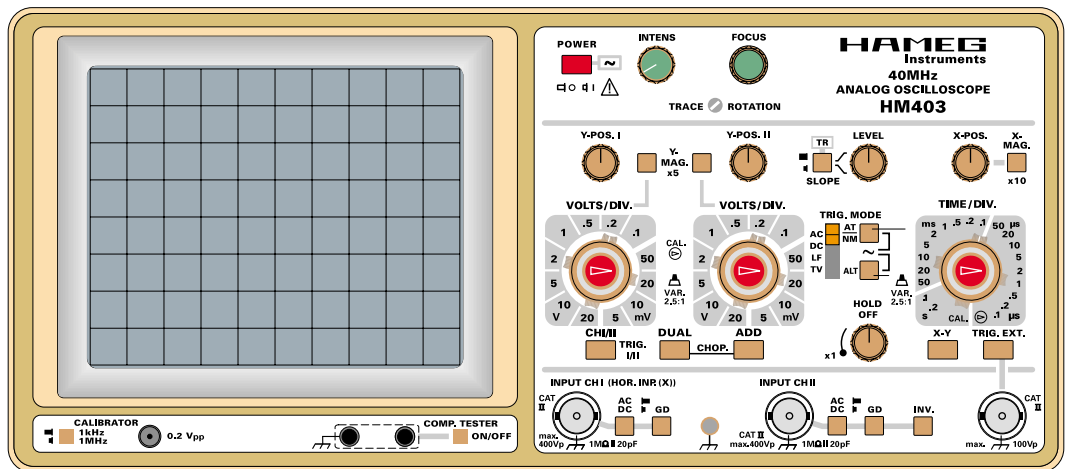


Oszilloskop HM403



Technische Daten	5
Zubehör Oszilloskope	6
CE-Konformität	7
Allgemeines	8
Aufstellung des Gerätes	8
Sicherheit	8
Bestimmungsgemäßer Betrieb	8
Garantie	9
Wartung	9
Schutzschaltung	9
Netzspannung	9
Art der Signalspannung	10
Größe der Signalspannung	10
Spannungswerte an einer Sinuskurve	10
Gesamtwert der Eingangsspannung	11
Zeitwerte der Signalspannung	11
Anlegen der Signalspannung	12
Bedienelemente	13
Inbetriebnahme und Voreinstellungen	14
Strahldrehung TR	14
Tastkopf-Abgleich und Anwendung	14
Abgleich 1kHz	15
Abgleich 1MHz	15
Betriebsarten der Vertikalverstärker	15
XY-Betrieb	16
Phasenvergleich mit Lissajous-Figur	16
Phasendifferenz-Messung	
im Zweikanal-Betrieb	16
Phasendifferenzmessung im Zweikanalbetrieb	17
Messung einer Amplitudenmodulation	17
Triggerung und Zeitablenkung	17
Automatische Spitzenwert-Triggerung	18
Normaltriggerung	18
Flankenrichtung	18
Triggerkopplung	18
TV (Videosignal-Triggerung)	18
Bildsynchronimpuls-Triggerung	19
Zeilensynchronimpuls-Triggerung	19
Netztriggerung	19
Alternierende Triggerung	19
Externe Triggerung	20
Triggeranzeige	20
Holdoff-Zeiteinstellung	20
Komponenten-Test	20
Testplan	22
Allgemeines	22
Strahlröhre, Helligkeit und Schärfe,	
Linearität, Rasterverzeichnung	22
Astigmatismuskontrolle	22
Symmetrie und Drift des Vertikalverstärkers	22
Kalibration des Vertikalverstärkers	23
Übertragungsgüte des Vertikalverstärkers	23
Betriebsarten: CH.I/II, DUAL, ADD, CHOP,	
INVERT und XY-Betrieb	23
Kontrolle Triggerung	23
Zeitablenkung	24
HOLDOFF-Zeit	24
Komponenten-Tester	24
Korrektur der Strahlhage	24

Oszilloskop HM 403

Service-Anleitung	25
Allgemeines	25
Öffnen des Gerätes	25
Warnung	25
Betriebsspannungen	25
Minimale Helligkeit	25
Astigmatismus	25
Triggerschwelle	25
Fehlersuche im Gerät	26
Austausch von Bauteilen	26
Abgleich	26
Kurzanleitung HM403	27
Bedienungselemente HM403 (Kurzbeschreibung - Frontbild)	28

Technische Daten

Vertikal-Ablenkung

Betriebsarten: Kanal I oder II einzeln, Kanal I und Kanal II alternierend oder chop., (Chopperfrequenz ca. 0,5MHz)

Summe oder **Differenz** von KI und KII, (Kanal II invertierbar),

XV-Betrieb: Kanal I (X) und Kanal II (Y)

Frequenzbereich: 2xDC bis 40MHz (-3dB)

Anstiegszeit: <10ns

Überschwingen: $\leq 1\%$

Ablenkkoeffizienten: 12 kalibrierte Stellungen von **5mV/cm** bis **20V/cm** (1-2-5 Teilung)

variabel 2,5:1 bis mindestens **50V/cm**

Genauigkeit der kalibrierten Stellungen: $\pm 3\%$

Y-Dehnung x5 (kalibriert) bis **1mV/cm** $\pm 5\%$

im Frequenzbereich 0 - 10MHz (-3dB)

Eingangsimpedanz: 1M Ω || 20pF

Eingangskopplung: DC-AC-GD (Ground)

Eingangsspannung: max. 400V (DC + Spitze AC)

Triggrung

Automatik (Spitzenwert):

<20Hz-50MHz ($\leq 5\text{mm}$) - **100MHz** ($\leq 8\text{mm}$)

Normal mit Level-Einstellung:

DC->50MHz ($\leq 5\text{mm}$) - **100MHz** ($\leq 8\text{mm}$)

LED-Anzeige für Triggereinsatz

Flankenrichtung: positiv oder negativ,

Alternierende Triggrung von KI und KII,

Quellen: Kanal I, Kanal II, Netz, extern

Kopplung: **AC** (10Hz bis 100MHz),

DC (0 bis 100MHz),

LF (0 bis 1,5kHz)

Extern: $\geq 0,3V_{ss}$ von 30Hz bis 50MHz

Aktiver TV-Sync-Separator (pos. und neg.)

Horizontal-Ablenkung

Zeitkoeffizienten: 20 kalibrierte Stellungen

von 0,2s/cm - 0,1 μ s/cm mit 1-2-5 Teilung

Genauigkeit der kalibrierten Stellungen: $\pm 3\%$

variabel 2,5:1 bis max. 0,5s/cm

mit **X-Mag. x10** $\pm 5\%$; 10ns/cm: $\pm 8\%$

Holdoff: variabel bis ca. 10:1

Bandbreite X-Verstärker: 0-2,5MHz (-3dB)

Eingang X-Verstärker über Kanal I,

Empfindlichkeiten wie Kanal I

X-Y Phasendifferenz: $< 3^\circ$ unter 100kHz

Komponententester

Testspannung: ca. 7V_{eff} (Leerlauf)

Teststrom: ca. 7mA_{eff} (Kurzschluß)

Testfrequenz: ca. 50Hz

Testkabelanschluß: 2 Steckbuchsen 4mm \emptyset

Prüfkreis liegt einpolig an Masse (Schutzleiter)

Verschiedenes

Röhre: D14-364GY/123 oder ER151-GH/-,

Rechteckform (8x10cm), Innenraster

Beschleunigungsspannung: ca. 2000V

Strahlendrehung: auf Frontseite einstellbar

Kalibrator: Rechteckgenerator ($t_a < 5\text{ns}$)

$\approx 1\text{kHz} / 1\text{MHz}$; Ausgang: 0,2V $\pm 1\%$

Netzanschluß: 100-240V $\sim \pm 10\%$, 50/60Hz

Leistungsaufnahme: ca. 36 Watt bei 50Hz

Zul. Umgebungstemperatur: 0°C...+40°C

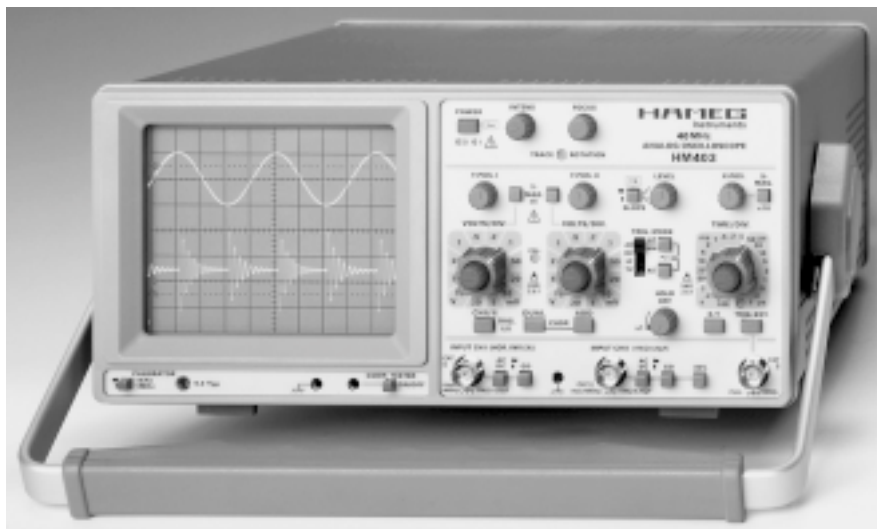
Schutzart: Schutzklasse I

(IEC1010-1/VDE 0411)

Gewicht: ca. 5,6kg, Farbe: techno-braun

Gehäuse: **B** 285, **H** 125, **T** 380 mm

Mit verstellbarem Aufstell-Tragegriff



40MHz Standard Oszilloskop HM403

Vertikal: 2 Kanäle, 5mV – 50V/cm, mit Dehnung x5 ab 1mV/cm

Zeitbasis: 0,2s – 0,1 μ s/cm, mit Dehnung x10 bis 10ns/cm

Triggrung: DC – 100MHz, TV-Sync-Separator, Altern. Triggrung

Komponenten-Tester, 1kHz/1MHz Kalibrator

Der neue **HM403** ist der Nachfolger des bisher weltweit mehr als **180000**mal verkauften HM203. Wesentliche Neuerungen betreffen vor allem die Erhöhung der Bandbreite von 20 auf **40MHz**, die Erweiterung des horizontalen Ablenkbereiches bis max. **10ns/cm** und eine nochmalige Verbesserung der schon seit Jahren einzigartigen Triggrung. In seiner jetzigen Ausführung eignet sich der **HM403** für die Darstellung von Signalen im Frequenzbereich von **DC** bis ca. **100 MHz**.

Ein wesentliches Qualitätsmerkmal dieses Oszilloskops ist vor allem die hohe Übertragungsgüte der Meßverstärker mit max. **1% Überschwingen**. Damit diese – von der Tastspitze bis zum Bildschirm – ständig kontrollierbar ist, besitzt der **HM403** als erster seiner Preisklasse einen **Kalibrator mit geringer Anstiegszeit**.

Wirklich außergewöhnlich ist die Triggrung des **HM403**. Bereits **ab 5mm Bildhöhe** kann sie noch Signale bis über **100MHz** triggrern. Für die exakte Darstellung von TV-Signalen wird ein aktiver **Sync-Separator** verwendet. In **alternierender Betriebsart** ist auch die Triggrung von zwei Signalen mit unterschiedlicher Frequenz möglich. Wie sein Vorgänger ist das Gerät ebenfalls mit dem bewährten **Komponententester** ausgestattet. Seine Meßspannung ist jetzt amplitudenstabilisiert. Vorbildlich ist auch die Stromversorgung. Das eingebaute **Schaltnetzteil** arbeitet ohne Netzspannungsumschaltung immer mit dem geringstmöglichen Leistungsverbrauch. Gegen magnetische Einwirkungen von außen ist die Strahlröhre des **HM403** mit Mumetall abgeschirmt.

Alles in allem hat **HAMEG** mit diesem Gerät wieder einmal Maßstäbe gesetzt, die entsprechend seinem Preis-/Leistungs-Standard einfach beispiellos sind. Kenner werden von den Eigenschaften des neuen **HM303** begeistert sein.

