kann ein darin befindlicher Menüpunkt mit der CURSOR ON/OFF-Taste gewählt werden. Ein kurzer Tastendruck auf die AUTO SET-

Taste führt auf das „MAIN MENU“ zurück. Danach kann entweder das andere Untermenü aufgerufen werden oder mit nochmaligem Betätigen der AUTO SET-Taste auf normalen Betrieb umgeschaltet werden. Informationen über das „CALIBRATION“-Menü können dem Abschnitt „Abgleich“ entnommen werden.

Das „SETUP“-Menu ermöglicht dem Anwender, Änderungen vorzunehmen, die das Verhalten des Oszilloskops betreffen:

1. **CONTROLS BEEP ON/OFF.** In der OFF-Stellung werden die Signaltöne abgeschaltet, welche sonst beim Betätigen von Bedienelementen ertönen. Die ON/OFF-Umschaltung erfolgt mit der CURSOR ON/OFF-Taste (42).
2. **ERROR BEEP ON/OFF.** Signaltöne, mit denen sonst Fehler signalisiert werden, sind in der OFF Stellung abgeschaltet. Die ON/OFF-Umschaltung erfolgt mit der CURSOR ON/OFF-Taste (42).

Nach dem Einschalten des Oszilloskops werden CONTROLS BEEP und ERROR BEEP immer auf ON gesetzt.

3. **QUICK START ON/OFF.** In Stellung ON ist das Oszilloskop nach kurzer Zeit sofort einsatzbereit. Die Einblendung des HAMEG-Logos erfolgt dann nicht. Um wieder in die OFF-Stellung zu gelangen, muß während des Einschaltens die AUTOST-Taste gedrückt sein. Danach erscheint die Menü und es kann QUICK START gewählt werden.
4. **LOAD SR DEFAULT** wird mit der CURSOR ON/OFF-Taste eingeschaltet. Mit LOAD SR DEFAULT übernehmen alle Speicherplätze (SR = SAVE/RECALL) mit Geräteeinstellungen folgende Werte:
Einkanalbetrieb („CH1:500mV-“),
A-Zeitbasisbetrieb („A:100µs“) und
automatische Spitzenwerttriggerung („TR:CH1/AC“).
5. **RESTORE FACTORY DEFAULT.** Wenn versehentlich ein Abgleich im CALIBRATE MENU durchgeführt wurde, der anschließend nicht mit OVERWRITE FACTORY DEFAULT abgespeichert wurde, kann der Werksabgleich mit dieser Funktion wieder aktiviert werden.
6. **OVERWRITE FACTORY DEFAULT.**

Vorsicht! Mit dem Aufrufen dieser Funktion wird der Werksabgleich mit neuen Daten überschrieben. Der Werksabgleich geht damit verloren und kann mit RESTORE FACTORY DEFAULT nicht mehr aufgerufen werden.

Diese Funktion ist nur für Fälle gedacht, in denen mit geeigneten, sehr teuren Geräten ein "0% Fehler"- Abgleich durchgeführt werden kann (z.B. für extreme Umgebungsbedingungen).

Inbetriebnahme und Voreinstellungen

Vor der ersten Inbetriebnahme muß die Verbindung zwischen Schutzleiteranschluß und dem Netz-Schutzleiter vor jeglichen anderen Verbindungen hergestellt sein (Netzstecker also vorher anschließen).

Danach sollten die Meßkabel an die Eingänge angeschlossen werden und erst dann mit dem zunächst stromlosen Meßobjekt verbunden werden, das anschließend einzuschalten ist.

Es wird empfohlen, dann die **AUTO SET** - Taste zu drücken. Mit der roten Netztaaste **POWER** wird das Gerät in Betrieb gesetzt, dabei leuchten zunächst mehrere Anzeigen auf.

Dann übernimmt das Oszilloskop die Einstellungen, welche beim vorhergehenden Ausschalten vorlagen. Wird nach ca. 20 Sekunden Anheizzeit kein Strahl bzw. das Readout sichtbar, sollte die **AUTO SET** -Taste betätigt werden.

Ist die Zeitlinie sichtbar, wird am **INTENS**- Knopf eine mittlere Helligkeit und am **FOCUS-Knopf** die maximale Schärfe eingestellt. Dabei sollte die Eingangskopplung auf **GD** (ground = Masse) geschaltet sein. Der Eingang ist dann abgeschaltet. Damit ist sichergestellt, daß keine Störspannungen von außen die Fokussierung beeinflussen können.

Zur Schonung der Strahlröhre sollte immer nur mit jener Strahlintensität gearbeitet werden, die Meßaufgabe und Umgebungsbeleuchtung gerade erfordern. Besondere Vorsicht ist bei stehendem, punktförmigen Strahl geboten. Zu hell eingestellt, kann dieser die Leuchtschicht der Röhre beschädigen. Ferner schadet es der Kathode der Strahlröhre, wenn das Oszilloskop oft kurz hintereinander aus- und eingeschaltet wird.

Strahldrehung TR

Trotz Mumetall-Abschirmung der Bildröhre lassen sich erdmagnetische Einwirkungen auf die horizontale Strahlage nicht ganz vermeiden. Das ist abhängig von der Aufstellrichtung des Oszilloskops am Arbeitsplatz. Dann verläuft die horizontale Strahllinie in Schirmmitte nicht exakt parallel zu den Rasterlinien. Die Korrektur weniger Winkelgrade ist an einem Potentiometer hinter der mit **TR** (5) bezeichneten Öffnung mit einem kleinen Schraubendreher möglich.

Tastkopf-Abgleich und Anwendung

Damit der verwendete Tastteiler die Form des Signals unverfälscht wiedergibt, muß er genau an die Eingangsimpedanz des Vertikalverstärkers angepaßt werden. Ein im Oszilloskop eingebauter Generator liefert hierzu ein Rechtecksignal mit sehr kurzer Anstiegszeit (<4ns am 0,2V_{ss} Ausgang) und Frequenzen von ca. 1kHz oder 1MHz. Das Rechtecksignal kann der konzentrischen Buchse unterhalb des Bildschirms entnommen werden. Sie liefert 0.2V_{ss} ±1% für Tastteiler 10:1. Die Spannung entspricht einer Bildschirmamplitude von 4cm Höhe, wenn der **Eingangsteiler** auf den Ablenkoeffizienten 5mV/cm eingestellt ist.

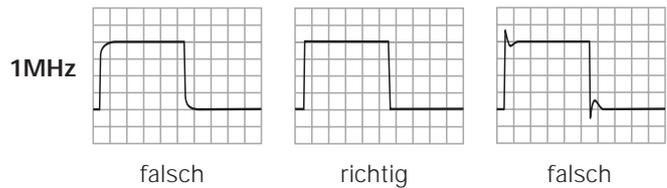
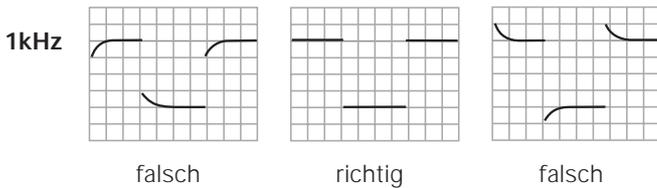
Der Innendurchmesser der Buchse beträgt 4,9mm und entspricht dem (an Bezugspotential liegenden) Außendurchmesser des Abschirmrohres von modernen Tastköpfen der Serie F (international vereinheitlicht). Nur hierdurch ist eine extrem kurze Masseverbindung möglich, die für hohe Signalfrequenzen und eine unverfälschte Kurvenform-Wiedergabe von nicht-sinusförmigen Signalen Voraussetzung ist.

Abgleich 1kHz

Dieser C-Trimmerabgleich (NF-Kompensation) kompensiert die kapazitive Belastung des Oszilloskop-Eingangs. Durch den Abgleich bekommt die kapazitive Teilung dasselbe Teilerverhältnis wie die ohmsche Spannungsteilung.

Dann ergibt sich bei hohen und niedrigen Frequenzen dieselbe Spannungsteilung wie für Gleichspannung. Für Tastköpfe 1:1 oder auf 1:1 umgeschaltete Tastköpfe ist dieser Abgleich weder nötig noch möglich. Voraussetzung für den Abgleich ist die Parallelität der Strahllinie mit den horizontalen Rasterlinien (siehe „**Strahldrehung TR**“).

Tastteiler 10:1 an den **CH1** -Eingang anschließen, dabei Oszilloskop auf Kanal I betreiben, Eingangskopplung auf DC stellen, Eingangsteiler auf 5mV/cm und **TIME/DIV.** auf 0.2ms/cm schalten (**beide kalibriert**), Tastkopf (Teiler 10:1) in die CAL.-Buchse einstecken.



Auf dem Bildschirm sind 2 Wellenzüge zu sehen. Nun ist der NF-Kompensationstrimmer abzugleichen, dessen Lage der Tastkopfinformation zu entnehmen ist. Mit dem beigegebenen Isolierschraubendreher ist der Trimmer so abzugleichen, bis die oberen Dächer des Rechtecksignals exakt parallel zu den horizontalen Rasterlinien stehen (siehe Bild 1kHz). Dann sollte die Signalthöhe $4\text{cm} \pm 1,2\text{mm}$ ($\approx 3\%$) sein. Die Signalfanken sind in dieser Einstellung unsichtbar.

Es wird darauf hingewiesen, daß die Reihenfolge erst 1kHz-, dann 1MHz-Abgleich einzuhalten ist, aber nicht wiederholt werden muß, und daß die Kalibrator-Frequenzen 1kHz und 1MHz nicht zur Zeit-Eichung verwendet werden können. Ferner weicht das Tastverhältnis vom Wert 1:1 ab.

Abgleich 1MHz

Voraussetzung für einen einfachen und exakten Tastteilerabgleich (oder eine Ablenkkoeffizientenkontrolle) sind horizontale Impulsdächer, kalibrierte Impulshöhe und Nullpotential am negativen Impulsdach. Frequenz und Tastverhältnis sind dabei nicht kritisch.

Ein HF-Abgleich ist bei den Tastköpfen HZ51, 52 und 54 möglich.

Betriebsarten der Vertikalverstärker

Diese besitzen Entzerrungsglieder, mit denen es möglich ist, den Tastkopf auf einfachste Weise im Bereich der oberen Grenzfrequenz des Vertikalverstärkers optimal abzugleichen.

Die für die Betriebsarten der Vertikalverstärker wichtigsten Bedienelemente sind die Drucktasten: CHI(24), DUAL (25) und CHII(28).

Nach diesem Abgleich erhält man nicht nur die maximal mögliche Bandbreite im Tastteilerbetrieb, sondern auch eine weitgehend konstante Gruppenlaufzeit am Bereichsende. Dadurch werden Einschwingverzerrungen (wie Überschwängen, Abrundung, Nachschwängen, Löcher oder Höcker im Dach) in der Nähe der Anstiegsflanke auf ein Minimum begrenzt.

Die Betriebsartenumschaltung ist im Abschnitt „Bedienelemente und Readout“ beschrieben.

Die gebräuchlichste Art der mit Oszilloskopen vorgenommenen Signaldarstellung ist der Yt-Betrieb. In dieser Betriebsart lenkt die Amplitude des zu messenden Signals (bzw. der Signale) den Strahl in Y-Richtung ab. Gleichzeitig wird der Strahl von links nach rechts abgelenkt (Zeitbasis).

Die Bandbreite des Oszilloskops wird also bei Benutzung der Tastköpfe HZ51, 52 und 54 ohne Inkaufnahme von Kurvenformverzerrungen voll genutzt. Voraussetzung für diesen HF-Abgleich ist ein Rechteckgenerator mit kleiner Anstiegszeit (typisch 4ns) und niederohmigem Ausgang (ca. 50Ω), der bei einer Frequenz von 1MHz eine Spannung von $0,2V_{SS}$ abgibt. Der Kalibratorausgang des Oszilloskops erfüllt diese Bedingungen, wenn die **CAL**-Taste eingerastet ist (1MHz).

Der bzw. die Vertikalverstärker bietet/bieten dabei folgende Möglichkeiten:

Tastköpfe des Typs HZ51, 52 oder 54 an den **CH.I**-Eingang anschließen, nur Kalibrator-Taste 1MHz drücken, Eingangskopplung auf DC, Eingangsteiler auf 5mV/cm und **TIME/DIV. auf $0,1\mu\text{s/cm}$ stellen (beide kalibriert)**. Tastkopf in Buchse $0,2V_{pp}$ einstecken. Auf dem Bildschirm ist ein Wellenzug zu sehen, dessen Rechteckflanken jetzt auch sichtbar sind. Nun wird der HF-Abgleich durchgeführt. Dabei sollte man die Anstiegsflanke und die obere linke Impuls-Dachecke beachten.

- Die Darstellung nur eines Signales im Kanal I-Betrieb.
- Die Darstellung nur eines Signales im Kanal II-Betrieb.
- Die Darstellung von zwei Signalen im DUAL (Zweikanal)-Betrieb.

Bei **DUAL**-Betrieb arbeiten beide Kanäle. Die Art, wie die Signale beider Kanäle dargestellt werden, hängt von der Zeitbasis ab (siehe „Bedienelemente und Readout“). Die Kanalumschaltung kann nach jedem Zeit-Ablenkvorgang (alternierend) erfolgen. Beide Kanäle können aber auch innerhalb einer Zeit-Ablenkperiode mit einer hohen Frequenz ständig umgeschaltet (chop mode) werden. Dann sind auch langsam verlaufende Vorgänge flimmerfrei darstellbar.

Auch die Lage der Abgleichselemente für die HF-Kompensation ist der Tastkopfinformation zu entnehmen. Die Kriterien für den HF-Abgleich sind:

Für das Oszilloskopieren langsam verlaufender Vorgänge mit Zeitkoeffizienten $\geq 500\mu\text{s/cm}$ ist die alternierende Betriebsart meistens nicht geeignet. Das Schirmbild flimmert dann zu stark, oder es scheint zu springen.

- Kurze Anstiegszeit, also eine steile Anstiegsflanke.
- Minimales Überschwängen mit möglichst geradlinigem Dach, somit ein linearer Frequenzgang.

Für Oszillogramme mit höherer Folgefrequenz und entsprechend kleiner eingestellten Zeitkoeffizienten ist die gechoppte Art der Kanalumschaltung meist nicht sinnvoll.

Die HF-Kompensation sollte so vorgenommen werden, daß der Übergang von der Anstiegsflanke auf das Rechteckdach weder zu stark verrundet, noch mit Überschwängen erfolgt. Tastköpfe mit einem HF-Abgleichpunkt sind, im Gegensatz zu Tastköpfen mit mehreren Abgleichpunkten, naturgemäß einfacher abzugleichen. Dafür bieten mehrere HF-Abgleichpunkte den Vorteil, daß sie eine optimalere Anpassung zulassen. Nach beendetem HF-Abgleich ist auch bei 1MHz die Signalthöhe am Bildschirm zu kontrollieren. Sie soll denselben Wert haben, wie oben beim 1kHz-Abgleich angegeben.

Liegt ADD-Betrieb vor, werden die Signale beider Kanäle algebraisch addiert ($\pm I \pm II$). Ob sich hierbei die Summe oder die Differenz der Signalspannungen ergibt, hängt von der Phasenlage bzw. Polung der Signale selbst und davon ab, ob eine Invertierung im Oszilloskop vorgenommen wurde.

