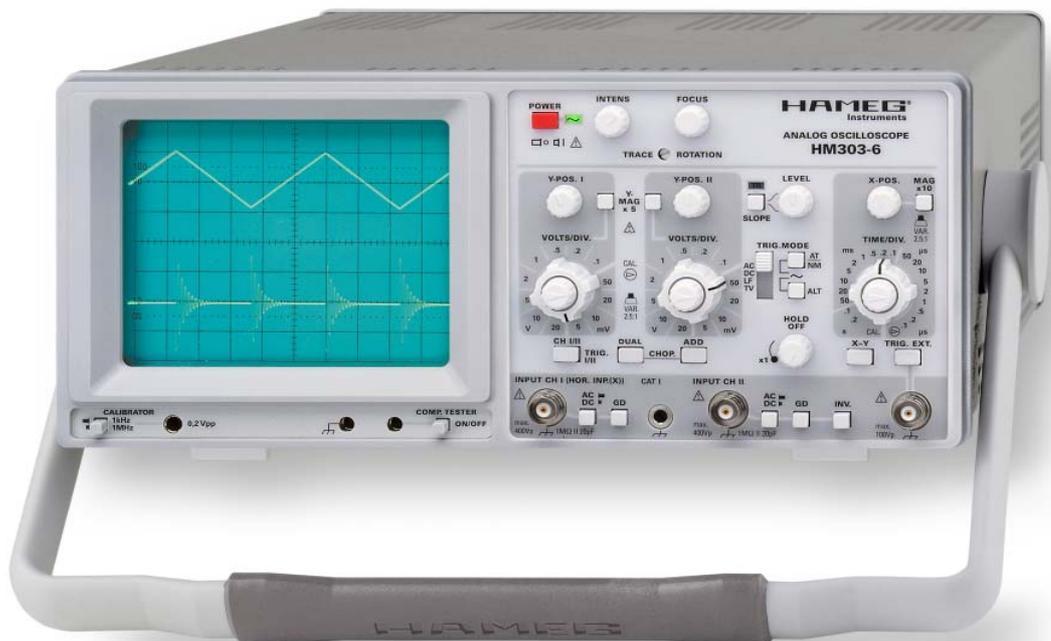


Oszilloskop HM303-6

Handbuch

Deutsch



Oszilloskop HM 303-6

CE-Konformität	3
Technische Daten	5
Allgemeines	6
Aufstellung des Gerätes	6
Sicherheit	6
Bestimmungsgemäßer Betrieb	6
Gewährleistung und Reparatur	7
Wartung	7
Schutzschaltung	7
Netzspannung	7
Art der Signalspannung	8
Größe der Signalspannung	8
Spannungswerte an einer Sinuskurve	8
Gesamtwert der Eingangsspannung	9
Zeitwerte der Signalspannung	9
Anlegen der Signalspannung	10
Bedienelemente	11
Inbetriebnahme und Voreinstellungen	12
Strahldrehung TR	12
Tastkopf-Abgleich und Anwendung	12
Abgleich 1kHz	13

Betriebsarten der Vertikalverstärker	13
XY-Betrieb	14
Phasenvergleich mit Lissajous-Figur	14
Phasendifferenz-Messung im Zweikanal-Betrieb	14
Phasendifferenzmessung im Zweikanalbetrieb	15
Messung einer Amplitudenmodulation	15
Triggerung und Zeitablenkung	15
Automatische Spitzenwert-Triggerung	16
Normaltriggerung	16
Flankenrichtung	16
Triggerkopplung	16
TV (Videosignal-Triggerung)	16
Bildsynchronimpuls-Triggerung	17
Zeilensynchronimpuls-Triggerung	17
Netztriggerung	17
Alternierende Triggerung	17
Externe Triggerung	18
Triggeranzeige	18
Holdoff-Zeiteinstellung	18
Komponenten-Test	18
Kurzanleitung HM303-6	21
Bedienungselemente HM303-6	

CE	KONFORMITÄTSERKLÄRUNG DECLARATION OF CONFORMITY DECLARATION DE CONFORMITE	HAMEG® Instruments
Hersteller Manufacturer Fabricant	HAMEG Instruments GmbH Industriestraße 6 D - 63533 Mainausen	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
Bezeichnung / Product name / Designation:	Oszilloskop/Oscilloscope/Oscilloscope	Elektromagnetische Verträglichkeit / Electromagnetic compatibility Compatibilité électromagnétique
Typ / Type / Type:	HM303-6	EN 61326-1/A1 Störaussendung / Radiation / Emission: Tabelle / table / tableau 4, Klasse / Class / Classe B. Störfestigkeit / Immunity / Imunité: Tabelle / table / tableau A1.
mit / with / avec:	-	EN 61000-3-2/A14 Oberschwingungsströme / Harmonic current emissions / Émissions de courant harmonique: Klasse / Class / Classe D.
Optionen / Options / Options:	-	EN 61000-3-3 Spannungsschwankungen u. Flicker / Voltage fluctuations and flicker / Fluctuations de tension et du flicker.
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	Datum /Date /Date 15.01.2001
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		Unterschrift / Signature / Signatur  E. Baumgartner 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 (Eingang/Ausgang, Signal/Steuerung) eine Länge von 3 Metern nicht erreichen und sich nicht außerhalb von Gebäuden befinden. Ist an einem Geräteinterface der Anschluß mehrerer Schnittstellenkabel möglich, so darf jeweils nur eines angeschlossen sein. Bei Datenleitungen ist generell auf doppelt abgeschirmtes Verbindungskabel zu achten. Als IEEE-Bus Kabel sind die von HAMEG beziehbaren doppelt geschirmten Kabel HZ72S bzw. HZ72L geeignet.

2. Signalleitungen

Meßleitungen zur Signalübertragung zwischen Meßstelle und Meßgerät sollten generell so kurz wie möglich gehalten werden. Falls keine geringere Länge vorgeschrieben ist, dürfen Signalleitungen (Eingang/Ausgang, Signal/Steuerung) eine Länge von 3 Metern nicht erreichen und sich nicht außerhalb von Gebäuden befinden. Alle Signalleitungen sind grundsätzlich als abgeschirmte Leitungen (Koaxialkabel - RG58/U) zu verwenden. Für eine korrekte Masseverbindung muß Sorge getragen werden. Bei Signalgeneratoren müssen doppelt abgeschirmte Koaxialkabel (RG223/U, RG214/U) verwendet werden.

3. Auswirkungen auf die Meßgeräte

Beim Vorliegen starker hochfrequenter elektrischer oder magnetischer Felder kann es trotz sorgfältigen Meßaufbaues über die angeschlossenen Meßkabel zu Einspeisung unerwünschter Signale in das Meßgerät kommen. Dies führt bei HAMEG Meßgeräten nicht zu einer Zerstörung oder Außerbetriebsetzung des Meßgerätes. Geringfügige Abweichungen des Meßwertes über die vorgegebenen Spezifikationen hinaus können durch die äußeren Umstände in Einzelfällen jedoch auftreten.