Foto: 1MHz Rechteck-Signal

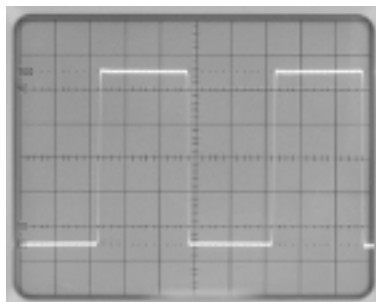
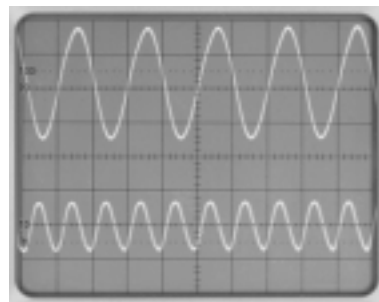


Foto: 50MHz und 100MHz Sinus-Signal mit alternierender Triggrung



Inkl. Zubehör: Netzkabel, Betriebsanleitung, 2 Tastköpfe 1:1/10:1

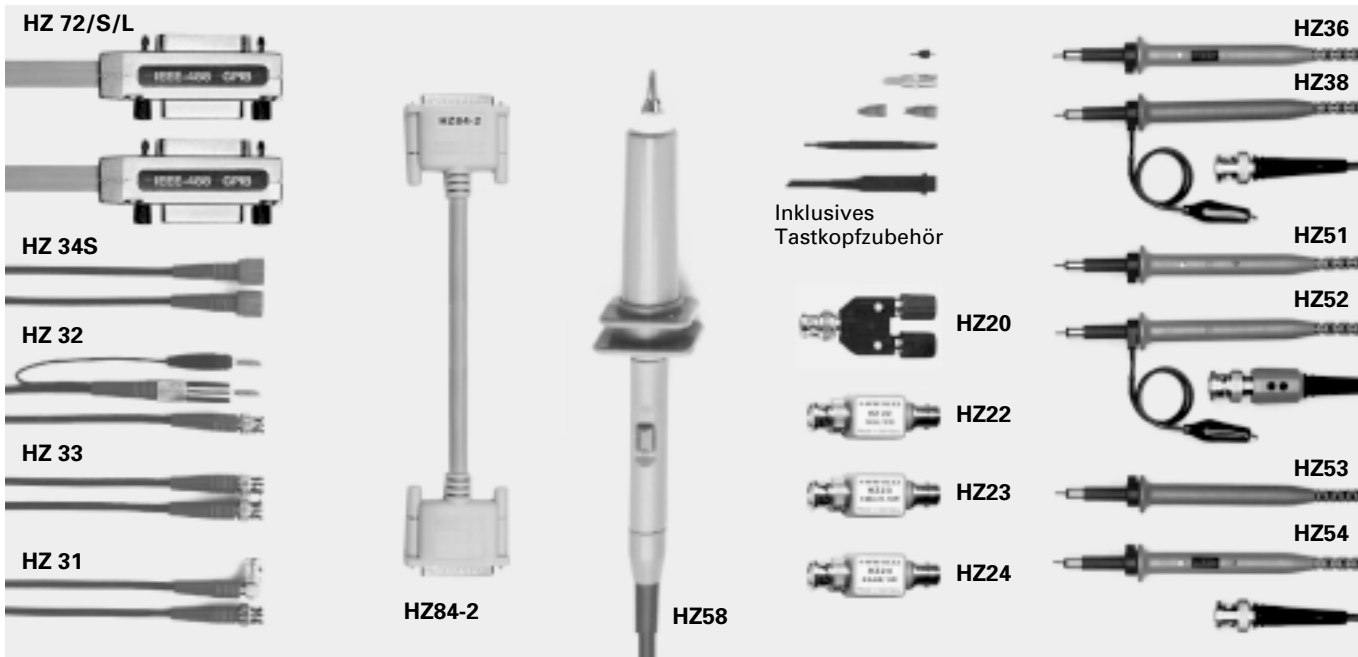
Zubehör Oszilloskope

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: 30A _{DC} / 20A _{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

Meßkabel

HZ31	Meßkabel BNC/BNC-Winkelstecker, 50Ω, 1m
HZ32	Meßkabel BNC/Banane, 1m
HZ33	Meßkabel BNC/BNC, 50Ω, 0.5m
HZ33S	Meßkabel BNC/BNC, isoliert, 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

Tastteile 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)

HZ97 Tragetasche

für **HM303, 304, 305, 404, 407, 604-3, 1004, 1505, 1507, 2005** und **HM5005 / 6 / 10 / 11 / 5012 / 14**

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





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: **HM403**

mit / with / avec: -

Optionen / Options / Options: -

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
EN 61010-1/A2: 1995 / IEC 1010-1/A2: 1995 / VDE 0411 Teil 1/A1: 1996-05
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
02.03.1998

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 beziehbar- ren 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 Signalteile 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.

4. Störfestigkeit von Oszilloskopen

4.1 Elektromagnetisches HF-Feld

Beim Vorliegen starker hochfrequenter elektrischer oder magnetischer Felder, können durch diese Felder bedingte Überlagerungen des Meßsignals sichtbar werden. Die Einkopplung dieser Felder kann über das Versorgungsnetz, Meß- und Steuerleitungen und/oder durch direkte Einstrahlung erfolgen. Sowohl das Meßobjekt, als auch das Oszilloskop können hiervon betroffen sein.

Die direkte Einstrahlung in das Oszilloskop kann, trotz der Abschirmung durch das Metallgehäuse, durch die Bildschirmöffnung erfolgen. Da die Bandbreite jeder Meßverstärkerstufe größer als die Gesamtbandbreite des Oszilloskops ist, können Überlagerungen sichtbar werden, deren Frequenz wesentlich höher als die -3 dB Meßbandbreite ist.

4.2 Schnelle Transienten / Entladung statischer Elektrizität


Beim Auftreten von schnellen Transienten (Burst) und ihrer direkten Einkopplung über das Versorgungsnetz bzw. indirekt (kapazitiv) über Meß- und Steuerleitungen, ist es möglich, daß dadurch die Triggerung ausgelöst wird.

Das Auslösen der Triggerung kann auch durch eine direkte bzw. indirekte statische Entladung (ESD) erfolgen.


Da die Signaldarstellung und Triggerung durch das Oszilloskop auch mit geringen Signalamplituden (<500µV) erfolgen soll, läßt sich das Auslösen der Triggerung durch derartige Signale (> 1kV) und ihre gleichzeitige Darstellung nicht vermeiden.

HAMEG GmbH

Symbole

 Bedienungsanleitung beachten

 Hochspannung

 Erde

Allgemeines

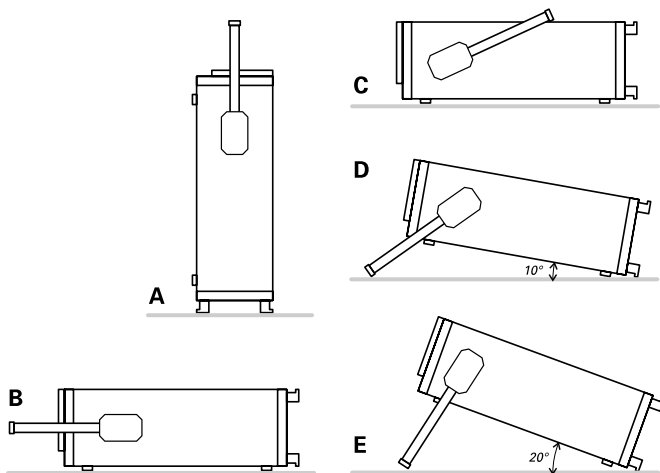
Sofort nach dem Auspacken sollte das Gerät auf mechanische Beschädigungen und lose Teile im Innern überprüft werden. Falls ein Transportschaden vorliegt, ist sofort der Lieferant zu informieren. Das Gerät darf dann nicht in Betrieb gesetzt werden.

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 Service-Anleitung 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 Gerät 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

Achtung! Das Meßgerät ist nur zum Gebrauch durch Personen bestimmt, die mit den beim Messen elektrischer Größen verbundenen Gefahren vertraut sind.

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. Es ist nicht zulässig die Schutzkontaktverbindung aufzutrennen. 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 Anwärmezeit 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, fusselfreien 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) 0,5A.**

Diese Sicherung darf nicht vom Anwender ersetzt werden!

Art der Signalspannung

Der **HM403** erfaßt praktisch alle sich periodisch wiederholenden Signalarten, von Gleichspannung bis Wechselspannungen mit einer **Frequenz von mindestens 40MHz** (-3dB).

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. 14MHz zunehmender Meßfehler zu berücksichtigen, der durch Verstärkungsabfall bedingt ist. Bei ca. 18MHz 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 40MHz und 38MHz), ist der Meßfehler nicht so exakt definierbar.

Bei der Aufzeichnung rechteck- oder impulsartiger Signalspannungen ist zu beachten, daß auch deren **Oberwellenanteile** 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**- und/oder der Zeitbasis-Feineinstellung erforderlich.

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

Die zeitliche Auflösung ist unproblematisch. Beispielsweise wird bei ca. 40MHz und der kürzesten einstellbaren Ablenkzeit (10ns/cm) alle 2,8cm ein Kurvenzug geschrieben.

Für den wahlweisen Betrieb als Wechsel- oder Gleichspannungsverstärker hat der Vertikalverstärker-Eingang einen **DC/AC**-Schalter (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 Impuls-Signalen 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.

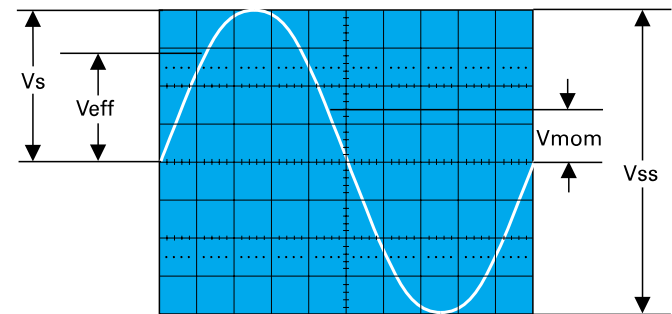
Größe der Signalspannung

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 **Vss**-Wert (Volt-Spitze-Spitze) verwen-

det. Letzterer entspricht den wirklichen Potentialverhältnissen zwischen dem positivsten und negativsten Punkt einer Spannung.

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

Spannungswerte an einer Sinuskurve



Veff = Effektivwert; **Vs** = einfacher Spitzenwert;
Vss = Spitze-Spitze-Wert;
Vmom = Momentanwert (zeitabhängig)

Die minimal erforderliche Signalspannung am Y-Eingang für ein 1 cm hohes Bild beträgt 1mVss ($\pm 5\%$), wenn die Drucktaste **Y-MAG. x5** gedrückt ist und der Feinstell-Knopf des auf 5mV/cm eingestellten Eingangsteilerschalters in seiner kalibrierten Stellung **CAL.** (Rechtsanschlag) befindet. Es können jedoch auch noch kleinere Signale aufgezeichnet werden. Die Ablenkoeffizienten am Eingangsteiler sind in mVss/cm oder Vss/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 der Feinsteller am Eingangsteilerschalter in seiner kalibrierten Stellung CAL. stehen** (Pfeil waagrecht nach rechts zeigend). Wird der Feinstellknopf nach links gedreht, verringert sich die Empfindlichkeit in jeder Teilerschalterstellung mindestens um den Faktor 2,5. So kann jeder Zwischenwert innerhalb der 1-2-5 Abstufung eingestellt werden. Bei direktem Anschluß an den Y-Eingang sind **Signale bis 400Vss** darstellbar (Teilerschalter auf 20V/cm , Feinsteller auf Linksanschlag).

Mit den Bezeichnungen

H = Höhe in cm des Schirmbildes,
U = Spannung in **Vss** des Signals am Y-Eingang,
A = Ablenkoeffizient in **V/cm** am Teilerschalter

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 beim HM403 innerhalb folgender Grenzen liegen (Triggerschwelle, Ablesegenauigkeit):

H zwischen 0,5cm und 8cm, möglichst 3,2cm und 8cm,
U zwischen $0,5\text{mVss}$ und 160Vss ,
A zwischen 1mV/cm und 20V/cm in 1-2-5 Teilung.

Beispiele:

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

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

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

Die Spannung am Y-Eingang darf 400V (unabhängig von der Polarität) nicht überschreiten. Ist das zu messende Signal eine Wechselfspannung die einer Gleichspannung überlagert ist (Mischspannung), beträgt der höchstzulässige Gesamtwert beider Spannungen (Gleichspannung und einfacher Spitzenwert der Wechselfspannung) ebenfalls + bzw. -400V (siehe Abbildung. Wechselfspannungen, deren Mittelwert Null ist, dürfen maximal 800Vss betragen.

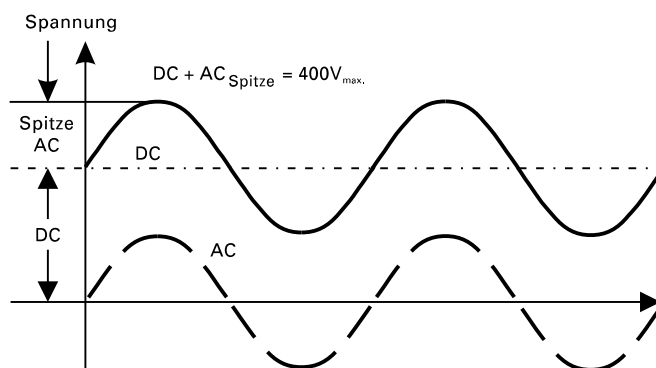
Beim Messen mit Tastteilern sind deren höhere Grenzwerte nur dann maßgebend, wenn DC-Eingangskopplung am Oszilloskop vorliegt. Für Gleichspannungsmessungen bei AC-Eingangskopplung gilt der niedrigere Grenzwert des Oszilloskopeingangs (400V). Der aus dem Widerstand im Tastkopf und dem $1\text{M}\Omega$ 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 Wechselfspannungsanteil 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.

In Stellung **GD** wird der Signalweg direkt hinter dem Y-Eingang aufgetrennt; dadurch ist der Spannungsteiler auch in diesem Falle unwirksam. Dies gilt selbstverständlich für Gleich- und Wechselfspannungen.

Unter Berücksichtigung der zuvor erläuterten Bedingungen können mit **HAMEG**-Tastteilern 10:1 Gleichspannungen bis 600V bzw. Wechselfspannungen (mit Mittelwert Null) bis 1200Vss gemessen werden. Mit Spezialtastteilern 100:1 (z.B. HZ53) lassen sich Gleichspannungen bis 1200V bzw. Wechselfspannungen (mit Mittelwert Null) bis 2400Vss 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 22-68nF) 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 Wechselfspannung, 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 des **TIME/DIV**-Schalters können eine oder mehrere Signalperioden oder auch nur ein Teil einer Periode dargestellt werden. Die Zeitkoeffizienten sind am **TIME/DIV**-Schalter in **s/cm**, **ms/cm** und **µs/cm** angegeben. Die Skala ist dementsprechend in drei Felder aufgeteilt. **Die Dauer einer Signalperiode, bzw. eines Teils davon, ermittelt man durch Multiplikation des betreffenden Zeitabschnitts (Horizontalabstand in cm) mit dem am TIME/DIV-Schalter eingestellten Zeitkoeffizienten. Dabei muß der mit einer roten Pfeil-Knopfkappe gekennzeichnete Zeit-Feinsteller in seiner kalibrierten Stellung CAL. stehen (Pfeil waagrecht nach rechts zeigend).**

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 am Zeitbasisschalter

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

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

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

Bei gedrückter Taste X-MAG. (x10) ist Z durch 10 zu teilen.