Gleichphasige Eingangsspannungen:

- Beide Kanäle nicht invertiert = Summe.
- Beide Kanäle invertiert (INV) = Summe.
- Nur ein Kanal invertiert (INV) = Differenz.

Gegenphasige Eingangsspannungen:

Beide Kanäle nicht invertiert	=	Differenz.
Beide Kanäle invertiert (INV)	=	Differenz.
Nur ein Kanal invertiert (INV)	=	Summe.

In der **ADD**-Betriebsart ist die vertikale Strahlage von der **Y-POS.**-Einstellung beider Kanäle abhängig. Das heißt die **Y-POS.**-Einstellung wird addiert, kann aber nicht mit **INVERT** beeinflusst werden.

Signalspannungen zwischen zwei hochliegenden Schaltungspunkten werden oft im Differenzbetrieb beider Kanäle gemessen. Als Spannungsabfall an einem bekannten Widerstand lassen sich so auch Ströme zwischen zwei hochliegenden Schaltungsteilen bestimmen. Allgemein gilt, daß bei der Darstellung von Differenzsignalen die Entnahme der beiden Signalspannungen nur mit Tastteilern absolut gleicher Impedanz und Teilung erfolgen darf. Für manche Differenzmessungen ist es vorteilhaft, die galvanisch mit dem Schutzleiter verbundenen Massekabel beider Tastteiler nicht mit dem Meßobjekt zu verbinden. Hierdurch können eventuelle Brumm- oder Gleichtaktstörungen verringert werden.

XY-Betrieb

Das für diese Betriebsart wichtigste Bedienelement ist die mit **DUAL** und **XY** bezeichnete Drucktaste (25).

Die Betriebsartenumschaltung ist im Abschnitt „Bedienelemente und Readout“ beschrieben.

In dieser Betriebsart ist die Zeitbasis abgeschaltet. Die X-Ablenkung wird mit dem über den Eingang von Kanal II (**HOR. INP. (X)** = Horizontal-Eingang) zugeführten Signal vorgenommen. Eingangsteiler und Feinregler von Kanal II werden im **XY**-Betrieb für die Amplitudeneinstellung in X-Richtung benutzt. Zur horizontalen Positionseinstellung ist aber der **X-POS.**-Regler zu benutzen. Der Positionsregler von Kanal II ist im **XY**-Betrieb praktisch unwirksam.

Die maximale Empfindlichkeit und die Eingangsimpedanz sind nun in beiden Ablenkrichtungen gleich. **Die X-Dehnung x10 ist unwirksam.** Bei Messungen im **XY**-Betrieb ist sowohl die obere Grenzfrequenz (-3dB) des X-Verstärkers, als auch die mit höheren Frequenzen zunehmende Phasendifferenz zwischen X und Y zu beachten (siehe Datenblatt).

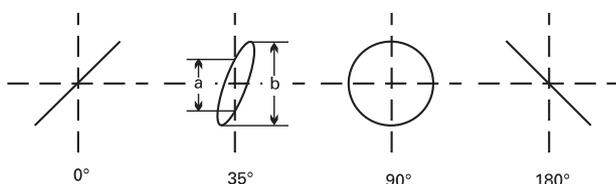
Eine Umpolung des X-Signals durch Invertieren mit der INV-Taste von Kanal II ist nicht möglich!

Der **XY**-Betrieb mit Lissajous-Figuren erleichtert oder ermöglicht gewisse Meßaufgaben:

- Vergleich zweier Signale unterschiedlicher Frequenz oder Nachziehen der einen Frequenz auf die Frequenz des anderen Signals bis zur Synchronisation. Das gilt auch noch für ganzzahlige Vielfache oder Teile der einen Signalfrequenz.
- Phasenvergleich zwischen zwei Signalen gleicher Frequenz.

Phasenvergleich mit Lissajous-Figur

Die folgenden Bilder zeigen zwei Sinus-Signale gleicher Frequenz und Amplitude mit unterschiedlichen Phasenwinkeln.



Die Berechnung des Phasenwinkels oder der Phasenverschiebung zwischen den X- und Y-Eingangsspannungen (nach Messung der Strecken a und b am Bildschirm) ist mit den folgenden Formeln und einem Taschenrechner mit Winkelfunktionen ganz einfach und übrigens unabhängig von den Ablenkamplituden auf dem Bildschirm.

$$\sin \varphi = \frac{a}{b}$$

$$\cos \varphi = \sqrt{1 - \left(\frac{a}{b}\right)^2}$$

$$\varphi = \arcsin \frac{a}{b}$$

Hierbei muß beachtet werden:

- Wegen der Periodizität der Winkelfunktionen sollte die rechnerische Auswertung auf Winkel $\leq 90^\circ$ begrenzt werden. Gerade hier liegen die Vorteile der Methode.
- Keine zu hohe Meßfrequenz benutzen. Die im **XY**-Betrieb benutzten Meßverstärker weisen mit zunehmender Frequenz eine gegenseitige Phasenverschiebung auf. Oberhalb der im Datenblatt angegebenen Frequenz wird der Phasenwinkel von 3° überschritten.
- Aus dem Schirmbild ist nicht ohne weiteres ersichtlich, ob die Testspannung gegenüber der Bezugsspannung vor- oder nachsteilt. Hier kann ein CR-Glied vor dem Testspannungseingang des Oszilloskops helfen. Als R kann gleich der $1M\Omega$ -Eingangswiderstand dienen, so daß nur ein passender Kondensator C vorzuschalten ist. Vergrößert sich die Öffnungsweite der Ellipse (gegenüber kurzgeschlossenem C), dann eilt die Testspannung vor und umgekehrt. Das gilt aber nur im Bereich bis 90° Phasenverschiebung. Deshalb sollte C genügend groß sein und nur eine relativ kleine, gerade gut beobachtbare Phasenverschiebung bewirken.

Falls im **XY**-Betrieb beide Eingangsspannungen fehlen oder ausfallen, wird ein sehr heller Leuchtpunkt auf dem Bildschirm abgebildet. Bei zu hoher Helligkeitseinstellung (**INTENS** -Knopf) kann dieser Punkt in die Leuchtschicht einbrennen, was entweder einen bleibenden Helligkeitsverlust, oder im Extremfall, eine vollständige Zerstörung der Leuchtschicht an diesem Punkt verursacht.

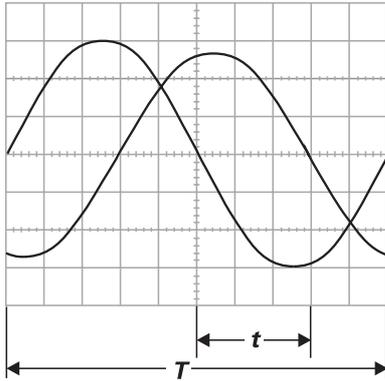
Phasendifferenz-Messung im Zweikanal-Betrieb (Yt)

Achtung:
Phasendifferenzmessungen sind im Zweikanal Yt-Betrieb nicht möglich, wenn alternierende Triggerung vorliegt.

Eine größere Phasendifferenz zwischen zwei Eingangssignalen gleicher Frequenz und Form läßt sich sehr einfach im **Yt-Zweikanalbetrieb** (**DUAL**) am Bildschirm messen. Die Zeitablenkung wird dabei von dem Signal getriggert, das als Bezug (Phasenlage 0) dient. Das andere Signal kann dann einen vor- oder nacheilenden Phasenwinkel haben. Die Ablesegenauigkeit wird hoch, wenn auf dem Schirm nicht viel mehr als eine Periode und etwa gleiche Bildhöhe beider Signale eingestellt wird. Zu dieser Einstellung können ohne Einfluß auf das Ergebnis auch die Feinregler für Amplitude und Zeitablenkung und der **LEVEL**-Knopf benutzt werden. Beide Zeitlinien werden vor der Messung mit den **Y-POS.**-Knöpfen auf die horizontale Raster-Mittellinie eingestellt. Bei sinusförmigen Signalen beobachtet man die Nulldurchgänge; die Sinuskuppen sind weniger geeignet. Ist ein Sinussignal durch geradzählige Harmonische merklich verzerrt (Halbwellen nicht spiegelbildlich zur X-Achse) oder wenn eine Offset-Gleichspannung vorhanden ist, empfiehlt sich **AC-**

Kopplung für beide Kanäle. Handelt es sich um Impulssignale gleicher Form, liest man an steilen Flanken ab.

Phasendifferenzmessung im Zweikanalbetrieb



t = Horizontalabstand der Nulldurchgänge in cm.
 T = Horizontalabstand für eine Periode in cm.
 Im Bildbeispiel ist $t = 3\text{cm}$ und $T = 10\text{cm}$. Daraus errechnet sich eine Phasendifferenz in Winkelgraden von

$$\varphi^\circ = \frac{t}{T} \cdot 360^\circ = \frac{3}{10} \cdot 360^\circ = 108^\circ$$

oder in Bogenrad ausgedrückt

$$\text{arc } \varphi^\circ = \frac{t}{T} \cdot 2\pi = \frac{3}{10} \cdot 2\pi = 1,885 \text{ rad}$$

Relativ kleine Phasenwinkel bei nicht zu hohen Frequenzen lassen sich genauer im XY-Betrieb mit Lissajous-Figur messen.

Messung einer Amplitudenmodulation

Die momentane Amplitude u im Zeitpunkt t einer HF-Träger-Spannung, die durch eine sinusförmige NF-Spannung unverzerrt amplitudenmoduliert ist, folgt der Gleichung

$$u = U_T \cdot \sin \Omega t + 0,5m \cdot U_T \cdot \cos(\Omega - \omega) t - 0,5m \cdot U_T \cdot \cos(\Omega + \omega) t$$

Hierin ist

- U_T = unmodulierte Trägeramplitude,
- Ω = $2\pi F$ = Träger-Kreisfrequenz,
- ω = $2\pi f$ = Modulationskreisfrequenz,
- m = Modulationsgrad (i.a. $\leq 100\%$).

Neben der Trägerfrequenz F entstehen durch die Modulation die untere Seitenfrequenz $F-f$ und die obere Seitenfrequenz $F+f$.

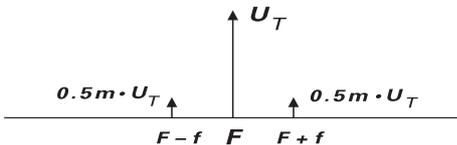


Abb. 1:
 Spektrumsamplituden und -frequenzen bei AM ($m = 50\%$)
 Das Bild der amplitudenmodulierten HF-Schwingung kann mit dem Oszilloskop sichtbar gemacht und ausgewertet werden, wenn das Frequenzspektrum innerhalb der Oszilloskop-Bandbreite liegt. Die Zeitbasis wird so eingestellt, daß mehrere Wellenzüge der Modulationsfrequenz sichtbar sind. Genau genommen sollte mit Modulationsfrequenz (vom NF-Generator oder einem Demodulator) extern getriggert werden. Interne Triggerrung ist unter Zuhilfenahme des Zeit-Feinstellers oft möglich.

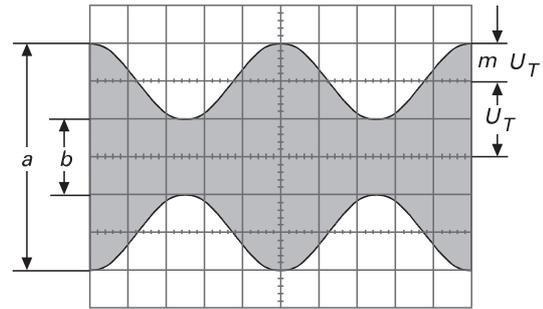


Abb. 2:
 Amplitudenmodulierte Schwingung: $F = 1\text{MHz}$; $f = 1\text{kHz}$;
 $m = 50\%$; $U_T = 28,3\text{mVeff}$.

Oszilloskop-Einstellung für ein Signal entsprechend Abb. 2:

- Kanal I-Betrieb. Y: CH.I; 20mV/cm; AC.
- TIME/DIV.: 0.2ms/cm.
- Triggerrung: NORMAL; AC; int. mit Zeit-Feinsteller (oder externe Triggerrung).

Liest man die beiden Werte a und b vom Bildschirm ab, so errechnet sich der Modulationsgrad aus

$$m = \frac{a-b}{a+b} \quad \text{bzw.} \quad m = \frac{a-b}{a+b} \cdot 100\%$$

Hierin ist $a = U_T (1+m)$ und $b = U_T (1-m)$.

Bei der Modulationsgradmessung können die Feinstellknöpfe für Amplitude und Zeit beliebig verstellt sein. Ihre Stellung geht nicht in das Ergebnis ein.

Triggerrung und Zeitablenkung

Die für diese Funktionen wichtigsten Bedienelemente befinden sich rechts von den VOLTS/DIV.-Drehknöpfen. Sie sind im Abschnitt „Bedienelemente und Readout“ beschrieben.

Die zeitliche Änderung einer zu messenden Spannung (Wechselspannung) ist im Yt-Betrieb darstellbar. Hierbei lenkt das Meßsignal den Elektronenstrahl in Y-Richtung ab, während der Zeitablenkgenerator den Elektronenstrahl mit einer konstanten, aber wählbaren Geschwindigkeit von links nach rechts über den Bildschirm bewegt (Zeitablenkung).

Im allgemeinen werden sich periodisch wiederholende Spannungsverläufe mit sich periodisch wiederholender Zeitablenkung dargestellt. Um eine „stehende“ auswertbare Darstellung zu erhalten, darf der jeweils nächste Start der Zeitablenkung nur dann erfolgen, wenn die gleiche Position (Spannungshöhe und Flankenrichtung) des Signalverlaufes vorliegt, an dem die Zeitablenkung auch zuvor ausgelöst (getriggert) wurde.

Eine Gleichspannung kann folglich nicht getriggert werden, was aber auch nicht erforderlich ist, da eine zeitliche Änderung nicht erfolgt.

Die Triggerrung kann durch das Meßsignal selbst (interne Triggerrung) oder durch eine extern zugeführte, mit dem Meßsignal synchrone, Spannung erfolgen (externe Triggerrung). Die Triggerspannung muß eine gewisse Mindestamplitude haben, damit die Triggerrung überhaupt einsetzt. Diesen Wert nennt man Triggerschwelle. Sie wird mit einem Sinussignal bestimmt. Wird die Triggerspannung intern dem Meßsignal entnommen, kann als Triggerschwelle die vertikale Bildschirmhöhe in mm angegeben werden, bei der die Triggerrung gerade einsetzt und das Signalbild stabil steht.

Die interne Triggerschwelle ist mit 5mm spezifiziert. Wird die Triggerspannung extern zugeführt, ist sie an der entsprechenden Buchse in V_{ss} zu messen. In gewissen Grenzen kann die Triggerspannung viel höher sein als an der Triggerschwelle. Im allgemeinen sollte der 20fache Wert nicht überschritten werden.

Das Oszilloskop hat zwei Trigger-Betriebsarten, die nachstehend beschrieben werden.

Automatische Spitzenwert-Triggerung

Gerätespezifische Informationen sind den Absätzen **NM - AT (18)**, **LEVEL (20)** und **TRIG. MODE (29)** unter „Bedienelemente und Readout“ zu entnehmen. Mit dem Betätigen der **AUTO SET** -Taste wird automatisch diese Triggerart eingeschaltet. Bei DC-Triggerkopplung und bei alternierender Triggerung wird die Spitzenwertfassung automatisch abgeschaltet, während die Trigger-Automatik erhalten bleibt.