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.

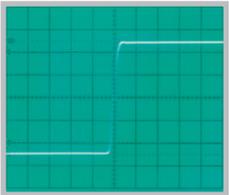
4.2 Schnelle Transienten / Entladung statischer Elektrizität

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.

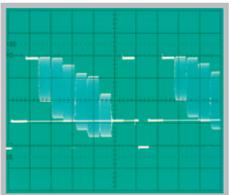
35 MHz Analog-Oszilloskop HM303-6



Keine Signalverfälschung
durch Überschwinger ...



TV Videosignal auf Zeile
getriggert



Vollaussteuerung
mit 35 MHz Sinus



Höchste Signalwiedergabequalität mit minimalem
Überschwingen

2 Kanäle mit Ablenkkoeffizienten 1 mV - 20 V/cm,
niedriges Rauschen

Zeitbasis 0,2 s - 100 ns/cm, mit X-Dehnung bis 10 ns/cm

Triggerung 0 bis 50 MHz ab 5 mm Signalthöhe
(100 MHz > 8 mm)

Analogbetrieb bietet unübertroffene Signaldarstellung mit
hoher Auflösung und bis zu 500.000 Signaldarstellungen/sek

Yt-, XY- und Komponententest-Betrieb

35 MHz Analog-Oszilloskop HM303-6

bei 23 °C nach einer Aufwärmzeit von 30 Minuten

Vertikalablenkung

Betriebsarten:	Kanal I oder II einzeln Kanal I und II (alternierend oder chop.) Summe oder Differenz von CH I und CH II
Invertierung:	CH II
XY-Betrieb:	CH I (X) und CH II (Y)
Bandbreite:	2 x 0 bis 35 MHz (-3 dB)
Anstiegszeit:	< 10 ns
Überschwingen:	max. 1%
Ablenkoeffizienten:	Schaltfolge 1-2-5
1 mV/cm – 2 mV/cm:	± 5% (0 – 10 MHz (-3 dB))
5 mV/cm – 20 V/cm:	± 3% (0 – 35 MHz (-3 dB))
Variabel (unkal.):	> 2,5 : 1 bis > 50 V/cm
Eingangsimpedanz:	1 MΩ 20 pF
Eingangskopplung:	DC, AC, GND (Ground)
Max. Eingangsspannung:	400 V (DC + Spitze AC)

Triggerung

Automatik (Spitzenwert):	20 Hz – 50 MHz (≥ 5 mm) 50 MHz – 100 MHz (≥ 8 mm)
Normal mit Level-Einst.:	0 – 50 MHz (≥ 5 mm) 50 MHz – 100 MHz (≥ 8 mm)
Triggeranzeige:	LED
Flankenrichtung:	positiv oder negativ
Quellen:	Kanal I oder II, CH I alternierend CH II, (≥ 8 mm) Netz und extern
Kopplung:	AC: 10 Hz – 100 MHz DC: 0 – 100 MHz LF: 0 – 1,5 kHz
Triggeranzeige:	LED
Triggerung extern:	≥ 0,3V _{SS} (30 Hz – 50 MHz)
Aktiver TV-Sync-Separator:	positiv und negativ

Horizontalablenkung

Zeitbasis:	0,2 s/cm – 0,1 μs/cm (Schaltfolge 1-2-5)
Genauigkeit:	± 3%
Variabel (unkal.):	> 2,5:1 bis > 0,5 s/cm
X-Dehnung x10:	bis 10 ns/cm
Genauigkeit:	± 5%
Hold-off Zeit:	variabel bis ca. 10 : 1
XY-Betrieb	
Bandbreite X-Verstärker:	0 – 2,5 MHz (-3 dB)
XY-Phasendifferenz < 3°:	< 120 kHz

Komponententester

Testspannung:	ca. 7 V _{eff} (Leerlauf)
Teststrom:	ca. 7 mA _{eff} (Kurzschluss)
Testfrequenz:	ca. 50 Hz
Testkabelanschluss:	2 Steckbuchsen 4 mm Ø
Prüfkreis liegt einpolig an Masse (Schutzleiter)	

Verschiedenes

CRT:	D14-363GY, 8 x 10 cm mit Innenraster
Beschleunigungsspannung:	ca. 2 kV
Strahldrehung:	auf Frontseite einstellbar
Rechteck-Kal.-Signal:	0,2 V ± 1%, ≈ 1 kHz/1 MHz (t _a < 4 ns)
Netzanschluss:	105 – 253 V, 50/60 Hz ± 10%, CAT II
Leistungsaufnahme:	ca. 36 Watt bei 230 V/50 Hz
Umgebungstemperatur:	0° C...+40° C
Schutzart:	Schutzklasse I (EN 61010-1)
Gewicht:	ca. 5,4 kg
Gehäuse (B x H x T):	285 x 125 x 380 mm

Im Lieferumfang enthalten: Netzkabel, Bedienungsanleitung, 2 Tastköpfe
1 : 1/10:1 (HZ154)

Allgemeines

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

Symbole



Bedienungsanleitung beachten



Hochspannung



Hinweis unbedingt beachten!



Erde

Aufstellung des Gerätes

Wie den Abbildungen zu entnehmen, lässt sich der Griff in verschiedene Positionen schwenken:

A = Trageposition

B = Position in der der Griff entfernt werden kann, aber auch für waagrechtes Tragen

C = Waagerechte Betriebsstellung

D und E = Betriebsstellungen mit unterschiedlichem Winkel

F = Position zum Entfernen des Griffes

T = Stellung für Versand im Karton (Griffknöpfe nicht gerastet)



Achtung!

Um eine Änderung der Griffposition vorzunehmen, muss das Oszilloskop so aufgestellt sein, dass es nicht herunterfallen kann, also z.B. auf einem Tisch stehen. Dann müssen die Griffknöpfe zunächst auf beiden Seiten gleichzeitig nach Außen gezogen und in Richtung der gewünschten Position geschwenkt werden. Wenn die Griffknöpfe während des Schwenkens nicht nach Außen gezogen werden, können sie in die nächste Raststellung einrasten.

