

Spezial-Oszilloskope

Zweistrah-Oszilloskop. Die Schwierigkeiten des Zweikanal-Systems vermeidet das Zweistrah-Oszilloskop. Dieses enthält eine Röhre mit zwei kompletten Elektrodensystemen. Die Zeitablenkung ist für beide Systeme gemeinsam. Der zeitliche Verlauf von zwei Signalen y_1 und y_2 läßt sich gut darstellen.

Abtast-Oszilloskop. Mit den bis jetzt besprochenen Elektronenstrahl-Oszilloskopen können periodische Signale mit Frequenzen bis zu 500 MHz angezeigt werden. Sollen Signale höherer Frequenzen sichtbar gemacht werden, so muß von der Darstellung in Echtzeit auf eine Abtastung und auf die damit verbundene Änderung der Zeitachse übergegangen werden. Die entsprechenden Sampling- oder Abtast-Oszilloskope tasten das *periodische* Meßsignal punktweise ab (Bild 2.63). Der Momentanwert wird gespeichert, bis der nächste

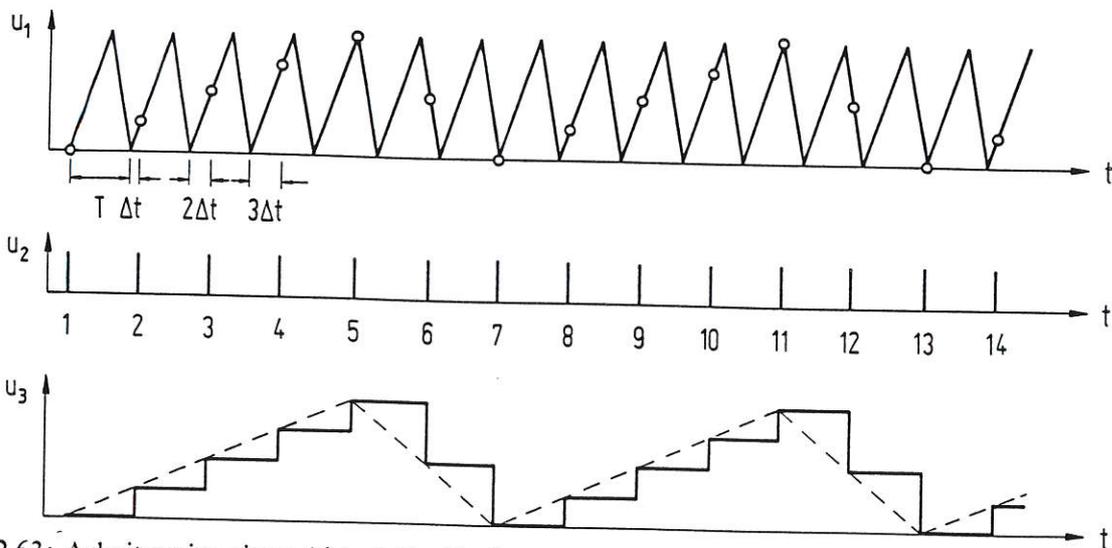


Bild 2.63: Arbeitsweise eines Abtast-Oszilloskops

u_1 zu messende Spannung

u_2 Abtastimpuls

u_3 Meßsignal im gedehnten Zeitmaßstab

Abtastimpuls einen neuen Signalwert festhält. Das Zeitintervall zwischen den Sampling-Impulsen ist etwas größer als ein ganzzahliges Vielfaches der Periodendauer des Meßsignals, so daß das Meßsignal punktweise bei einer jeweils etwas anderen Phasenlage erfaßt wird. Die abgetasteten Werte bilden in Form einer Treppenkurve den Verlauf des ursprünglichen Signals nach, das dann auf einem üblichen Oszillographenschirm dargestellt wird. Wird z.B. das ursprüngliche Signal in jeder zehnten Periode abgetastet und werden hundert Abtastwerte pro Periode genommen, so ist der Zeitmaßstab um den Faktor 1000 gedehnt. **Frequenzen bis zu 20 GHz können sichtbar gemacht werden.** Diese Erweiterung des Meßbereichs in Richtung höherer Frequenzen ist möglich, da die Abtast- und Halteglieder schneller als die Breitband-Verstärker ausgeführt werden können.

Während sonst bei Abtastsystemen die Frequenz der Abtastimpulse höher ist als die des Meßsignals, ist dies beim Sampling-Oszilloskop nicht der Fall.

Speicher-Oszilloskop. **Sind keine periodischen Signale, sondern einmalig auftretende Vorgänge zu beobachten,** so führt der anzuzeigende Spannungsimpuls nur zu einem kurzen Aufleuchten des Bildschirms. Soll das Bild jedoch für eine gewisse Zeit festgehalten werden, so ist die Verwendung eines Speicher-Elektronen-Oszilloskops, eines Oszilloskops mit einer Ladungsspeicherröhre, erforderlich. Hier wird zunächst der Verlauf des kurzzeitigen Vorgangs auf eine aus vielen hochisolierten Kondensatorelementen bestehende Schicht geschrieben und gespeichert. Die Ladungsverteilung der Kondensatorelemente wird dann von einem zweiten Elektronenstrahlensystem abgetastet und auf einem Leuchtschirm dargestellt. Der aufgenommene Vorgang, wie z.B. ein Ein- oder Ausschaltimpuls oder das Prellen von Kontaktzungen, kann bis zu Stunden angezeigt werden.

Das einmal aufgenommene Bild läßt sich durch die Entladung der Kondensatorelemente wieder löschen. Des weiteren kann die Nachleuchtdauer eingestellt und kontinuierlich verändert werden. Damit ist **das Speicher-Oszilloskop auch geeignet, niederfrequente Vorgänge flimmerfrei darzustellen.** Auf die gleiche Weise können auch kurzzeitige, sich langsam wiederholende Vorgänge durch mehrmaliges Überschreiben sichtbar gemacht werden.

Digitales-TEK-Skop + Multimeter, Akkubetrieb, vollisolierter Aufbau, Version A(P) Neu!

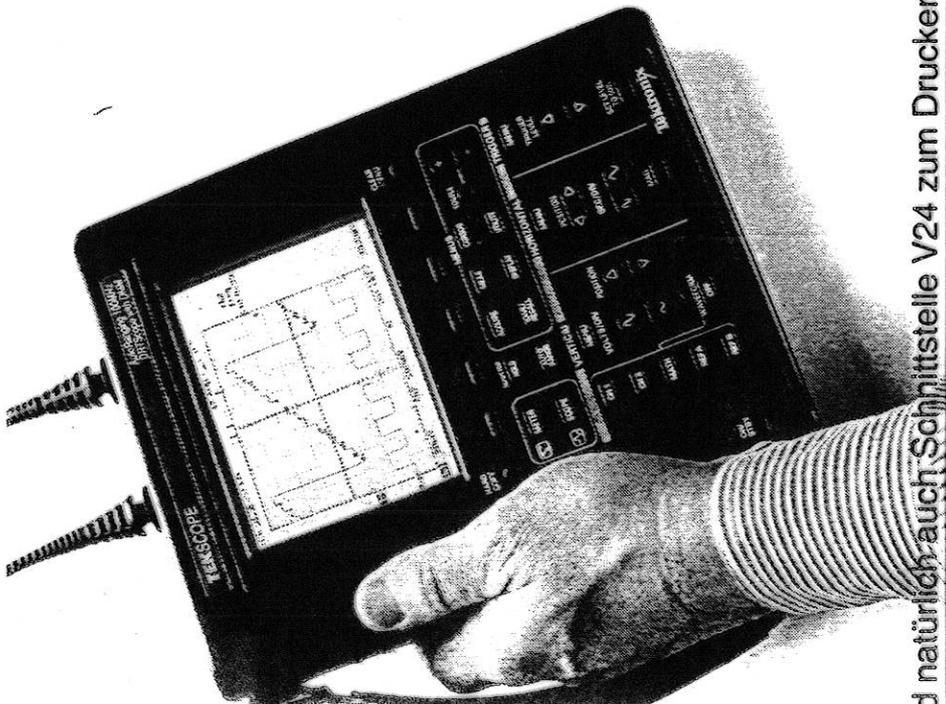
Typ THS 710A	2 Kanäle	60 MHz	2 x 250MS/s
Typ THS 720A	2 Kanäle	100 MHz	2 x 500MS/s
Typ THS 720P	zzgl. Leistungs-	u. Oberwellenanalyse	
Typ THS 730A	2 Kanäle	200 MHz	2 x 1GS/s

2,5k Speichertiefe pro Kanal, 10 nichtflüchtige Signal- u. Setupspeicher.
Cursorfunktionen (Δt u. ΔV) und 21 autom. Meßwert erfassungen.
Zeitbasis 2ns(730A) 5ns bis 50s/Teil, 8ns Störspitzenerfassung.
Extern-, Auto- und Videotrigger. Bildschirm: brillant s/w.

Bei Ihrem Meßgeräte-Distributor

autorisiert von
Tektronix

PEWA Messtechnik GmbH
Weidenweg 21
58239 Schwerte
Ruf: (02304) - 6927
Fax: (02304) - 6920



...d natürlich auch Schnittstelle V24 zum Drucker und PC inklusiv

...serdienst-Kennziffer **24**



VERGLEICH ZWISCHEN ANALOG-OSZI. UND SPEICHER-OSZI.

Signal	AO	DSO	Kommentar
Single Shot		*	Erfassung und Messung
niedrige Wiederholungsrate		*	kein Flackern
hohe Wiederholungsrate		*	hohe Frequenz
verrauschte Signale	*		Auflösung
AM	*		Auflösung
FM	*		Auflösung
Signale mit Jitter	*		Auflösung
Augenmuster	*		Auflösung
Dynamische Signale	*		Wiederholungsrate
Video	*		Auflösung
Pretrigger-Anzeige		*	Volle Speicherlänge
Messungen		*	Vollautomatisch
Signalverarbeitung		*	FFT, MULTIPLIKATION
Drucken und Plotten		*	direkt
Informationsübertragung		*	Netzwerke, PC

JITTER = ZITTERN

MIT JITTER WERDEN KURZZEITIGE UNREGELMÄSSIGE, FEHLERHAFT EÄNDERUNGEN IN DER INTERFALLFOLGE ELEKTRISCHER GRÖSSEN BEZEICHNET.

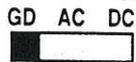
Oszilloskop II

Darstellung der Bedienelemente

Druckschalter



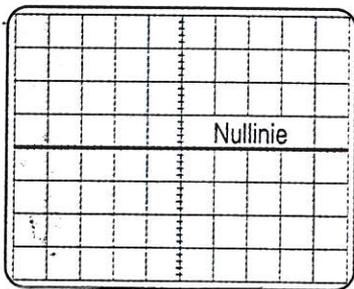
Schiebeschalter mit 3 Stellungen



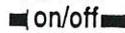
BNC-Buchse



- Oszilloskope werden in englischer Sprache beschriftet



POWER



Netzschalter

LEVEL



Triggerpegel

Y-POS.