Alle vier Werte sind jedoch nicht frei wählbar. Sie sollten beim **HM403** innerhalb folgender Grenzen liegen:

- L** zwischen 0,2 und 10cm, möglichst 4 bis 10cm,
- T** zwischen 0,01µs und 2s,
- F** zwischen 0,5Hz und 30MHz,
- Z** zwischen 0,1µs/cm und 0,2s/cm in 1-2-5 Teilung (**bei ungedrückter Taste X-MAG. (x10)**), und
- Z** zwischen 10ns/cm und 20ms/cm in 1-2-5 Teilung (**bei gedrückter Taste X-MAG. (x10)**).

Die Grundlagen der Signalaufzeichnung

Beispiele:

Länge eines Wellenzugs (einer Periode) $L = 7\text{cm}$,
eingestellter Zeitkoeffizient $Z = 0,1\mu\text{s/cm}$,
gesuchte Periodenzeit $T = 7 \times 0,1 \times 10^{-6} = 0,7\mu\text{s}$
gesuchte Folgefrequenz $F = 1:(0,7 \times 10^{-6}) = 1,428\text{MHz}$.

Zeit einer Signalperiode $T = 1\text{s}$,
eingestellter Zeitkoeffizient $Z = 0,2\text{s/cm}$,
gesuchte Länge $L = 1:0,2 = 5\text{cm}$.

Länge eines Brummspannung-Wellenzugs $L = 1\text{cm}$,
eingestellter Zeitkoeffizient $Z = 10\text{ms/cm}$,
gesuchte Brummfrequenz $F = 1:(1 \times 10 \times 10^{-3}) = 100\text{Hz}$.

TV-Zeilenfrequenz $F = 15\,625\text{Hz}$,
eingestellter Zeitkoeffizient $Z = 10\mu\text{s/cm}$,
gesuchte Länge $L = 1:(15\,625 \times 10^{-5}) = 6,4\text{cm}$.
Länge einer Sinuswelle $L = \text{min. } 4\text{cm, max. } 10\text{cm}$,
Frequenz $F = 1\text{kHz}$,
max. Zeitkoeffizient $Z = 1:(4 \times 10^3) = 0,25\text{ms/cm}$,
min. Zeitkoeffizient $Z = 1:(10 \times 10^3) = 0,1\text{ms/cm}$,
einjustellender Zeitkoeffizient $Z = 0,2\text{ms/cm}$,
dargestellte Länge $L = 1:(10^3 \times 0,2 \times 10^{-3}) = 5\text{cm}$.

Länge eines HF-Wellenzugs $L = 1\text{cm}$,
eingestellter Zeitkoeffizient $Z = 0,5\mu\text{s/cm}$,
gedrückte Dehnungstaste X-MAG. (x 10) : $Z = 50\text{ns/cm}$,
gesuchte Signalfreq. $F = 1:(1 \times 50 \times 10^{-9}) = 20\text{MHz}$,
gesuchte Periodenzeit $T = 1:(20 \times 10^6) = 50\text{ns}$.

Ist der zu messende Zeitabschnitt im Verhältnis zur vollen Signalperiode relativ klein, sollte man mit gedehntem Zeitmaßstab (**X-MAG. (x10)**) arbeiten. Die ermittelten Zeitwerte sind dann durch 10 zu dividieren. 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.

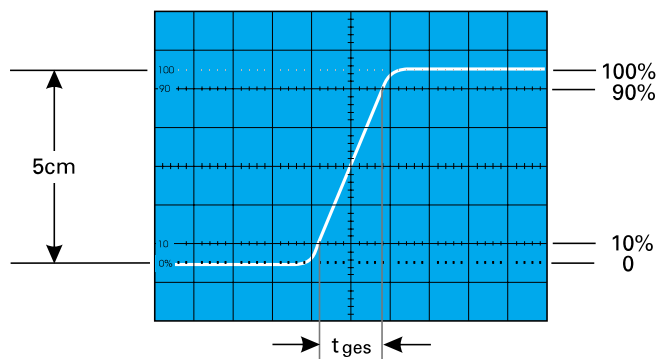
Messung:

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 Signalflanke 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 am **TIME/DIV.**-Schalter eingestellten Zeitkoeffizienten von $0,2\mu\text{s/cm}$ und gedrückter Dehnungstaste (X-



MAG. (x10)) ergäbe das Bildbeispiel eine gemessene Gesamtanstiegszeit von

$$t_{\text{ges}} = 1,6\text{cm} \times 0,2\mu\text{s/cm} : 10 = 32\text{ns}$$

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

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

Dabei ist t_{ges} die gemessene Gesamtanstiegszeit, t_{osz} die vom Oszilloskop (beim **HM403** ca. 10ns) und t_t die des Tastteilers, z.B. = 2ns. Ist t_{ges} größer als 100ns, kann die Anstiegszeit des Vertikalverstärkers vernachlässigt werden (Fehler <1%).

Obiges Bildbeispiel ergibt damit eine Signal-Anstiegszeit von

$$t_a = \sqrt{32^2 - 10^2 - 2^2} = 30,3\text{ns}$$

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 Signalflanke 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

Vorsicht beim Anlegen unbekannter Signale an den Vertikaleingang!

Ohne vorgeschalteten Tastteiler sollte der Schalter für die Signalkopplung zunächst immer auf **AC** und der Eingangsteilerschalter auf **20V/cm** stehen. Ist die Strahllinie nach dem Anlegen der Signalspannung plötzlich nicht mehr sichtbar, kann es sein, daß die Signalamplitude viel zu groß ist und den Vertikalverstärker total übersteuert. Der Eingangsteilerschalter muß dann nach links zurückgedreht werden, bis die vertikale Auslenkung nur noch 3-8 cm hoch ist. Bei mehr als 160 Vss großer Signalamplitude ist unbedingt ein Tastteiler vorzuschalten. Verdunkelt sich die Strahllinie beim Anlegen des Signals sehr stark, ist wahrscheinlich die Periodendauer des Meßsignals wesentlich länger als der eingestellte Wert am **TIME/DIV.**-Schalter. Letzterer ist dann auf einen entsprechend größeren Zeitkoeffizienten nach links zu drehen.

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. Beson-

ders 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. 2 Watt belasten darf. Diese Leistung wird mit 10V_{eff} oder - bei Sinus-signal - 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. 10MΩ || 16 pF bzw. 100MΩ || 7pF bei HZ53). Deshalb sollte, wenn der durch den Tastteiler auftretende Spannungsverlust durch eine höhere Empfindlichkeits-einstellung wieder ausgeglichen werden kann, nie ohne diesen gearbeitet werden. Außer dem 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 und hat den Vorteil, daß defekte Einzelteile bei **HAMEG** bestellt und selbst ausgewechselt werden können. Die genannten Tastköpfe haben zusätzlich zur niederfrequenten Kompensationseinstellung einen HF-Abgleich. Damit ist mit Hilfe eines auf 1MHz umschaltbaren Kalibrators, z.B. HZ60, eine Gruppenlaufzeitkorrektur an der oberen Grenzfrequenz des Oszilloskops möglich. Tatsächlich werden mit diesen Tastkopf-Typen Bandbreite und Anstiegszeit des **HM403** 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 Spannungen 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, der oft als Tastteiler-Zubehör mitgeliefert wird. Damit werden Masse- und Anpassungsprobleme eliminiert.

Das Auftreten merklicher Brumm- oder Störspannungen im Meßkreis (speziell bei einem kleinen 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

Zur besseren Verfolgung der Bedienungshinweise ist das am Ende der Anleitung befindliche Frontbild zu beachten.

Die Frontplatte ist, wie bei allen **HAMEG**-Oszilloskopen üblich, entsprechend den verschiedenen Funktionen in Felder aufgeteilt. Oben rechts neben dem Bildschirm befindet sich der Netz-Tastenschalter (**POWER**) mit Symbolen für die Ein- (I) und Aus-Stellung (**O**) und die Netz-Anzeige (LED). Daneben sind die beiden Drehknöpfe für Helligkeit (**INTENS.**) und Schärfe (**FOCUS**) angebracht. Die mit **TRACE ROTATION** (Strahldrehung) bezeichnete Öffnung (für Schraubendreher) dient zur Strahldrehung.

Im mittleren und unteren Feld befinden sich:

Die Vertikalverstärkereingänge für Kanal I (**CHI** = Channel I) und Kanal II (**CHII** = Channel II) mit den zugehörigen Eingangskopplungsschaltern **DC-AC** sowie **GD** und den Stellknöpfen für die Y-Position (**Y-POS.** = vertikale Strahl-lage) beider Kanäle. Ferner kann Kanal II mit seiner **INV.**-Taste invertiert (umgepolt) werden. Zur Empfindlichkeitseinstellung der beiden Vertikalverstärker dienen die in **VOLTS/DIV.** kalibrierten Teilerschalter. Die dort aufgesetzten kleinen Pfeilköpfe rasten am Rechtsanschlag in Kalibrationsstellung **CAL.** ein und verringern die Empfindlichkeit bei maximaler Linksdrehung mehr als 2,5fach. So ist jede Empfindlichkeits-Zwischenstellung wählbar. Jedem Teilerschalter ist eine Drucktaste (**Y-MAG. x5**) zugeordnet. Wird die Taste eingerastet, erhöht sich die Empfindlichkeit in jeder Teilerschalterstellung um den Faktor 5. Unterhalb der Teilerschalter befinden sich drei Tasten für die Betriebsart-Umschaltung der Vertikalverstärker. Sie werden nachstehend noch näher beschrieben.

Rechts davon sind die Einstellelemente für Zeitablenkung (**TIME/DIV.**) und Triggerung angeordnet. Sie werden nachstehend im einzelnen erläutert. Mit dem **TIME/DIV.**-Zeitbasis-schalter werden die Zeitkoeffizienten in der Folge 1-2-5 gewählt. Zwischenwerte sind mit dem dort aufgesetzten kleinen Pfeilknopf einstellbar. Er rastet am Rechtsanschlag in der Kalibrationsstellung ein. Linksdrehung vergrößert den Zeitkoeffizienten 2,5fach. Wird die Taste **X-MAG. x10** eingerastet, wird der Zeitkoeffizient um den Faktor 10 verringert.

Zur Triggerung gehören:

- **AT/NM**-Taste zur Umschaltung von automatischer auf Normaltriggerung,
- **LEVEL**-Knopf zur Triggerpegeleinstellung,
- **SLOPE**-Taste (/ \) zur Wahl der Triggerflankenrichtung,

Inbetriebnahme und Voreinstellungen

- **TRIG. MODE-** (Trigger) Kopplungsschalter **AC-DC-LF** und **TV**,
- **ALT**-Taste zur Wahl der alternierenden Triggerung von Kanal I und Kanal II im alternierenden **DUAL**-Betrieb (immer in Verbindung mit automatischer Triggerung).
- **~ (Netztriggerung)** wenn die **AT/NM-** und die **ALT**-Taste gedrückt sind (Netztriggerung immer mit Normaltriggerung kombiniert),
- **TR-LED** (leuchtet bei einsetzender Triggerung).
- **TRIG. EXT.**-Taste zur Umschaltung von interner auf externe Triggerung und die zugehörige BNC-Buchse für das Anlegen einer Spannung zur externen Triggerung.

Ferner finden sich hier die Stellknöpfe für die X-Position (**X-POS.** = horizontale Strahlage) und die Holdoff-Zeit (**HOLD OFF** = Sperrzeit der Triggerung zwischen zwei aufeinanderfolgenden Sägezahn-Starts). Mit der **XY**-Taste kann vom Zeitbasisbetrieb (Yt) auf den X-Y-Betrieb des **HM403** umgeschaltet werden.

Direkt unter dem Bildschirm befindet sich links die Kalibratorfrequenz-Taste **CAL.**, mit der die Frequenz des Kalibratorsignals von ca. **1kHz** auf ca. **1MHz** umgeschaltet werden kann. Daneben liegt die Ausgangsbuchse für den Kalibrator **0.2Vpp** zum Abgleich von Tastteilern 10:1. Rechts sind die Buchsen für den **COMPONENT TESTER** mit der zugehörigen Drucktaste ON (Ein)/ OFF (Aus) angeordnet.

Alle Details sind so ausgelegt, daß auch bei Fehlbedienung kein größerer Schaden entstehen kann. Die Drucktasten besitzen im wesentlichen nur Nebenfunktionen. Man sollte daher bei Beginn der Arbeiten darauf achten, daß keine der Tasten eingedrückt ist. Die Anwendung richtet sich nach dem jeweiligen Bedarfsfall.

Der **HM403** erfaßt alle Signale von Gleichspannung bis zu einer Frequenz von mindestens 40MHz (-3dB). Bei sinusförmigen Vorgängen liegt die -6dB Grenze sogar bei 50MHz. Die zeitliche Auflösung ist unproblematisch.

Beispielsweise wird bei ca. 50MHz und der kürzesten einstellbaren Ablenkzeit (10ns/cm) alle 2cm ein Kurvenzug geschrieben. Die Toleranz der angezeigten Werte beträgt in beiden Ablenkrichtungen nur $\pm 3\%$. Alle zu messenden Größen sind daher relativ genau zu bestimmen. Jedoch ist zu berücksichtigen, daß sich in vertikaler Richtung ab ca. 10MHz der Meßfehler in Y-Richtung mit steigender Frequenz ständig vergrößert. Dies ist durch den Verstärkungsabfall des Meßverstärkers bedingt. Bei 18MHz beträgt der Abfall etwa 10%. Man muß daher bei dieser Frequenz zum gemessenen Spannungswert ca. 11% addieren. Da jedoch die Bandbreiten der Vertikalverstärker differieren (normalerweise zwischen 40 und 38MHz), sind die Meßwerte in den oberen Grenzbereichen nicht so exakt definierbar. Hinzu kommt, daß oberhalb 40MHz mit steigender Frequenz auch die Aussteuerbarkeit der Y-Endstufe stetig abnimmt. Der Vertikalverstärker ist so ausgelegt, daß die Übertragungsgüte nicht durch eigenes Überspringen beeinflusst wird.