Die Zeitablenkung wird bei automatischer Spitzenwert-Triggerung auch dann periodisch ausgelöst, wenn keine Meßwechselspannung oder externe Triggerwechselspannung anliegt. Ohne Meßwechselspannung sieht man dann eine Zeitlinie (von der ungetriggerten, also freilaufenden Zeitablenkung), die auch eine Gleichspannung anzeigen kann. Bei anliegender Meßspannung beschränkt sich die Bedienung im wesentlichen auf die richtige Amplituden- und Zeitbasis-Einstellung bei immer sichtbarem Strahl.

Der Triggerpegel-Einsteller ist bei automatischer Spitzenwert-Triggerung wirksam. Sein Einstellbereich stellt sich automatisch auf die Spitze-Spitze-Amplitude des gerade angelegten Signals ein und wird damit unabhängiger von der Signal-Amplitude und -Form.

Beispielsweise darf sich das Tastverhältnis von rechteckförmigen Spannungen zwischen 1 : 1 und ca. 100 : 1 ändern, ohne daß die Triggerung ausfällt.

Es ist dabei unter Umständen erforderlich, daß der **Triggerpegel-Einsteller** fast an das Einstellbereichsende zu stellen ist. Bei der nächsten Messung kann es erforderlich werden, den **Triggerpegel-Einsteller** anders einzustellen.

Diese Einfachheit der Bedienung empfiehlt die automatische Spitzenwert-Triggerung für alle unkomplizierten Meßaufgaben. Sie ist aber auch die geeignete Betriebsart für den „Einstieg“ bei diffizilen Meßproblemen, nämlich dann, wenn das Meßsignal selbst in Bezug auf Amplitude, Frequenz oder Form noch weitgehend unbekannt ist.

Die automatische Spitzenwert-Triggerung ist unabhängig von der Triggerquelle und ist, sowohl bei interner wie auch externer Triggerung anwendbar. Sie arbeitet oberhalb 20Hz.

Normaltriggerung

Gerätespezifische Informationen sind den Absätzen **NM - AT (18)**, **LEVEL (20)** und **TRIG. MODE (29)** unter „Bedienelemente und Readout“ zu entnehmen. Hilfsmittel zur Triggerung sehr schwieriger Signale sind die Zeit-FeinEinstellung (**VAR.**), die **HOLDOFF**-Zeiteinstellung und der **B-Zeitbasis**-Betrieb.

Mit Normaltriggerung und passender Triggerpegel-Einstellung kann die Auslösung bzw. Triggerung der Zeitablenkung an jeder Stelle einer Signalflanke erfolgen. Der mit dem Triggerpegel-Knopf erfaßbare Triggerbereich ist stark abhängig von der Amplitude des Triggersignals.

Ist bei interner Triggerung die Bildhöhe kleiner als 1cm, erfordert die Einstellung wegen des kleinen Fangbereichs etwas Feingefühl.

Bei falscher Triggerpegel-Einstellung und/oder bei fehlendem Triggersignal wird die Zeitbasis nicht gestartet und es erfolgt keine Strahldarstellung.

Mit Normaltriggerung sind auch komplizierte Signale triggerbar. Bei Signalgemischen ist die Triggermöglichkeit abhängig von gewissen periodisch wiederkehrenden Pegelwerten, die u.U. erst bei gefühlvollem Drehen des Triggerpegel-Einstellers gefunden werden.

Flankenrichtung

Die mit der Drucktaste **(18)** eingestellte (Trigger-) Flankenrichtung wird im Readout angezeigt. Siehe auch „Bedienelemente und Readout“. Die Flankenrichtungseinstellung wird durch **AUTO SET** nicht beeinflusst.

Die Triggerung kann bei automatischer und bei Normaltriggerung wahlweise mit einer steigenden oder einer fallenden Triggerspannungsflanke einsetzen. Steigende Flanken liegen vor, wenn Spannungen, vom negativen Potential kommend, zum positiven Potential ansteigen. Das hat mit Null- oder Massepotential und absoluten Spannungswerten nichts zu tun. Die positive Flankenrichtung kann auch im negativen Teil einer Signalkurve liegen. Eine fallende Flanke löst die Triggerung sinngemäß aus. Dies gilt bei automatischer und bei Normaltriggerung.

Triggerkopplung

Gerätespezifische Informationen sind den Absätzen **NM - AT (18)**, **LEVEL (20)** und **TRIG. MODE (29)** unter „Bedienelemente und Readout“ zu entnehmen. Mit **AUTO SET** wird immer auf AC-Triggerkopplung geschaltet. Die Durchlaß-Frequenzbereiche der Triggerkopplungsarten sind dem „Datenblatt“ entnehmbar.

Bei interner DC- oder LF-Triggerkopplung sollte immer mit Normaltriggerung und Triggerpegel-Einstellung gearbeitet werden. Die Ankopplungsart und der daraus resultierende Durchlaß-Frequenzbereich des Triggersignals können mit der Triggerkopplung bestimmt werden.

AC: Ist die am häufigsten zum Triggern benutzte Kopplungsart. Unterhalb und oberhalb des Durchlaß-Frequenzbereiches steigt die Triggerschwelle zunehmend an.

DC: Bei DC-Triggerung gibt es keinen unteren Durchlaß-Frequenzbereich, da das Triggersignal galvanisch an die Triggereinrichtung angekoppelt wird. Diese Triggerkopplung ist dann zu empfehlen, wenn bei ganz langsamen Vorgängen auf einen bestimmten Pegelwert des Meßsignals getriggert werden soll, oder wenn impulsartige Signale mit sich während der Beobachtung ständig ändernden Tastverhältnissen dargestellt werden müssen.

HF: Der Durchlaß-Frequenzbereich in dieser Triggerkopplungsart entspricht einem Hochpaß. HF-Triggerkopplung ist für alle hochfrequenten Signale günstig. Gleichspannungsschwankungen und tieffrequentes (Funkel-) Rauschen der Triggerspannung werden unterdrückt, was sich günstig auf die Stabilität der Triggerung auswirkt.

NR: Diese Triggerkopplungsart weist keinen unteren Durchlaß-Frequenzbereich auf. Sehr hochfrequente Triggersignale werden unterdrückt bzw. verringert. Da-

mit werden aus derartigen Signalanteilen resultierenden Störungen unterdrückt oder vermindert.

LF: Mit LF-Triggerkopplung liegt Tiefpaßverhalten vor. Die LF-Triggerkopplung ist häufig für niederfrequente Signale besser geeignet als die DC-Triggerkopplung, weil Rauschgrößen innerhalb der Triggerspannung stark unterdrückt werden. Das vermeidet oder verringert im Grenzfall Jittern oder Doppelschreiben, insbesondere bei sehr kleinen Eingangsspannungen. Oberhalb des Durchlaß-Frequenzbereiches steigt die Triggerschwelle zunehmend an.

TVL (TV-Zeile): siehe folgenden Absatz, TV (Zeilensynchronimpuls-Triggerung)

TVF (TV-Bild): siehe folgenden Absatz, TV (Bildsynchronimpuls-Triggerung)

~ (LINE - Netztriggerung): siehe Absatz „Netztriggerung“

TV (Videosignal-Triggerung)

Mit der Umschaltung auf TVL und TVF wird der TV-Synchronimpuls-Separator wirksam. Er trennt die Synchronimpulse vom Bildinhalt und ermöglicht eine von Bildinhaltsänderungen unabhängige Triggerung von Videosignalen.

Abhängig vom Meßpunkt sind Videosignale (FBAS- bzw. BAS-Signale = Farb-Bild-Austast-Synchron-Signale) als positiv oder negativ gerichtetes Signal zu messen. Nur bei richtiger Einstellung der (Trigger-) Flankenrichtung werden die Synchronimpulse vom Bildinhalt getrennt. Die Flankenrichtung der Vorderflanke der Synchronimpulse ist für die Einstellung der Flankenrichtung maßgebend; dabei darf die Signaldarstellung nicht invertiert sein.

Ist die Spannung der Synchronimpulse am Meßpunkt positiver als der Bildinhalt, muß steigende Flankenrichtung gewählt werden. Befinden sich die Synchronimpulse unterhalb des Bildinhalts, ist deren Vorderflanke fallend. Dann muß die fallende Flankenrichtung gewählt werden. Bei falscher Flankenrichtungswahl erfolgt die Darstellung unstabil bzw. ungetriggert, da dann der Bildinhalt die Triggerung auslöst. Die Videosignaltriggerung sollte mit automatischer Triggerung erfolgen. Bei interner Triggerung muß die Signalarhöhe der Synchronimpulse mindestens 5mm betragen.

Das Synchronsignal besteht aus Zeilen- und Bildsynchronimpulsen, die sich unter anderem auch durch ihre Pulsdauer unterscheiden. Sie beträgt bei Zeilensynchronimpulsen ca. 5µs im zeitlichen Abstand von 64µs. Bildsynchronimpulse bestehen aus mehreren Pulsen, die jeweils ca. 28µs lang sind und mit jedem Halbbildwechsel im Abstand von 20ms vorkommen.

Beide Synchronimpulsarten unterscheiden sich somit durch ihre Zeitdauer und durch ihre Wiederholfrequenz. Es kann sowohl mit Zeilen- als auch mit Bildsynchronimpulsen getriggert werden.

Bildsynchronimpuls-Triggerung

Achtung: Bei Bildsynchronimpuls-Triggerung in Verbindung mit geschaltetem (gechoppten) **DUAL**-Betrieb können in der Signaldarstellung Interferenzstörungen sichtbar werden. Es sollte dann auf alternierenden DUAL-Betrieb umgeschaltet werden. Unter Umständen sollte auch das Readout abgeschaltet werden.

Es ist ein dem Meßzweck entsprechender Zeit-Ablenkoeffizient im TIME / DIV.-Feld zu wählen.

Bei der 2ms/div.-Einstellung wird ein vollständiges Halbbild dargestellt. Am linken Bildrand ist ein Teil der auslösenden Bildsynchronimpulsfolge und am rechten Bildschirmrand der aus mehreren Pulsen bestehende Bildsynchronimpuls für das nächste Halbbild zu sehen. Das nächste Halbbild wird unter diesen Bedingungen nicht dargestellt. Der diesem Halbbild folgende Bildsynchronimpuls löst erneut die Triggerung und die Darstellung aus. Ist die kleinste HOLDOFF-Zeit eingestellt, **wird unter diesen Bedingungen jedes 2. Halbbild angezeigt.** Auf welches Halbbild getriggert wird, unterliegt dem Zufall.

Durch kurzzeitiges Unterbrechen der Triggerung kann auch zufällig auf das andere Halbbild getriggert werden.

Es können aber auch bei geeigneter Zeit-Ablenkoeffizienteneinstellung zwei Halbbilder dargestellt werden. Dann kann im ALT-Zeitbasisbetrieb jede beliebige Zeile gewählt und mit der B-Zeitbasis gedehnt dargestellt werden. Damit lassen sich auch in den Zeilen vorkommende asynchrone Signalanteile darstellen.

Zeilensynchronimpuls-Triggerung

Die Zeilensynchronimpuls-Triggerung kann durch jeden Synchronimpuls erfolgen. Um einzelne Zeilen darstellen zu können, ist die **TIME/DIV.**-Einstellung von 10µs/div. empfehlenswert. Es werden dann ca. 1½ Zeilen sichtbar. Im allgemeinen hat das komplette Videosignal einen starken Gleichspannungsanteil. Bei konstantem Bildinhalt (z.B. Testbild oder Farbbalkengenerator) kann der Gleichspannungsanteil ohne weiteres durch **AC-Eingangskopplung** des Oszilloskop-Verstärkers unterdrückt werden.

Bei wechselndem Bildinhalt (z.B. normales Programm) empfiehlt sich aber **DC-Eingangskopplung**, weil das Signalbild sonst mit jeder Bildinhaltsänderung die vertikale Lage auf dem Bildschirm ändert. Mit dem **Y-Positionseinsteller** kann der Gleichspannungsanteil immer so kompensiert werden, daß das Signalbild in der Bildschirmrasterfläche liegt.

Die Sync-Separator-Schaltung wirkt ebenso bei externer Triggerung. Selbstverständlich muß der Spannungsbereich (**siehe „Datenblatt“**) für die externe Triggerung eingehalten werden. Ferner ist auf die richtige Flankenrichtung zu achten, die bei externer Triggerung nicht unbedingt mit der Richtung des (am Y-Eingang anliegenden) Signal-Synchronimpulses übereinstimmen muß. Beides kann leicht kontrolliert werden, wenn die externe Triggerspannung selbst erst einmal (bei interner Triggerung) dargestellt wird.

Netztriggerung

Diese Triggerart liegt vor, wenn oben im Readout „**TR:~**“ angezeigt wird. Die Flankenrichtungstaste (**18**) bewirkt eine Drehung des **~**-Symbols um 180°.

Zur Triggerung mit Netzfrequenz wird eine Spannung aus dem Netzteil als netzfrequentes Triggersignal (50/60Hz) genutzt. Diese Triggerart ist unabhängig von Amplitude und Frequenz des Y-Signals und empfiehlt sich für alle Signale, die netzsynchron sind. Dies gilt ebenfalls in gewissen Grenzen für ganzzahlige Vielfache oder Teile der Netzfrequenz. Die Netztriggerung erlaubt eine Signaldarstellung auch unterhalb der Triggerschwelle. Sie ist deshalb u.a. besonders geeignet zur Messung kleiner Brummspannungen von Netzgleichrichten oder netzfrequenten Einstreuungen in eine Schaltung. Im Gegensatz zur üblichen, flankenrichtungsbezogenen Triggerung, wird bei Netztriggerung mit der Flankenrichtungsumschaltung zwischen der positiven und der negativen Halbwelle gewählt (evtl. Netzstecker umpolen) und nicht die Flankenrichtung. Der Triggerpegel kann mit dem dafür vorge-

sehenen Einsteller über einen gewissen Bereich der gewählten Halbwelle verschoben werden.

Netzfrequente magnetische Einstreuungen in eine Schaltung können mit einer Spulensonde nach Richtung (Ort) und Amplitude untersucht werden. Die Spule sollte zweckmäßig mit möglichst vielen Windungen dünnen Lackdrahtes auf einen kleinen Spulenkörper gewickelt und über ein geschirmtes Kabel an einen BNC-Stecker (für den Oszilloskop-Eingang) angeschlossen werden. Zwischen Stecker- und Kabel-Innenleiter ist ein kleiner Widerstand von mindestens 100Ω einzubauen (Hochfrequenz-Entkopplung). Es kann zweckmäßig sein, auch die Spule außen statisch abzuschirmen, wobei keine Kurzschlußwindungen auftreten dürfen. Durch Drehen der Spule in zwei Achsrichtungen lassen sich Maximum und Minimum am Meßort feststellen.

Alternierende Triggerung

Diese Triggerart kann mit der TRIG. SOURCE -Taste (26) eingeschaltet werden. Bei alternierender Triggerung wird das Triggerpegel-Symbol nicht im Readout angezeigt. Siehe „Bedienelemente und Readout“.