Vertikale Strahlverschiebung

INTENS. FOCUS



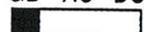
Bildhelligkeit

Bildschärfe

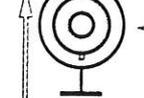
Ausgleich magnetischer Störfelder

Bildschirmbeleuchtung

GD AC DC



Anschluß der Meßleitung an BNC-Buchse



Signalankoppelung

GD Eingang von Signal getrennt, Y-Verstärker an Masse gelegt

AC Signalankoppelung über Kondensator

DC direkte Signalankoppelung

- Vor jeder Messung mit dem Oszilloskop müssen die Grundeinstellungen überprüft bzw. neu eingestellt werden

Grundlagen

Die Einstellung der verschiedenen Betriebszustände erfolgt beim Oszilloskop durch Dreh-, Druck- und Schiebeschalter. Die Beschriftung der Bedienelemente erfolgt fast ausschließlich in englischer Sprache. Die Betriebszustände gedrückt/ nicht gedrückt bei Druckschaltern werden durch Symbole angegeben. Die Eingangssignale werden auf BNC-Steckbuchsen geführt (BNC = Binary Nut Connector).

Grundeinstellungen

Zur Inbetriebnahme des Oszilloskops muß der Netzschalter eingeschaltet werden, er trägt die englische Bezeichnung POWER (Leistung), der EIN-Zustand wird meist durch eine Signallampe angezeigt.

Vor der eigentlichen Messung müssen eventuell folgende Bedienelemente eingestellt werden:

INTENS. (Intensity Helligkeit), dient zur Einstellung der Strahl-Helligkeit.

FOCUS (Brennpunkt, Schärfe), dient zur Einstellung der Strahl-Schärfe.

POS. (Position), dient zur vertikalen (Y-Pos.) bzw. horizontalen (X-Pos.) Verschiebung des Strahls.

LEVEL (Pegel), dient zur Einstellung des Trigger-Pegels; der Drehschalter sollte in der Stellung AT (Automatik) sein, nicht in der Stellung NORM. (manuell).

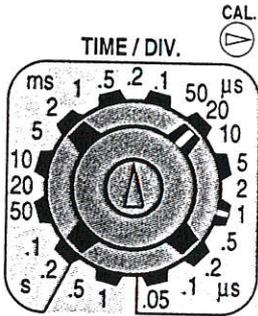
GD-AC-DC

dient zur Auswahl der Signalankopplung; der Grundstrahl (Nulllinie) wird mit der Einstellung GD (Ground Masse) eingestellt.

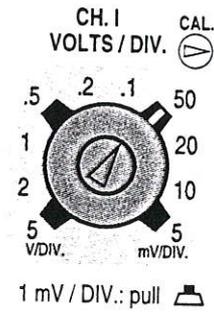
TR (Trace rotation Strahldrehung), dient zur Korrektur eines nicht waagrecht verlaufenden Grundstrahls bei Eingangskopplung GD infolge magnetischer Störfelder; wird mit Schraubendreher eingestellt.

ILLUM. (Illumination Beleuchtung) dient zur Einstellung der Hintergrundbeleuchtung des Bildschirms.

Zeitbasis



Y-Eingangsteiler



kalibrierte
Stellung der
Feineinstellung
(nur in dieser
Stellung erfolgt
eine genaue
Messung)

OVERSCAN



Die Leuchtdioden der LED-Anzeige zeigen an, in welcher Richtung der Strahl den Bildschirm verlassen hat

- Zeitbasis (TIME/DIV.) und Y-Auslenkung (VOLTS/DIV.) müssen an das Meßsignal angepasst werden

Zeitbasis und Signalverstärkung

Zur Signalmessung dienen folgende Einstellungen:
TIME/DIV. (Time/Division Zeit/Skalenteilung), dient zur Einstellung der Zeitskale in s/cm, ms/cm, μ s/cm. Die Einteilung ist nur exakt, wenn der Drehknopf zur Zeitbasis-Dehnung in der Stellung CAL. (kalibriert) einrastet. Durch Verstellen des Knopfes kann die dargestellte Kurve in X-Richtung gedehnt werden.
VOLTS/DIV. (Spannung pro Skalenteilung), dient zur Einstellung der Spannungsskale in V/cm und mV/cm. Wie bei der Zeitskale ist die Einstellung nur exakt, wenn der Drehknopf zur Maßstabsdehnung in der Stellung CAL. einrastet. Bei Mehrkanal-Geräten kann der Spannungsmaßstab für jeden Kanal separat eingestellt werden.

- ! Wird an einen Kanal eine zu hohe Signalspannung angelegt, so leuchtet eine OVERSCAN-Anzeige auf.

Oszilloskop, Bedienelemente

Moderne Oszilloskope beherrschen eine Vielzahl von Funktionen. Entsprechend umfangreich und für den Anfänger verwirrend sind die Bedienfelder.

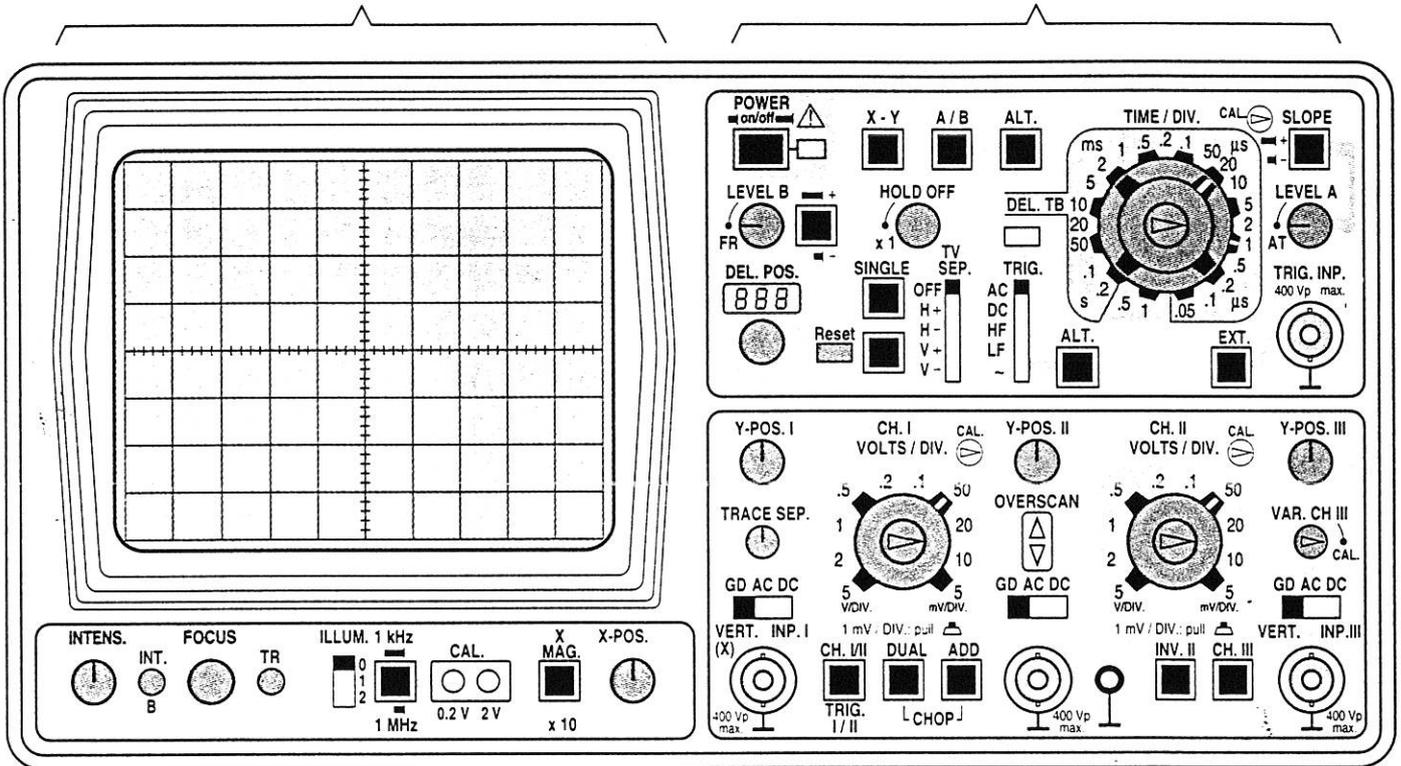
Die Skizze zeigt die Frontseite eines handelsüblichen 3-Kanal-Oszilloskops mit Bildschirm und allen Bedienelementen. Die Erklärung folgt in Kap. 8.15.

Bildschirm

mit eingezähtem Raster und 3stufig einstellbarer Rasterbeleuchtung, die Rastereinheit wird als DIV. (Division) bezeichnet (1 DIV. = 1cm = 10mm)

Bedienfeld 2

zum Ein- und Ausschalten des Geräts
zur Einstellung der Zeitbasis
zur Einstellung der Triggerung



Bedienfeld 1

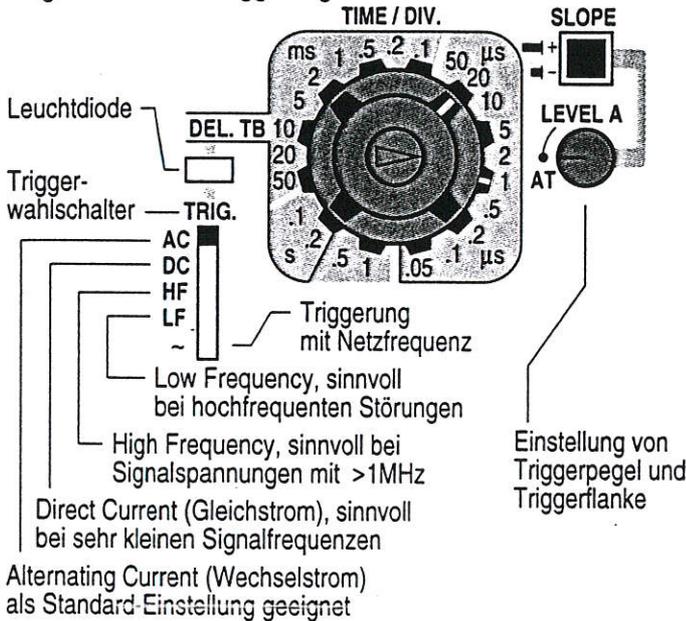
zur Grundeinstellung des Elektronenstrahls
zur Beeinflussung der X-Ablenkung
zur Kalibrierung des Geräts

Bedienfeld 3

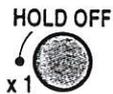
zum Anschluß der Meßleitungen
zur Einstellung der Y-Ablenkung
zur Wahl der Meßkanäle und der Sigalankoppelung

Oszilloskop III

Möglichkeiten der Triggerung

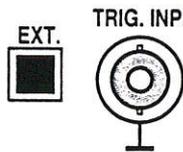


Sperrzeitverlängerung

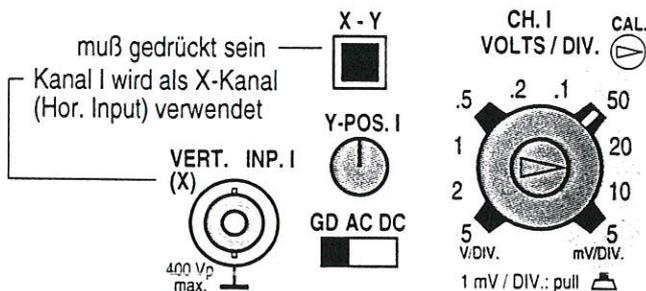


sinnvoll, wenn bei komplexen Signalen kein Standbild erreicht wird

Externe Triggerung



- Bei der Normaltriggerung ist der Triggerpegel auf AT (Automatik), der Triggerwahlschalter auf AC eingestellt