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).

Es wird empfohlen, bei Beginn der Arbeiten keine der Tasten zu drücken und die 3 Bedienungsknöpfe mit Pfeilen in ihre kalibrierte Stellung CAL. einzurasten. Die auf den Knopfkapfen angebrachten Striche sollen etwa

senkrecht nach oben zeigen (Mitte des Einstellbereiches). Der TRIG. MODE-Schalter sollte in der obersten Stellung (AC) stehen.

Mit der roten Netztaste **POWER** wird das Gerät in Betrieb gesetzt. Der Betriebszustand wird durch Aufleuchten einer LED angezeigt. Wird nach ca. 20 Sekunden Anheizzeit kein Strahl sichtbar, ist möglicherweise der **INTENS.**-Einsteller nicht genügend aufgedreht, bzw. der Zeitbasis-Generator wird nicht ausgelöst. Außerdem können auch die **POS.**-Einsteller verstellt sein. Es ist dann nochmals zu kontrollieren, ob entsprechend den Hinweisen alle Knöpfe und Tasten in den richtigen Positionen stehen. Dabei ist besonders auf die Taste **AT/NM** zu achten. Ohne angelegte Meßspannung wird die Zeitlinie nur dann sichtbar, wenn sich diese Taste ungedrückt in der **AT**-Stellung (Automatische Triggerung) befindet. Erscheint nur ein Punkt (Vorsicht, Einbrenngefahr!), ist wahrscheinlich die Taste **XY** gedrückt. Sie ist dann auszulösen. Ist die Zeitlinie sichtbar, wird am **INTENS**-Knopf eine mittlere Helligkeit und am Knopf **FOCUS** die maximale Schärfe eingestellt. Dabei sollte sich die Eingangskopplungs-Drucktaste **GD (CH.I)** in Raststellung **GD** (ground = Masse) befinden. Der Eingang ist dann aufgetrennt, damit eventuell am Eingang anliegende Signalspannungen unbelastet bleiben; denn der sonst mit dem Eingang verbundene Vertikalverstärker wird kurzgeschlossen. 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 TRACE ROTATION

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 TRACE ROTATION bezeichneten Öffnung mit einem kleinen Schraubendreher möglich.

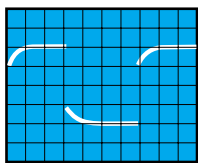
Tastkopf-Abgleich und Anwendung

Damit der verwendete Tastteiler die Form des Signals unverfälscht wiedergibt, muß er genau an die Eingangsimpedanz des Vertikalverstärkers angepaßt werden. Ein im **HM403** eingebauter Generator liefert hierzu ein Rechtecksignal mit sehr kurzer Anstiegszeit (<4ns am 0,2Vpp Ausgang) und Frequenzen von ca. 1kHz oder 1MHz. Das Rechtecksignal kann der konzentrischen Buchsen unterhalb des Bildschirms entnommen werden. Die Buchse liefert **0.2Vss $\pm 1\%$** für Tastteiler 10:1. Diese Spannung entspricht einer Bildschirmamplitude von **4cm** Höhe, wenn der Eingangsteilerschalter auf den Ablenkoeffizienten **5mV/cm** eingestellt ist. Der Innendurchmesser der Buchsen 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.

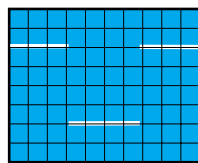
Abgleich 1kHz

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 TRACE ROTATION“**).

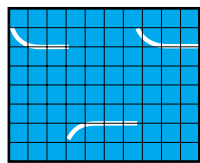
Tastteiler 10:1 an den **INPUT CH I**-Eingang anschließen, keine Taste drücken, Eingangskopplung auf **DC** stellen, Eingangsteiler auf 5mV/cm und TIME/DIV.-Schalter auf **0.2ms/cm** schalten (beide Feinregler in Kalibrationsstellung **CAL.**), Tastkopf in die **CALIBRATOR**-Buchse einstecken.



Falsch



Richtig



Falsch

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 Signalflanken sind in dieser Einstellung unsichtbar.

Abgleich 1MHz

Ein HF-Abgleich ist bei den Tastköpfen HZ51, 52 und 54 möglich. Diese besitzen Entzerrungsglieder (R-Trimmer in Kombination mit Kondensatoren), mit denen es möglich ist, den Tastkopf auf einfachste Weise im Bereich der oberen Grenzfrequenz des Vertikalverstärkers optimal abzugleichen. 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 Überschwingen, Abrundung, Nachschwingen, Löcher oder Höcker im Dach) in der Nähe der Anstiegsflanke auf ein Minimum begrenzt. 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 **HM403** erfüllt diese Bedingungen, wenn die **CAL.**-Taste gedrückt ist (1MHz).

Tastköpfe des Typs HZ51, 52 oder 54 an den **INPUT CH I**-Eingang anschließen, nur Kalibrator-Taste **1MHz** drücken, Eingangskopplung auf **DC**, Eingangsteiler auf 5mV/cm und **TIME/DIV.**-Schalter auf **0.1µs/cm** stellen (beide Feinregler in Kalibrationsstellung **CAL.**). Tastkopf in Buchse **0.2Vpp** 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.

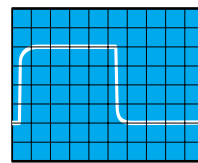
Auch die Lage der Abgleichemente für die HF-Kompensation ist der Tastkopfinformation zu entnehmen.

Die Kriterien für den HF-Abgleich sind:

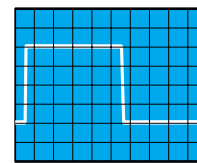
- Kurze Anstiegszeit, also eine steile Anstiegsflanke.
- Minimales Überschwingen mit möglichst geradlinigem Dach, somit ein linearer Frequenzgang.

Die HF-Kompensation sollte so vorgenommen werden, daß der Übergang von der Anstiegsflanke auf das Rechteckdach weder zu stark verrundet noch mit Überschwingen 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.

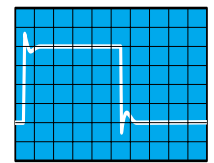
Nach beendetem HF-Abgleich ist auch bei 1MHz die Signalthöhe am Bildschirm zu kontrollieren. Sie soll denselben Wert haben wie oben beim 1kHz-Abgleich angegeben.



Falsch



Richtig



Falsch

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

Betriebsarten der Vertikalverstärker

Die gewünschte Betriebsart der Vertikalverstärker wird mit den 3 unterhalb der Teilerschalter befindlichen Tasten gewählt. Für Mono-Betrieb werden alle Tasten ausgerastet. Dann ist nur **Kanal I** betriebsbereit.

Bei **Mono-Betrieb** mit **Kanal II** ist die Taste **CH I/II** zu drücken. Diese Taste trägt zusätzlich die Bezeichnung **TRIG. I/II**, weil damit gleichzeitig die Kanalumschaltung der Triggerung erfolgt.

Wird die Taste **DUAL** gedrückt, arbeiten beide Kanäle. Bei dieser Tastenstellung erfolgt die Aufzeichnung zweier Vorgänge nacheinander (alternate mode). Die Signaltbilder aus beiden Kanälen werden zwar nur **abwechselnd einzeln** dargestellt, sind aber bei schneller Zeitablenkung scheinbar beide gleichzeitig sichtbar. Für das Oszilloskopieren langsam verlaufender Vorgänge mit Zeitkoeffizienten $\geq 1\text{ms/cm}$ ist diese Betriebsart nicht geeignet. Das Schirmbild flimmert dann zu stark, oder es scheint zu springen. Drückt man noch die Taste **CHOP.**, werden beide Kanäle innerhalb einer Ablenkperiode mit einer hohen Frequenz ständig umgeschaltet (chop mode). Auch langsam verlaufende Vorgänge werden dann flimmerfrei aufgezeichnet. Für Oszillogramme mit höherer Folgefrequenz ist diese Art der Kanalumschaltung nicht sinnvoll.

Ist nur die Taste **ADD** gedrückt, werden die Signale beider Kanäle algebraisch addiert ($I \pm II$). Ob sich hierbei die **Summe** oder die **Differenz** der Signalspannungen ergibt, hängt von der Phasenlage bzw. Polung der Signale selbst und von der Stellung der **INV. (invertieren)**-Taste ab.

Betriebsarten der Vertikalverstärker

Gleichphasige Eingangsspannungen:

- INV.-Taste ungedrückt = Summe.
- INV.-Taste gedrückt = Differenz.

Gegenphasige Eingangsspannungen:

- INV.-Taste ungedrückt = Differenz.
- INV.-Taste gedrückt = 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 INV. (invertieren) 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 Tastteile **nicht** mit dem Meßobjekt zu verbinden. Hierdurch können eventuelle Brumm- oder Gleichtaktstörungen verringert werden.

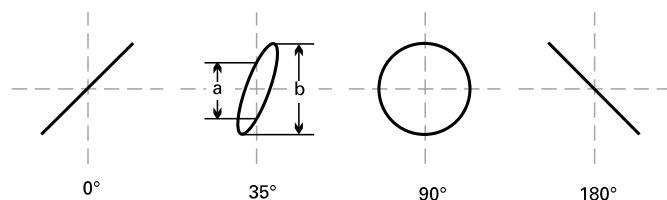
XY-Betrieb

Für **XY-Betrieb** wird die Taste **XY** betätigt. Das X-Signal wird über den Eingang von **Kanal I** zugeführt. **Eingangsteiler und Feinregler von Kanal I werden im XY-Betrieb für die Amplitudeneinstellung in X-Richtung benutzt.** Zur horizontalen Positionseinstellung ist aber der X-POS.-Regler zu benutzen. Der Y-Positionsregler von Kanal I ist im XY-Betrieb abgeschaltet. Max. Empfindlichkeit und Eingangsimpedanz sind nun in beiden Ablenkrichtungen gleich. Die **X-MAG. (x10)** Funktion ist im XY-Betrieb abgeschaltet. Die Grenzfrequenz in X-Richtung ist $\geq 2,5$ MHz (-3dB). Jedoch ist zu beachten, daß schon ab 50 kHz zwischen X und Y eine merkliche, nach höheren Frequenzen ständig zunehmende Phasendifferenz auftritt. Eine Umpolung des Y-Signals mit der **INV.**-Taste von Kanal II ist 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, durchzuführen.

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

Hierbei muß beachtet werden:

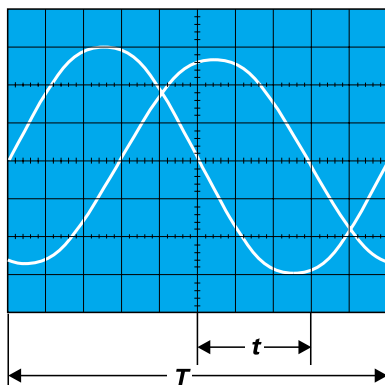
- Wegen der Periodizität der Winkelfunktionen sollte die rechnerische Auswertung auf Winkel $\leq 90^\circ$ begrenzt werden. Gerade hier liegen die Vorteile der Methode.
- Keine zu hohe Meßfrequenz benutzen. Oberhalb 220kHz kann die gegenseitige Phasenverschiebung der beiden Oszilloskop-Verstärker des **HM403** im XY-Betrieb einen Winkel von 3° überschreiten.
- Aus dem Schirmbild ist nicht ohne weiteres ersichtlich, ob die Testspannung gegenüber der Bezugsspannung vor- oder nachleilt. Hier kann ein CR-Glied vor dem Testspannungseingang des Oszilloskops helfen. Als R kann gleich der 1M Ω -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

Eine größere Phasendifferenz zwischen zwei Eingangssignalen gleicher Frequenz und Form läßt sich sehr einfach im Zweikanalbetrieb (Taste **DUAL** gedrückt) 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 nachleilenden Phasenwinkel haben. Für Frequenzen ≥ 1 kHz wird alternierende Kanalschaltung gewählt; für Frequenzen < 1 kHz ist der Chopper-Betrieb geeigneter (weniger Flackern). 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 geradzahlige 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 Bogengrad 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

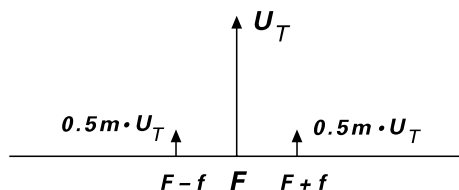
Die momentane Amplitude u im Zeitpunkt t einer HF-Trägerspannung, die durch eine sinusförmige NF-Spannung unverzerrt amplitudenmoduliert ist, folgt der Gleichung

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

Hierin ist

- U_T = unmodulierte Trägeramplitude,
- $\Omega = 2\pi F$ = Träger-Kreisfrequenz,
- $\omega = 2\pi f$ = Modulationskreisfrequenz,
- m = Modulationsgrad (i.a. ≤ 1 100%).

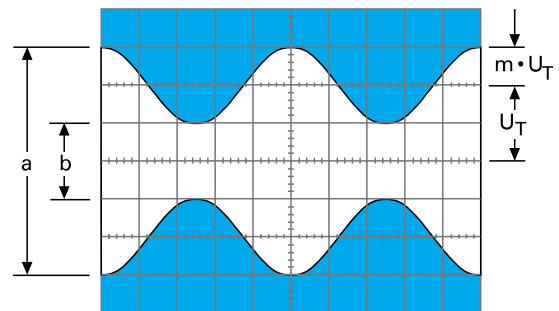
Neben der Trägerfrequenz F entstehen durch die Modulation die untere Seitenfrequenz $F-f$ und die obere Seitenfrequenz $F+f$.