Die alternierende Triggerung ist dann sinnvoll einsetzbar, wenn die getriggerte Darstellung von zwei Signalen, die asynchron zueinander sind, erfolgen soll. Die alternierende Triggerung kann nur dann richtig arbeiten, wenn die Kanalschaltung alternierend erfolgt. Mit alternierender Triggerung kann eine Phasendifferenz zwischen beiden Eingangssignalen nicht mehr ermittelt werden. Zur Vermeidung von Triggerproblemen, bedingt durch Gleichspannungsanteile, ist AC-Eingangskopplung für beide Kanäle empfehlenswert. Die interne Triggerquelle wird bei alternierender Triggerung entsprechend der alternierenden Kanalschaltung nach jedem Zeitablenkvorgang umgeschaltet. Daher muß die Amplitude beider Signale für die Triggerung ausreichen.

Externe Triggerung

Die externe Triggerung wird mit der TRIG. SOURCE -Taste (26) eingeschaltet. Mit der Umschaltung auf diese Triggerart wird das Triggerpegel-Symbol abgeschaltet. Mit dem Einschalten dieser Triggerart wird die interne Triggerung abgeschaltet. Über die entsprechende BNC-Buchse kann jetzt extern getriggert werden, wenn dafür eine Spannung von $0,3V_{SS}$ bis $3V_{SS}$ zur Verfügung steht, die synchron zum Meßsignal ist. Diese Triggerspannung darf durchaus eine völlig andere Kurvenform als das Meßsignal haben.

Die Triggerung ist in gewissen Grenzen sogar mit ganzzahligen Vielfachen oder Teilen der Meßfrequenz möglich; Phasensteifheit ist allerdings Bedingung. Es ist aber zu beachten, daß Meßsignal und Triggerspannung trotzdem einen Phasenwinkel aufweisen können. Ein Phasenwinkel von z.B. 180° wirkt sich dann so aus, daß trotz positiver (Trigger) Flankenwahl die Darstellung des Meßsignals mit einer negativen Flanke beginnt.

Die maximale Eingangsspannung an der BNC-Buchse beträgt 100V (DC+Spitze AC).

Triggeranzeige

Die folgenden Erläuterungen beziehen sich auf die LED-Anzeige, die unter Punkt (19) im Absatz „Bedienelemente und Readout“ aufgeführt ist.

Die Leuchtdiode leuchtet sowohl bei automatischer, als auch bei Normaltriggerung auf, wenn folgende Bedingungen erfüllt werden:

1. Das interne bzw. externe Triggersignal muß in ausreichender Amplitude (Triggerschwelle) am Triggerkomparator anliegen.
2. Die Referenzspannung am Komparator (Triggerpegel) muß es ermöglichen, daß Signalfanken den Triggerpegel unter- und überschreiten.

Dann stehen Triggerimpulse am Komparatorausgang für den Start der Zeitbasis und für die Triggeranzeige zur Verfügung.

Die Triggeranzeige erleichtert die Einstellung und Kontrolle der Triggerbedingungen, insbesondere bei sehr niedrigen Frequenzen (Normaltriggerung verwenden) oder sehr kurzen impulsförmigen Signalen.

Die triggereauslösenden Impulse werden durch die Triggeranzeige ca. 100ms lang gespeichert und angezeigt. Bei Signalen mit extrem langsamer Wiederholrate ist daher das Aufleuchten der LED mehr oder weniger impulsartig. Außerdem blitzt dann die Anzeige nicht nur beim Start der Zeitablenkung am linken Bildschirmrand auf, sondern - bei Darstellung mehrerer Kurvenzüge auf dem Schirm - bei jedem Kurvenzug.

Holdoff-Zeiteinstellung

Gerätespezifische Informationen sind dem Absatz HO - LED, DEL.POS. (30) unter „Bedienelemente und Readout“ zu entnehmen.

Wenn bei äußerst komplizierten Signalgemischen auch nach mehrmaligem gefühlvollen Durchdrehen des LEVEL-Knopfes bei Normaltriggerung und A-Zeitbasisbetrieb kein stabiler Triggerpunkt gefunden wird, kann in vielen Fällen eine stabile Triggerung durch Betätigung des DEL. POS. - Knopfes erreicht werden. Mit dieser Einrichtung kann die Sperrzeit der Triggerung zwischen zwei Zeit-Ablenkerperioden im Verhältnis von ca. 10:1 kontinuierlich vergrößert werden.

Triggerimpulse die innerhalb dieser Sperrzeit auftreten, können den Start der Zeitbasis nicht auslösen.

Besonders bei Burst-Signalen oder aperiodischen Impulsfolgen gleicher Amplitude kann der Beginn der Triggerphase dann auf den jeweils günstigsten oder erforderlichen Zeitpunkt eingestellt werden.

Ein stark verrauschtes oder ein durch eine höhere Frequenz gestörtes Signal wird manchmal doppelt dargestellt. Unter Umständen läßt sich mit der Triggerpegel-Einstellung nur die gegenseitige Phasenverschiebung beeinflussen, aber nicht die Doppeldarstellung. Die zur Auswertung erforderliche stabile Einzeldarstellung des Signals ist aber durch die Vergrößerung der HOLD OFF-Zeit leicht zu erreichen. Hierzu ist die HOLD OFF-Zeit langsam zu erhöhen, bis nur noch ein Signal abgebildet wird.

Eine Doppeldarstellung ist bei gewissen Impulssignalen möglich, bei denen die Impulse abwechselnd eine kleine Differenz der Spitzenamplituden aufweisen. Nur eine ganz genaue **Triggerpegel**-Einstellung ermöglicht die Einzeldarstellung. Die HOLD OFF-Zeiteinstellung vereinfacht auch hier die richtige Einstellung.

Nach Beendigung dieser Arbeit sollte die HOLD OFF-Zeit unbedingt wieder auf Minimum zurückgedreht werden, weil sonst u.U. die Bildhelligkeit drastisch reduziert ist.

Die Arbeitsweise ist aus folgenden Abbildungen ersichtlich.

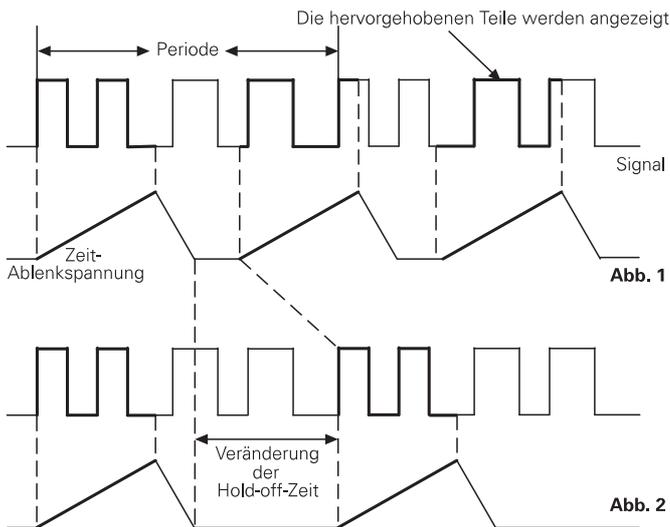


Abb. 1: zeigt das Schirmbild bei minimaler HOLD-OFF-Zeit (Grundstellung). Da verschiedene Teile des Kurvenzuges angezeigt werden, wird kein stehendes Bild dargestellt (Doppelschreiben).

Abb. 2: Hier ist die Holdoff-Zeit so eingestellt, daß immer die gleichen Teile des Kurvenzuges angezeigt werden. Es wird ein stehendes Bild dargestellt.

B-Zeitbasis (2. Zeitbasis) / Delay Triggerung

Gerätespezifische Informationen sind den Absätzen A/ALT (32), DEL.TRIG. (33), TIME/DIV. (31) und HO / DEL.POS. (30) unter „Bedienelemente und Readout“ zu entnehmen.

Wie im Absatz „Triggerung und Zeitablenkung“ beschrieben, löst die Triggerung den Start der Zeitablenkung aus. Der zuvor dunkelgetastete (abgeschaltete) Elektronenstrahl wird hellgetastet (sichtbar) und von links nach rechts abgelenkt, bis die maximale X-Ablenkung erfolgte. Danach wird der Strahl wieder dunkelgetastet und es erfolgt der Strahlrücklauf (zurück in die Strahlstartposition). Nach Ablauf der Holdoff-Zeit kann dann die Zeitablenkung erneut durch die Triggerautomatik bzw. ein Triggersignal gestartet werden. Während der gesamten Zeit (Strahlhinlauf und -rücklauf) kann ein Eingangssignal gleichzeitig eine Ablenkung in Y-Richtung bewirken. Das wird aber, wegen der nur dann erfolgenden Helltastung, nur während des Strahlhinlaufs sichtbar.

Da sich der Triggerpunkt bei Analog-Betrieb immer am Strahlstart befindet, kann eine X-Dehnung der Signaldarstellung durch eine höhere Zeitablenkgeschwindigkeit (kleiner Zeit-Ablenkoeffizient - **TIME / DIV.**) - nur von diesem Punkt beginnend - vorgenommen werden.

Ein Signalanteil, der sich am rechten Rand der Signaldarstellung befindet, ist nicht mehr sichtbar, wenn die Zeitablenkgeschwindigkeit um einen Schritt erhöht wird. Dieses Problem tritt - abhängig vom Dehnungsfaktor - immer auf, es sei denn, daß sich das zu dehnende Signal direkt am Triggerpunkt befindet (ganz links).

Die verzögerte Ablenkung mit der B-Zeitbasis löst derartige Probleme. Sie bezieht sich auf die mit der A-Zeitbasis vorgenommene Signaldarstellung. Die B-Darstellung erfolgt erst, wenn eine vorwählbare Zeit abgelaufen ist. Damit besteht die Möglichkeit, praktisch an jeder Stelle der A-Zeitbasissignaldarstellung mit der B-Zeitablenkung zu beginnen. Der Zeit-Ablenkoeffizient der B-Zeitbasis bestimmt die Ablenkgeschwindigkeit und damit den Dehnungsfaktor. Mit zunehmender Dehnung verringert sich die Bildhelligkeit.

Bei großer X-Dehnung kann das Signal durch Jittern in X-Richtung unruhig dargestellt werden. Liegt eine geeignete Signalflanke nach Ablauf der Verzögerungszeit vor, läßt sich auf diese Flanke triggern („after delay“ Triggerung).

AUTO SET

Gerätespezifische Informationen sind dem Absatz **AUTO SET (2)** unter „Bedienelemente und Readout“ zu entnehmen. Die folgende Beschreibung gilt für den Analog- und Digital-Betrieb. Bei Digital-Betrieb wird durch AUTO SET außerdem auf Refresh (RFR-LED) mit abgeschaltetem Pre-Trigger („PTO%“) geschaltet.

Wie bereits im Abschnitt „Bedienelemente und Readout“ erwähnt, werden bis auf wenige Ausnahmen (**POWER**-Taste, Kalibratorfrequenz-Taste, sowie Focus- und **TR** (Strahldrehungs)-Einsteller) alle Bedienelemente elektronisch abgefragt. Sie lassen sich daher auch steuern. Daraus ergibt sich die Möglichkeit einer automatischen, signalbezogenen Geräteeinstellung im Yt (Zeitbasis)-Betrieb, so daß in den meisten Fällen keine weitere manuelle Bedienung erforderlich ist. AUTO SET schaltet immer auf Yt-Betrieb.

Mit dem Betätigen der **AUTO SET**-Taste bleibt die zuvor gewählte Yt-Betriebsart unverändert, wenn Mono **CHI-**, **CHII**- oder **DUAL**-Betrieb vorlag; lag Additionsbetrieb vor, wird automatisch auf DUAL geschaltet. Der bzw. die Y-Ablenkoeffizienten (**VOLTS / DIV.**) werden automatisch so gewählt, daß die Signalamplitude im Mono (Einkanal)-Betrieb ca. 6cm nicht überschreitet, während im DUAL-Betrieb jedes Signal mit ca. 4cm Höhe dargestellt wird. Dieses, wie auch die Erläuterungen für die automatische Zeitkoeffizienten (**TIME / DIV.**)-Einstellung, gilt für Signale, die nicht zu stark vom Tastverhältnis 1:1 abweichen.

Die automatische Zeitkoeffizienten-Einstellung sorgt für eine Darstellung von ca. 2 Signalperioden. Bei Signalen mit unterschiedlichen Frequenzanteilen, wie z.B. Videosignalen, erfolgt die Einstellung zufällig.

Durch die Betätigung der **AUTO SET**-Taste werden folgende Betriebsbedingungen vorgegeben:

- **AC**-Eingangskopplung
- interne (vom Meßsignal abgeleitete) Triggerung
- automatische Spitzenwert-Triggerung
- **Triggerpegel**-Einstellung auf Bereichsmitte
- Y-Ablenkoeffizient(en) kalibriert
- A-Zeitbasis-Ablenkoeffizient kalibriert
- AC-Triggerkopplung
- B-Zeitbasis abgeschaltet
- **keine X-Dehnung x10**
- automatische X- und Y-Strahlpositionseinstellung

Nur wenn DC-Triggerkopplung vorlag, wird nicht auf AC-Triggerkopplung geschaltet und die automatische Triggerung erfolgt ohne Spitzenwerterfassung.

Die mit **AUTO SET** vorgegebenen Betriebsbedingungen überschreiben die vorherigen Einstellungen. Falls unkalibrierte Bedingungen vorlagen, wird durch **AUTO SET** elektrisch automatisch in die kalibrierte Einstellung geschaltet. Anschließend kann die Bedienung wieder manuell erfolgen.

Die Ablenkoeffizienten 1mV/cm und 2mV/cm werden, wegen der reduzierten Bandbreite in diesen Bereichen, im **AUTO SET**-Betrieb nicht gewählt.

Achtung:

Liegt ein pulsartiges Signal an, dessen Tastverhältnis einen Wert von ca. 400:1 erreicht oder über-

schreitet, ist in den meisten Fällen keine automatische Signaldarstellung mehr möglich. Der Y-Ablenkoeffizient ist dann zu klein und der Zeit-Ablenkoeffizient zu groß. Daraus resultiert, daß nur noch die Strahllinie dargestellt wird und der Puls nicht sichtbar ist.

In solchen Fällen empfiehlt es sich, auf Normaltriggerung umzuschalten und den Triggerpunkt ca. 5mm über oder unter die Strahllinie zu stellen. Leuchtet dann die Triggeranzeige-LED, liegt ein derartiges Signal an. Um das Signal sichtbar zu machen, muß zuerst ein kleinerer Zeit-Ablenkoeffizient und danach ein größerer Y-Ablenkoeffizient gewählt werden. Dabei kann sich allerdings die Strahlhelligkeit so stark verringern, daß der Puls nicht sichtbar wird.

Nur im Digital-Betrieb.

Im Gegensatz zum Analog-Betrieb erfolgt keine Verringerung der Strahlintensität. Es muß aber beachtet werden, daß, selbst bei höchster Abtastrateinstellung (200MS/s = 5ns Abtastintervall), pulsförmige Signale eine Pulsbreite von 20ns nicht unterschreiten dürfen. Andernfalls kann das Signal mit zu niedriger Amplitude dargestellt werden.

SAVE/RECALL

Die genaue Beschreibung der Bedienelemente ist unter Punkt (12) im Abschnitt „Bedienelemente und Readout“ beschrieben.