- Der x-y-Betrieb eignet sich zur Darstellung von Kennlinien

y-t-Betrieb

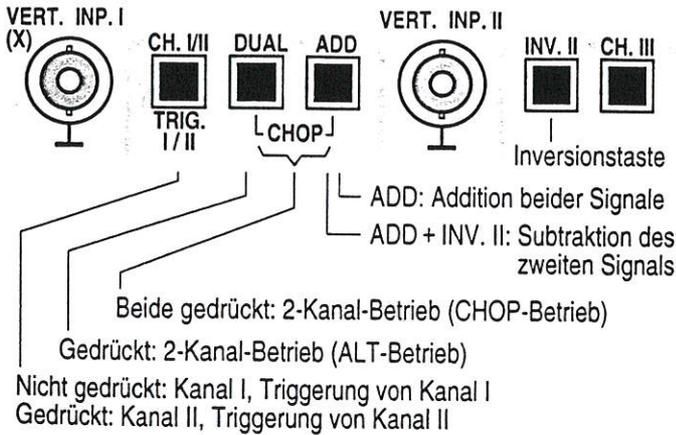
Das Oszilloskop wird hauptsächlich zur Darstellung zeitabhängiger Spannungen genutzt. Das Linienbild entsteht dabei durch das Zusammenwirken des periodisch von links nach rechts wandernden Elektronenstrahls (x-Ablenkung) und dem Meßsignal (y-Ablenkung). Diese Betriebsart heißt y-t-Betrieb. Ein stehendes Bild auf dem Bildschirm kann aber nur erreicht werden, wenn die Sägezahnspannung zur x-Ablenkung des Strahls bei jedem Durchlauf korrekt gestartet wird, d. h. wenn die Zeitbasis synchron zum Meßsignal getriggert wird. Für die unterschiedlichen Meßprobleme kann zwischen verschiedenen Triggerarten gewählt werden.

Als Grundeinstellung wird am Einstellknopf für den Triggerpegel (LEVEL A) die Stellung AT (Automatik) für den Triggerwahlschalter (TRIG.) die Stellung AC (Wechselspannung) gewählt. Diese Einstellung ergibt für die meisten Meßsignale ein stehendes Bild. Bei komplexen Signalgemischen muß der Triggerpegel meist manuell (NORM.) eingestellt werden (Kontrolle durch LED) und das Triggersignal eventuell gefiltert werden (LF, HF). Entsteht auch bei gefühlvoller Einstellung des Triggerpegels kein stehendes Bild, so kann eine Verlängerung der Sperrzeit bis zum nächsten Triggervorgang durch den HOLD-OFF-Drehknopf hilfreich sein. Eine erhöhte Sperrzeit verringert aber die Helligkeit des Strahls.

x-y-Betrieb

Wird den waagrechten Ablenkplatten keine zeitabhängige Sägezahnspannung, sondern eine externe Signalspannung zugeführt, so spricht man vom x-y-Betrieb. Dieser Betrieb eignet sich besonders zur Darstellung von Kennlinien.

Der x-y-Betrieb erfordert ein Zwei- oder Mehrkanal-Oszilloskop, bei dem einer der y-Kanäle als x-Kanal (HOR. INP.) verwendet werden kann. Für den x-y-Betrieb muß die X-Y-Taste gedrückt sein.



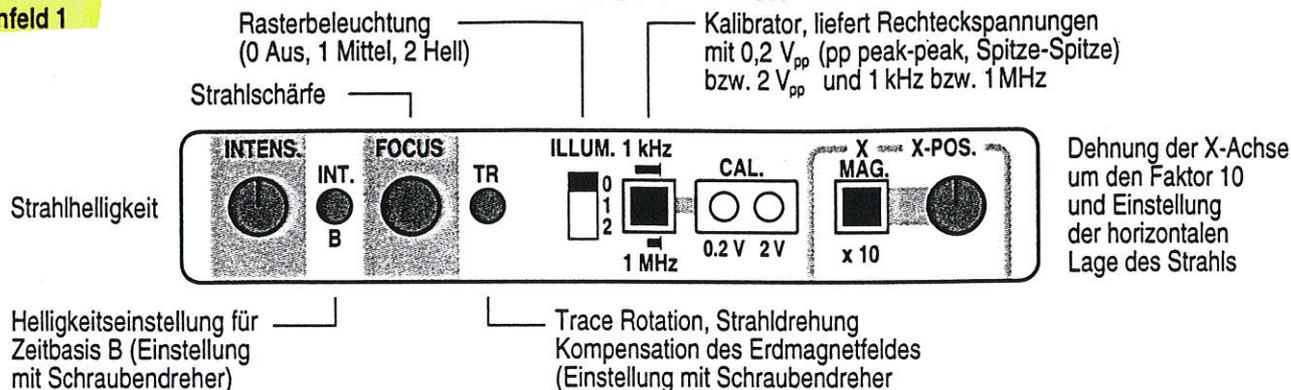
- Mit dem 2-Kanal-Oszilloskop lassen sich 2 Signale darstellen sowie ihre Summe bzw. Differenz bilden

Mehrkanalbetrieb

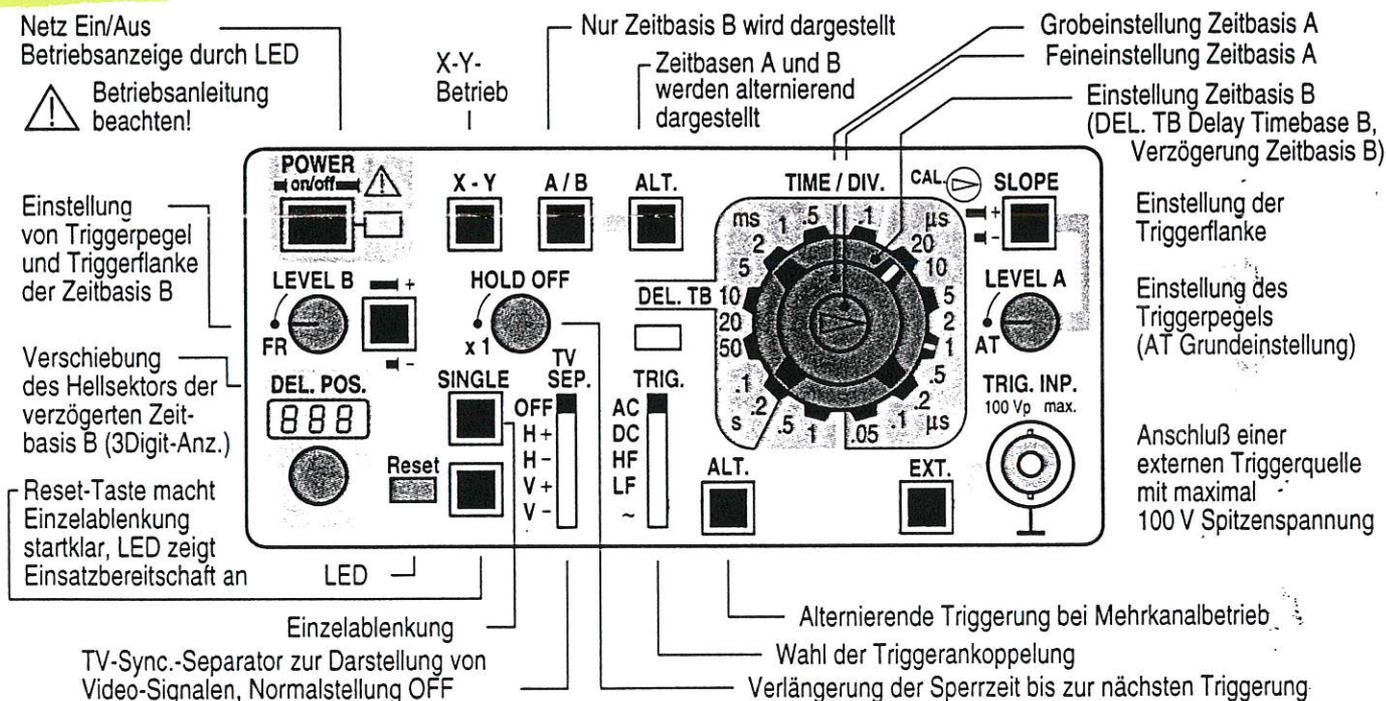
Moderne Oszilloskope sind üblicherweise für 2-Kanal-Betrieb ausgelegt, d. h. am Bildschirm können zwei Signale gleichzeitig sichtbar gemacht werden. Im Normalfall wird dabei alternierend (abwechselnd) der eine und der andere Strahl dargestellt. Durch die Trägheit des Auges entsteht der Eindruck einer gleichzeitigen Darstellung beider Signale. Der ALT-Betrieb eignet sich für die meisten Meßaufgaben. Bei sehr kleinen Signalfrequenzen eignet sich auch der CHOP-Betrieb. Das in Kap. 8.14 skizzierte Oszilloskop ist für 3-Kanal-Betrieb geeignet.

Mit Hilfe der INV.-Taste kann das Signal eines Kanals umgekehrt (invertiert) werden, mit der ADD-Taste läßt sich die Summe bzw. Differenz zweier Signale bilden.

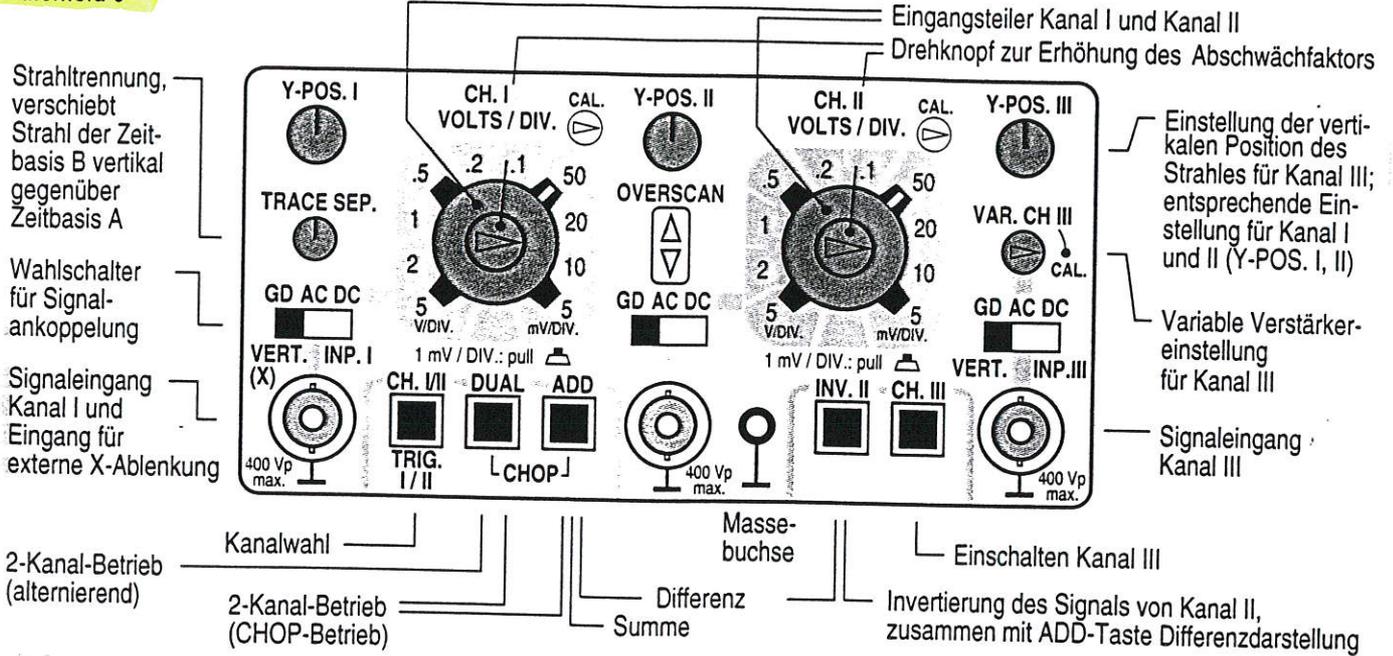
Bedienfeld 1



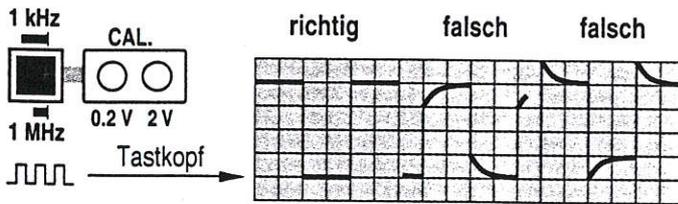
Bedienfeld 2



Bedienfeld 3



Abgleich mit Rechteckspannung



- Das vom Oszilloskop gelieferte Rechtecksignal wird zur Anpassung von Tastköpfen an den Y-Verstärker benutzt