Figur 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-Genera-

tor oder einem Demodulator) extern getriggert werden). Interne Triggerung ist unter Zuhilfenahme des Zeit-Feinstellers oft möglich.



Figur 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 Figur 2: Keine Taste drücken. **Y: CH 1; 20mV/cm; AC.** TIME/DIV.: **0.2ms/cm.** Triggerung: **NM (NORMAL); AC;** int. mit Zeit-Feinsteller (oder externe Triggerung).

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

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

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.

Triggerung und Zeitablenkung

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 Triggerung kann durch das Meßsignal selbst (interne Triggerung) oder durch eine extern zugeführte, mit dem Meßsignal synchrone, Spannung erfolgen (externe Triggerung). Die Triggerspannung muß eine gewisse Mindestamplitude haben, damit die Triggerung 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 Triggerung gerade einsetzt, das Signalbild stabil steht und die **TR-LED** zu leuchten beginnt. Die interne Triggerschwelle beim **HM403** ist mit $\leq 5\text{mm}$ spezifiziert. Wird die Triggerspannung extern zuge-

führt, ist sie an der **TRIG. EXT.**-Buchse in **Vss** zu messen. In gewissen Grenzen kann die Triggerspannung viel höher sein als an der Triggerschwelle. Im allgemeinen sollte der 20fache Wert nicht überschritten werden.

Der **HM403** hat zwei Trigger-Betriebsarten, die nachstehend beschrieben werden.

Automatische Spitzenwert-Triggenung

Steht die Taste **AT/NM** ungedrückt in Stellung **AT** (Automatic Triggening), wird die Zeitablenkung 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 **LEVEL**-Einsteller ist bei automatischer Spitzenwert-Triggenung wirksam. Der **LEVEL**-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 100 : 1 ändern, ohne daß die Triggenung ausfällt.

Es ist dabei unter Umständen erforderlich, daß der **LEVEL**-Einsteller fast an den Anschlag zu stellen ist. Bei der nächsten Messung kann es erforderlich werden, den **LEVEL**-Einsteller auf die Bereichsmitte zu stellen.

Diese Einfachheit der Bedienung empfiehlt die automatische Spitzenwert-Triggenung 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.

Mit automatischer Spitzenwert-Triggenung werden alle Parameter voreingestellt, dann kann der Übergang auf Normaltriggenung erfolgen.

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

In Kombination mit alternierender Triggenung (Taste **ALT**. gedrückt) wird die Spitzenwerterfassung abgeschaltet, während die Triggerautomatik erhalten bleibt. Der **LEVEL**-Einsteller ist dann unwirksam (Triggerpunkt 0 Volt).

Normaltriggenung

Mit Normaltriggenung (gedrückte Taste **AT/NM**) und passender **LEVEL**-Einstellung kann die Auslösung, bzw. Triggenung der Zeitablenkung an jeder Stelle einer Signalfanke erfolgen. Der mit dem **LEVEL**-Knopf erfaßbare Triggerbereich ist stark abhängig von der Amplitude des Triggersignals. Ist bei interner Triggenung die Bildhöhe kleiner als 1cm, erfordert die Einstellung wegen des kleinen Fangbereichs etwas Feingefühl.

Bei falscher **LEVEL**-Einstellung ist der Bildschirm dunkel.

Mit Normaltriggenung sind auch komplizierte Signale triggerbar. Bei Signalgemischen ist die Triggermöglichkeit abhängig von gewissen periodisch wiederkehrenden Pegelwerten, die u.U. erst bei gefühlvollem Drehen des **LEVEL**-Knopfes gefunden werden. Weitere Hilfsmittel zur Triggenung sehr schwieriger

Signale sind der Zeit-Feinstellknopf und die **HOLDOFF**-Zeiteinstellung, die weiter unten besprochen wird.

Flankenrichtung

Die Triggenung kann bei automatischer und bei Normaltriggenung durch eine steigende oder eine fallende Triggerspannungsflanke ausgelöst werden. Die Flankenrichtung ist mit der Taste **SLOPE** wählbar. Das **↗**-Symbol (ungedrückte Taste) bedeutet eine Flanke, die vom negativen Potential kommend zum positiven Potential ansteigt. 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 (**↘**-Symbol) löst die Triggenung sinngemäß aus, wenn die Taste **SLOPE** gedrückt ist. Dies gilt bei automatischer und bei Normaltriggenung.

Triggenkopplung

Die Ankopplungsart und der Durchlaß-Frequenzbereich des Triggersignals kann am **TRIG. MODE**-Umschalter gewählt werden.

AC: Triggerbereich <20Hz bis 100MHz.

Dies ist die am häufigsten zum Triggen benutzte Kopplungsart. Unterhalb 20Hz und oberhalb 100MHz steigt die Triggerschwelle zunehmend an.

DC: Triggerbereich 0 bis 100MHz.

DC-Triggenung 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.

Bei interner DC- oder LF-Triggenkopplung sollte immer mit Normaltriggenung und LEVEL-Einstellung gearbeitet werden.

LF: Triggerbereich 0 bis 1,5kHz (Tiefpaß).

Die LF-Stellung ist häufig für niederfrequente Signale besser geeignet als die DC-Stellung, weil Rauschgrößen innerhalb der Triggerspannung stark unterdrückt werden. Das vermeidet oder verringert im Grenzfall Jittern oder Doppelschreiben, insbesondere bei sehr kleinen Eingangsspannungen. Oberhalb 1,5kHz steigt die Triggerschwelle zunehmend an.

TV (Videosignal-Triggenung)

Steht der **TRIG. MODE**-Umschalter in Stellung **TV**, wird der **TV-Synchronimpuls-Separator** wirksam. Er trennt die Synchronimpulse vom Bildinhalt und ermöglicht eine von Bildinhaltänderungen unabhängige Triggenung 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 **SLOPE**-Taste (**↗**) werden die Synchronimpulse vom Bildinhalt getrennt. **Die Flankenrichtung der Vorderflanke** der Synchronimpulse ist für die Einstellung der **SLOPE**-Taste maßgebend; dabei darf die Invertierungs-Taste (**INV.**) nicht gedrückt sein. Ist die Spannung der Synchronimpulse am Meßpunkt positiver als der Bildinhalt, muß sich die **SLOPE**-Taste in Stellung **↗** (ungedrückte Taste) befinden. Befinden sich die Synchronimpulse unterhalb des Bildinhalts, ist deren Vorderflanke fallend (negativ). Dann muß sich die **SLOPE**-Taste in Stellung **↘** (gedrückte Taste) befinden. Bei falscher Flankenrichtungswahl erfolgt die Darstellung instabil bzw. ungetriggert, da dann der Bildinhalt die Triggenung auslöst.

Die Videosignaltriggerung muß im Automatikbetrieb erfolgen. Bei interner Triggerung muß die Signalhöhe der Synchronimpulse mindestens 5mm betragen. Bei gedrückter **AT/NM**-Taste kann die Videotriggerung nicht korrekt arbeiten.

Das Synchronsignal besteht aus Zeilen- und Bildsynchronimpulsen, die sich unter anderem auch durch ihre Pulsdauer unterscheiden. Sie beträgt bei Zeilensynchronimpulsen ca. 5µs von 64µs für eine Zeile. 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.

Die Umschaltung zwischen Bild- und Zeilen-Synchronimpuls-Triggerung erfolgt bei **TV**-Triggerung automatisch durch den **TIME/DIV.**-Schalter.

In den Stellungen von **.2s/div.** bis **1ms/div.** erfolgt die Triggerung auf **Bildsynchronimpulse**.

Im Bereich von **.5ms/div.** bis **.1µs/div** wird mit den **Zeilensynchronimpulsen** getriggert.

Bildsynchronimpuls-Triggerung

Es ist ein dem Meßzweck entsprechender Zeitkoeffizient am **TIME/DIV.**-Schalter zu wählen. In der **2ms/div.**-Stellung wird ein vollständiges Halbbild dargestellt. Am linken Bildrand ist der auslösende Bildsynchronimpuls 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. Bei Linksanschlag des **HOLD OFF**-Einstellers wird unter diesen Bedingungen jedes 2. Halbbild angezeigt. Auf welches Halbbild getriggert wird, unterliegt dem Zufall. Durch kurzzeitiges Unterbrechen der Triggerung (z.B. **TRIG. EXT.** ein- und ausrasten) kann auch zufällig auf das andere Halbbild getriggert werden. Eine X-Dehnung der Darstellung kann durch Drücken der **X-MAG. x10**-Taste erreicht werden; damit werden einzelne Zeilen erkennbar. Vom Bildsynchronimpuls ausgehend kann eine X-Dehnung auch mit dem **TIME/DIV.**-Knopf vorgenommen werden, in dem dieser bis zur **1ms/div.**-Stellung nach rechts gedreht wird. Allerdings ergibt sich dadurch eine scheinbar ungetriggerte Darstellung, weil dann jedes Halbbild zu sehen ist. Dies ist durch den Versatz der Zeilensynchronimpulse bedingt, der zwischen den beiden Halbbildern eine halbe Zeilenlänge beträgt.

Zeilensynchronimpuls-Triggerung

Zur Zeilentriggerung muß sich der **TIME/DIV.**-Schalter im Bereich von **.5ms/div.** bis **.1µs/div.** befinden. Um einzelne Zeilen darstellen zu können, ist die **TIME/DIV.**-Schalterstellung 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 Bildinhaltänderung die vertikale Lage auf dem Bildschirm ändert.

Mit dem **Y-POS.**-Knopf kann der Gleichspannungsanteil immer so kompensiert werden, daß das Signalbild in der Bildschirmrasterfläche liegt. Das komplette Videosignal soll-

te bei **DC**-Kopplung eine vertikale Höhe von **6cm** nicht überschreiten.

Die Sync-Separator-Schaltung wirkt ebenso bei externer Triggerung. Selbstverständlich muß der Spannungsbereich (**0,3Vss** bis **3Vss**) für die externe Triggerung eingehalten werden. Ferner ist auf die richtige Flankenrichtung zu achten, die ja bei externer Triggerung nicht mit der Richtung des Signal-Synchronimpulses übereinstimmen muß. Beides kann leicht kontrolliert werden, wenn die externe Triggerspannung selbst erst einmal (bei interner Triggerung) dargestellt wird.

Netztriggerung

Zur Triggerung mit Netzfrequenz müssen die Tasten **AT/NM** und **ALT** eingerastet (gedrückt) sein (~-Symbol). Dann wird eine Spannung aus dem Netzteil als netzfrequentes Triggersignal (50/60Hz) genutzt und es liegt Normaltriggerung vor.

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.

Mit der **SLOPE**-Taste wird bei Netztriggerung nicht zwischen steigender oder fallender Flanke, sondern zwischen der positiven und der negativen Halbwelle gewählt (evtl. Netzstecker umpolen). Die automatisch vorgegebene Normaltriggerung ermöglicht es, den Triggerpunkt mit dem **LEVEL**-Einsteller über einen gewissen Bereich der gewählten Halbwelle zu verschieben.

Netzfrequente magnetische Einstreuungen in eine Schaltung können mit einer Spulenprobe 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

Mit alternierender Triggerung (Taste **ALT** gedrückt) kann **nur** bei alternierendem **DUAL**-Betrieb auch von beiden Kanälen gleichzeitig intern getriggert werden. Die beiden Signalfrequenzen können dabei zueinander asynchron sein; allerdings kann die Phasendifferenz 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 Kanalauswahl nach jedem Zeitablenkvorgang umgeschaltet. Daher muß die Amplitude beider Signale für die Triggerung ausreichen.

Mit der Umschaltung auf alternierende Triggerung wird die Spitzenwerterfassung bei automatischer Triggerung (**AT**) abgeschaltet. Der Triggerpunkt beträgt dann 0 Volt und der **LEVEL**-Einsteller ist wirkungslos. **Normaltriggerung wird in Verbindung mit alternierender Triggerung nicht ermög-**

licht. Bei gedrückter AT/NM - und ALT- Taste liegt Netztriggerung (~) vor.

Externe Triggerung

Durch Drücken der Taste **EXT.** wird die interne Triggerung abgeschaltet. Über die BNC-Buchse **TRIG. EXT.** kann jetzt extern getriggert werden, wenn dafür eine Spannung von 0,3Vss bis 3Vss 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; Phasenstarrheit 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 ungedrückter **SLOPE**-Taste (steigende Flanke löst die Triggerung aus) die Darstellung des Meßsignals mit einer negativen Flanke beginnt.

Auch bei externer Triggerung wird die Triggerspannung über die Triggerkopplung geführt. Der einzige Unterschied zur internen Triggerung besteht darin, daß die Ankopplung der Triggerspannung über einen Kondensator erfolgt. Damit beträgt bei allen Triggerkopplungsarten die untere Grenzfrequenz ca. 20Hz.

Die Eingangsimpedanz der Buchse **TRIG. EXT.** liegt bei etwa 100kΩ || 10pF. Die maximale Eingangsspannung ist 100V (DC+Spitze AC).

Triggeranzeige

Die der **SLOPE**-Taste zugeordnete mit **TR** bezeichnete LED leuchtet sowohl bei automatischer als auch bei Normaltriggerung auf, wenn folgende Bedingungen erfüllt werden:

1. Das interne bzw. externe Triggersignal muß in ausreichender Amplitude am Triggerkomparator anliegen.
2. Die Referenzspannung am Komparator (Triggerpunkt) muß auf einen Wert eingestellt sein, der es erlaubt, daß Signalfanken den Triggerpunkt 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 niederfrequenten (Normaltriggerung verwenden) oder sehr kurzen impulsförmigen Signalen.