Entfernen/Anbringen des Griffes

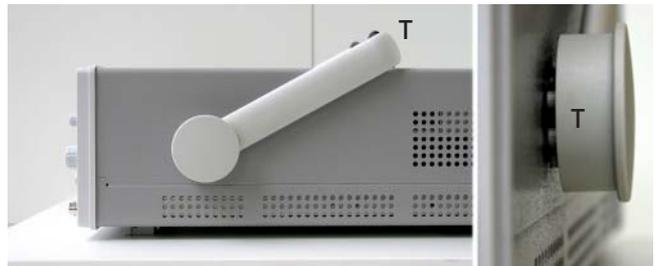
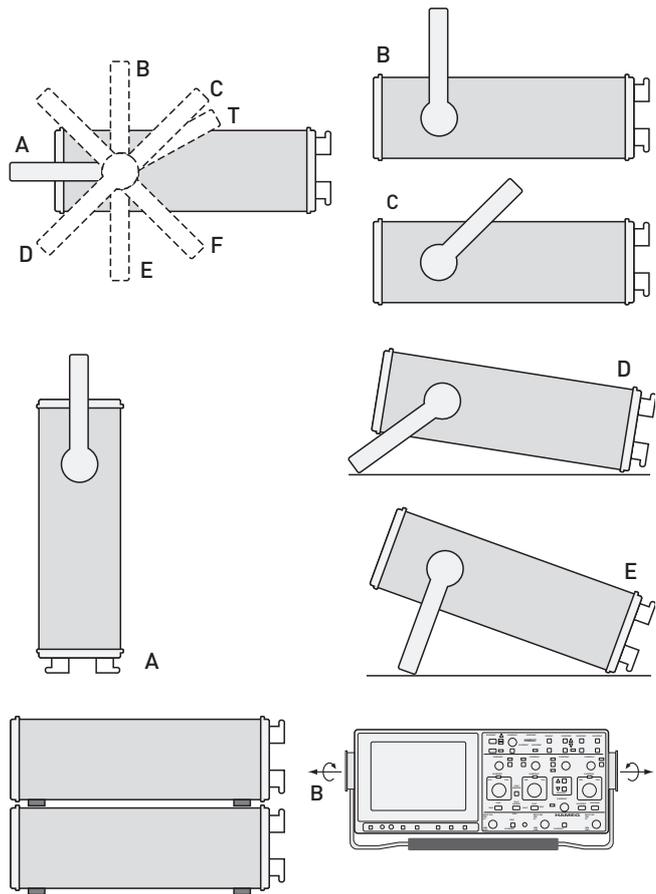
Abhängig vom Gerätetyp kann der Griff in Stellung B oder F entfernt werden, in dem man ihn weiter herauszieht. Das Anbringen des Griffes erfolgt in umgekehrter Reihenfolge.

Sicherheit

Dieses Gerät ist gemäß VDE 0411 Teil 1, Sicherheitsbestimmungen für elektrische Mess-, Steuer-, Regel- und Laborgeräte, gebaut, 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 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.

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

Die meisten Elektronenröhren generieren Gammastrahlen. 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 entspricht).

Bestimmungsgemäßer Betrieb

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

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

CAT I

Dieses Oszilloskop ist für Messungen an Stromkreisen bestimmt, die entweder gar nicht oder nicht direkt mit dem Netz verbunden sind. Direkte Messungen (ohne galvanische Trennung) an Messstromkreisen der Messkategorie II, III oder IV sind unzulässig! Die Stromkreise eines Messobjekts sind dann nicht direkt mit dem Netz verbunden, wenn das Messobjekt über einen Schutz-Trenntransformator der Schutzklasse II betrieben wird. Es ist auch möglich mit Hilfe geeigneter Wandler (z.B. Stromzangen), welche die Anforderungen der Schutzklasse II erfüllen, quasi indirekt am Netz zu messen. Bei der Messung muss die Messkategorie – für die der Hersteller den Wandler spezifiziert hat – beachtet werden.

Messkategorien

Die Messkategorien beziehen sich auf Transienten auf dem Netz. Transienten sind kurze, sehr schnelle (steile) Spannungs- und Stromänderungen, die periodisch und nicht periodisch auftreten können. Die Höhe möglicher Transienten nimmt zu, je kürzer die Entfernung zur Quelle der Niederspannungsinstallation ist.

Messkategorie IV: Messungen an der Quelle der Niederspannungsinstallation (z.B. an Zählern).

Messkategorie III: Messungen in der Gebäudeinstallation (z.B. Verteiler, Leistungsschalter, fest installierte Steckdosen, fest installierte Motoren etc.).

Messkategorie II: Messungen an Stromkreisen, die elektrisch direkt mit dem Niederspannungsnetz verbunden sind (z.B. Haushaltsgeräte, tragbare Werkzeuge etc.).

Räumlicher Anwendungsbereich

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

Umgebungsbedingungen

Die zulässige Umgebungstemperatur während des Betriebs reicht von 0°C bis +40°C. Während der Lagerung oder des Transports darf die Temperatur zwischen –20°C und +55°C betragen. Hat sich während des Transports oder der Lagerung Kondenswasser gebildet, muss das Gerät ca. 2 Stunden akklimatisiert werden, bevor es in Betrieb genommen wird. Das Oszilloskop ist zum Gebrauch in sauberen, trockenen Räumen bestimmt. Es darf nicht bei besonders großem Staub bzw. Feuchtigkeitsgehalt der Luft, bei Explosionsgefahr sowie bei aggressiver chemischer Einwirkung betrieben werden.

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



Die Lüftungslöcher dürfen nicht abgedeckt werden!

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

Gewährleistung und Reparatur

HAMEG Geräte unterliegen einer strengen Qualitätskontrolle. Jedes Gerät durchläuft vor dem Verlassen der Produktion einen 10-stündigen „Burn in-Test“. Im intermittierenden Betrieb wird dabei fast

jeder Frühausfall erkannt. Anschließend erfolgt ein umfangreicher Funktions- und Qualitätstest, bei dem alle Betriebsarten und die Einhaltung der technischen Daten geprüft werden. Die Prüfung erfolgt mit Prüfmitteln, die auf nationale Normale rückführbar kalibriert sind.

Es gelten die gesetzlichen Gewährleistungsbestimmungen des Landes, in dem das HAMEG-Produkt erworben wurde. Bei Beanstandungen wenden Sie sich bitte an den Händler, bei dem Sie das HAMEG-Produkt erworben haben.

Nur für die Bundesrepublik Deutschland:

Um den Ablauf zu beschleunigen, können Kunden innerhalb der Bundesrepublik Deutschland die Reparaturen auch direkt mit HAMEG abwickeln. Auch nach Ablauf der Gewährleistungsfrist steht Ihnen der HAMEG Kundenservice für Reparaturen zur Verfügung.

Return Material Authorization (RMA):

Bevor Sie ein Gerät an uns zurücksenden, fordern Sie bitte in jedem Fall per Internet: <http://www.hameg.de> oder Fax eine RMA-Nummer an. Sollte Ihnen keine geeignete Verpackung zur Verfügung stehen, so können Sie einen leeren Originalkarton über den HAMEG-Vertrieb (Tel: +49 (0) 6182 800 300, E-Mail: vertrieb@hameg.de) bestellen.

Wartung

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.