Mit SAVE und RECALL können 9 Geräteeinstellungen vom Benutzer abgespeichert bzw. aufgerufen werden. Es werden dabei alle Betriebsarten und elektronisch gesteuerten Funktionen erfaßt.

Komponenten-Test

Gerätebezogene Informationen, welche die Bedienung und die Meßanschlüsse betreffen, sind dem Absatz **CT (47)** unter „Bedienelemente und Readout“ zu entnehmen.

Das Oszilloskop verfügt über einen eingebauten Komponenten-Tester. Der zweipolige Anschluß des zu prüfenden Bauelementes erfolgt über die dafür vorgesehenen Buchsen. Im Komponententest-Betrieb sind sowohl die Y-Vorverstärker wie auch der Zeitbasisgenerator abgeschaltet. Jedoch dürfen Signalspannungen an den auf der Frontplatte befindlichen BNC-Buchsen weiter anliegen, wenn einzelne nicht in Schaltungen befindliche Bauteile (Einzelbauteile) getestet werden. Nur in diesem Fall müssen die Zuleitungen zu den BNC-Buchsen nicht gelöst werden (siehe „Tests direkt in der Schaltung“). Außer den INTENS.-, FOCUS- und X-POS.-Einstellern haben die übrigen Oszilloskop-Einstellungen keinen Einfluß auf diesen Testbetrieb. Für die Verbindung des Testobjekts mit dem Oszilloskop sind zwei einfache Meßschnüre mit 4mm-Bananensteckern erforderlich.

Wie im Abschnitt SICHERHEIT beschrieben, sind alle Meßanschlüsse (bei einwandfreiem Betrieb) mit dem Netzschutzleiter verbunden, also auch die Buchsen für den Komponententester. Für den Test von Einzelbauteilen (nicht in Geräten bzw. Schaltungen befindlich) ist dies ohne Belang, da diese Bauteile nicht mit dem Netzschutzleiter verbunden sein können.

Sollen Bauteile getestet werden, die sich in Testschaltungen bzw. Geräten befinden, müssen die Schaltungen bzw. Geräte unter allen Umständen vorher stromlos gemacht werden. Soweit Netzbetrieb vorliegt, ist auch der Netzstecker des Testobjektes zu ziehen. Damit wird sichergestellt, daß eine Verbindung zwischen Oszilloskop und Testobjekt über den Schutzleiter vermieden wird. Sie hätte falsche Testergebnisse zur Folge.

Nur entladene Kondensatoren dürfen getestet werden!

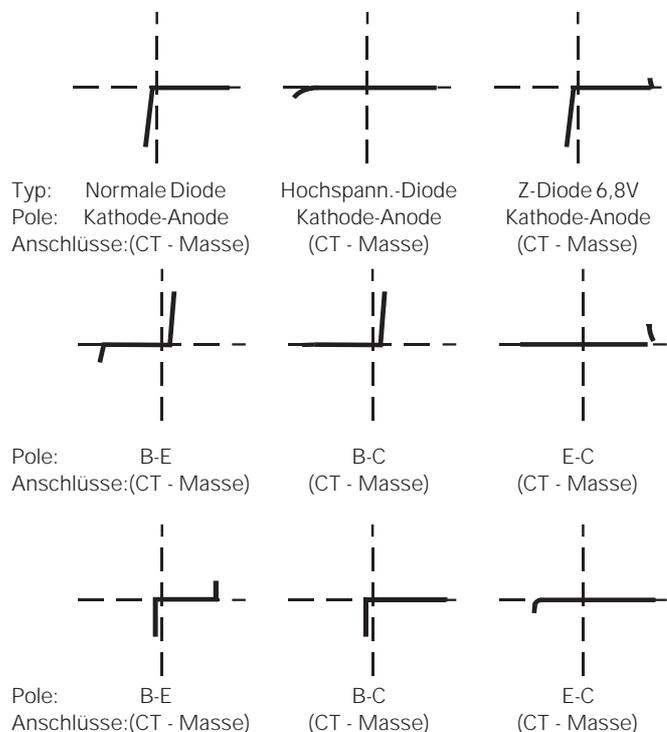
Das Testprinzip ist von bestechender Einfachheit. Ein im Oszilloskop befindlicher Sinusgenerator erzeugt eine Sinusspannung, deren Frequenz 50Hz ($\pm 10\%$) beträgt. Sie speist eine Reihenschaltung aus Prüfobjekt und eingebautem Widerstand. Die Sinusspannung wird zur Horizontalablenkung und der Spannungsabfall am Widerstand zur Vertikalablenkung benutzt.

Ist das Prüfobjekt eine reelle Größe (z.B. ein Widerstand), sind beide Ablenkspannungen phasengleich. Auf dem Bildschirm wird ein mehr oder weniger schräger Strich dargestellt. Ist das Prüfobjekt kurzgeschlossen, steht der Strich senkrecht. Bei Unterbrechung oder ohne Prüfobjekt zeigt sich eine waagerechte Linie. Die Schrägstellung des Striches ist ein Maß für den Widerstandswert. Damit lassen sich ohmsche Widerstände zwischen 20Ω und $4,7k\Omega$ testen.

Kondensatoren und Induktivitäten (Spulen, Drosseln, Trafowicklungen) bewirken eine Phasendifferenz zwischen Strom und Spannung, also auch zwischen den Ablenkspannungen. Das ergibt ellipsenförmige Bilder. Lage und Öffnungsweite der Ellipse sind kennzeichnend für den Scheinwiderstandswert bei einer Frequenz von 50Hz. Kondensatoren werden im Bereich $0,1\mu F$ bis $1000\mu F$ angezeigt.

- Eine Ellipse mit horizontaler Längsachse bedeutet eine hohe Impedanz (kleine Kapazität oder große Induktivität).
- Eine Ellipse mit vertikaler Längsachse bedeutet niedrige Impedanz (große Kapazität oder kleine Induktivität).
- Eine Ellipse in Schräglage bedeutet einen relativ großen Verlustwiderstand in Reihe mit dem Blindwiderstand.

Bei Halbleitern erkennt man die spannungsabhängigen Kennlinienknickpunkte beim Übergang vom leitenden in den nichtleitenden Zustand. Soweit das spannungsmäßig möglich ist, werden Vorwärts- und Rückwärts-Charakteristik dargestellt (z.B. bei einer Z-Diode unter 10V). Es handelt sich immer um eine Zweipol-Prüfung; deshalb kann z.B. die Verstärkung eines Transistors nicht getestet werden, wohl aber die einzelnen Übergänge B-C, B-E, C-E. Da der Teststrom nur einige mA beträgt, können die einzelnen Zonen fast aller Halbleiter zerstörungsfrei geprüft werden. Eine Bestimmung von Halbleiter-Durchbruch- und Sperrspannung $>10V$ ist nicht möglich. Das ist im allgemeinen kein Nachteil, da im Fehlerfall in der Schaltung sowieso grobe Abweichungen auftreten, die eindeutige Hinweise auf das fehlerhafte Bauelement geben. Recht genaue Ergebnisse erhält man beim Vergleich mit sicher funktionsfähigen Bauelementen des gleichen Typs und Wertes. Dies gilt insbesondere für Halbleiter. Man kann damit z.B. den kathodenseitigen Anschluß einer Diode oder Z-Diode mit unkenntlicher Bedruckung, die Unterscheidung eines p-n-p-Transistors vom komplementären n-p-n-Typ oder die richtige Gehäuseanschlußfolge B-C-E eines unbekanntem Transistor-typs schnell ermitteln.



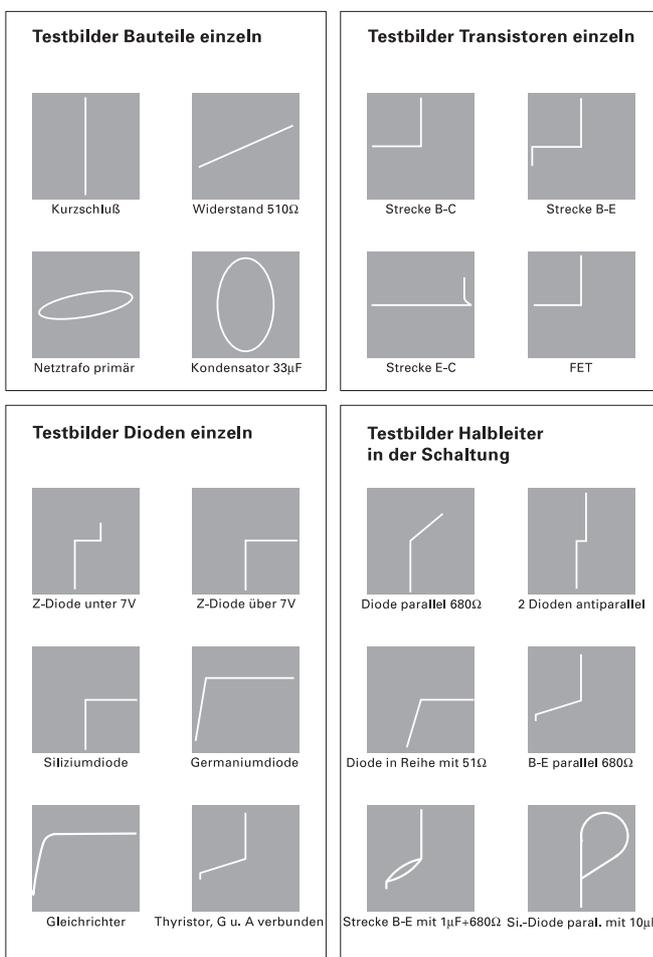
Zu beachten ist hier der Hinweis, daß die Anschlußumpolung eines Halbleiters (Vertauschen der Meßkabel) eine Drehung des Testbilds um 180° um den Rastermittelpunkt der Bildröhre bewirkt.

Wichtiger noch ist die einfache Gut-/Schlecht-Aussage über Bauteile mit Unterbrechung oder Kurzschluß, die im Service-Betrieb erfahrungsgemäß am häufigsten benötigt wird.

Die übliche Vorsicht gegenüber einzelnen MOS-Bauelementen in Bezug auf statische Aufladung oder Reibungselektrizität wird dringend angeraten. Brumm kann auf dem Bildschirm sichtbar werden, wenn der Basis- oder Gate-Anschluß eines einzelnen Transistors offen ist, also gerade nicht getestet wird (Handempfindlichkeit).

Tests direkt in der Schaltung sind in vielen Fällen möglich, aber nicht so eindeutig. Durch Parallelschaltung reeller und/oder komplexer Größen - besonders wenn diese bei einer Frequenz von 50Hz relativ niederohmig sind - ergeben sich

meistens große Unterschiede gegenüber Einzelbauteilen. Hat man oft mit Schaltungen gleicher Art zu arbeiten (Service), dann hilft auch hier ein Vergleich mit einer funktionsfähigen Schaltung. Dies geht sogar besonders schnell, weil die Vergleichsschaltung garnicht unter Strom gesetzt werden muß (und darf!). Mit den Testkabeln sind einfach die identischen Meßpunktpaare nacheinander abzutasten und die Schirmbilder zu vergleichen. Unter Umständen enthält die Testschaltung selbst schon die Vergleichsschaltung, z.B. bei Stereo-Kanälen, Gegentaktbetrieb, symmetrischen Brückenschaltungen. In Zweifelsfällen kann ein Bauteilanschluß einseitig abgelötet werden. Genau dieser Anschluß sollte dann mit dem nicht an der Massebuchse angeschlossenen Meßkabel verbunden werden, weil sich damit die Brummeinstreuung verringert. Die Prüfbuchse mit Massezeichen liegt an Oszilloskop-Masse und ist deshalb brumm-unempfindlich. Die Testbilder zeigen einige praktische Beispiele für die Anwendung des Komponenten-Testers.



Speicherbetrieb

Gegenüber dem Analog-Oszilloskop-Betrieb bietet der Digital-Betrieb grundsätzlich folgende Vorteile:

Einmalig auftretende Ereignisse sind leicht erfaßbar. Niederfrequente Signale können problemlos als vollständiger Kurvenzug dargestellt werden. Höherfrequente Signale mit niedriger Wiederholfrequenz rufen keinen Abfall der Darstellungshelligkeit hervor. Erfasste Signale können relativ einfach dokumentiert bzw. weiterverarbeitet werden.

Gegenüber dem Analog-Oszilloskop-Betrieb gibt es aber auch Nachteile:

Die schlechtere Y- und X-Auflösung und die niedrigere Signalerfassungshäufigkeit. Außerdem ist die maximal darstellbare Signalfrequenz abhängig von der Zeitbasis. Bei zu niedriger Abtastrate können sogenannte „Alias“-SignalDarstellungen (aliasing) erfolgen, die ein nicht in dieser Form existierendes Signal zeigen.

Der Analog-Betrieb ist bezüglich der Originaltreue der SignalDarstellung unübertroffen. Mit der Kombination von Analog- und Digital-Oszilloskop bietet HAMEG dem Anwender die Möglichkeit, abhängig von der jeweiligen Meßaufgabe, die jeweils geeignete Betriebsart zu wählen.

Der **HM1507** verfügt über zwei 8-Bit A/D-Wandler, deren maximale Abtastrate jeweils 100MS/s beträgt. Außer bei Einzelereigniserfassung im DUAL-Betrieb mit maximal 100MS/s, beträgt die maximale Abtastrate in allen anderen Digital-Betriebsarten 200MS/s, wenn der kleinste Zeit-Ablenkoeffizient eingestellt wurde.

Bei der Signalerfassung besteht prinzipiell kein Unterschied zwischen der Erfassung repetierender (sich ständig wiederholender) Signale und dem Aufzeichnen einmaliger Ereignisse. Die SignalDarstellung erfolgt immer mit einer linearen Punktverbindung (Dot Join) der Abtastpunkte. Alle im Digital-Speicher-Betrieb erfaßten und gespeicherten Signaldaten können über die RS232 Schnittstelle zur Dokumentation abgerufen werden. Diesbezügliche Informationen sind dem Abschnitt „RS232-Interface“ zu entnehmen.

Signal-Erfassungsarten

Im Speicherbetrieb können Signale in 6 Betriebsarten erfaßt bzw. dargestellt werden:

REFRESH-Betrieb (RFR-LED leuchtet, Readout zeigt RFR an),
ENVELOPE-Betrieb (ENV-LED leuchtet, Readout zeigt ENV an),
AVERAGE-Betrieb (AVM-LED leuchtet, Readout zeigt AVM an),
SINGLE-Betrieb (SGL-LED leuchtet, Readout zeigt SGL an),
ROLL-Betrieb (ROL-LED leuchtet, Readout zeigt ROL an),
XY-Betrieb (RFR-LED leuchtet, Readout zeigt XY an).

Die Signalerfassung wird im SINGLE-, REFRESH-, ENVELOPE- und AVERAGE-Betrieb durch die Triggerung ausgelöst, während sie im ROLL- und XY-Betrieb triggerunabhängig (ungetriggert) erfolgt.