Die triggerauslösenden 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

Wenn bei äußerst komplizierten Signalgemischen auch nach mehrmaligem gefühlvollen Durchdrehen des **LEVEL**-Knopfes bei Normaltriggerung kein stabiler Triggerpunkt gefunden wird, kann in vielen Fällen der Bildstand durch Betätigung des **HOLD OFF**-Knopfes erreicht werden.

Mit dieser Einrichtung kann die Sperrzeit der Triggerung zwischen zwei Zeit-Ablenkperioden 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 LEVEL-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 der HOLD OFF-Knopf langsam nach rechts zu drehen, 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 **LEVEL**-Einstellung ermöglicht die Einzeldarstellung. Der Gebrauch des **HOLD OFF**-Knopfes vereinfacht auch hier die richtige Einstellung.

Nach Beendigung dieser Arbeit sollte der **HOLD OFF**-Knopf unbedingt wieder auf Linksanschlag zurückgedreht werden, weil sonst u.U. die Bildhelligkeit drastisch reduziert ist. Die Arbeitsweise ist aus folgenden Abbildungen ersichtlich.

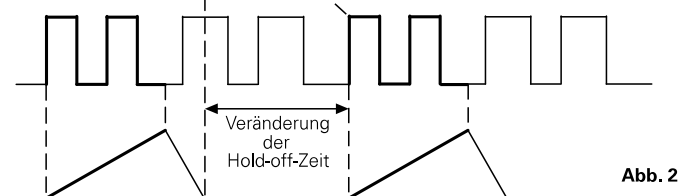
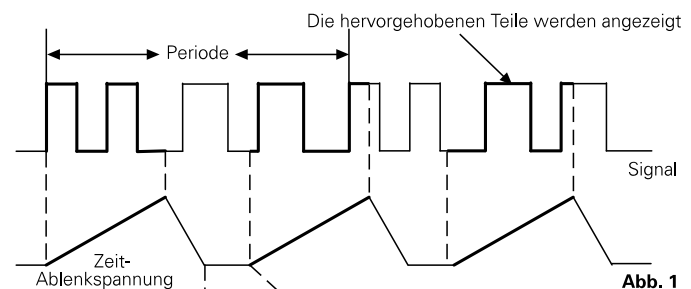


Abb. 1 zeigt das Schirmbild bei Linksanschlag des **HOLD-OFF**-Einstellknopfes (Grundstellung). Da verschiedene Teile des Kurvenzuges angezeigt werden, wird kein stehendes Bild dargestellt (Doppelschreiben).

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

Komponenten-Test

Der **HM403** hat einen eingebauten Komponenten-Tester, der durch Drücken der **COMP. TESTER**-Taste sofort betriebsbereit ist. Der zweipolige Anschluß des zu prüfenden Bauelementes erfolgt über die zugeordneten Buchsen (rechts unter dem Bildschirm). Bei gedrückter **COMP. TESTER**-Taste (**ON**) sind sowohl die Y-Vorverstärker wie auch der Zeitbasisgenerator abgeschaltet. Jedoch dürfen Signalspannungen an den drei Front-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 den **COMP. TESTER**-Buchsen sind zwei einfache Meßschnüre mit 4mm-Bananensteckern erforderlich. Nach beendetem Test kann durch Auslösen der **COMP. TESTER**-Taste der Oszilloskop-Betrieb übergangslos fortgesetzt werden.

Wie im Abschnitt SICHERHEIT beschrieben, sind alle Meßanschlüsse (bei einwandfreiem Betrieb) mit dem Netzschutzleiter verbunden, also auch die COMP. TESTER-Buchsen. 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 **HM403** befindlicher Sinusgenerator erzeugt eine Sinusspannung, deren Frequenz 50Hz ($\pm 10\%$) beträgt. Sie speist eine Reihenschaltung aus Prüfobjekt und eingebauten 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 ohmische Widerstände zwischen **20 Ω** und **4,7k Ω** 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 μ F bis 1000 μ F** angezeigt.

Eine Ellipse mit horizontaler Längsachse bedeutet eine hohe Impedanz (kleine Kapazität oder große Induktivität).

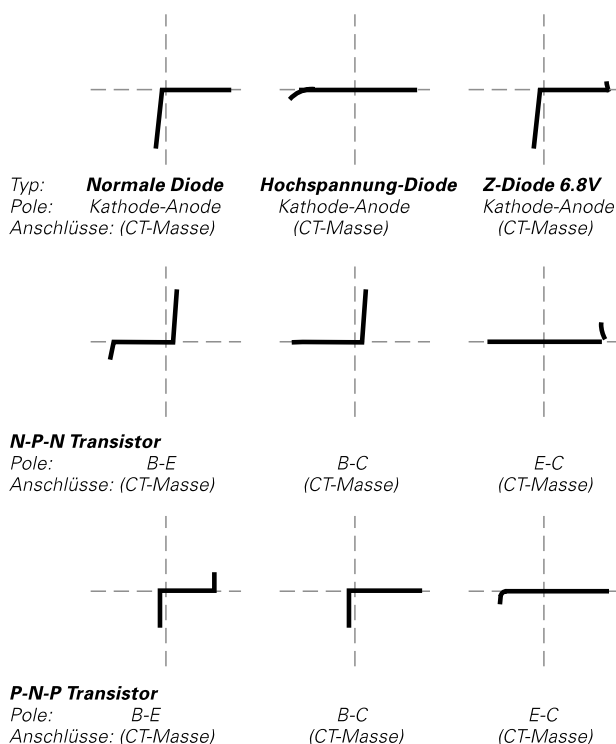
Eine Ellipse mit vertikaler Längsachse bedeutet niedrige Impedanz (große Kapazität oder kleine Induktivität).

Eine Ellipse in Schräglage bedeutet einen relativ großen Verlustwiderstand in Reihe mit dem Blindwiderstand.

Bei Halbleitern erkennt man die **spannungsabhängigen Kennlinienknicke** 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 ca. 9V). 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 $> ca. 9V$ 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 Transistortyps schnell ermitteln.



Zu beachten ist hier der Hinweis, daß die **Anschlußumpolung eines Halbleiters** (Vertauschen von COMP. TESTER-Buchse mit Masse-Buchse) 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.

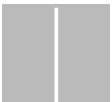



















Die übliche Vorsicht gegenüber einzelnen MOS-Bauelementen in Bezug auf statische Aufladung oder Reibungselektrizität wird dringend angeraten. Brumm kann auf dem Bildschirm sichtbar werden, wenn der Basis- oder Gate-Anschluß eines einzelnen Transistors offen ist, also gerade nicht getestet wird (Handempfindlichkeit).

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 gar nicht 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 der **COMP. TESTER-Prüfbuchse ohne Massezeichen** 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.

Testplan

Testbilder Bauteile einzeln	Testbilder Transistoren einzeln
 Kurzschluß  Widerstand 510Ω  Netztrafo primär  Kondensator 33µF	 Strecke B-C  Strecke B-E  Strecke E-C  FET
Testbilder Dioden einzeln	Testbilder Halbleiter in der Schaltung
 Z-Diode unter 7V  Z-Diode über 7V  Siliziumdiode  Germaniumdiode  Gleichrichter  Thyristor, G u. A verbunden	 Diode parallel 680Ω  2 Dioden antiparallel  Diode in Reihe mit 51Ω  B-E parallel 680Ω  Strecke B-E mit 1µF+680Ω  Si-Diode paral. mit 10µF

Allgemeines

Dieser Testplan soll helfen, in gewissen Zeitabständen und ohne großen Aufwand an Meßgeräten die wichtigsten Funktionen des **HM403** 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 Serviceanleitung beschreibt in englischer Sprache den Abgleich des Oszilloskops und enthält die Schaltbilder sowie Bestückungspläne. Sie ist gegen eine Schutzgebühr bei HAMEG erhältlich.

Wie bei den Voreinstellungen ist darauf zu achten, daß zunächst alle Knöpfe mit Pfeilen in Kalibrierstellung stehen. Keine der Tasten soll gedrückt sein. **TRIG. MODE**-Wahlschalter auf AC. Es wird empfohlen, das Oszilloskop schon ca. 20 Minuten vor Testbeginn einzuschalten.

Strahlröhre, Helligkeit und Schärfe, Linearität, Rasterverzeichnung

Die Strahlröhre im **HM403** 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 des Vertikalverstärkers. Der Einstellbereich für maximale und minimale Helligkeit muß so liegen, daß kurz vor Linksanschlag des **INTENS**-Einstellers der Strahl gerade verlöscht und bei Rechtsanschlag die Schärfe und Strahlbreite noch akzeptabel sind.

Auf keinen Fall darf bei maximaler Intensität mit Zeitablenkung der Rücklauf sichtbar sein. Auch bei gedrückter Taste XY 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 den Arbeitspunkt der Intensität ist nur innen zugänglich (**siehe Service-Anleitung**).

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 Astigmatismus-Korrektur erforderlich. Hierfür befindet sich im Gerät ein Potentiometer von 100kΩ (**siehe Service-Anleitung**).

Symmetrie und Drift des Vertikalverstärkers

Beide Eigenschaften werden im wesentlichen von den Eingangsstufen bestimmt.

Einen gewissen Aufschluß über die Symmetrie von Kanal II und des Y-Endverstärkers erhält man beim Invertieren (Taste **INV.** drücken). 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. 11 div. 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 Strahl-lage um nicht mehr als 5mm verändern.

Kalibration des Vertikalverstärkers

Die Ausgangsbuchse des Kalibrators gibt eine Rechteckspannung von **0,2V_{ss}** ab. Sie hat normalerweise eine Toleranz von nur $\pm 1\%$. Stellt man eine direkte Verbindung zwischen der 0,2V_{pp}-Ausgangs-Buchse und dem Eingang des Vertikalverstärkers her (Tastkopf 1:1), muß das aufgezeichnete Signal in Stellung **50mV/div 4cm hoch** sein (Feineinstellknopf des Teilerschalter auf Rechtsanschlag **CAL.**; Signalankopplung **DC**). Abweichungen von maximal 1,2mm (3%) sind gerade noch zulässig. Wird in der Teilerschalterstellung **5mV/div** zwischen der 0,2V_{pp}-Ausgangs-Buchse und dem Meßeingang ein **Tastteiler 10:1** geschaltet, muß sich die gleiche Bildhöhe ergeben. Die maximal zulässige Toleranz beträgt dabei 4% (Oszilloskop 3% + Tastteiler 1%). Bei größeren Toleranzen sollte man erst klären, ob die Ursache im Vertikalverstärker selbst oder in der Amplitude der Rechteckspannung zu suchen ist. Unter Umständen kann auch ein zwischengeschalteter Tastteiler fehlerhaft oder falsch abgeglichen sein, bzw. zu hohe Toleranzen haben. Gegebenenfalls ist die Kalibration des Vertikalverstärkers mit einer exakt bekannten Gleichspannung möglich (**DC**-Signalankopplung!). Die vertikale Strahl-lage muß sich dann entsprechend dem eingestellten Ablenkoeffizienten verändern.

Der Feineinstellknopf am Teilerschalter vermindert am Linksanschlag die Eingangsempfindlichkeit in jeder Schalterstellung mindestens um den Faktor 2,5. Stellt man den Teilerschalter auf **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/div**; Signalankopplung auf **DC**; Y-Feinsteller in Kalibrationsstellung **CAL.**

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 (Abgleich entsprechend Serviceanleitung). Hierfür ist jedoch noch ein kompensierter 2:1-Vorteiler erforderlich, der auf die Eingangsimpedanz des Oszilloskops abgeglichen werden muß. Er kann selbstgebaut oder unter der Typenbezeichnung HZ23 von **HAMEG** bezogen werden. Wichtig ist nur, 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 12pF. Diese Parallelschaltung wird einerseits direkt mit dem Vertikaleingang **I** bzw. **II**, andererseits über ein möglichst kapazitätsarmes Kabel mit dem Generator verbunden. Der Vorteiler wird in Stellung **5mV/div** auf die Eingangsimpedanz des Oszilloskops abgeglichen (Feineinstellknopf auf **CAL.**; 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

Wird die Taste **DUAL** gedrückt, müssen sofort zwei Zeitlinien erscheinen. Bei Betätigung der **Y-POS.**-Knöpfe sollten sich die Strahl-lagen 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.**-Schalter dabei auf **2 μ s/cm**; Tasten **DUAL** und **CHOP.** drücken. Signalkopplung auf **GD**; **INTENS**-Knopf auf Rechtsanschlag; **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! Mehrmals Taste **CHOP.** auslösen und drücken. Dabei müssen Strahlverbreiterung und periodische Schattenbildung vernachlässigbar sein.

Wesentliches Merkmal bei **I+II** (nur Taste **ADD** gedrückt) oder **I-II**-Betrieb (Taste **INV.** zusätzlich gedrückt) ist die Verschiebbarkeit der Zeitlinie mit **beiden Y-POS.**-Drehknöpfen. Bei XY-Betrieb (**XY**-Taste gedrückt) muß die Empfindlichkeit in beiden Ablenkrichtungen gleich sein. Dabei sollen die beiden Feinsteller auf Linksanschlag (**CAL.**) stehen. 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/div**-Stellung).

Die Prüfung der Einzelkanaldarstellung mit der Taste **CHI/II** 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. Beim **HM403** sollte sie 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 Triggerung (**AT/NM**-Taste nicht gedrückt). Danach ist festzustellen, ob die gleiche Triggerempfindlichkeit auch mit Normaltriggerung (**AT/NM**-Taste gedrückt) vorhanden ist. Hierbei muß eine **LEVEL**-Einstellung vorgenommen werden. Durch Drücken der **SLOPE**-Taste muß sich der Kurvenanstieg der ersten Schwingung umpolen. Der **HM403** muß, bei einer Bildhöhe von etwa 5mm und **AC**- bzw. **DC**-Einstellung der Triggerkopplung, Sinussignale bis 100MHz einwandfrei intern triggern.