Zubehör

Um Messungen frei von störenden Umwelteinflüssen zu halten, sollte das mit einer Meßspitze abgegriffene Signal dem Oszilloskop über abgeschirmte Leitungen (Koaxialleitungen) zugeführt werden. Meßspitzen mit abgeschirmter Meßleitung heißen auch 1:1-Tastköpfe. Zur Messung höherer Spannungen werden Tastteiler eingesetzt. Tastteiler sind im Prinzip Vorwiderstände, die zusammen mit dem Eingangswiderstand des Oszilloskops einen Spannungsteiler bilden und das Meßsignal im Verhältnis 10:1, 50:1 oder 100:1 verkleinern. Mit einem Tastteiler kann somit der Meßbereich um den Faktor 10, 50 oder 100 gesteigert werden. Außerdem wird der Eingangswiderstand erhöht, wodurch das Meßsignal weniger belastet wird.

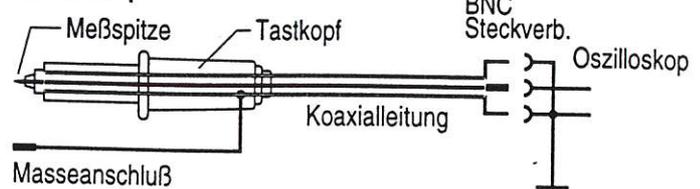
Da zum Eingangswiderstand des Oszilloskops stets eine unvermeidbare Schalt- und Leitungskapazität parallel liegt, muß auch zum Teilerwiderstand eine Kapazität parallel geschaltet werden. Diese Kapazität wird als Trimmerkondensator ausgeführt und muß vor der Benutzung des Teilers auf die aktuellen Verhältnisse abgeglichen werden.

Für Messungen an Hochspannung bis 15 kV werden spezielle Hochspannung-Tastteiler mit Teilung 1000:1 eingesetzt, für Hochfrequenzmessungen können Tastrichter (Demodulator-Tastköpfe) hilfreich sein.

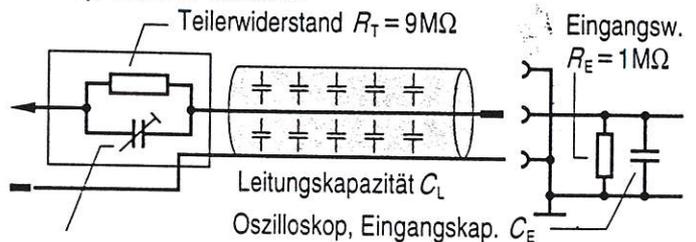
Kalibrierung

Zum Zubehör von Oszilloskopen gehören Tastköpfe. Damit diese Tastköpfe alle Signale unverzerrt übertragen, müssen sie an die Impedanz des Vertikalverstärkers angepaßt werden. Die Anpassung erfolgt mit Hilfe des im Oszilloskop eingebauten Generators, der sehr exakte Rechteckspannungen von 0,2 V für Tastköpfe 10:1 und 2V für Tastköpfe 100:1 liefert. Der Abgleich ist optimal, wenn die Rechteckspannungen als exakte Rechtecke auf dem Bildschirm gemessen werden

1:1-Tastkopf



Tastkopf mit 10:1-Tastteiler



Abgleich

Die Spannungsteilung muß unabhängig von der Frequenz des Meßsignals immer gleich sein, d.h. der Teiler muß frequenzkompensiert sein. Dies ist erreicht, wenn die Wirkwiderstände im gleichen

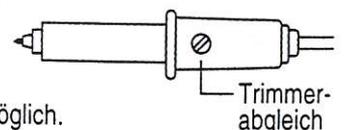
Verhältnis stehen wie die kapazitiven Blindwiderstände.

Aus

$$\frac{R_T}{R_E} = \frac{X_T}{X_E \parallel X_L} = \frac{\omega \cdot (C_E + C_L)}{\omega \cdot C_T}$$

folgt: $R_T \cdot C_T = R_E \cdot (C_E + C_L)$

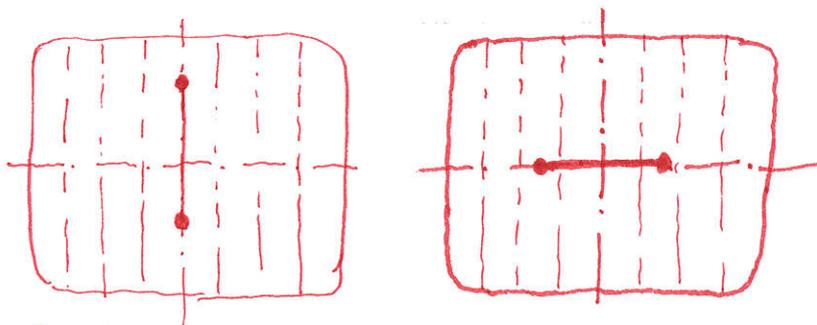
Der Abgleich wird z.B. mit einem Isolierschraubendreher bei $f = 1 \text{ kHz}$ durchgeführt; bei manchen Tastköpfen ist zusätzlich ein Abgleich mit 1 MHz möglich.



Darstellung des zeitlichen Verlaufs $y(t)$ periodischer Meßsignale

Zur Darstellung des zeitlichen Verlaufs $y(t)$ eines periodischen Meßsignals auf dem Bildschirm eines Elektronenstrahl-Oszillographen wird zunächst ein steuerbarer Zeitablenkgenerator als Zeitbasis benötigt, der – ausgehend von einer negativen Anfangsspannung – eine linear mit der Zeit ansteigende Sägezahnspannung für die x -Ablenkplatten liefert. Das Meßsignal selbst wird an die y -Ablenkplatten gelegt. Das entstehende Schirmbild läßt sich nach Bild 14.3 aus dem zeitlichen Verlauf der Meßsignalspannung $y(t)$ – im Beispiel sinusförmig angenommen – und aus der Sägezahnspannung $x(t)$ konstruieren.

Die Auslösung (Triggerung) des Zeitablenkgenerators findet zum Zeitpunkt t_0 statt, bei dem das Meßsignal den eingestellten Auslösepegel (Triggerpegel) erreicht hat und dabei auch die gewünschte positive (oder negative) Steigung (slope) aufweist. Zu den eingetragenen Zeitpunkten t_0, t_1, \dots lassen sich durch Projektion der Ablenkspannungen $y(t)$ und $x(t)$ bzw. Ablenkungen die jeweiligen Bildpunkte konstruieren. Mit Erreichen der Zeit t_{10} ist der 1. Durchlauf des Elektronenstrahls beendet. Der Strahl wird durch eine negative Spannung am Wehneltzylinder dunkel gesteuert und mit dem Zeitablenkgenerator