Netzspannung

Das Gerät arbeitet mit 50 und 60 Hz Netzwechselfspannungen im Bereich von 105 V bis 253 V. Eine Netzspannungsumschaltung ist daher nicht vorgesehen.

Die Netzeingangssicherung ist von außen zugänglich. Netzsteckerbuchse und Sicherungshalter bilden eine Einheit. Ein Auswechseln der Sicherung darf und kann (bei unbeschädigtem Sicherungshalter) nur erfolgen, wenn zuvor das Netzkabel aus der Buchse entfernt wurde. Dann muss der Sicherungshalter mit einem Schraubenzieher herausgehoben werden. Der Ansatzpunkt ist ein Schlitz, der sich auf der Seite der Anschlusskontakte befindet. Die Sicherung kann dann aus einer Halterung gedrückt und ersetzt werden.

Der Sicherungshalter wird gegen den Federdruck eingeschoben, bis er eingerastet ist. Die Verwendung „geflickter“ Sicherungen oder das Kurzschließen des Sicherungshalters ist unzulässig. Dadurch entstehende Schäden fallen nicht unter die Gewährleistung.

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.



Art der Signalspannung

Der **HM303-6** erfaßt praktisch alle sich periodisch wiederholenden Signalarten, von Gleichspannung bis Wechselspannungen mit einer **Frequenz von mindestens 35MHz** (-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 35MHz 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. 35MHz 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.

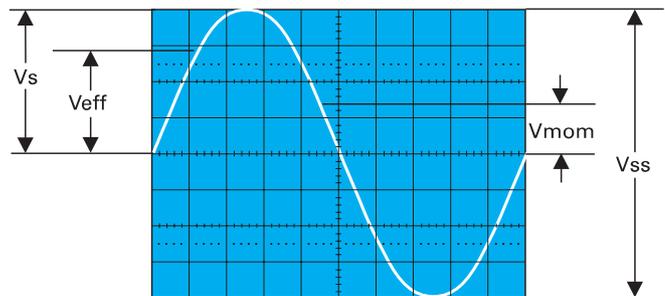
Bei der Aufzeichnung sehr niederfrequenter Impulse können bei **AC**-Kopplung (Wechselstrom) des Vertikalverstärkers störende Dachschrägen auftreten (**AC**-Grenzfrequenz ca. 1,6Hz für 3dB). In diesem Falle ist, wenn die Signalspannung nicht mit einem hohen Gleichspannungspegel überlagert ist, die **DC**-Kopplung 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 Impulssignalen zu empfehlen, besonders dann, wenn sich dabei das Tastverhältnis ständig ändert. Andernfalls wird sich das Bild bei jeder Änderung auf- oder abwärts bewegen. Reine Gleichspannungen können nur mit **DC**-Kopplung gemessen werden.

Größe der Signalspannung

In der allgemeinen Elektrotechnik bezieht man sich bei Wechselspannungsangaben in der Regel auf den Effektivwert. Für Signal-

größen und Spannungsbezeichnungen in der Oszilloskopie wird jedoch der **Vss**-Wert (Volt-Spitze-Spitze) verwendet. 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 $1mV_{Vss}$ ($\pm 5\%$), wenn die Drucktaste **Y-MAG. x5** gedrückt ist und der Feinstell-Knopf des auf 5mV/cm eingestellten Eingangsteilerschalters sich in seiner kalibrierten Stellung **CAL.** (Rechtsanschlag) befindet. Es können jedoch auch noch kleinere Signale aufgezeichnet werden. Die Ablenkoeffizienten am Eingangsteiler sind in mV_{Vss}/cm oder V_{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 400V_{Vss}** darstellbar (Teilerschalter auf 20V/cm, Feinsteller auf Linksanschlag).

Mit den Bezeichnungen

H = Höhe in cm des Schirmbildes,
U = Spannung in **V_{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 HM303-6 innerhalb folgender Grenzen liegen (Triggerschwelle, Ablesegenauigkeit):

H zwischen 0,5cm und 8cm, möglichst 3,2cm und 8cm,
U zwischen 0,5mV_{Vss} und 160V_{Vss},
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 $A = 65,1:8 = 8,1\text{V/cm}$,
einjustellender 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 Wechselspannung die einer Gleichspannung überlagert ist (Mischspannung), beträgt der höchstzulässige Gesamtwert beider Spannungen (Gleichspannung und einfacher Spitzenwert der Wechselspannung) ebenfalls + bzw. -400V (siehe Abbildung. Wechselspannungen, deren Mittelwert Null ist, dürfen maximal 800Vss betragen.

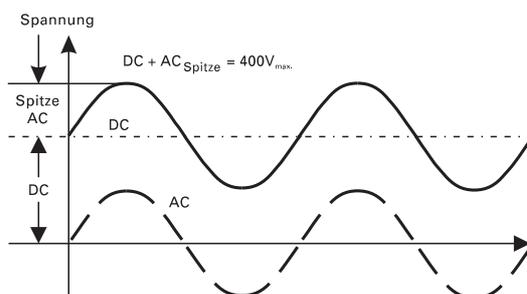
Beim Messen mit Tastteilern sind deren höhere Grenzwerte nur dann maßgebend, wenn DC-Eingangskopplung am Oszilloskop vorliegt. Für Gleichspannungsmessungen bei AC-Eingangskopplung gilt der niedrigere Grenzwert des Oszilloskopeingangs (400V). Der aus dem Widerstand im Tastkopf und dem $1\text{M}\Omega$ 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 Wechselspannungsanteil einer frequenzabhängigen Teilung unterliegt, die durch den kapazitiven Widerstand des Koppelkondensators bedingt ist. Bei Frequenzen $\geq 40\text{Hz}$ kann vom Teilungsverhältnis des Tastteilers ausgegangen werden.

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 Wechselspannungen.

Unter Berücksichtigung der zuvor erläuterten Bedingungen können mit **HAMEG**-Tastteilern 10:1 Gleichspannungen bis 600V bzw. Wechselspannungen (mit Mittelwert Null) bis 1200Vss gemessen werden. Mit Spezialtastteilern 100:1 (z.B. HZ53) lassen sich Gleichspannungen bis 1200V bzw. Wechselspannungen (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 Wechselspannung, die um 0 Volt schwankt. Ist diese Spannung einer Gleichspannung überlagert (DC), so ergibt die Addition der positiven Spitze zur Gleichspannung die maximal auftretende Spannung (DC + AC Spitze).

Zeitwerte der Signalspannung

In der Regel handelt es sich in der Oszilloskopie um zeitlich wiederkehrende Spannungsverläufe, im folgenden Perioden genannt. Die Zahl der Perioden pro Sekunde ist die Folgefrequenz. Abhängig von der Zeitbasis-Einstellung 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 **HM303-6** 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)**).

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 $Z = 1:(10 \times 10^3) = 0,1\text{ms/cm}$,
einzustellender 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.