Der **REFRESH**-Betrieb entspricht bezüglich der Darstellung dem gewohnten Verhalten eines Analog-Oszilloskops. Durch die Triggerung ausgelöst, erfolgt mit 0% Pre-Triggerung ein „Schreibvorgang“, der am linken Bildrand beginnt und am rechten Rand endet. Ein darauf folgendes Triggerereignis startet erneut die Datenerfassung und überschreibt die Daten des vorherigen Abtastzyklus. Bei automatischer Triggerung und ohne anliegendes Signal wird die Y-Strahlposition aufgezeichnet. Liegt ein Signal an, dessen Signalfrequenz kleiner als die Wiederholfrequenz der Triggerautomatik ist, erfolgt - wie im Analogoszilloskop-Betrieb - eine ungetriggerte Darstellung. Im Gegensatz dazu wird bei Normaltriggerung ohne Triggersignal keine neue Aufzeichnung gestartet. Anders als im Analogoszilloskop-Betrieb bleibt der Bildschirm dann nicht dunkel, sondern zeigt die letzte Aufzeichnung so lange, bis ein erneutes Auslösen der Triggerung eine neue Aufzeichnung bewirkt.

Die Betriebsarten **Average** (AVM) und **Envelope** (ENV) sind Unterbetriebsarten des Refreshbetriebs (siehe (7) unter „Bedienelemente und Readout“).

Im **SINGLE**-Betrieb können einmalige Ereignisse aufgezeichnet werden. Die Aufzeichnung beginnt, wenn die der RESET-Taste zugeordnete LED leuchtet. Nach Auslösen der Triggerung und dem Ende der Aufzeichnung erlischt die RESET-LED.

Um ein ungewolltes Auslösen von Signalaufzeichnungen durch die Triggerautomatik zu verhindern, wird automatisch auf Normaltriggerung mit DC-Triggerkopplung umgeschaltet.

Die Spannungshöhe, bei der die (Normal)-Triggerung auslösen soll, ist direkt zu bestimmen. Zunächst ist die 0 Volt Strahlposition für die spätere Aufnahme mit Y-POS. zu bestimmen. Dazu den Eingang auf GD und im Refresh-Betrieb auf automatische Triggerung schalten.

Anschließend kann auf SGL (SINGLE) geschaltet und das Triggerpunkt-Symbol mit dem LEVEL-Einsteller ober- oder unterhalb der 0 Volt Position eingestellt werden. Ist seine Position 2 Division oberhalb der vorher bestimmten 0 Volt Position festgelegt, erfolgt die Triggerung mit einer Eingangsspannung, die diesen Wert (2 Division) über- oder unterschreitet (Flankenrichtung). Die Höhe der benötigten Eingangsspannung hängt dann nur noch vom Y-Ablenkkoeffizienten und dem Taster ab.

Beispiel: Triggerpunkt 2 div. über 0 Volt, 1 Volt/Division und 10:1 Taster = +20 Volt.

ROLL-Betrieb: Siehe **ROL** unter Punkt (7) im Abschnitt „Bedienelemente und Readout“.

Speicherauflösung

Vertikalauflösung

Die im Speicherteil eingesetzten 8 Bit Analog-/Digital-Wandler ermöglichen 256 unterschiedliche Strahlpositionen (Vertikalaufklärung). Die Darstellung auf dem Schirmbild erfolgt so, daß die Auflösung 25 Punkte/cm beträgt. Dadurch ergeben sich Vorteile bei der Signal-Darstellung, -Dokumentation und -Nachverarbeitung (Dezimalbrüche).

Geringfügige, die Y-Position und -Amplitude betreffende, Abweichungen zwischen der Darstellung auf dem Bildschirm (analog) und der digitalen Dokumentation (z.B. Drucker) sind unvermeidlich. Sie resultieren aus unterschiedlichen Toleranzen, welche die zur Schirmbilddarstellung benötigten Analogschaltungen betreffen. Die Strahlpositionen sind wie folgt definiert:

Mittlere horizontale Rasterlinie	= 10000000b	= 80h	= 128d
Oberste	= 11100100b	= E4h	= 228d
Unterste	= 00011100b	= 1Ch	= 28d

Im Gegensatz zum Analogoszilloskop-Betrieb, mit seiner theoretisch unendlichen Y-Auflösung, ist sie im Digital-Speicheroszilloskop Betrieb auf 25 Punkte/cm begrenzt. Dem Meßsignal überlagertes Rauschen führt dazu, daß, besonders dann, wenn die Y-Position kritisch eingestellt ist, sich bei der A/D-Wandlung das geringwertigste Bit (LSB) ständig ändert.

Horizontalaufklärung

Es können maximal 4 Signaldarstellungen gleichzeitig auf dem Bildschirm erfolgen. Jede Signaldarstellung besteht aus 2048 Byte (Punkten). Dabei werden 2000 Punkte über 10 Rasterteilungen (Division) dargestellt. Somit beträgt die Auflösung 200 Punkte pro Teilung.

Gegenüber nur Digital-Oszilloskopen mit VGA- (50 Punkte/div.) oder LCD- (25 Punkte/div.) Anzeige ergibt sich daraus nicht nur eine 4 bzw. 8fach bessere X-Auflösung, auch die

maximal erfaßbare Signalfrequenz ist in jeder Zeitbasisstellung 4 bzw. 8fach höher. Damit werden auch höherfrequente Signale, die relativ niederfrequenten Signalen überlagert sind, noch erfaßbar. Beispiel: Es soll eine Signalperiode eines 50Hz Sinussignals dargestellt werden. Der Zeit-Ablenkkoeffizient muß dabei 2ms/div. betragen. Im Vergleich ergeben sich folgende Abtastraten und daraus resultierend maximal erfaßbare Signalfrequenzen.

Punkte/div	Abtastintervall	Abtastrate	Signalfreq.
200	2ms/200 = 10µs	100kS/s	10kHz
50	2ms/50 = 40µs	25kS/s	2,5kHz
25	2ms/25 = 80µs	2,5kS/s	1,25kHz

Anmerkung:

1. Das Abtastintervall ist der Zeitabstand zwischen den einzelnen Abtastungen (Erfassungslücke). Je geringer die Zahl der über ein Division anzeigbaren Bildpunkte ist, desto größer ist das Abtastintervall.
2. Die Abtastrate ist der reziproke Wert des Abtastintervalls (1/Abtastintervall = Abtastrate).
3. Die Signalfrequenzangabe bezieht sich auf die höchste sinusförmige Signalfrequenz, die bei der vorgegebenen Abtastrate noch 10 Abtastungen auf einer Sinusperiode ermöglicht. Ist die Zahl der Abtastungen/Periode <10, kann z.B. nicht mehr erkannt werden, ob ein Sinus- oder Dreieckssignal erfaßt wurde.

Horizontalaufklärung mit X-Dehnung

Wie zuvor beschrieben, ist die relativ hohe X-Auflösung von 200 Signal-Abtastungen/div. vorteilhaft. Mit 10facher X-Dehnung bleibt die Auflösung von 200 Abtastpunkten pro Zentimeter (Division) erhalten, obwohl dann theoretisch nur 20 Punkte pro Div. anzeigbar wären. Die fehlenden 180 Punkte werden interpoliert. Der gewünschte Ausschnitt kann mit dem X-POS.-Einsteller eingestellt werden.

In Verbindung mit X-Dehnung beträgt der kleinstmögliche Zeit-Ablenkkoeffizient 50ns/cm. Ein 20MHz Signal kann dabei mit einer Periode/cm aufgelöst werden.

Maximale Signalfrequenz im Speicherbetrieb

Die höchste auswertbare Frequenz ist nicht exakt definierbar, da sie von der Signalform und der Darstellungshöhe des Signals abhängt.

Während ein rechteckförmiges Signal bezüglich seiner Erkennbarkeit relativ geringe Anforderungen stellt, sind, um ein sinusförmiges von einem dreieckförmigen Signal unterscheiden zu können, mindestens 10 Abtastungen/Signalperiode erforderlich. Unter dieser Voraussetzung ist die maximale Abtastrate durch 10 zu dividieren. Das Resultat ist die höchste Signalfrequenz (200MS/s : 10 = 20MHz).

Anzeige von Alias-Signalen.

Falls, bedingt durch die Zeitbasiseinstellung, die Abtastrate zu niedrig ist, kann es zur Darstellung sogenannter Alias-Signale (engl. aliasing) kommen. Das folgende Beispiel beschreibt diesen Effekt:

Ein sinusförmiges Signal wird mit einer Abtastung pro Periode abgetastet. Wenn das Sinussignal zufällig frequenz- und phasengleich dem Abtasttakt ist und die Abtastung jedesmal erfolgt, wenn der positive Signalscheitelwert vorliegt, wird eine waagerechte Linie in der Y-Position des positiven Signalscheitelwertes angezeigt. Dadurch wird eine Gleichspannung als Meßsignal vorgetäuscht.

Andere Auswirkungen des Alias-Effektes sind scheinbar ungetriggerte Signaldarstellungen mit Abweichungen der angezeigten (z.B. 2kHz) von der tatsächlichen Signalfrequenz (z.B. 1MHz). Ebenso sind Hüllkurvendarstellungen möglich, die ein amplitudenmoduliertes Signal vortäuschen.

Um derartige Verfälschungen zu erkennen, genügt es, auf Analogbetrieb umzuschalten und die tatsächliche Signalform zu betrachten.

Vertikalverstärker-Betriebsarten

Prinzipiell kann das Oszilloskop im Digitalspeicherbetrieb mit den gleichen Betriebsarten arbeiten wie im analogen Betrieb. Es können so dargestellt werden:

- Kanal I einzeln,
- Kanal II einzeln,
- Kanäle I und II gleichzeitig (Yt oder XY),
- Summe der beiden Kanäle,
- Differenz der beiden Kanäle.

Abweichungen des Speicherbetriebs (gegenüber dem Analogoszilloskop-Betrieb) sind:

- Bei DUAL-Betrieb erfolgt die Aufnahme beider Eingangssignale gleichzeitig, da jeder Kanal über einen A/D Wandler verfügt. Die im Analog-Betrieb erforderliche Umschaltung zwischen gepopptem bzw. alternierendem Betrieb entfällt daher.
- Wegen der hohen Wiederholfrequenz der Bilddarstellung kann Flackern nicht auftreten.
- Die Strahlhelligkeit wird nicht durch die Schreibgeschwindigkeit des Elektronenstrahles und die Wiederholhäufigkeit der „Schreibvorgänge“ beeinflusst.

Testplan

Dieser Testplan soll helfen, in gewissen Zeitabständen und ohne großen Aufwand an Meßgeräten die wichtigsten Funktionen des Oszilloskops zu überprüfen. Aus dem Test eventuell resultierende Korrekturen und Abgleicharbeiten im Innern des Gerätes sind in der Service-Anleitung beschrieben. Sie sollten jedoch nur von Personen mit entsprechender Fachkenntnis durchgeführt werden.

Die Service-Anleitung beschreibt in englischer Sprache den Abgleich des Oszilloskops und enthält die Schaltbilder und Bestückungspläne. Sie ist gegen eine Schutzgebühr von DM 25,- zuzüglich Mehrwertsteuer bei HAMEG erhältlich.

Es ist zunächst darauf zu achten, daß alle Ablenkoeffizienten kalibriert sind. **Dabei soll Mono- Kanal I-Betrieb mit AC-Triggerkopplung vorliegen.** Es wird empfohlen, das Oszilloskop schon ca. 20 Minuten vor Testbeginn einzuschalten.

Strahlröhre, Helligkeit und Schärfe, Linearität, Rasterverzeichnung

Die Strahlröhre hat normalerweise eine gute Helligkeit. Ein Nachlassen derselben kann nur visuell beurteilt werden. Eine gewisse Randunschärfe ist jedoch in Kauf zu nehmen. Sie ist röhrentechnisch bedingt. Zu geringe Helligkeit kann die Folge zu kleiner Hochspannung sein. Dies erkennt man leicht an der dann stark vergrößerten Empfindlichkeit der Vertikalverstärker.

Die Intensitäts-Grundeinstellung (Arbeitspunkt) der Strahlröhre muß so eingestellt sein, daß kurz vor der Minimum-Stellung des **INTENS**-Einstellers der Strahl gerade verlöscht. Auf keinen Fall darf bei maximaler Intensität mit Zeitablenkung der Strahlrücklauf sichtbar sein. Auch bei XY-Betrieb

muß sich der Strahl völlig verdunkeln lassen. Dabei ist zu beachten, daß bei starken Helligkeitsveränderungen immer neu fokussiert werden muß. Außerdem soll bei max. Helligkeit kein „Pumpen“ des Bildes auftreten.

Letzteres bedeutet, daß die Stabilisation der Hochspannungsversorgung nicht in Ordnung ist. Das Trimm-Potentiometer für die Intensitäts-Grundeinstellung ist nur innen zugänglich. Ebenfalls röhrentechnisch bedingt sind gewisse Toleranzen der Linearität und Rasterverzeichnung. Sie sind in Kauf zu nehmen, wenn die vom Röhrenhersteller angegebenen Grenzwerte nicht überschritten werden. Auch hierbei sind speziell die Randzonen des Schirms betroffen. Ebenso gibt es Toleranzen der Achsen- und Mittenabweichung. Alle diese Grenzwerte werden von HAMEG überwacht. Das Ausschauen einer toleranzfreien Bildröhre ist praktisch unmöglich (zu viele Parameter).

Astigmatismuskontrolle

Es ist zu prüfen, ob sich die maximale Schärfe waagerechter und senkrechter Linien bei derselben **FOCUS**-Knopfeinstellung ergibt. Man erkennt dies am besten bei der Abbildung eines Rechtecksignals höherer Frequenz (ca. 1MHz). Bei normaler Helligkeit werden mit dem FOCUS-Regler die waagerechten Linien des Rechtecks auf die bestmögliche Schärfe eingestellt. Die senkrechten Linien müssen jetzt auch die maximale Schärfe haben. Wenn sich diese jedoch durch die Betätigung des FOCUS-Reglers verbessern läßt, ist eine Astigmatismuskorrektur erforderlich. Hierfür befindet sich im Gerät ein Trimm-Potentiometer.

Symmetrie und Drift des Vertikalverstärkers

Beide Eigenschaften werden im wesentlichen von den Eingangsstufen bestimmt. Einen gewissen Aufschluß über die Symmetrie beider Kanäle und des Y-Endverstärkers erhält man beim Invertieren. Bei guter Symmetrie darf sich die Strahlage um etwa 5mm ändern. Gerade noch zulässig wäre 1cm. Größere Abweichungen weisen auf eine Veränderung im Vertikalverstärker hin.

Eine weitere Kontrolle der Y-Symmetrie ist über den Stellbereich der Y-POS.-Einstellung möglich. Man gibt auf den Y-Eingang ein Sinussignal von etwa 10-100kHz (Signalkopplung dabei auf AC). Wenn dann bei einer Bildhöhe von ca. 8cm der **Y-POS.** I-Knopf nach beiden Seiten bis zum Anschlag gedreht wird, muß der oben und unten noch sichtbare Teil ungefähr gleich groß sein. Unterschiede bis 1cm sind noch zulässig. Die Kontrolle der Drift ist relativ einfach. Nach etwa 20 Minuten Einschaltzeit wird die Zeitlinie exakt auf Mitte Bildschirm gestellt. In der folgenden Stunde darf sich die vertikale Strahlage um nicht mehr als 5 mm verändern.

Abgleich des Vertikalverstärkers

Achtung:
Eine auf nationale Normale rückführbare Kalibration ist nicht Gegenstand der nachfolgenden Beschreibung. Wird eine derartige Kalibration gewünscht, ist das Oszilloskop an HAMEG einzusenden. Die Kalibration wird mit einem Werks-Kalibrierschein bestätigt und ist kostenpflichtig.