SINUSSIGNAL AN
Y-KANAL OHNE
INTERNE ODER EXTERNE
TRIGGERUNG

SINUSSIGNAL AN
X-KANAL

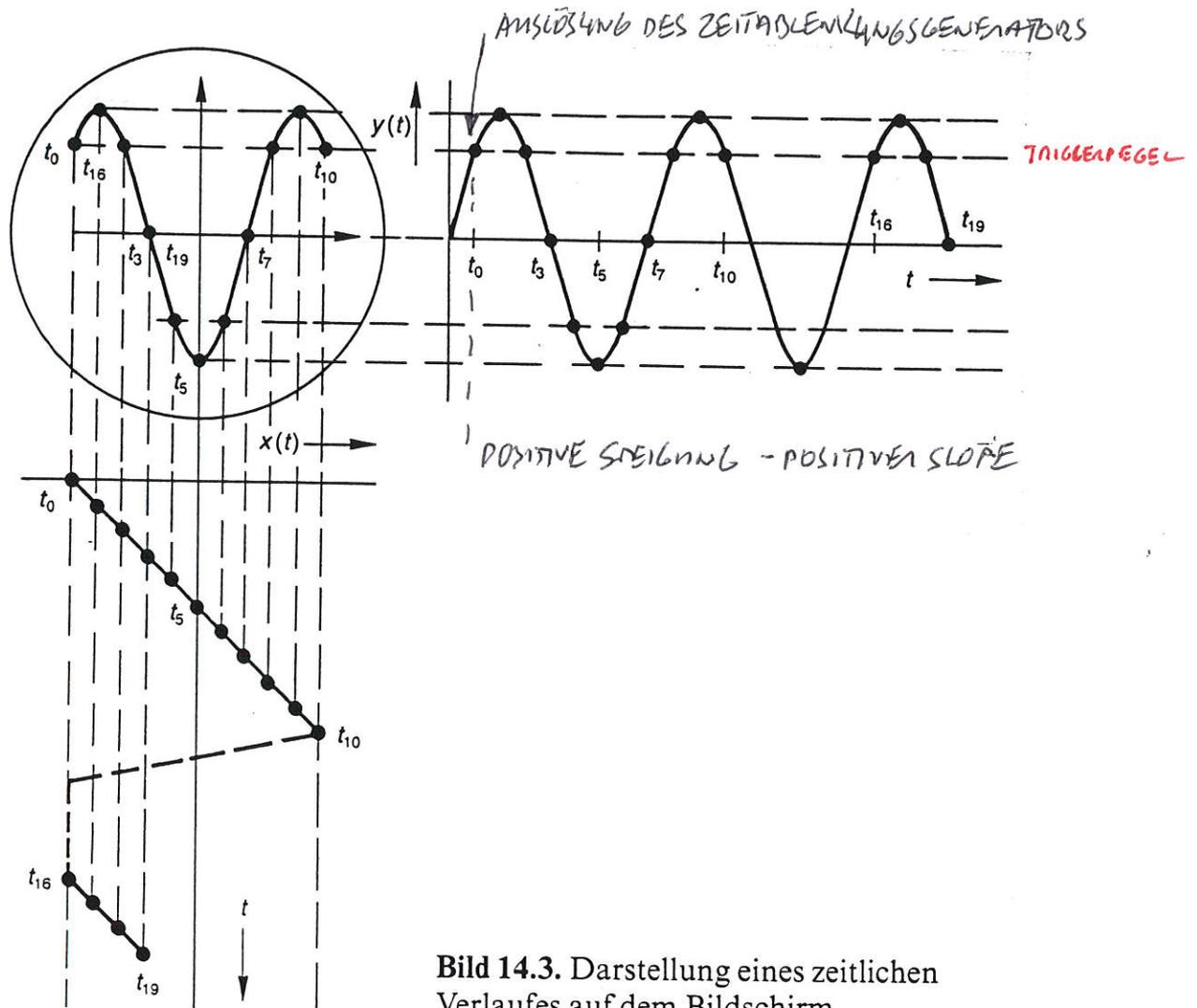
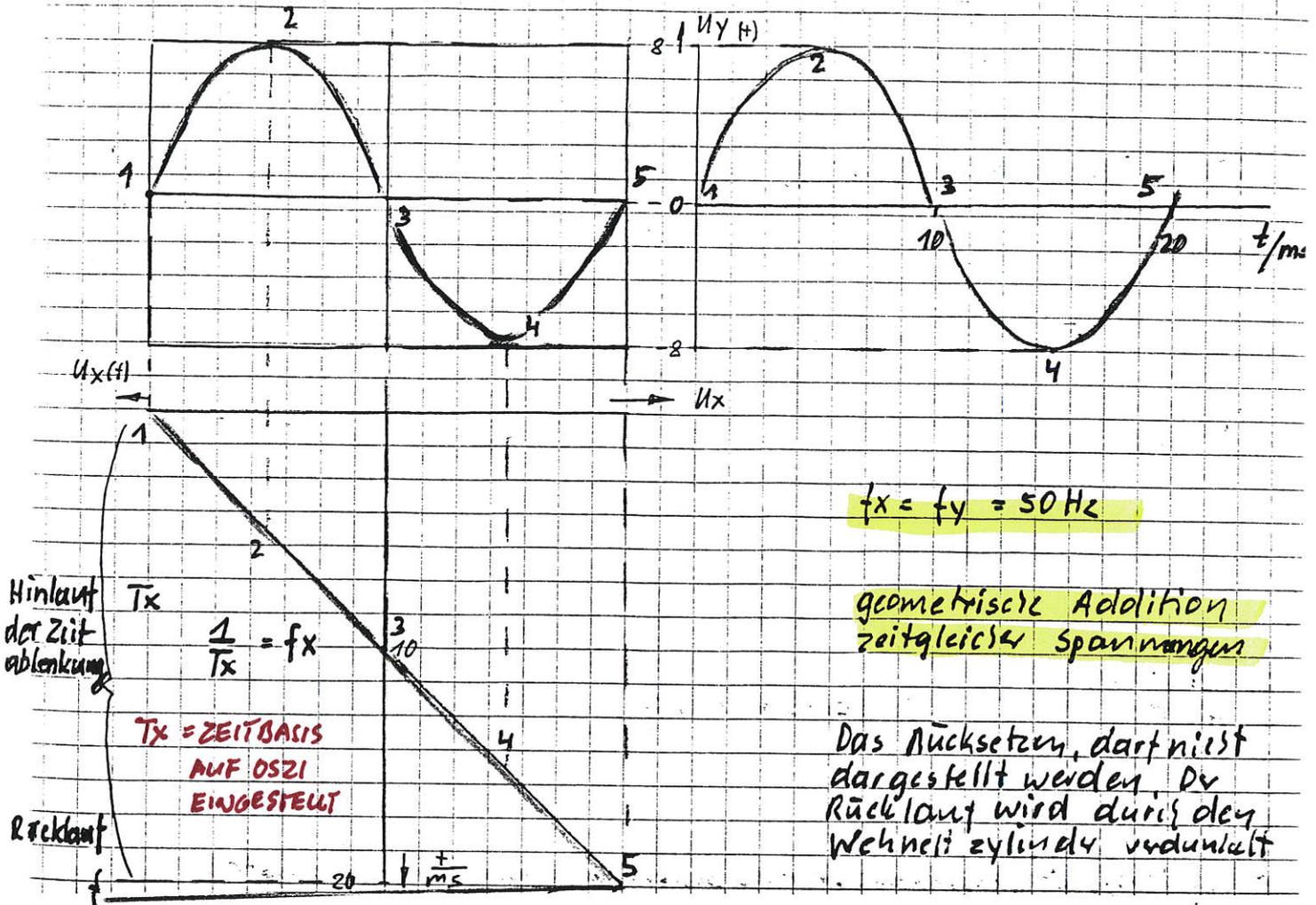


Bild 14.3. Darstellung eines zeitlichen Verlaufes auf dem Bildschirm.

auf die negative Anfangsspannung zurückgesetzt. Zum Zeitpunkt t_{16} hat das periodische Meßsignal wieder den eingestellten Auslösepegel erreicht. Der Strahl wird wieder hell gesteuert, und der Zeitablenkgenerator startet wieder einen linear ansteigenden Sägezahn. Auf diese Weise ergibt sich ein stehendes Schirmbild, das ausgewertet werden kann. Im einfachsten Fall erhält man aus der vertikalen Auslenkung y und dem Ablenkoeffizienten k_y in V/cm die Amplitude U_y gemäß

$$U_y = k_y \cdot y$$



wedurch die nächste Schwingung nicht dargestellt wird. Es wird die übernächste Schwingung abgewartet. (schlimm dunkel)

Dem durch das Rücksetzen würde die Schwingung verzerrt.

Einstellwerte: Level DV

Flanke: positiv

Y-Eingang: Einstellwert des Y-Meßverstärkers

Ablenkkoeffizient β in $\frac{V}{cm}$ $\left(\frac{V}{DIV}\right)$ amerikanisch

Y POS I



AL
DC
GROUND (GD)

alternating current: nur \sim

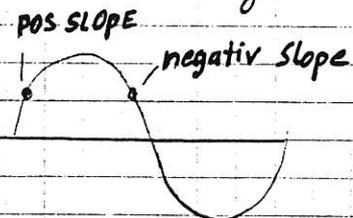
dc current : - + \sim

X-Eingang: Einstellwert des X-Meßverstärkers

zeitablenkkoeffizient α in $\frac{s}{cm}$ $\left(\frac{s}{DIV}\right)$ $\left(\frac{s}{DIVISION}\right)$
(Time base)

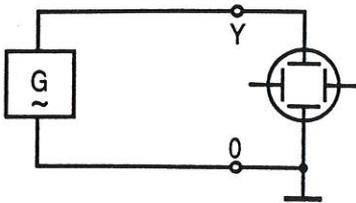
Slope +- : auslösung der zeitablenkung bei
+ pos. steigung
- neg. steigung (Triggerflanke)

Level : Niveau der Auslösung



Messen mit dem Oszilloskop I

Meßschaltung

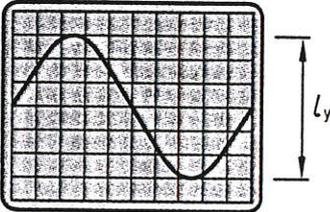


Spitze-Tal-Wert

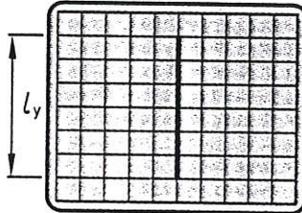
$$\hat{u} = l_y \cdot A_y$$

l_y Auslenkung
[l_y] = DIV. = cm
 A_y y-Ablenkfaktor
[A_y] = V/DIV. = V/cm

Schirmbild mit x-Ablenkung



ohne x-Ablenkung

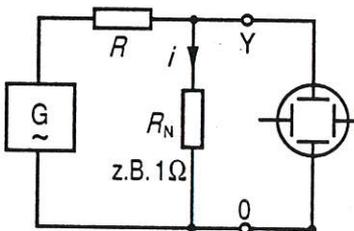


Spannungsmessung

Oszilloskope sind reine Spannungsmessgeräte. Alle darzustellenden Meßgrößen müssen zunächst in analoge Spannungen umgeformt werden. Oszilloskope messen auch keine Mittelwerte (Gleichwert, Effektivwert), sondern stellen den Verlauf der Augenblickswerte über ein gewähltes Zeitintervall dar.

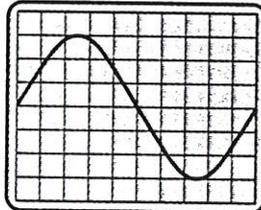
Zur Messung der Spannung wird ein Pol der Spannungsquelle auf einen Vertikaleingang (z. B. Y1, VERT. INPUT 1), der andere Pol auf Masse gelegt. Bei sinnvoll eingestellter Zeitbasis und Vertikalablenkung werden ein oder mehrere Perioden der Meßspannung auf dem Bildschirm „geschrieben“. Bei kalibrierter Y-Ablenkung kann der Spitze-Tal-Wert (früher: Spitze-Spitze-Wert) der Spannung bestimmt werden. Zu dieser Messung kann es sinnvoll sein, die X-Ablenkung auszuschalten.

Meßschaltung



R Verbraucherwiderstand
 R_N Normalwiderst. $\Rightarrow R_N \ll R$

Schirmbild

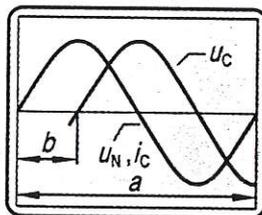
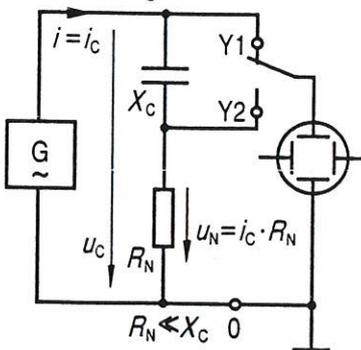


Das Schirmbild zeigt die Spannung an R_N . Für den Strom gilt: $i = u/R_N$.

Strommessung

Da ein Oszilloskop Ströme nicht direkt messen kann, muß der Meßstrom zunächst in eine analoge Spannung umgeformt werden. Dies erfolgt mit Hilfe eines ohmschen Normalwiderstandes R_N . Um die Meßschaltung nicht zu beeinflussen, muß dieser Widerstand klein im Vergleich zu den anderen Widerständen des Stromkreises sein. Es ist aber darauf zu achten, daß die Leistung des Hilfswiderstandes an den zu erwartenden Meßstrom angepaßt ist. Der Strom kann dann mit Hilfe des Ohmschen Gesetzes bestimmt werden.

Meßschaltung



Phasenverschiebung zwischen u_C und i_C

$$\varphi = \frac{a}{b} \cdot 360^\circ$$

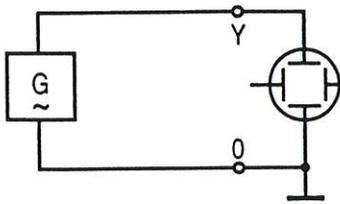
$$\varphi = \frac{b}{a} \cdot 360^\circ$$

Phasenmessung

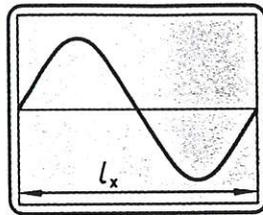
Die Phasenverschiebung zwischen zwei Spannungen gleicher Frequenz kann mit einem Zweikanaloszilloskop bestimmt werden. Dazu wird die erste Spannung auf den ersten, die zweite Spannung auf den zweiten Y-Eingang gelegt. Aus dem horizontalen Abstand zwischen beiden Linienbildern kann die Phasenverschiebung abgelesen werden. Das Beispiel zeigt die Phasenverschiebung zwischen Spannung und Strom bei einem Kondensator.