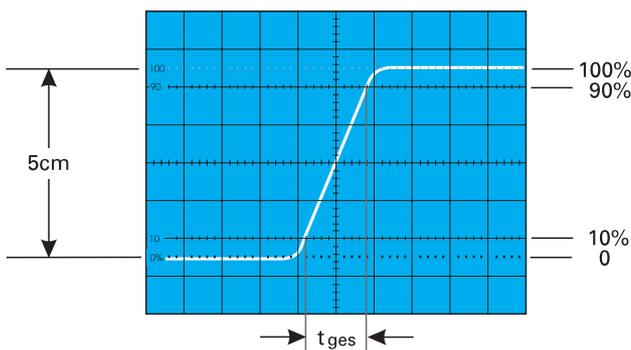
Messung:

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 ($T=L \times Z$).

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

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

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_{osc} die vom Oszilloskop (beim **HM303-6** ca. 10ns) und t_t des Tastteilers, z.B. $= 2\text{ns}$. Ist t_{ges} größer als 100ns , kann die Anstiegszeit des Vertikalverstärkers vernachlässigt werden (Fehler $< 1\%$).

Obiges Bildbeispiel ergibt damit eine Signal-Anstiegszeit von

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

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. Besonders bei der Übertragung von Rechteck- und Impulssignalen ist das Kabel unmittelbar am Y-Eingang des Oszilloskops mit einem Widerstand gleich dem Kabel-Wellenwiderstand abzuschließen. Bei Benutzung eines 50Ω-Kabels wie z.B. HZ34 ist hierfür von **HAMEG** der 50Ω-Durchgangsabschluß HZ22 erhältlich. Vor allem bei der Übertragung von Rechtecksignalen mit kurzer Anstiegszeit werden ohne Abschluß an den Flanken und Dächern störende Einschwingverzerrungen sichtbar. Auch höherfrequente (>100kHz) Sinussignale dürfen generell nur impedanzrichtig abgeschlossen gemessen werden. Im allgemeinen halten Verstärker, Generatoren oder ihre Abschwächer die Nenn-Ausgangsspannung nur dann frequenzunabhängig ein, wenn ihre Anschlußkabel mit dem vorgeschriebenen Widerstand abgeschlossen wurden. Dabei ist zu beachten, daß man den Abschlußwiderstand HZ22 nur mit max. 2 Watt belasten darf. Diese Leistung wird mit 10Veff oder - bei Sinussignal - mit 28,3Vss 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 Empfindlichkeitseinstellung 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 **HM303-6** 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 Strahlage) 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 Pfeilknöpfe 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,

Inbetriebnahme und Voreinstellungen

- **LEVEL**-Knopf zur Triggerpegel-einstellung,
- **SLOPE**-Taste (/ \) zur Wahl der Triggerflankenrichtung,
- **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).
- \sim (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 Strahl-lage) 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 **HM303-6** 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 **HM303-6** erfaßt alle Signale von Gleichspannung bis zu einer Frequenz von mindestens 35MHz (-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 35 und 38MHz), sind die Meßwerte in den oberen Grenzbereichen nicht so exakt definierbar. Hinzu kommt, daß oberhalb 35MHz mit steigender Frequenz auch die Aussteuerbarkeit der Y-Endstufe stetig abnimmt. Der Vertikalverstärker ist so ausgelegt, daß die Übertragungsgüte nicht durch eigenes Überschwingen 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 Knopf-kappen 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 Netz-taste **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 Strahl-lage nicht ganz vermeiden. Das ist abhängig von der Aufstellrichtung des Oszilloskops am Arbeitsplatz. Dann verläuft die horizontale Strahl-linie 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.

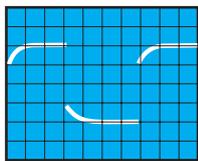
Tastkopf-Abgleich und Anwendung

Damit der verwendete Tastteiler die Form des Signals unverfälscht wiedergibt, muß er genau an die Eingangsimpedanz des Vertikalverstärkers angepaßt werden. Ein im **HM303-6** 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 Ablenk-koeffizienten **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.

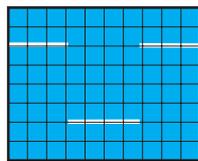
Abgleich 1kHz

Dieser C-Trimmerabgleich (NF-Kompensation) kompensiert die kapazitive Belastung des Oszilloskop-Eingangs. Durch den Abgleich bekommt die kapazitive Teilung dasselbe Teiler-Verhältnis 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“*).

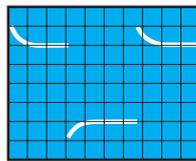
Tastteiler 10:1 an den **INPUT CH I**-Eingang anschließen, keine Taste drücken, Eingangskopplung auf **DC** stellen, Eingangsteiler auf 5mV/cm und TIME/DIV.-Schalter auf **0.2ms/cm** schalten (beide Feinregler in Kalibrationsstellung **CAL.**), Tastkopf in die **CALIBRATOR**-Buchse einstecken



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 4cm \pm 1,2mm (= 3%) sein. Die Signalfanken 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 Überschwängen, Abrundung, Nachschwängen, 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. 50 Ω), der bei einer Frequenz von 1MHz eine Spannung von 0,2V_{ss} abgibt. Der Kalibratorausgang des **HM303-6** 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 **0.1 μ s/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.

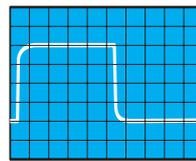
Auch die Lage der Abgleichenelemente für die HF-Kompensation ist der Tastkopfinformation zu entnehmen.

Die Kriterien für den HF-Abgleich sind:

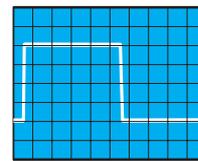
- Kurze Anstiegszeit, also eine steile Anstiegsflanke.
- Minimales Überschwängen mit möglichst geradlinigem Dach, somit ein linearer Frequenzgang.

Die HF-Kompensation sollte so vorgenommen werden, daß der Übergang von der Anstiegsflanke auf das Rechteckdach weder zu stark verrundet noch mit Überschwängen erfolgt. Tastköpfe mit einem HF-Abgleichpunkt sind, im Gegensatz zu Tastköpfen mit mehreren Abgleichpunkten, naturgemäß einfacher abzugleichen. Dafür bieten mehrere HF-Abgleichpunkte den Vorteil, daß sie eine optimalere Anpassung zulassen.

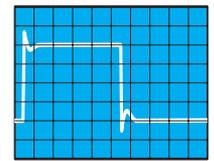
Nach beendetem HF-Abgleich ist auch bei 1MHz die Signalthöhe am Bildschirm zu kontrollieren. Sie soll denselben Wert haben wie oben beim 1kHz-Abgleich angegeben.



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 Signalbilder 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 ≥ 1 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.