Die folgenden Beschreibungen setzen voraus, daß der Ablenkoeffizient kalibriert ist und DC-Eingangskopplung vorliegt.

Die Ausgangsbuchse des Kalibrators gibt eine Rechteckspannung von $0,2V_{ss} (\pm 1\%)$ ab. Stellt man eine direkte Verbindung zwischen der 0,2V-Ausgangs-Buchse und dem Eingang des Vertikalverstärkers her (Tastkopf 1:1), muß das aufgezeichnete Signal bei 50mV/cm 4cm hoch sein. Abweichungen

von maximal 0,2mm (2%) sind gerade noch zulässig. Bei größeren Toleranzen sollte man erst klären, ob die Ursache im Vertikalverstärker selbst oder in der Amplitude der Rechteckspannung zu suchen ist. Gegebenenfalls ist die Kalibrierung des Vertikalverstärkers mit einer exakt bekannten Gleichspannung möglich. Die vertikale Strahlage muß sich dann entsprechend dem eingestellten Ablenkoeffizienten verändern.

In der Feineinstell-Funktion läßt sich die Eingangsempfindlichkeit mindestens um den Faktor 2,5 verringern. Bei 50mV/cm soll sich die Kalibratorsignal-Höhe von 4cm auf mindestens 1,6cm ändern.

Übertragungsgüte des Vertikalverstärkers

Die Kontrolle der Übertragungsgüte ist nur mit Hilfe eines Rechteckgenerators mit kleiner Anstiegszeit (max. 5ns) möglich. Das Verbindungskabel muß dabei direkt am Vertikaleingang des Oszilloskops mit einem Widerstand gleich dem Kabel-Wellenwiderstand (z.B. HAMEG HZ34 mit HZ22) abgeschlossen sein.

Zu kontrollieren ist mit 100Hz, 1kHz, 10kHz, 100kHz und 1MHz. Dabei darf das aufgezeichnete Rechteck, besonders bei 1MHz und einer Bildhöhe von 4-5cm, kein Überschwingen zeigen. Jedoch soll die vordere Anstiegsflanke oben auch nicht nennenswert verrundet sein. Bei den angegebenen Frequenzen dürfen weder Dachschrägen noch Löcher oder Höcker im Dach auffällig sichtbar werden. Einstellung: Ablenkoeffizient 5mV/cm (kalibriert); Signalankopplung auf DC.

Im allgemeinen treten nach Verlassen des Werkes keine größeren Veränderungen auf, so daß normalerweise auf diese Prüfung verzichtet werden kann. Allerdings ist für die Qualität der Übertragungsgüte nicht nur der Meßverstärker von Einfluß. Der vor den Verstärker geschaltete Eingangsteiler ist in jeder Stellung frequenzkompensiert. Bereits kleine kapazitive Veränderungen können die Übertragungsgüte herabsetzen. Fehler dieser Art werden in der Regel am besten mit einem Rechtecksignal niedriger Folgefrequenz (z.B. 1kHz) erkannt. Wenn ein solcher Generator mit max. 40V_{ss} zur Verfügung steht, ist es empfehlenswert, in gewissen Zeitabständen alle Stellungen der Eingangsteiler zu überprüfen und, wenn erforderlich, nachzugleichen.

Hierfür ist jedoch noch ein kompensierter 2:1-Vorteiler erforderlich, der auf die Eingangsimpedanz des Oszilloskops abgeglichen werden muß. Wichtig ist, daß der Teiler abgeschirmt ist.

Zum Selbstbau benötigt man an elektrischen Bauteilen einen 1M Ω -Widerstand ($\pm 1\%$) und, parallel dazu, einen C-Trimmer 3/15pF parallel mit etwa **6,8pF**. Diese Parallelschaltung wird einerseits direkt mit dem Vertikaleingang I bzw. II, andererseits über ein möglichst kapazitätsarmes Kabel mit dem Generator verbunden.

Der Vorteiler wird bei 5mV/cm (kalibriert) auf die Eingangsimpedanz des Oszilloskops abgeglichen;

Signalankopplung auf DC; Rechteckdächer exakt horizontal ohne Dachschräge). Danach sollte die Form des Rechtecks in jeder Eingangsteilerstellung gleich sein.

Betriebsarten: CH.I/II, DUAL, ADD, CHOP, INVERT und XY-Betrieb

Im DUAL-Betrieb müssen sofort zwei Zeitlinien erscheinen.

Bei Betätigung der Y-POS.-Knöpfe sollten sich die Strahlagen gegenseitig nicht beeinflussen. Trotzdem ist dies auch bei

intakten Geräten nicht ganz zu vermeiden. Wird ein Strahl über den ganzen Schirm verschoben, darf sich die Lage des anderen dabei um maximal 0,5mm verändern.

Ein Kriterium bei Chopperbetrieb ist die Strahlverbreiterung und Schattenbildung um die Zeitlinie im oberen oder unteren Bildschirmbereich. Normalerweise darf beides nicht sichtbar sein. **TIME/DIV.**-Einstellung dabei auf **0.5ms/cm**. Signalkopplung auf GD; INTENS-Knopf auf maximale Strahlhelligkeit; **FOCUS**-Einstellung auf optimale Schärfe. Mit den beiden **Y-POS.**-Knöpfen wird eine Zeitlinie auf +2cm, die andere auf -2cm Höhe gegenüber der horizontalen Mittellinie des Rasters geschoben.

Nicht mit dem Zeit-Feinsteller auf die Chopperfrequenz (ca. 500kHz) synchronisieren!

Wesentliches Merkmal bei Additions-Betrieb ist die Verschiebbarkeit der Zeitlinie mit beiden Y-POS.-Drehknöpfen.

Bei XY-Betrieb muß die Empfindlichkeit in beiden Ablenkrichtungen gleich sein. Gibt man das Signal des eingebauten Rechteckgenerators auf den Eingang von Kanal II, muß sich horizontal, wie bei Kanal I in vertikaler Richtung, eine Ablenkung von 4cm ergeben (50mV/cm-Stellung).

Die Prüfung der Einzelkanaldarstellung erübrigt sich. Sie ist indirekt in den oben angeführten Prüfungen bereits enthalten.

Kontrolle Triggerung

Wichtig ist die interne Triggerschwelle. Sie bestimmt, ab welcher Bildhöhe ein Signal exakt stehend aufgezeichnet wird. Sie sollte zwischen 3 und 5mm liegen. Eine noch empfindlichere Triggerung birgt die Gefahr des Ansprechens auf den Stör- und Rauschpegel in sich. Dabei können phasenverschobene Doppelbilder auftreten. (Hier sollte mit dem LF Triggerfilter gearbeitet werden).

Eine Veränderung der Triggerschwelle ist nur intern möglich. Die Kontrolle erfolgt mit irgendeiner Sinusspannung zwischen 50Hz und 1MHz bei automatischer **Spitzenwert-Triggerung (NM-Anzeige leuchtet nicht)**. Dabei soll die **Triggerpegel-Einstellung so erfolgen, daß die Zeitbasis mit dem Nulldurchgang des Sinussignals gestartet wird**. Danach ist festzustellen, ob die gleiche Triggerempfindlichkeit auch mit Normaltriggerung (**NM-Anzeige leuchtet**) vorhanden ist. Hierbei muß eine **Triggerpegel-Einstellung** vorgenommen werden. Mit dem Umschalten der Trigger-Flankenrichtung muß sich der Kurvenanstieg der ersten Schwingung umpolen. Das Oszilloskop muß, bei einer Bildhöhe von etwa 5mm und AC- bzw. DC-Einstellung der Triggerkopplung, Sinussignale bis zur - im Datenblatt angegebenen - höchsten Trigger-Frequenz einwandfrei intern triggern.

Zur externen Triggerung sind mindestens 0,3 V_{ss} Spannung (synchron zum Y-Signal) an der Buchse TRIG. EXT. erforderlich.

Die TV-Triggerung wird am besten mit einem Videosignal beliebiger Polarität geprüft. Dabei ist die Triggerkopplung auf **TVL oder TVF zu schalten und ein geeigneter Zeit-Ablenkoeffizient einzustellen**. Die Flankenrichtung muß richtig gewählt sein. Sie gilt für beide Darstellungen (TVL und TVF).

Die TV-Triggerung ist dann einwandfrei, wenn bei zeilen- und bei bildfrequenter Darstellung die Amplitude des kompletten Videosignals (vom Weißwert bis zum Dach des Zeilenimpulses) zwischen 8 und 60mm bei stabiler Darstellung geändert werden kann.

Wird mit einem Sinussignal ohne Gleichspannungsanteil intern mit Normal-Triggerung oder extern getriggert, dann darf

sich beim Umschalten von AC auf DC Triggerkopplung keine wesentliche Verschiebung des Signal-Startpunktes ergeben.

Werden beide Vertikal-Verstärkereingänge AC-gekoppelt an das gleiche Signal geschaltet und im alternierenden Zweikanal-Betrieb beide Strahlen auf dem Bildschirm exakt zur Deckung gebracht, dann darf beim Umschalten der internen Triggerquelle von CHI auf CHII oder beim Umschalten der Triggerkopplung (TRIG.) von AC auf DC keine wesentliche Änderung des Bildes sichtbar sein.

Eine Kontrolle der Netztriggerung (50-60Hz) in Stellung ~ der Triggerkopplung ist mit einer netzfrequenten Eingangsspannung (auch harmonisch oder subharmonisch) möglich. Um zu kontrollieren, ob die Netztriggerung bei sehr kleiner oder großer Signalspannung nicht aussetzt, sollte die Eingangsspannung bei ca. 1V liegen. Durch Verändern des Ablenkoeffizienten (auch mit dem Feinsteller) läßt sich die dargestellte Signalthöhe dann beliebig variieren.

Zeitablenkung

Vor Kontrolle der Zeitbasis ist festzustellen, ob die Zeitlinie mindestens 10cm lang ist.

Ferner ist zu untersuchen, ob die Zeitablenkung von links nach rechts schreibt. Hierzu Zeitlinie mit X-POS.-Einsteller auf horizontale Rastermitte zentrieren und **Ablenkoeffizient (TIME / DIV.) auf 100ms/div.** stellen (Wichtig nur nach Röhrenwechsel!).

Steht für die Überprüfung der Zeitbasis kein exakter Markengeber zur Verfügung, kann man auch mit einem genau kalibrierten Sinusgenerator arbeiten. Seine Frequenztoleranz sollte nicht größer als $\pm 0,1\%$ sein. Die Zeitwerte des Oszilloskops werden zwar mit $\pm 3\%$ angegeben; sie sind jedoch besser. Zur gleichzeitigen Kontrolle der Linearität sollten immer mindestens 10 Schwingungen, d.h. je cm ein Kurvenzug, abgebildet werden. Zur exakten Beurteilung wird mit Hilfe der X-POS.-Einstellung die Spitze des ersten Kurvenzuges genau hinter die erste vertikale Linie des Rasters gestellt. Die Tendenz einer evtl. Abweichung ist schon nach den ersten Kurvenzügen erkennbar.

Für häufige Routinekontrollen der Zeitbasis an einer größeren Anzahl von Oszilloskopen ist die Anschaffung eines Oszilloskop-Kalibrators empfehlenswert. Dieser besitzt auch einen quarsgenauen Markergeber, der für jeden Zeitbereich Impulse im Abstand von 1 cm abgibt. Dabei ist zu beachten, daß bei der Triggerung solcher Impulse zweckmäßig mit Normaltriggerung gearbeitet werden sollte. Welche Frequenz für die jeweilige Zeitbasiseinstellung benötigt wird, kann mit Hilfe des Readout ermittelt werden. Bei Zeitmessung sind die senkrechten Cursorlinien auf 1 cm Abstand zu stellen, sodaß die Zeitmessung denselben Wert wie die Ablenkoeffizientenanzeige zeigt. Dann muß von Zeit- auf Frequenzmessung umgeschaltet werden und das Readout zeigt die benötigte Signalfrequenz an.

HOLDOFF-Zeit

Die Änderung der HOLD OFF-Zeit beim Drehen des betr. Knopfes ist ohne Eingriff in das Oszilloskop nicht zu kontrollieren. Immerhin kann die Strahlverdunklung (ohne Eingangssignal bei automatischer Triggerung) geprüft werden. Hierzu ist die kalibrierte TIME/DIV.-Einstellung 50ns/cm zu wählen. Dann soll bei minimaler HOLDOFF-Zeit der Strahl hell, bei maximaler HOLDOFF-Zeit dagegen merklich dunkler sein.

Achtung:
Der Einsteller wirkt nur dann als Holdoff-Einsteller, wenn nur die A-Zeitbasis in Betrieb ist und Analog-Betrieb vorliegt.

Korrektur der Strahlage

Die Strahlröhre hat eine zulässige Winkelabweichung von $\pm 5^\circ$ zwischen der X-Ablenkplattenebene D1 / D2 und der horizontalen Mittellinie des Innenrasters. Zur Korrektur dieser Abweichung und der von der Aufstellung des Gerätes abhängigen erdmagnetischen Einwirkung muß das mit TR bezeichnete Potentiometer (rechts neben dem Bildschirm) nachgestellt werden. Im allgemeinen ist der Strahldrehbereich asymmetrisch. Es sollte aber kontrolliert werden, ob sich die Strahllinie mit dem TR-Potentiometer etwas schräg nach beiden Seiten um die horizontale Rastermittellinie einstellen läßt. Bei geschlossenem Gehäuse genügt ein Drehwinkel von $\pm 0,57^\circ$ (1mm Höhenunterschied auf 10cm Strahllänge) zur Erdfeldkompensation.

Service Hinweis

Die folgenden Hinweise sollen dem Service-Techniker helfen, am Oszilloskop auftretende Abweichungen von den Sollwerten zu korrigieren. Dabei werden anhand des Testplanes erkannte Mängel besonders berücksichtigt. Ohne genügende Fachkenntnisse sollte man jedoch keine Eingriffe im Gerät vornehmen. Es ist dann besser, den schnell und preiswert arbeitenden HAMEG-Service in Anspruch zu nehmen. Er ist so nah wie Ihr Telefon. Unter der Direktwahl-Nummer 069/6780520 erhalten Sie auch technische Auskünfte. Wir empfehlen, Reparatureinsendungen an HAMEG nur im Originalkarton vorzunehmen. (Siehe auch „Garantie“).

Öffnen des Gerätes

Entfernt man die zwei **Hutmutter** am Gehäuse-Rückdeckel, kann dieser nach hinten abgezogen werden. Vorher ist der Netzkabel-Stecker aus der eingebauten Kaltgerätedose herauszuziehen. Hält man den Gehäusemantel fest, läßt sich das Chassis mit Frontdeckel nach vorn hinausschieben. Beim späteren Schließen des Gerätes ist darauf zu achten, daß sich der Gehäusemantel an allen Seiten richtig unter den Rand des Frontdeckels schiebt. Das gleiche gilt auch für das Aufsetzen des Rückdeckels.

Warnung:

Beim Öffnen oder Schließen des Gehäuses, bei einer Instandsetzung oder bei einem Austausch von Teilen, muß das Gerät von allen Spannungsquellen getrennt sein. Wenn danach eine Messung, eine Fehlersuche oder ein Abgleich am geöffneten Gerät unter Spannung unvermeidlich ist, so darf das nur durch eine Fachkraft geschehen, die mit den damit verbundenen Gefahren vertraut ist.