Eine weitere Möglichkeit zur Phasenmessung bieten die sogenannten Lissajous-Figuren (siehe Vertiefung).

Meßschaltung



Der Wahlschalter für die Zeitbasis muß in Position kalibriert stehen



$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{L_x \cdot A_x}$$

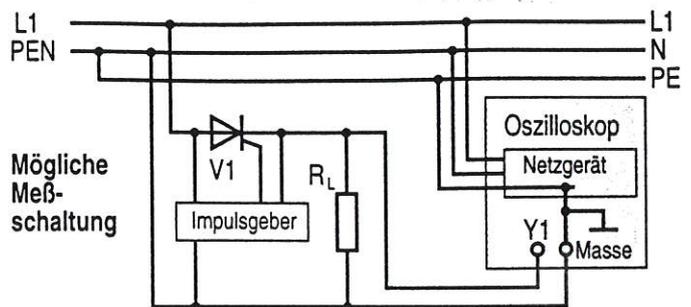
A_x Zeitablenkfaktor
[A_x] = s/DIV. = s/cm

Messungen mit Netzspannung

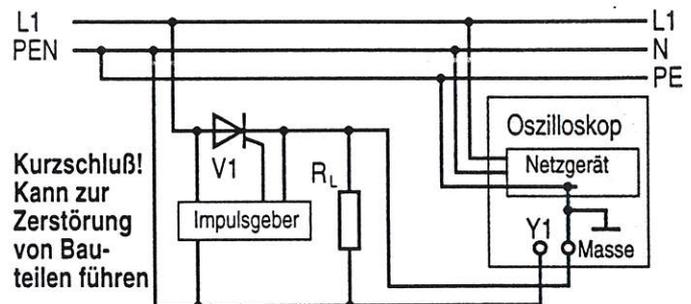
Messungen mit dem Oszilloskop in Schaltungen, die keine Verbindung zur Netzspannung haben, sind üblicherweise problemlos und benötigen keine besonderen Vorsichtsmaßnahmen. Schaltungen mit direkter Netzverbindung sind hingegen problematisch. Im Beispiel wird die Lastspannung in einer Phasenanschnittsteuerung gemessen. Die Messung ist nur möglich, wenn der N-Leiter der Schaltung auf die Massebuchse des Oszilloskops gelegt wird. Wird ein anderes Potential der Meßschaltung auf die Massebuchse gelegt, so entsteht ein Kurzschluß. Messungen an Netzspannung werden deshalb sinnvollerweise mit einem schutzisolierten Oszilloskop durchgeführt; auch der Betrieb der Meßschaltung über einen Trenntransformator ist möglich. Das Abklemmen des PE-Leiters sowie der Betrieb eines nicht schutzisolierten Oszilloskops über einen Trenntransformator sind verboten, weil das Gehäuse in diesen Fällen ein lebensgefährlich hohes Potential annehmen kann.

Frequenzmessung

Zur Messung der Frequenz einer periodischen Wechselgröße (Spannung oder Strom) kann die kalibrierte Zeitablenkung des Oszilloskops benutzt werden. Bei dieser Messung wird die Meßspannung aufgezeichnet und der Abstand zwischen zwei entsprechenden Nulldurchgängen oder anderen entsprechenden Punkten gemessen. Der Abstand zwischen beiden Punkten ergibt die Periodendauer; aus der Periodendauer wird die Frequenz berechnet: $f = 1/T$. Genauere Messungen sind durch Frequenzvergleich mit einer kalibrierten Spannung möglich.



Mögliche Meßschaltung



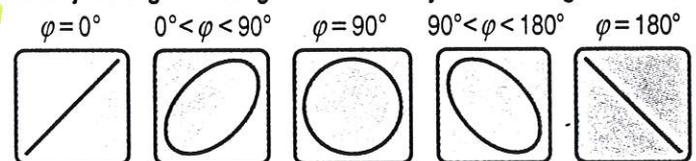
Kurzschluß! Kann zur Zerstörung von Bauteilen führen

Für Messungen am Netz sollten aus Sicherheitsgründen nur Oszilloskope mit Schutzisolierung eingesetzt werden

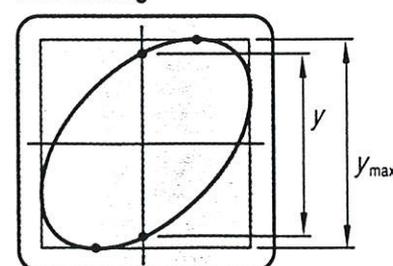
Phasenmessung mit Lissajous-Figuren

Zur Messung der Phasenverschiebung zwischen zwei sinusförmigen Spannungen gleicher Frequenz können die nach dem franz. Physiker Jules Lissajous (1822-1880) benannten Lissajous-Figuren eingesetzt werden. Zur Messung wird die Zeitablenkung ausgeschaltet, die beiden Spannungen werden auf den X- und den Y-Eingang gelegt. Die beiden Ablenkfaktoren werden sinnvollerweise so gewählt, daß die Maximalauslenkungen in x- und y-Richtung gleichgroß sind. Durch das Zusammenwirken beider Auslenkungen entstehen dann in Abhängigkeit von der Phasenverschiebung die typischen Lissajous-Figuren: bei $\varphi = 0^\circ$ eine ansteigende 45° -Linie, bei $\varphi = 180^\circ$ eine abfallende 45° -Linie und bei $\varphi = 90^\circ$ ein Kreis. Bei allen anderen Phasenverschiebungen entstehen Ellipsen.

Lissajous-Figuren bei gleicher x- und y-Auslenkung



Berechnung



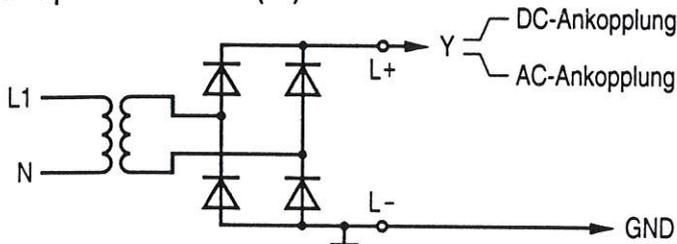
Die Phasenverschiebung läßt sich aus dem Schirmbild bestimmen. Dazu werden die Schnittpunkte der Ellipse mit der senkrechten Mittelachse bestimmt.

Dann gilt: $\sin \varphi = \frac{y}{y_{\max}}$

$\sin \varphi = \frac{\text{ACHSENSCHNITTPUNKT}}{\text{GESAMTANSENDEHÖHE}}$

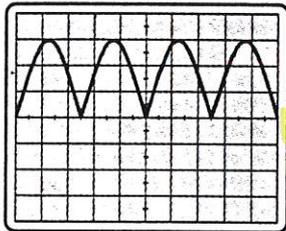
Messen mit dem Oszilloskop II

Zweipuls-Gleichrichter (B2)



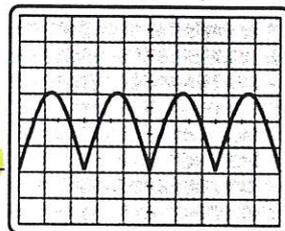
Schirmbild

bei DC-Ankopplung



SCHALTER AUF "DC"

bei AC-Ankopplung



SCHALTER AUF "AC"

Messen von Mischgrößen

Außer reinen Wechselgrößen kommen in der Elektrotechnik häufig Mischgrößen vor, d. h. Größen die sowohl einen Gleich- als auch einen Wechselanteil besitzen. Eine gleichgerichtete Sinusspannung z. B. stellt eine typische Mischgröße dar. Der Gleichanteil einer Mischgröße kann wie folgt bestimmt werden:

1. wird die Mischgröße direkt über die Schalterstellung DC an den Kanal I angekoppelt, so erscheint das vollständige Signal auf dem Bildschirm.
2. wird die Mischgröße hingegen über die Schalterstellung AC angekoppelt, so sperrt der jetzt vorgeschaltete Kondensator den Gleichspannungsanteil; das Linienbild springt deshalb um den Gleichspannungsanteil nach unten.

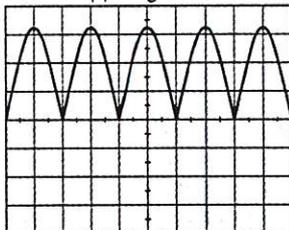
Der Gleichanteil kann auch mit Hilfe der ADD.- und der INV.-Taste direkt sichtbar gemacht werden.

Aufgabe

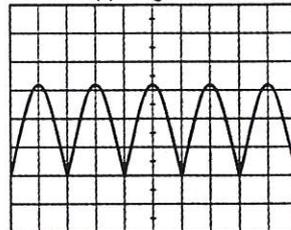
8.18.1 Spannungsmessung

Eine gleichgerichtete Sinusspannung wird über einen Tastkopf 10:1 gemessen. Die kalibrierten Einstellungen sind 2 ms/DIV. und 5 V/DIV. Je nach Ankopplung ergeben sich folgende Schirmbilder:

DC-Ankopplung

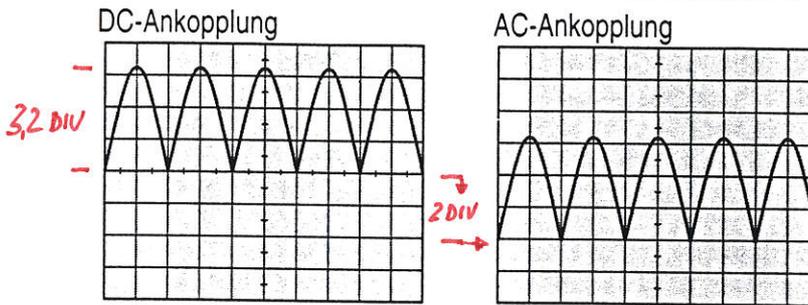


AC-Ankopplung



- a) Erklären Sie den Unterschied zwischen AC- und DC-Ankopplung.
- b) Berechnen mit Hilfe des Schirmbildes den Effektivwert, den Gleichanteil und den Oberschwingungsanteil („Brumm“) der Spannung.

8.18.1 Spannungsmessung



a) AC-, DC-Ankopplung

Bei AC-Ankopplung wird das zu messende Signal über einen Kondensator auf den Eingangsteiler geführt. Dabei wird ein eventuell vorhandener Gleichanteil des Signals gesperrt. Am Bildschirm erscheint nur der Wechselanteil des Signals.

Bei DC-Ankopplung wird das Signal direkt auf den Eingangsteiler geführt. Am Bildschirm werden alle Gleich- und Wechselanteile dargestellt.

b) Schirmbildauswertung

DC-Ankopplung

Gemessener Spitzenwert: $U = 3,2 \text{ DIV} \cdot 5 \frac{\text{V}}{\text{DIV}} \cdot 10 = 160 \text{ V}$

Effektivwert: $U = \frac{U}{\sqrt{2}} = \dots = 113 \text{ V} = \frac{160 \text{ V}}{1,414}$

AC-Ankopplung

Beim Umschalten von DC- auf AC-Ankopplung springt die Spannung um den Gleichanteil nach unten.