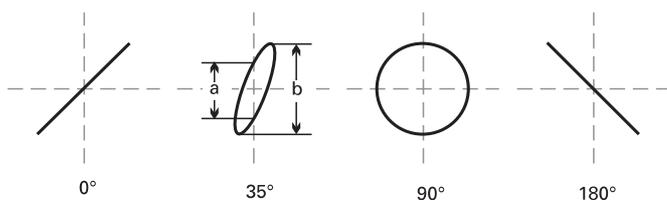
XY-Betrieb

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:

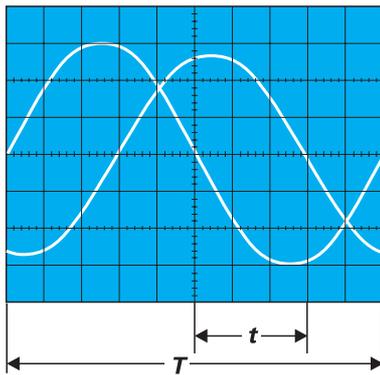
- Wegen der Periodizität der Winkelfunktionen sollte die rechnerische Auswertung auf Winkel $\leq 90^\circ$ begrenzt werden. Gerade hier liegen die Vorteile der Methode.
- Keine zu hohe Meßfrequenz benutzen. Oberhalb 220kHz kann die gegenseitige Phasenverschiebung der beiden Oszilloskop-Verstärker des **HM303-6** im XY-Betrieb einen Winkel von 3° überschreiten.
- Aus dem Schirmbild ist nicht ohne weiteres ersichtlich, ob die Testspannung gegenüber der Bezugsspannung vor- oder nachsteilt. Hier kann ein CR-Glied vor dem Testspannungseingang des Oszilloskops helfen. Als R kann gleich der $1\text{M}\Omega$ -Eingangswiderstand dienen, so daß nur ein passender Kondensator C vorzuschalten ist. Vergrößert sich die Öffnungsweite der Ellipse (gegenüber kurzgeschlossenem C), dann eilt die Testspannung vor und umgekehrt. Das gilt aber nur im Bereich bis 90° Phasenverschiebung. Deshalb sollte C genügend groß sein und nur eine relativ kleine, gerade gut beobachtbare Phasenverschiebung bewirken.

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

Phasendifferenz-Messung im Zweikanal-Betrieb

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 nachteilenden Phasenwinkel haben. Für Frequenzen $\geq 1\text{kHz}$ wird alternierende Kanalumschaltung gewählt; für Frequenzen $< 1\text{kHz}$ 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

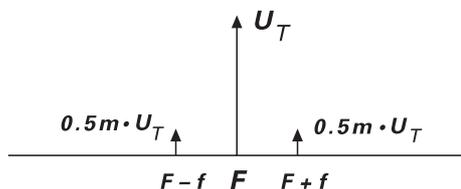
Die momentane Amplitude u im Zeitpunkt t einer HF-Trägerspannung, die durch eine sinusförmige NF-Spannung unverzerrt amplitudenmoduliert ist, folgt der Gleichung

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

Hierin ist

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

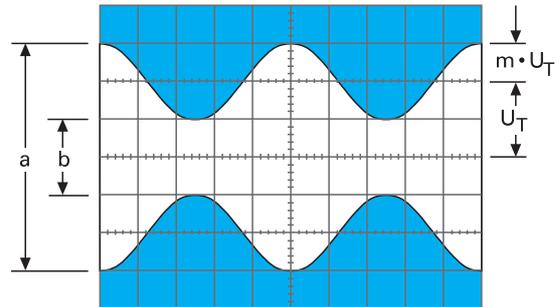
Neben der Trägerfrequenz F entstehen durch die Modulation die untere Seitenfrequenz $F-f$ und die obere Seitenfrequenz $F+f$.



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 Triggenung 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 I; 20mV/cm; AC.** TIME/DIV.: **0.2ms/cm.** Triggenung: **NM (NORMAL); AC;** int. mit Zeit-Feinsteller (oder externe Triggenung).

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.

Triggenung 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 Triggenung kann durch das Meßsignal selbst (interne Triggenung) oder durch eine extern zugeführte, mit dem Meßsignal synchrone, Spannung erfolgen (externe Triggenung). Die Triggerspannung muß eine gewisse Mindestamplitude haben, damit die Triggenung 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 Triggenung gerade einsetzt, das Signalbild stabil steht und die **TR-LED** zu leuchten beginnt. Die interne Triggerschwelle beim **HM303-6** ist mit $\leq 5\text{mm}$ spezifiziert. Wird die Triggerspannung extern zugeführt,

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 **HM303-6** hat zwei Trigger-Betriebsarten, die nachstehend beschrieben werden.

Automatische Spitzenwert-Triggerung

Steht die Taste **AT/NM** ungedrückt in Stellung **AT** (Automatic Triggering), 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-Triggerung 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 Triggerung 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-Triggerung für alle unkomplizierten Meßaufgaben. Sie ist aber auch die geeignete Betriebsart für den „Einstieg“ bei diffizilen Meßproblemen, nämlich dann, wenn das Meßsignal selbst in Bezug auf Amplitude, Frequenz oder Form noch weitgehend unbekannt ist.

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

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

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

Normaltriggerung

Mit Normaltriggerung (gedrückte Taste **AT/NM**) und passender **LEVEL**-Einstellung kann die Auslösung, bzw. Triggerung 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 Triggerung die Bildhöhe kleiner als 1cm, erfordert die Einstellung wegen des kleinen Fangbereichs etwas Feingefühl.

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

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

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

Flankenrichtung

Die Triggerung kann bei automatischer und bei Normaltriggerung durch eine steigende oder eine fallende Triggerspannungsflanke ausgelöst werden. Die Flankenrichtung ist mit der Taste **SLOPE** wählbar. Das \nearrow -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 (\searrow -Symbol) löst die Triggerung sinngemäß aus, wenn die Taste **SLOPE** gedrückt ist. Dies gilt bei automatischer und bei Normaltriggerung.

Triggerkopplung

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 Triggern benutzte Kopplungsart. Unterhalb 20Hz und oberhalb 100MHz steigt die Triggerschwelle zunehmend an.

DC: Triggerbereich 0 bis 100MHz.

DC-Triggerung 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-Triggerkopplung sollte immer mit Normaltriggerung 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-Triggerung)

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 Triggerung von Videosignalen.

Abhängig vom Meßpunkt, sind Videosignale (FBAS- bzw. BAS-Signale = Farb-Bild-Austast-Synchron-Signale) als positiv oder negativ gerichtetes Signal zu messen. Nur bei richtiger Einstellung der **SLOPE**-Taste (\nearrow / \searrow) 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 \nearrow (ungedrückte) befinden. Befinden sich die Synchronimpulse unterhalb des Bildinhalts, ist deren Vorderflanke fallend (negativ). Dann muß sich die **SLOPE**-Taste in Stellung \searrow (gedrückte) befinden. Bei falscher Flankenrichtungswahl erfolgt die Darstellung instabil bzw. ungetriggert, da dann der Bildinhalt die Triggerung 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 Videotriggung 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 austraten) 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 Zeilentriggung 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 sollte bei **DC**-Kopplung eine vertikale Höhe von **6cm** nicht überschreiten.