Bei Eingriffen in das Oszilloskop ist zu beachten, daß die Betriebsspannungen der Bildröhre ca. -2kV, sowie +12kV und die der Endstufen etwa +115V bzw. +65V betragen. **Diese Potentiale befinden sich an der Röhrenfassung, der Netzteilleiterplatte, dem Mainboard und der Y-Endstufenleiterplatte.** Sie sind lebensgefährlich. Daher ist größte Vorsicht geboten. Ferner wird darauf hingewiesen, daß Kurzschlüsse an verschiedenen Stellen des Bildröhren-Hochspannungskreises den gleichzeitigen Defekt diverser Halbleiter und des Optokopplers bewirken. Aus dem gleichen Grund ist das Zuschalten von Kondensatoren an diesen Stellen bei eingeschaltetem Gerät sehr gefährlich.

Achtung:

Kondensatoren im Gerät können noch geladen sein, selbst wenn das Gerät von allen Spannungsquellen getrennt wurde.

Größte Vorsicht ist beim Umgang mit der Strahlröhre geboten. Der Glaskolben darf unter keinen Umständen mit gehär-

teten Werkzeugen berührt oder örtlich überhitzt (LötKolben!) oder unterkühlt (Kältespray!) werden. Wir empfehlen das Tragen einer Schutzbrille (Implosionsgefahr).

Nach jedem Eingriff ist das komplette Gerät (mit geschlossenem Gehäuse und gedrückter Netztaaste POWER) einer Spannungsprüfung mit 2200V Gleichspannung zu unterziehen (berührbare Metallteile gegen beide Netzpole). Diese Prüfung ist gefährlich und bedingt eine entsprechend ausgebildete Fachkraft. Außerdem ist die Impedanz zwischen dem Schutzleiteranschluß an der Netzsteckerbuchse und jedem berührbaren Metallteil des Oszilloskops zu prüfen. Sie darf $0,1\Omega$ nicht überschreiten.

Betriebsspannungen

Alle Betriebsgleichspannungen im Oszilloskop werden bereits durch das Schaltnetzteil elektronisch stabilisiert. Die nochmals stabilisierte Spannung +12V ist einstellbar. Sie dient als Referenzspannung für die Stabilisierung der -6V und -2000V Gleichspannungen. Wenn eine der Gleichspannungen 5% vom Sollwert abweicht, muß ein Fehler vorliegen.

Für die Messung der Hochspannung darf nur ein genügend hochohmiges Voltmeter ($>10M\Omega$) verwendet werden. Auf dessen ausreichende Spannungsfestigkeit ist unbedingt zu achten. In Verbindung mit einer Kontrolle der Betriebsspannungen ist es empfehlenswert, auch deren Brumm- bzw. Störspannungen zu überprüfen. Zu hohe Werte können oftmals die Ursache für sonst unerklärliche Fehler sein. Die Maximalwerte sind in den Schaltbildern angegeben.

Maximale und minimale Helligkeit

Für die Einstellung befindet sich auf der CRT-Leiterplatte (Strahlröhrenhals) ein $100k\Omega$ Trimm-Potentiometer. Es darf nur mit einem gut isolierten Schraubendreher betätigt werden. Der Abgleich muß so erfolgen, daß der unabgelenkte punktförmige Strahl mit dem INTENS.-Einsteller im X-Y-Betrieb gerade verdunkelt werden kann. Richtig eingestellt, müssen die im Testplan beschriebenen Forderungen erfüllt sein.

Astigmatismus

Auf der CRT-Leiterplatte (Strahlröhrenhals) befindet sich ein $47k\Omega$ -Trimmer, mit dem der Astigmatismus bzw. das Verhältnis zwischen vertikaler und horizontaler Schärfe korrigiert werden kann. Die richtige Einstellung ist auch abhängig von der Y-Plattenspannung (ca. +42V). Man sollte diese daher vorsichtshalber vorher kontrollieren. Die Astigmatismuskorrektur erfolgt am besten mit einem hochfrequenten Rechtecksignal (z.B. 1MHz).

Dabei werden mit dem FOCUS-Knopf zuerst die waagerechten Rechtecklinien scharf eingestellt. Dann wird am Astigm.-Pot. $47k\Omega$ die Schärfe der senkrechten Linien korrigiert. In dieser Reihenfolge wird die Korrektur mehrmals wiederholt. Der Abgleich ist beendet, wenn sich mit dem FOCUS-Knopf allein keine Verbesserung der Schärfe in beiden Richtungen mehr erzielen läßt.

Triggerschwelle

Die interne Triggerschwelle sollte bei 3 bis 5mm Bildhöhe liegen.

Fehlersuche im Gerät

Aus Gründen der Sicherheit darf das geöffnete Oszilloskop nur über einen Schutz-Trenntransformator (Schutzklasse II) betrieben werden.

Für die Fehlersuche werden ein Signalgenerator, ein ausreichend genaues Multimeter und, wenn möglich, ein zweites Oszilloskop benötigt. Letzteres ist notwendig, wenn bei schwierigen Fehlern eine Signalverfolgung oder eine Störspannungskontrolle erforderlich wird. Wie bereits erwähnt, ist die stabilisierte Hochspannung (**-2025V und +12kV**) sowie die Versorgungsspannung für die Endstufen lebensgefährlich. Bei Eingriffen in das Gerät ist es daher ratsam, mit längeren vollisolierten Tastspitzen zu arbeiten. Ein zufälliges Berühren kritischer Spannungspotentiale ist dann so gut wie ausgeschlossen. Selbstverständlich können in dieser Anleitung nicht alle möglichen Fehler eingehend erörtert werden. Etwas Kombinationsgabe ist bei schwierigen Fehlern schon erforderlich. Wenn ein Fehler vermutet wird, sollte das Gerät nach dem Öffnen des Gehäuses zuerst gründlich visuell überprüft werden, insbesondere nach losen, bzw. schlecht kontaktierten oder durch Überhitzung verfärbten Teilen. Ferner sollten alle Verbindungsleitungen im Gerät zwischen den Leiterplatten, zu Frontchassisteilen, zur Röhrenfassung und zur Trace-Rotation-Spule innerhalb der Röhrenabschirmung inspiziert werden. Diese visuelle Inspektion kann unter Umständen viel schneller zum Erfolg führen als eine systematische Fehlersuche mit Meßgeräten.

Die erste und wichtigste Maßnahme bei einem völligen Versagen des Gerätes ist, abgesehen von der Prüfung der Netzsicherungen, das Messen der Plattenspannungen an der Bildröhre. In 90% aller Fälle kann dabei festgestellt werden, welches Hauptteil fehlerhaft ist. Als Hauptteile sind anzusehen:

1. Y-Ablenkeinrichtung
2. X-Ablenkeinrichtung
3. Bildröhrenkreis
4. Stromversorgung

Während der Messung müssen die POS.-Einsteller der beiden Ablenkrichtungen möglichst genau in der Mitte ihres Stellbereiches stehen. Bei funktionstüchtigen Ablenkeinrichtungen sind die Einzelspannungen jedes Plattenpaares Y ca. 42V und X ca. 52V. Sind die Einzelspannungen eines Plattenpaares stark unterschiedlich, muß in dem zugehörigen Ablenkteil ein Fehler vorliegen. Wird trotz richtig gemessener Plattenspannungen kein Strahl sichtbar, sollte man den Fehler im Bildröhrenkreis suchen. Fehlen die Ablenkplattenspannungen überhaupt, ist dafür wahrscheinlich die Stromversorgung verantwortlich.

Austausch von Bauteilen

Beim Austausch von Bauteilen dürfen nur Teile gleichen oder gleichwertigen Typs eingebaut werden. Widerstände ohne besondere Angabe in den Schaltbildern haben (mit wenigen Ausnahmen) eine Belastbarkeit von 1/5W (Melf) bzw. 1/8W (chip) und eine Toleranz von 1%. Widerstände im Hochspannungskreis müssen entsprechend spannungsfest sein. Kondensatoren ohne Spannungsangabe müssen für eine Betriebsspannung von 63V geeignet sein. Die Kapazitätstoleranz sollte 20% nicht überschreiten. Viele Halbleiter sind selektiert. Sie sind im Schaltbild entsprechend gekennzeichnet. Fällt ein selektierter Halbleiter aus, sollte auch der intakte Halbleiter des anderen Signalwegs erneuert werden. Beide Bauteile sind durch selektierte zu ersetzen, weil sich sonst Abweichungen der spezifischen Daten oder Funktionen ergeben können. Der HAMEG-Service berät Sie gern und beschafft selektierte oder Spezialteile, die nicht ohne weiteres im Handel erhältlich sind (z.B. Bildröhre, Potentiometer, Drosseln usw.).

Abgleich

Das Oszilloskop verfügt unter anderem über ein Kalibrations-Menü. Einige Menüpunkte können auch von Anwendern benutzt werden, die nicht über Präzisionsmeßgeräte bzw. -Generatoren verfügen.

Der Aufruf des Menüs erfolgt wie im Abschnitt „Menü“ beschrieben.

Das Menü „CALIBRATE“ enthält mehrere Menüpunkte.

Folgende Menüpunkte können ohne spezielle Meß- und Prüfgeräte bzw. vorhergehende Abgleicharbeiten benutzt werden. Der Abgleich erfolgt automatisch, an den BNC Buchsen darf kein Signal anliegen:

1. Y AMP (Meßverstärker Kanal I und II).
2. TRIGGER-AMP (Triggerverstärker).
3. STORE AMP (Digitalteil).

Die beim Abgleich ermittelten neuen Datenwerte werden automatisch gespeichert und liegen auch nach erneuten Einschalten des Gerätes wieder vor. Der Aufruf der OVERWRITE FACTORY DEFAULT-Funktion im SETUP-Menü ist daher nicht erforderlich.

Unter jedem der drei Menüpunkte werden Sollwertabweichungen der Verstärker korrigiert und die Korrekturwerte gespeichert. Bezüglich der Y-Meßverstärker sind dies die Arbeitspunkte der Feldeffekttransistoren, sowie die Invertierungs- und variable Verstärker-Balance. Beim Triggerverstärker werden die Gleichspannungsarbeitspunkte und die Triggerschwelle erfaßt; im Speicherbetrieb die Anpassung der Digital- an die Analogdarstellung.

Es wird nochmals darauf hingewiesen, daß auch diese automatisch durchgeführten Abgleicharbeiten nur erfolgen sollten, wenn das Oszilloskop seine Betriebstemperatur erreicht hat und die Betriebsspannungen offensichtlich fehlerfrei sind. Während des automatischen Abgleichs wird im Readout der Begriff „Working“ angezeigt.

Gemäß vielen Hinweisen in der Bedienungsanleitung und im Testplan lassen sich kleine Korrekturen und Abgleicharbeiten zwar durchführen; es ist aber nicht gerade einfach, einen vollständigen Neuabgleich des Oszilloskops selbst vorzunehmen. Hierzu sind Sachverstand, Erfahrung, Einhaltung einer bestimmten Reihenfolge und mehrere Präzisionsmeßgeräte mit Kabeln und Adaptern erforderlich. Deshalb sollten Potentiometer und Trimmer im Innern des Gerätes nur dann verstellt werden, wenn die dadurch verursachte Änderung an der richtigen Stelle genau gemessen bzw. beurteilt werden kann, nämlich in der passenden Betriebsart, mit optimaler Bedienelemente- und Potentiometer-Einstellung, mit oder ohne Sinus- oder Rechtecksignal entsprechender Frequenz, Amplitude, Anstiegszeit und Tastverhältnis.

RS232-Interface - Fernsteuerung

Sicherheitshinweis

Achtung:
Alle Anschlüsse der Schnittstelle am Oszilloskop sind galvanisch mit dem Oszilloskop verbunden.

Messungen an hochliegendem Meßbezugspotential sind nicht zulässig und gefährden Oszilloskop, Interface und daran angeschlossene Geräte.

Bei Nichtbeachtung der Sicherheitshinweise (siehe auch „Sicherheit“) werden Schäden an HAMEG-Produkten nicht von der Garantie erfaßt. Auch haftet HAMEG nicht für Schäden an Personen oder Fremdfabrikaten.

Beschreibung

Das Oszilloskop verfügt auf der Geräterückseite über eine RS232 Schnittstelle, die als 9polige D-SUB Kupplung ausgeführt ist. Über diese bidirektionale Schnittstelle können Einstellparameter und bei Digital-Betrieb Signaldaten von einem externen Gerät (z.B. PC) zum Oszilloskop gesendet, bzw. durch das externe Gerät abgerufen werden.

Eine direkte Verbindung vom PC (serieller Port) zum Interface kann über ein 9poliges Kabel (1:1 beschaltet) hergestellt werden. Die maximale Länge darf 3m betragen. Die Steckerbelegung für das RS232-Interface (9polige D-Subminiatur Buchse) ist folgendermaßen festgelegt:

Pin

- 2 Tx Data (Daten vom Oszilloskop zum externen Gerät)
- 3 Rx Data (Daten vom externen Gerät zum Oszilloskop)
- 7 CTS Sendebereitschaft
- 8 RTS Empfangsbereitschaft
- 5 Ground (Bezugspotential, über Oszilloskop (Schutzklasse I) und Netzkabel mit dem Schutzleiter verbunden.
- 9 +5V Versorgungsspannung für externe Geräte (max. 400mA).

Der maximal zulässige Spannungshub an den Tx, Rx, RTS und CTS Anschlüssen beträgt ± 12 Volt. Die RS232-Parameter für die Schnittstelle lauten:

N-8-2 (kein Paritätsbit, 8 Datenbits, 2 Stoppbits, RTS/CTS-Hardware-Protokoll).

Baudrateneinstellung

Die Baudrateneinstellung erfolgt automatisch. BEREICH: 110 Baud bis 19200 Baud (keine Parität, Datenlänge 8 Bit, 2 Stoppbit). Mit dem ersten nach POWER-UP (Einschalten des Oszilloskops) gesendeten SPACE CR (20hex, ODhex) wird die Baudrate eingestellt. Diese bleibt bis zum POWER-DOWN (Ausschalten des Oszilloskops) oder bis zum Aufheben des Remote-Zustandes durch das Kommando RM=O, bzw. die Taste LOCAL (Auto-Range-Taste), wenn diese vorher freigegeben wurde, erhalten.

Nach Aufheben des Remote-Zustandes (RM-LED (3) dunkel) kann die Datenübertragung nur mit Senden von SPACE CR wieder aufgenommen werden.

Erkennt das Scope kein SPACE CR als erste Zeichen wird TxD für ca. 0.2ms auf Low gezogen und erzeugt damit einen Rahmenfehler.

Hat das Scope SPACE CR erkannt und seine Baudrate eingestellt, antwortet es mit dem RETURNCODE O CR LF. Die Tastatur des Scopes ist danach gesperrt. Die Zeit zwischen Remote OFF und Remote ON muß mindestens

$$t_{\min} = 2 \cdot (1/\text{Baudrate}) + 60\mu\text{s}$$

Datenübertragung

Nach erfolgreicher Baudrateneinstellung befindet sich das Scope im Remote-Zustand und ist zur Entgegennahme von Kommandos bereit. Ein Datenträger mit Programmierbeispielen, der Liste aller Befehle und einem Programm zur Übernahme der gespeicherten Daten in Excel ist bei HAMEG kostenlos erhältlich.