Gleichspannungsanteil: $U_d = 2 \text{ DIV} \cdot 5 \frac{\text{V}}{\text{DIV}} \cdot 10 = 100 \text{ V}$

Wechselspannungsanteil (Brummspannung): $U_{\sim} = \sqrt{U^2 - U_d^2} = \dots = 53 \text{ V}$

$U_{\sim} = \sqrt{(113 \text{ V})^2 - (100 \text{ V})^2}$

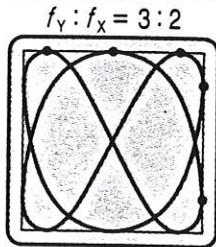
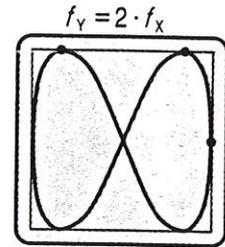
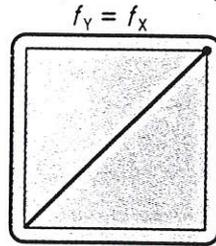
$U_{\sim} = \sqrt{12769 \text{ V}^2 - 10000 \text{ V}^2} = \underline{\underline{53 \text{ V}}}$

Frequenzmessung mit Lissajous-Figuren

Die Frequenzmessung mit Hilfe eines Oszilloskops und einer kalibrierten Vergleichsfrequenz führt zu einem anderen Typ von Lissajous-Figuren.

Für die Messung benötigt man einen kalibrierten Sinusgenerator mit einstellbarer Frequenz. Wird das einstellbare Vergleichssignal auf den X-Eingang und das Meßsignal auf den Y-Eingang gelegt, so entstehen durch das Zusammenwirken beider Strahlen charakteristische bewegte Bilder. Haben die Frequenzen beider Signalspannungen ein ganzzahliges Verhältnis, z. B. 2:1 oder 5:3, so bildet sich ein stehendes, auswertbares Schirmbild. Aus der Anzahl der Berührungspunkte der Lissajous-Figur mit einer waagrechten und einer senkrechten Linie läßt sich das Verhältnis der Frequenzen und die unbekannte Frequenz berechnen.

Beispiele für Lissajous-Figuren



Berechnung

Für das Verhältnis der Frequenzen

gilt: $f_y : f_x = m : n$

mit m Anzahl der waagrechten
 n Anzahl der senkrechten
Berührungspunkte

BEISPIELAUFGABE

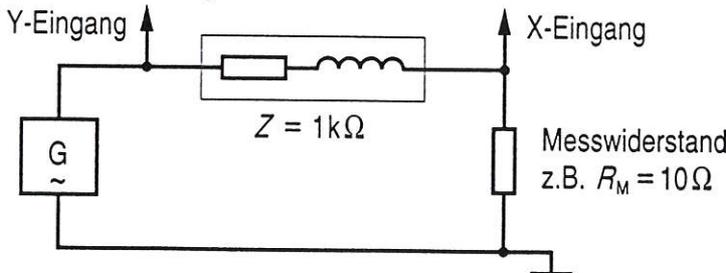
T 8.3.4 Messung der Phasenverschiebung

In der folgenden Schaltung soll die Phasenverschiebung zwischen dem Strom und der Spannung mit Hilfe von Lissajous-Figuren bestimmt werden.

AUFGABE 1

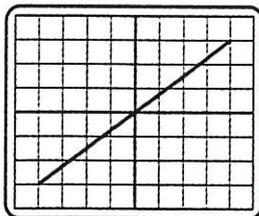
$\sin \varphi = \frac{y}{y_{max}}$

a) Messschaltung

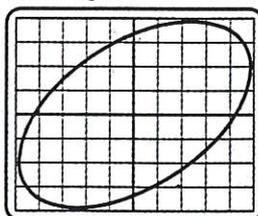


b) Bei zwei Messungen ergeben sich die folgende zwei Schirmbilder:

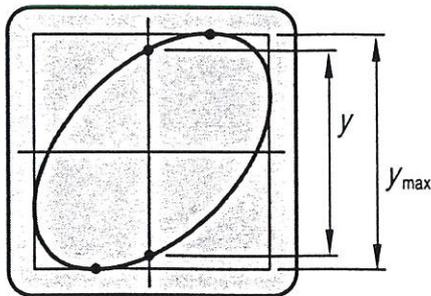
Messung 1



Messung 2



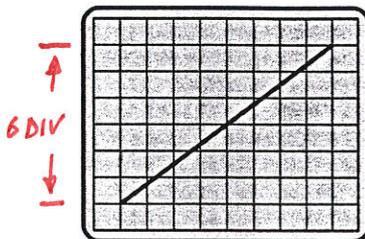
Bestimmen Sie jeweils die Phasenverschiebung.



Im X-Y-Betrieb ergibt obige Messung als Schirmbild eine Ellipse. Die Phasenverschiebung ist aus den Achsenschnittpunkten und der Gesamtausdehnung der Ellipse berechenbar:

$$\sin \varphi = \frac{y}{y_{\max}}$$

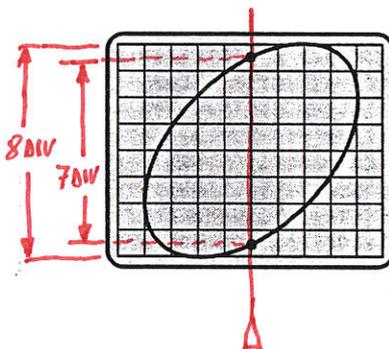
b) Auswertung



Phasenverschiebung:

$$\sin \varphi = \frac{y}{y_{\max}} = \frac{0}{6 \text{ DIV.}} = 0$$

$$\rightarrow \varphi = 0^\circ$$



Phasenverschiebung:

$$\sin \varphi = \frac{y}{y_{\max}} = \frac{7 \text{ DIV.}}{8 \text{ DIV.}} = 0,875$$

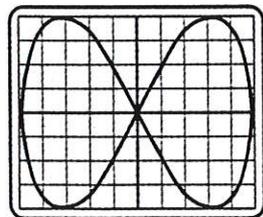
$$\rightarrow \varphi \approx 60^\circ$$

AUFGABE 2:

T 8.3.5 Messung der Frequenz

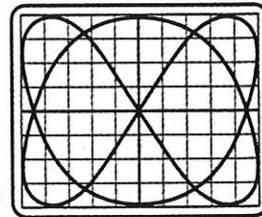
Die Frequenz einer unbekanntem Sinusspannung soll mit Hilfe von Lissajous-Figuren bestimmt werden.

- a) Erklären Sie das Meßverfahren.
- b) Werten Sie die beiden Schirmbilder aus.



Messung 1

$f_{\text{Referenz}} = 800 \text{ Hz} = f_x$



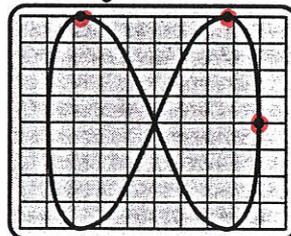
Messung 2

$f_{\text{Referenz}} = 1,5 \text{ kHz} = f_x$

gelegt, so ergeben sich im X-Y-Betrieb typische, frequenzabhängige Linienbilder. Haben die Frequenzen der beiden Signalspannungen ein exakt ganzzahliges Verhältnis, so ergeben sich auf dem Bildschirm stehende Bilder (Lissajous-Figuren). Aus der Anzahl der Berührungspunkte mit einer senkrechten und einer waagrechten Linie kann das Verhältnis der gesuchten Frequenz zur Referenzfrequenz berechnet werden.

b) Auswertung

Messung 1



$f_{\text{Referenz}} = f_x = 800 \text{ Hz}$

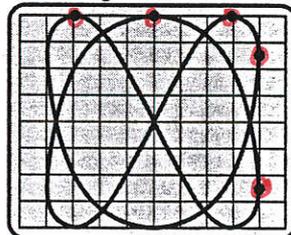
$m = 2$ (waagr. Berührungspunkte) **EXTREMPUNKTE !**

$n = 1$ (senkr. Berührungspunkte) **" !**

$f_y : f_x = m : n$

$f_y = \frac{m}{n} \cdot f_x = \frac{2}{1} \cdot 800 \text{ Hz} = 1,6 \text{ kHz}$

Messung 2



$f_{\text{Referenz}} = f_x = 1,5 \text{ kHz}$

$m = 3$ (waagr. Berührungspunkte) **EXTREMPUNKTE !**

$n = 2$ (senkr. Berührungspunkte) **" !**

$f_y : f_x = m : n$

$f_y = \frac{m}{n} \cdot f_x = \frac{3}{2} \cdot 1,5 \text{ kHz} = 2,25 \text{ kHz}$

Betriebsarten des Elektronenstrahl-Oszilloskops

Obwohl bei den vorausgegangenen Erklärungen der Funktionseinheiten schon auf die Anwendung eingegangen ist, sollen hier die wichtigsten Betriebsarten noch einmal im Zusammenhang erwähnt werden.

x/t-Betrieb. Das Meßsignal wird in Abhängigkeit von der Zeit dargestellt. Seine Kurvenform, Phase, Amplitude und Frequenz werden zusammen mit eventuell überlagerten Störspannungen angezeigt. Für Phasenmessungen besonders geeignet ist das Zweistrahl-Oszilloskop.

DC/AC-Umschaltung. In der Betriebsart AC wird über einen Kondensator der Gleichanteil der anliegenden Spannung abgeblockt und nur der Wechselanteil wird angezeigt. In der Stellung DC des Schalters hingegen wird die gesamte Spannung dargestellt. Die Differenz der beiden Anzeigen liefert den Gleichanteil des Signals (Bild 2.64).

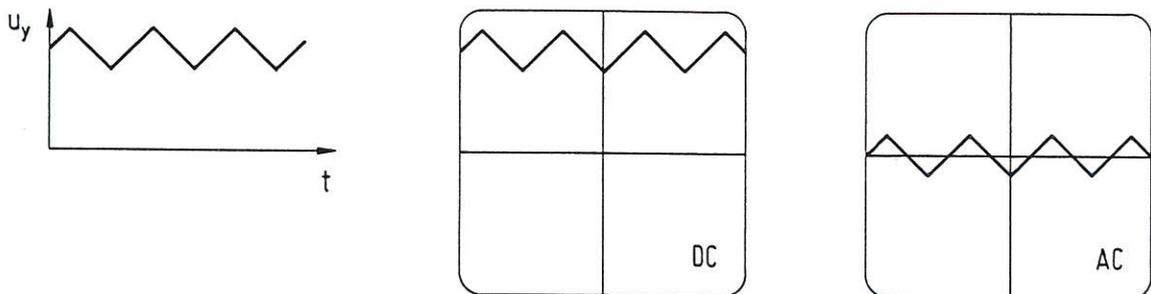


Bild 2.64: Darstellung eines Signals mit einem Gleichanteil in den Betriebsarten DC und AC

x/y-Betrieb. Der x-Kanal wird nicht zur Zeitablenkung benutzt, sondern mit einem interessierenden Signal beschaltet. Das Schirmbild zeigt den Zusammenhang der an den x- und y-Eingängen liegenden Größen. So können z.B. Kennlinien geschrieben werden. Die einer Diode z.B. läßt sich mit einer dem Bild 2.52 ähnlichen Schaltung aufnehmen; die Magnetisierungskennlinie eines Eisenkerns wird in der Schaltung nach Bild 2.65 ermittelt.