Die Sync-Separator-Schaltung wirkt ebenso bei externer Triggerung. Selbstverständlich muß der Spannungsbereich (**0,3V_{ss}** bis **3V_{ss}**) 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 Netzgleichrichtern 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 Spulensonde nach Richtung (Ort) und Amplitude untersucht werden. Die Spule sollte zweckmäßig mit möglichst vielen Windungen dünnen Lackdrahtes auf einen kleinen Spulenkörper gewickelt und über ein geschirmtes Kabel an einen BNC-Stecker (für den Oszilloskop-Eingang) angeschlossen werden. Zwischen Stecker- und Kabel-Innenleiter ist ein kleiner Widerstand von mindestens 100Ω einzubauen (Hochfrequenz-Entkopplung). Es kann zweckmäßig sein, auch die Spule außen statisch abzuschirmen, wobei keine Kurzschlußwindungen auftreten dürfen. Durch Drehen der Spule in zwei Achsrichtungen lassen sich Maximum und Minimum am Meßort feststellen.

Alternierende Triggerung

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 ermöglicht. 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.

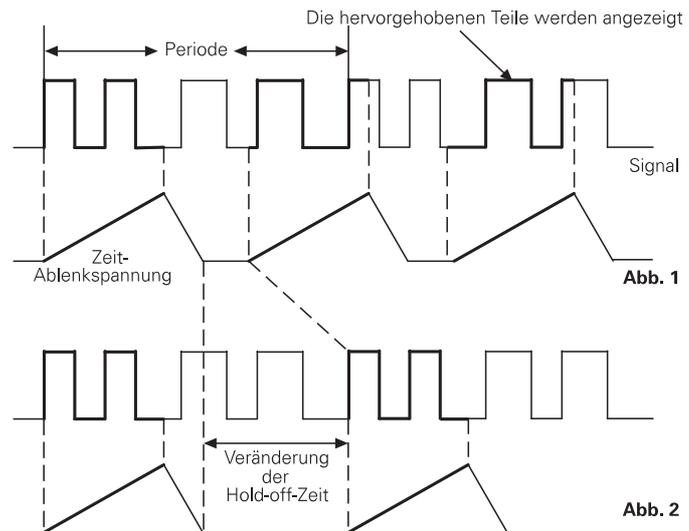


Abb. 1 zeigt das Schirmbild bei Linksanschlag des **HOLD-OFF**-Einstellknopfes (Grundstellung). Da verschiedene Teile des Kurvenzuges angezeigt werden, wird kein stehendes Bild dargestellt (Doppelschreiben).

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 **HM303-6** 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 sowie der **X-MAG.-Taste (darf nicht eingerastet sein)** 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 **HM303-6** 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).

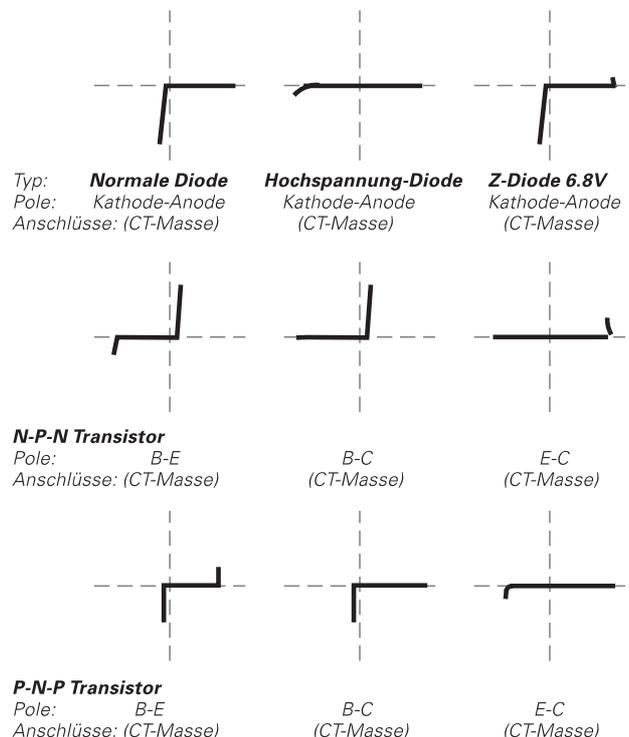
Eine Ellipse mit vertikaler Längsachse bedeutet niedrige Impedanz (große Kapazität oder kleine Induktivität).

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.

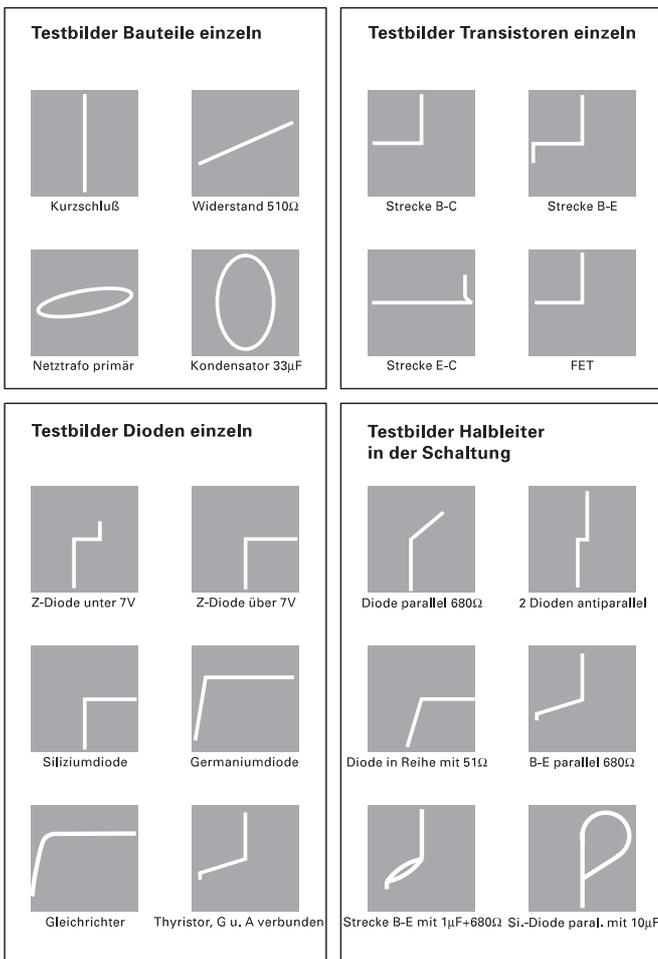
Wichtiger noch ist die einfache Gut-/Schlecht-Aussage über Bauteile mit Unterbrechung oder Kurzschluß, die im Service-Betrieb erfahrungsgemäß am häufigsten benötigt wird.