Zur externen Triggerung (Taste **TRIG. EXT.** gedrückt) sind mindestens 0,3V_{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 der Triggerkopplung-Schalter in Stellung **TV** zu schalten. Die Umschaltung zwischen der Triggerung auf Bild- bzw. Zeilen-Synchronimpulse erfolgt bei TV-Triggerung durch den **TIME/DIV.**-Schalter. In den Schalterstellungen von **.5ms/div.** bis **.1µs/div.** wird auf **Zeilen-synchronimpuls-Triggerung** geschaltet, während von **.2s/div.** bis **1ms/div.** **Bildsynchronimpuls-Triggerung** vorliegt. Die Flankenrichtung muß mit der **SLOPE**-Taste richtig gewählt sein. Sie gilt dann für beide Darstellungen.

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

Wird mit einem **Sinussignal ohne Gleichspannungsanteil** intern oder extern getriggert, dann darf sich beim Umschalten von **AC** auf **DC** des **TRIG. MODE**-Wahlschalters keine wesentliche Verschiebung des Signal-Startpunktes ergeben.

Werden beide Vertikal-Verstärkereingänge **AC**-gekoppelt an das gleiche Signal geschaltet und im alternierenden Zweikanal-Betrieb (nur Taste **DUAL** gedrückt) beide Strahlen auf dem Bildschirm exakt zur Deckung gebracht, dann darf auch so in keiner Stellung der Taste **CHI/II-TRIG.I/II** oder beim Umschalten des **TRIG. MODE**-Wahlschalters von **AC** auf **DC** eine wesentliche Änderung des Bildes sichtbar sein.

Eine Kontrolle der **Netztriggerung (50-60Hz)** in Stellung ~ der **AT/NM**- und **ALT**-Drucktasten 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 Drehen des betreffenden Eingangsteilerschalters (mit Feinsteller) läßt sich die dargestellte Signalthöhe dann beliebig variieren.

Zeitablenkung

Vor Kontrolle der Zeitbasis ist festzustellen, ob die **Zeitlinie min. 10cm lang** ist. Andernfalls kann sie korrigiert werden. Diese Einstellung sollte bei der mittleren **TIME/DIV.**-Schalterstellung **20µs/cm** erfolgen. Vor Beginn der Arbeit ist der Zeit-Feinsteller auf **CAL.** einzurasten. Die Taste **X-MAG. x10** darf nicht gedrückt sein. Dies gilt solange, bis die einzelnen Zeitbereiche kontrolliert wurden. Ferner ist zu untersuchen, ob die Zeitablenkung von links nach rechts schreibt. Hierzu Zeitlinie mit **X-POS.**-Einsteller auf horizontale Rastermitte zentrieren und **TIME/DIV.**-Schalter auf **.1s/div.** stellen (Wichtig nur nach Röhrenwechsel!).

Steht für die Überprüfung der Zeitbasis kein exakter Marken-

geber zur Verfügung, kann man auch mit einem genau kalibrierten Sinusgenerator arbeiten. Seine Frequenztoleranz sollte nicht größer als $\pm 0,1\%$ sein. Die Zeitwerte des **HM403** werden zwar mit $\pm 3\%$ angegeben; sie sind jedoch besser. Zur gleichzeitigen Kontrolle der Linearität sollten immer mindestens 10 Schwingungen, d.h. **alle 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 quartzgenauen Markergeber, der für jeden Zeitbereich Impulse im Abstand von 1cm abgibt. Dabei ist zu beachten, daß bei der Triggerung solcher Impulse zweckmäßig mit Normaltriggerung (Taste **AT/NM** gedrückt) und **LEVEL**-Einstellung gearbeitet werden sollte.

Die folgende Tabelle zeigt, welche Frequenzen für den jeweiligen Bereich benötigt werden.

0.2 s/div. – 5 Hz	0.1 ms/div. – 10kHz
0.1 s/div. – 10 Hz	50 µs/div. – 20kHz
50 ms/div. – 20 Hz	20 µs/div. – 50kHz
20 ms/div. – 50 Hz	10 µs/div. – 100kHz
10 ms/div. – 100 Hz	5 µs/div. – 200kHz
5 ms/div. – 200 Hz	2 µs/div. – 500kHz
2 ms/div. – 500 Hz	1 µs/div. – 1MHz
1 ms/div. – 1 kHz	0.5 µs/div. – 2MHz
0.5 ms/div. – 2 kHz	0.2 µs/div. – 5MHz
0.2 ms/div. – 5 kHz	0.1 µs/div. – 10MHz

Drückt man die Taste **X-MAG. x10**, dann erscheint nur **alle 10cm** ($\pm 5\%$) ein Kurvenzug (Zeit-Feinsteller auf **CAL.**; Messung bei **5µs/cm**). Die Toleranz läßt sich aber leichter in Stellung **50µs/cm** erfassen (ein Kurvenzug pro cm).

HOLDOFF-Zeit

Die Änderung der **HOLDOFF**-Zeit beim Drehen des betr. Knopfes ist ohne Eingriff in den **HM403** nicht zu kontrollieren. Immerhin kann die Strahlverdunklung (ohne Eingangssignal bei automatischer Triggerung) geprüft werden. Hierzu sind der **TIME/DIV.**-Schalter und sein Feinregler auf **Rechtsanschlag** einzustellen. Dann soll am Linksanschlag des Knopfes **HOLD-OFF** der Strahl hell, am Rechtsanschlag dagegen merklich dunkler sein.

Komponenten-Tester

Nach Druck auf die **COMP.-TESTER**-Taste muß bei offener **COMP. TESTER**-Buchse sofort eine horizontale Strahllinie von **ca. 8cm Länge** erscheinen. Verbindet man die **COMP. TESTER**-Buchse mit der Masse-Buchse, muß sich eine vertikale Linie von **ca. 6cm Höhe** zeigen. Die angegebenen Maße tolerieren etwas.

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 Strahlbereich asymmetrisch. Es sollte aber kontrolliert werden, ob sich die Strahl-

mit dem **TRACE ROTATION** -Potentiometer etwas schräg **nach beiden Seiten** um die horizontale Rastermittellinie einstellen läßt. Beim **HM403** mit geschlossenem Gehäuse genügt ein Drehwinkel von $\pm 0,57^\circ$ (1mm Höhenunterschied auf 10cm Strahllänge) zur Erdfeldkompensation.

Service-Anleitung

Allgemeines

Die folgenden Hinweise sollen dem Service-Techniker helfen, am **HM403** 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 Hutmuttern 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.

Achtung!

Der Primärkreis des Netzteiles ist im Normalbetrieb galvanisch mit dem Lichtnetz verbunden und das Bezugspotential des Primärkreises liegt dabei auf der 1/2 Netzspannung gegen Erde. Auch aus diesem Grunde darf das Oszilloskop in geöffnetem Zustand grundsätzlich nur über einen Schutz-Trenntransformator der Schutzklasse II erdfrei betrieben werden.

Bei Eingriffen in den **HM403** ist zu beachten, daß die Betriebsspannungen der Bildröhre ca. 2kV und die der Endstufen etwa 175V bzw. 146V betragen. Diese Potentiale befinden sich an der Röhrenfassung sowie auf der Schaltplatte und der XY-Endstufenleiterplatte. Solche Potentiale sind lebensgefährlich. Daher ist größte Vorsicht geboten. Ferner wird darauf hingewiesen, daß Kurzschlüsse an verschiedenen Stellen des Bildröhren-Hochspannungskreises den gleichzeitigen Defekt diverser Halbleiter. Aus dem gleichen Grund ist das Zuschalten von Kondensatoren an diesen Stellen bei eingeschaltetem Gerät sehr gefährlich.

Kondensatoren im Gerät können noch geladen sein, selbst wenn das Gerät von allen Spannungsquellen getrennt wurde. Normalerweise sind die Kondensatoren ca. 6 Sekunden nach dem Abschalten entladen. Da aber bei defektem Gerät eine Belastungsunterbrechung nicht auszuschließen ist, sollten nach dem Abschalten der Reihe nach alle Anschlüsse mit

berührungsgefährlichen Spannungen (>40V) 1 Sekunde lang über 1k Ω mit Masse (Chassis) verbunden werden.

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

Betriebsspannungen

Alle Betriebsgleichspannungen (+6,3V, +12V, -13V, -6V, +146V, +175V, -2025V) im **HM403** werden bereits durch das Schaltenteil elektronisch stabilisiert. Die nochmals stabilisierte Spannung +12V ist einstellbar. Sie dient als Referenzspannung für die Stabilisierung der -6V und -2025V 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 Ω) 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.

Minimale Helligkeit

Für die Einstellung befindet sich auf der CRT-Leiterplatte (Strahlröhrenhals) ein 100k Ω Trimm-Potentiometer (siehe Serviceanleitung). Es darf nur mit einem gut isolierten Schraubendreher betätigt werden (Vorsicht Hochspannung). Der Abgleich ist so durchzuführen, daß der bei gedrückter **X-Y**-Taste und auf **GD** geschalteten Eingängen punktförmige Strahl gerade nicht mehr sichtbar ist.

Astigmatismus

Auf der CRT-Leiterplatte (Strahlröhrenhals) befindet sich ein zweiter 100k Ω -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. +85V). 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. 100k Ω 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. Sie hängt stark vom Komparator-IC ab. Falls aus zwingenden Gründen dieser Komparator ausgewechselt werden muß, kann es toleranzbedingt vorkommen, daß die Triggerung zu empfindlich oder zu unempfindlich ist oder auf Rauschen mit Richtungswechsel reagiert (siehe Testplan: Kontrolle Triggerung). In solchen Fällen sind die Hysterese-Widerstän-

de am Komparator zu ändern. Im allgemeinen dürfen diese Widerstände höchstens halbiert oder verdoppelt werden.

Eine zu niedrige Triggerschwelle kann Doppeltriggerung oder vorzeitige Auslösung durch Störimpulse oder Rauschen verursachen. Eine zu hohe Triggerschwelle verhindert die Darstellung sehr kleiner Signalhöhen.

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 (ca. –2000V) 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. 85V und X ca. 90V. 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

Liegt die Serviceanleitung vor, lassen sich Korrekturen und Abgleicharbeiten zwar ohne weiteres 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 Schalter- und Potentiometer-Einstellung, mit oder ohne Sinus- oder Rechtecksignal entsprechender Frequenz, Amplitude, Anstiegszeit und Tastverhältnis.

Inbetriebnahme und Voreinstellungen

Gerät an Netz anschließen, Netztaaste (oben rechts neben Bildschirm) drücken.

Leuchtdiode zeigt Betriebszustand an.

Gehäuse, Chassis und Meßbuchsen-Massen sind mit dem Netzschutzleiter verbunden (Schutzklasse I).

Keine weitere Taste drücken. **TRIG. MODE**-Wahlschalter auf **AC**.

AT/NM-Taste nicht gedrückt. Eingangskopplungsschalter **CHI** auf **GD**.

Am Knopf **INTENS** mittlere Helligkeit einstellen.

Mit den Knöpfen **Y-POS.I** und **X-POS**. Zeitlinie auf Bildschirmmitte bringen.

Anschließend mit **FOCUS**-Knopf Zeitlinie scharf einstellen.

Betriebsart Vertikalverstärker

Kanal I: Tasten **CHI/II**, **DUAL** und **ADD** herausstehend.

Kanal II: Taste **CHI/II** gedrückt.

Kanal I und II: Taste **DUAL** gedrückt. Alternierende Kanalumschaltung: Taste **ADD (CHOP.)** nicht drücken.

Chopper-Kanalumschaltung: Taste **ADD (CHOP.)** drücken.

(Nur bei Signalen <1kHz oder Zeitkoeffizienten ≥ 1 ms/cm mit gedrückter Taste **ADD (CHOP.)** arbeiten)

Kanäle I+II (Summe): Nur Taste **ADD** drücken.

Kanäle +I-II (Differenz): Taste **ADD** und die Taste **INV.** drücken.

Betriebsart Triggerung

Triggerart mit Taste **AT/NM** wählen:

AT = Automatische Spitzenwert-Triggerung >20Hz-100MHz (ungedrückt).

NM = Normaltriggerung (gedrückt).

Trigger-Flankenrichtung: mit Taste **SLOPE** wählen.

Interne Triggerung: Kanal wird mit Taste **TRIG.I/II (CHI/II)** gewählt.

Interne alternierende Triggerung: **DUAL** und Taste **ALT.** drücken. **ADD (CHOP.)** darf nicht gedrückt sein.

Externe Triggerung (autom. Triggerung): Taste **TRIG. EXT.** drücken; Synchron-Signal (0,3V_{ss} - 3V_{ss}) an Buchse **TRIG. EXT.** legen.

Netztriggerung (Normaltriggerung): **TRIG. MODE**-Drucktasten **AT/NM** und **ALT** drücken (~).

Triggerkopplung mit **TRIG. MODE**-Wahlschalter **AC-DC-LF-TV** wählen. Frequenzbereiche der Triggerkopplung:

AC: >10Hz bis 100MHz; **DC**: 0 bis 100MHz; **LF**: 0 bis 1,5kHz.

TV für Synchronimpulsabtrennung von Videosignalen

TIME/DIV.-Schalter von **0,5ms/div.** bis **0,1µs/div.** = Zeilensynchronimpulse

TIME/DIV.-Schalter von **0,2s/div.** bis **1ms/div.** = Bildsynchronimpulse

Dabei richtige Flankenrichtung mit Taste **SLOPE** wählen

(Synchronimpuls oben entspricht /, unten entspricht \).

Triggeranzeige beachten: **TR** LED oberhalb **SLOPE**-Taste.

Messung

Meßsignal den Vertikal-Eingangsbuchsen von **CHI** und/oder **CHII** zuführen.

Tasteteiler vorher mit eingebautem **CALIBRATOR**-Signal abgleichen.

Meßsignal-Ankopplung auf **AC** oder **DC** schalten.