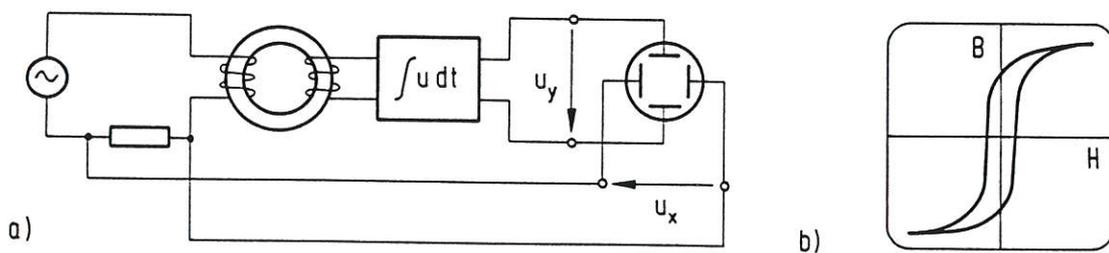


Bild 2.65: x/y-Betrieb eines Oszilloskops; Aufnahme der Magnetisierungskennlinie eines Eisenkerns; Schaltung a und Kennlinie b

Die x- und y-Platten sind räumlich um 90° gedreht. Werden an die Platten zwei periodische Spannungen gleicher Amplitude und gleicher Frequenz, aber mit einer Phasendifferenz von 90° gelegt, so entsteht auf dem Schirm das Bild eines in einem Kreis umlaufenden Leuchtpunktes (Bild 2.66). Auf diese Weise kann z. B. das magnetische Drehfeld eines Induktionsmeßwerkes sichtbar gemacht werden.

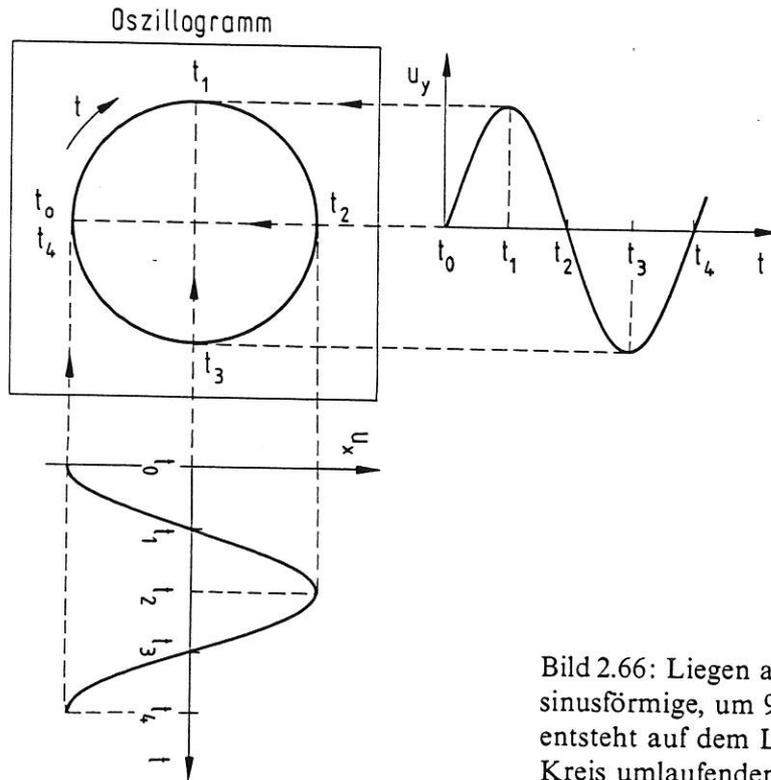


Bild 2.66: Liegen an den Eingängen eines Oszilloskops sinusförmige, um 90° phasenverschobene Spannungen, so entsteht auf dem Leuchtschirm das Bild eines in einem Kreis umlaufenden Punktes

Der Kreis von Bild 2.66 ist eine der Lissajous-Figuren, die entstehen, wenn den x- und den y-Platten zwei Wechselspannungen zugeführt werden. Abhängig

Abhängig

von der Phasenverschiebung und dem Frequenzverhältnis der beiden Spannungen werden auf dem Leuchtschirm die in Bild 2.67–2.69 gezeigten Kurven sichtbar.

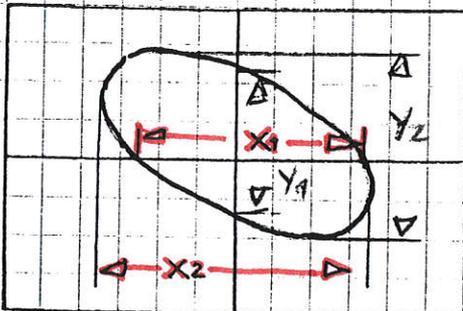
$$u_x = \hat{u} \cdot \sin \omega t$$

$$u_y = \hat{u} \cdot \sin(n \cdot \omega t + \varphi)$$

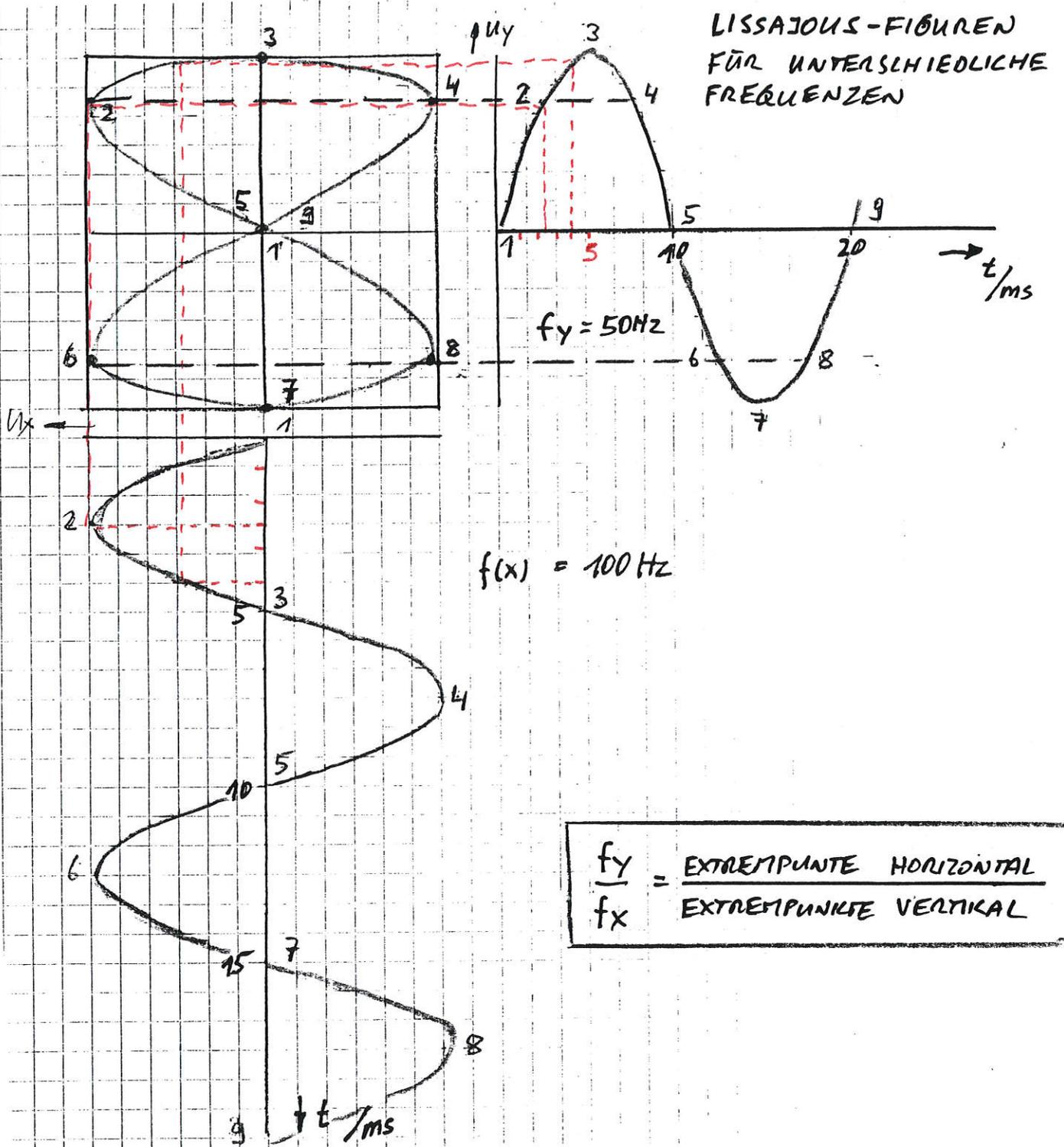
	n = 1	n = 2	n = 3
$\varphi = 0$			
$\varphi = \frac{\pi}{4}$			
$\varphi = \frac{\pi}{2}$			
$\varphi = \frac{3\pi}{4}$			
$\varphi = \pi$			

Bild 2.67–2.69: Lissajous-Figuren für $u_x = \hat{u} \sin \omega t$; $u_y = \hat{u} \sin(n\omega t + \varphi)$

Berechnung des Verschiebungswinkels:

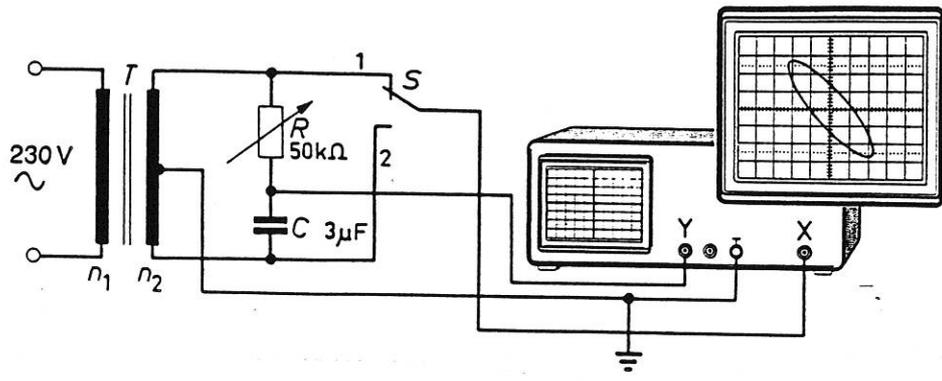


$$|\sin \alpha| = \frac{X_1}{X_2} = \frac{Y_1}{Y_2}$$



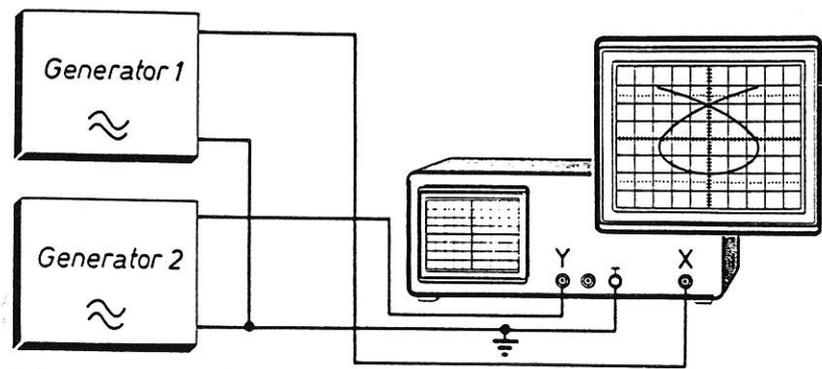
Phasendifferenz zweier Sinusspannungen

Versuchsaufbau



Frequenzmessung mit Lissajousfiguren

Versuchsaufbau



Verstärkungsfaktor eines Operationsverstärkers

Versuchsaufbau