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.



Inbetriebnahme und Voreinstellungen

Gerät an Netz anschließen, Netztaete (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 $\geq 1\text{ms/cm}$ 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.

Tastteiler 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 HM303-6 lösen (Kabel, Tastteiler), X-MAG.-Taste ausrasten (X1), dann erst testen.

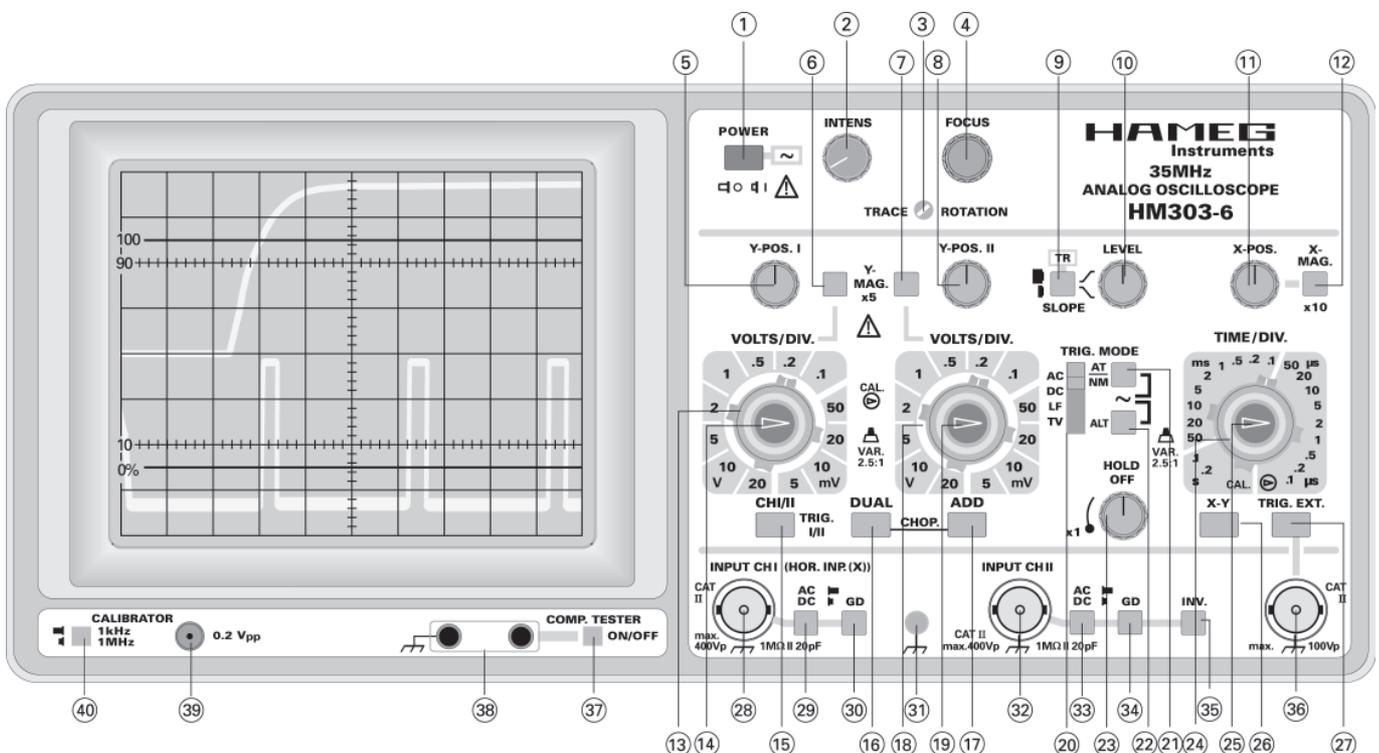
Bedienungselemente HM303-6 (Kurzbeschreibung - Frontbild)

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 $1\text{M}\Omega // 20\text{pF}$.
㉑ AC DC (Drucktaste)	Taste für die Eingangssignalankopplung von Kanal I. Taste gedrückt: direkte Ankopplung; Taste nicht gedrückt: Ankopplung über einen Kondensator.
⑳ GD (Drucktaste)	GD-Taste gedrückt: Eingang vom Signal getrennt, Verstärker an Masse geschaltet.
㉑  (4mm Buchse)	Meßbezugspotentialanschluß, galvanisch mit Netzschutzleiter verbunden.
㉒ INPUT CH II (BNC-Buchse)	Signaleingang Kanal II. Eingangsimpedanz $1\text{M}\Omega // 20\text{pF}$.
㉓ AC DC (Drucktasten)	Tasten für die Eingangssignalankopplung von Kanal II. Taste gedrückt: direkte Ankopplung; Taste nicht gedrückt: Ankopplung über einen Kondensator.

Element	Funktion
㉔ GD (Drucktaste)	GD-Taste gedrückt: Eingang vom Signal getrennt, Verstärker an Masse geschaltet.
㉕ INV. (Drucktaste)	Invertierung von Kanal II. In Verbindung mit gedrückter ADD-Taste = Differenzdarstellung.
㉖ TRIG. EXT. (BNC-Buchse)	Eingang für externes Triggersignal. Taste TRIG. EXT. gedrückt.
㉗ COMP. TESTER (Drucktaste)	Einschaltung des Komponententesters; ON = ein, OFF = aus. X-MAG.-Taste ausgerastet
㉘ COMP. TESTER (4mm Buchsen)	Anschluß der Testkabel für den Komponententester. Linke Buchse galvanisch mit Netzschutzleiter verbunden.
㉙ 0.2Vpp (Buchse)	Ausgang des Rechteck-Kalibrators 0,2Vss.
㉚ CALIBRATOR 1kHz/1MHz (Drucktaste)	Frequenz des Kalibrator-Ausgangs. Taste nicht gedrückt: ca. 1kHz, Taste gedrückt: ca. 1MHz.



Oszilloskope



Spektrumanalysatoren



Netzgeräte



Modularsystem
Serie 8000



Steuerbare Messgeräte
Serie 8100



Händler



41-0303-06D0

www.hameg.com

Änderungen vorbehalten
41-0303-06D0 / 20012007-gw
© HAMEG Instruments GmbH
A Rohde & Schwarz Company
® registrierte Marke



DQS-Zertifikation: DIN EN ISO 9001:2000
Reg.-Nr.: 071040 QM

HAMEG Instruments GmbH
Industriestraße 6
D-63533 Mainhausen
Tel +49 (0) 61 82 800-0
Fax +49 (0) 61 82 800-100
sales@hameg.de