Mit Teilerschalter (**VOLTS/DIV.**) Signal auf gewünschte Bildhöhe einstellen.

Am **TIME/DIV.**-Schalter Zeitkoeffizienten wählen.

Triggerpunkt mit **LEVEL**-Knopf einstellen (bei Normaltriggerung).

Bei hoher Vertikalempfindlichkeit (1mV/div.), entspr. Meß-Freq./-Aufgabe, LF-Triggerfilter wählen.

Komplexe oder aperiodische Signale evtl. mit vergrößerter **HOLD OFF**-Zeit triggern.

Amplitudenmessung mit Y-Feinsteller auf Rechtsanschlag **CAL.**

Zeitmessung mit Zeit-Feinsteller auf Rechtsanschlag **CAL.**

X-Dehnung x10: Taste **X-MAG. x10** drücken (bei XY unwirksam).

Externe Horizontalablenkung (**XY-Betrieb**) mit gedrückter Taste **XY** (X-Eingang: **CHI**).

Komponenten-Test


COMP. TESTER-Taste drücken. Bauteil zweipolig an **COMP. TESTER**-Buchsen anschließen.

Test in der Schaltung: Schaltung spannungsfrei und massefrei (erdfrei) machen. Netzstecker der zu testenden Schaltung ziehen, Verbindungen mit HM403 lösen (Kabel, Tasteteiler), dann erst testen.

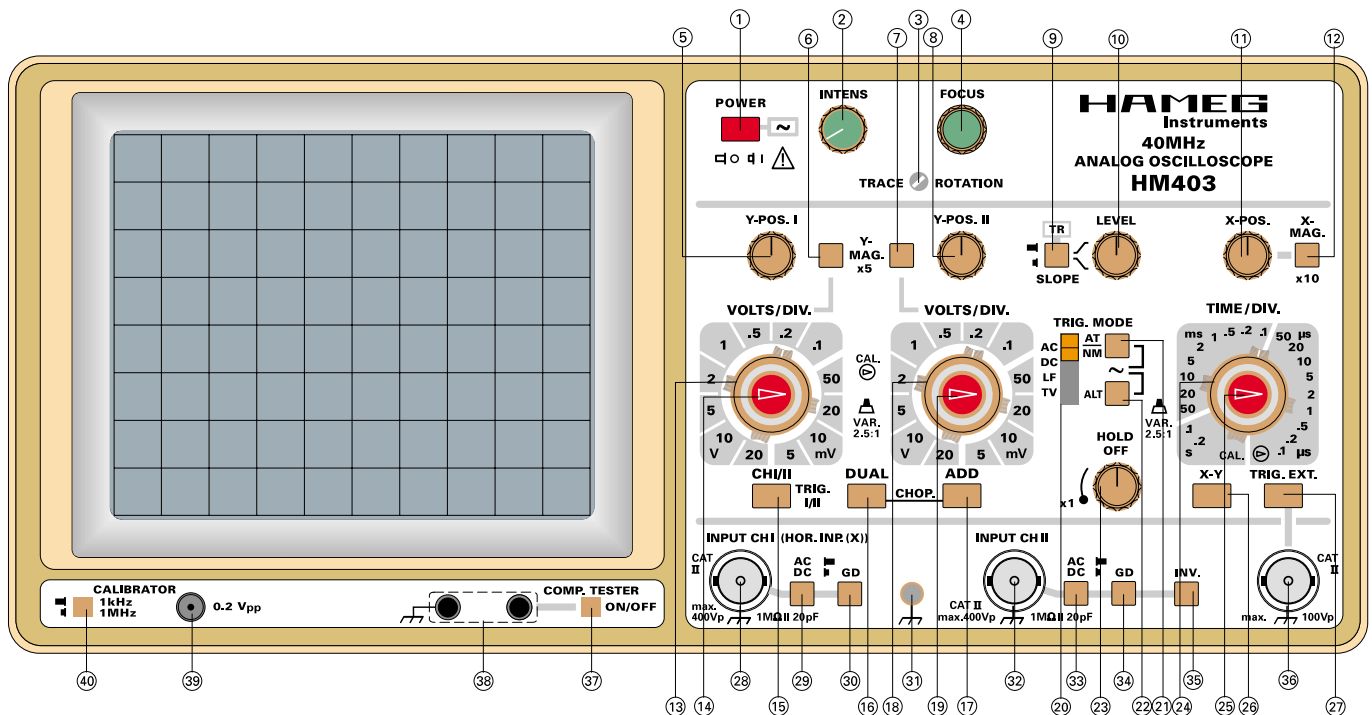
Bedienungselemente HM403 (Kurzbeschreibung - Frontbild)

Element	Funktion
① POWER (Taste + LED-Anzeige)	Netz Ein/Aus; Leuchtdiode zeigt Betriebszustand an.
② INTENS (Drehknopf)	Helligkeitseinstellung für den Kathodenstrahl
③ TRACE ROTATION Trimpotentiometer (Einstellung mit Schraubenzieher)	Trace Rotation (Strahldrehung). Dient zur Kompensation des Erdmagnetfeldes. Der horizontale Strahl wird damit parallel zum Raster gestellt
④ FOCUS (Drehknopf)	Schärfereinstellung für den Kathodenstrahl.
⑤ Y-POS. I (Drehknopf)	Einstellung der vertikalen Position des Strahles für Kanal I. Im XY-Betrieb außer Funktion.
⑥ Y-MAG.x5 (Drucktaste)	Erhöht die Y-Verstärkung von Kanal I um den Faktor 5. (Maximal 1mV/cm).
⑦ Y-MAG.x5 (Drucktaste)	Erhöht die Y-Verstärkung von Kanal II um den Faktor 5. (Maximal 1mV/cm).
⑧ Y-POS. II (Drehknopf)	Einstellung der vertikalen Position des Strahles für Kanal II.
⑨ SLOPE $\nearrow \searrow$ (Drucktaste)	Wahl der Triggerflanke. Taste nicht gedrückt: ansteigend, Taste gedrückt: fallend.
TR (LED-Anzeige)	Anzeige leuchtet, wenn Zeitbasis getriggert wird.
⑩ LEVEL (Drehknopf)	Triggerpegel-Einstellung
⑪ X-POS. (Drehknopf)	Strahlverschiebung in horizontaler Richtung
⑫ X-MAG. x10 (Drucktaste)	Dehnung der X-Achse um den Faktor 10. Max. Auflösung 10ns/div. Im XY-Betrieb außer Funktion.
⑬ VOLTS/DIV. (12stufig. Drehschalter)	Eingangsteiler für Kanal I. Bestimmt die Y-Ablenkkoeffizienten in 1-2-5 Schritten und gibt den Umrechnungsfaktor an (V/div, mV/div).
⑭ VAR. (Drehknopf)	Feineinstellung der Y-Amplitude (Kanal I). Vermindert die Verstärkung max. um den Faktor 2,5. Kalibrierung am Rechtsanschlag (Pfeil nach rechts zeigend).
⑮ CH I/II-TRIG. I/II (Drucktaste)	Keine Taste gedrückt: Kanal I-Betrieb und Triggerung von Kanal I. Taste gedrückt: Kanal II-Betrieb und Triggerung von Kanal II. (Triggerumschaltung bei DUAL-Betr.).

Element	Funktion
⑯ DUAL (Drucktaste)	Taste nicht gedrückt: Einkanalbetrieb. Taste DUAL gedrückt: Zweikanalbetrieb mit alternierender Umschaltung.
CHOP.	DUAL und ADD gedrückt: Zweikanalbetrieb mit Chopper-Umschaltung.
⑰ ADD (Drucktaste)	ADD allein gedrückt: Algebr. Addition. In Kombination mit INV. Taste: Differenzbetrieb.
⑱ VOLTS/DIV. (12stufig. Drehschalter)	Eingangsteiler für Kanal II. Bestimmt die Y-Ablenkkoeffizienten in 1-2-5 Schritten und gibt den Umrechnungsfaktor an (V/div, mV/div).
⑲ VAR. (Drehknopf)	Feineinstellung der Y-Amplitude (Kanal II). Vermindert die Verstärkung max. um den Faktor 2,5. Kalibrierung am Rechtsanschlag (Pfeil nach rechts zeigend).
⑳ TRIG. MODE (Schiebeschalter) AC-DC-LF-TV	Wahl der Triggerankopplung: AC: 10Hz–100MHz. DC: 0–100MHz. LF: 0–1,5kHz. TV: Triggerung für Bild und Zeile.
㉑ AT/NM (Drucktaste)	Taste nicht gedrückt: Zeitlinie auch ohne Signal sichtbar, Triggerung autom. Taste gedrückt: Zeitlinie nur mit Signal, Normaltriggerung mit LEVEL
~	AT/NM und ALT gedrückt: Triggerung mit Netzfrequenz, dabei Normaltriggerung.
㉒ ALT (Drucktaste)	Die Triggerung wird im alternierenden DUAL-Betrieb abwechselnd von Kanal I und II ausgelöst.
㉓ HOLD OFF (Drehknopf)	Verlängerung der Holdoff-Zeit zwischen den Ablenkperioden. Grundstellung = Linksanschlag.
㉔ TIME/DIV. (20stufiger Drehschalter)	Bestimmt Zeitkoeffizienten (Zeitablenkgeschwindigkeit) der Zeitbasis von 0.2s/cm bis 0.1µs/cm.
㉕ Variable Zeitbasiseinstellung (Drehknopf)	Feineinstellung der Zeitbasis. Vermindert Zeitablenkgeschwindigkeit max. 2,5fach (Linksanschlag). Cal.-Stellung am Rechtsanschlag (Pfeil nach rechts).
㉖ XY (Drucktaste)	Umschaltung auf XY-Betrieb. Zuführung der horiz. Ablenkspannung über den Eingang von Kanal I.
Achtung! Bei fehlender Ablenkung Einbrenngefahr.	
㉗ TRIG. EXT. (Drucktaste)	Umschaltung auf externe Triggerung. Signalzuführung über BNC-Buchse TRIG. EXT.

Element	Funktion
⑳ INPUT CH I (BNC-Buchse)	Signaleingang Kanal I und Eingang für Horizontalablenkung im XY-Betrieb. Eingangsimpedanz $1M\Omega/20pF$.
㉑ AC-DC (Drucktaste)	Taste für die Eingangssignalan Kopplung von Kanal I. Taste gedrückt: direkte Ankopplung; Taste nicht gedrückt: Ankopplung über einen Kondensator.
㉒ GD (Drucktaste)	GD-Taste gedrückt: Eingang vom Signal getrennt, Verstärker an Masse geschaltet.
㉓  (4mm Buchse)	Meßbezugspotentialanschluß, galvanisch mit Netzschutzleiter verbunden.
㉔ INPUT CH II (BNC-Buchse)	Signaleingang Kanal II. Eingangsimpedanz $1M\Omega/20pF$.
㉕ AC-DC (Drucktasten)	Tasten für die Eingangssignalan kopplung von Kanal II. Taste gedrückt: direkte Ankopplung; Taste nicht gedrückt: Ankopplung über einen Kondensator.

Element	Funktion
㉖ GD (Drucktaste)	GD-Taste gedrückt: Eingang vom Signal getrennt, Verstärker an Masse geschaltet.
㉗ INV. (Drucktaste)	Invertierung von Kanal II. In Verbindung mit gedrückter ADD-Taste = Differenzdarstellung.
㉘ TRIG. EXT. (BNC-Buchse)	Eingang für externes Triggersignal. Taste TRIG. EXT. gedrückt.
㉙ COMP. TESTER (Drucktaste)	Einschaltung des Komponenten-Testers; ON = ein, OFF = aus.
㉚ COMP. TESTER (4mm Buchsen)	Anschluß der Testkabel für den Komponenten-Tester. Linke Buchse galvanisch mit Netzschutzleiter verbunden.
㉛ 0.2Vpp (Buchse)	Ausgang des Rechteck-Kalibrators 0,2Vss.
㉜ CALIBRATOR 1kHz / 1MHz (Drucktaste)	Frequenz des Kalibrator-Ausgangs. Taste nicht gedrückt: ca. 1kHz, Taste gedrückt: ca. 1MHz.



HAMEG[®]

Instruments

Oscilloscopes

Multimeters

Counters

Frequency Synthesizers

Generators

R- and LC-Meters

Spectrum Analyzers

Power Supplies

Curve Tracers

Time Standards

Printed in Germany

Germany

HAMEG GmbH

Industriestraße 6
63533 Mainhausen
Tel. (06182) 8909 - 0
Telefax (06182) 8909 - 30
E-mail: sales@hameg.de

HAMEG Service

Kelsterbacher Str. 15-19
60528 FRANKFURT am Main
Tel. (069) 67805 - 24
Telefax (069) 67805 - 31
E-mail: service@hameg.de

France

HAMEG S.a.r.l

5-9, av. de la République
94800-VILLEJUIF
Tél. (1) 4677 8151
Telefax (1) 4726 3544
E-mail: hamegcom@magic.fr

Spain

HAMEG S.L.

Villarroel 172-174
08036 BARCELONA
Teléf. (93) 4301597
Telefax (93) 321220
E-mail: email@hameg.es

Great Britain

HAMEG LTD

74-78 Collingdon Street
LUTON Bedfordshire LU1 1RX
Phone (01582)413174
Telefax (01582)456416
E-mail: sales@hameg.co.uk

United States of America

HAMEG, Inc.

266 East Meadow Avenue
EAST MEADOW, NY 11554
Phone (516) 794 4080
Toll-free (800) 247 1241
Telefax (516) 794 1855
E-mail: hamegny@aol.com

Hongkong

HAMEG LTD

Flat B, 7/F,
Wing Hing Ind. Bldg.,
499 Castle Peak Road,
Lai Chi Kok, Kowloon
Phone (852) 2 793 0218
Telefax (852) 2 763 5236
E-mail: hameghk@netvigator.com

41-0403-00D0