

# Ein neuer Achtkanal-Meßoszillograph

Von **Hans-Helmut Feldmann**, Berlin\*)

DK 621.317.755.087.45

Für genaue quantitative Untersuchungen von Kennlinien und Zeitfunktionen wurde im AEG Forschungsinstitut in Berlin-Reinickendorf ein Meßoszillograph entwickelt, mit dem über eingebaute elektronische Schalter gleichzeitig bis zu vier Funktionen dargestellt werden können.

## Gesichtspunkte für die Entwicklung des Meßoszillographen

Der Elektronenstrahl-Oszillograph ist heute eines der wichtigsten Meßgeräte für die Untersuchung schnell veränderlicher elektrischer und anderer physikalischer Größen. Während sich früher seine Anwendung auf rein qualitative Untersuchungen beschränken mußte, ermöglichen moderne Elektronenstrahl-Oszillographen auch quantitative Untersuchungen.

Bei dem gebräuchlichsten Verfahren wird die Ablenkung des Elektronenstrahls an einem aufgelegten Meßraster abgelesen. Wegen der Parallaxe infolge des Abstandes zwischen Schirm und Raster muß hierbei jedoch mit einem Ablesefehler von mehreren Prozent gerechnet werden. Da der Meßraster, im Gegensatz zu der Skala von guten Zeiger-Meßgeräten, nicht für jede Bildröhre individuell angefertigt wird, kommen die Darstellungsfehler der Bildröhre hinzu. Dieses Meßverfahren setzt außerdem voraus, daß der Übertragungsfaktor von den Eingangsklemmen des Gerätes bis zu den Meßplatten nach einer Eichung konstant bleibt und von der Aussteuerung unabhängig ist, Forderungen, die sich auch bei sorgfältiger Stabilisierung aller wichtigen Speisenspannungen und trotz kräftiger Gegenkopplungen nicht restlos erfüllen lassen. Die auf diesem Wege erzielbare Meßgenauigkeit ist deshalb für eine Anzahl von Anwendungsgebieten nicht ausreichend.

Der Elektronenstrahl-Oszillograph wird vorwiegend für die Darstellung von Zeitfunktionen benutzt. In vielen Fällen ist jedoch die Abbildung anderer funktioneller Zusammenhänge, insbesondere von Kennlinien, erwünscht. Normale Elektronenstrahl-Oszillographen können hohen Ansprüchen bei diesen Meßaufgaben nicht genügen, da eine zusätzliche Darstellung des Bezugsachsenkreuzes und eine genaue Auswertung nicht möglich sind. Solche Untersuchungen nehmen in der modernen Elektrotechnik aber einen breiten Raum ein, weil Elemente mit nichtlinearem Charakter ständig an Bedeutung zunehmen. Es sei hier nur an das riesige Gebiet der Hochvakuum und Gasentladungsröhren erinnert, an das vielfältige und sich ständig erweiternde Gebiet der Halbleitertechnik und schließlich an die zum Teil noch recht neue Technik in der Anwendung nichtlinearer Induktivitäten und Kapazitäten.

Häufig muß bei der Kombination mehrerer nichtlinearer Bauelemente zu einer Funktionsgruppe die Forderung nach gleichem Verlauf ihrer Kennlinien gestellt werden, was meist durch Auswahl der Elemente erfüllt wird. Beispiele hierfür sind die Zusammenstellung von Dioden-Paaren und Dioden-Quartetten in Modulatorschaltungen und die Kombination von Sättigungsdrosseln in magnetischen Verstärkern und Steueranordnungen von Gasentladungs-Stromrichtern.

Wirtschaftlich und mit hoher Genauigkeit können diese Sortierungsarbeiten nur mit einem Oszillographen durchgeführt werden, mit dem man gleichzeitig zwei Kennlinien sichtbar machen kann. Bei hohen Anforderungen an die Genauigkeit kann aber hierfür ein Oszillograph mit Mehrstrahl-Bildröhre nicht verwendet werden, weil kleine Fertigungs-Unterschiede der Ablenk- und Fokussiersysteme, sowie ihre exzentrische Anordnung eine völlige Übereinstimmung beider Darstellungskanäle verhindern.

## Die Arbeitsweise des Meßoszillographen

Das Gerät ist gekennzeichnet durch eingebaute elektronische Schalter mit je vier AnzeigeKanälen für die senk-

rechte und je vier AnzeigeKanäle für die waagerechte Ablenkung in Verbindung mit einer sehr anpassungsfähigen Steueranordnung, die alle Schalterkombinationen ermöglicht und mit wenig Handgriffen den verschiedensten Meßaufgaben angepaßt werden kann. Die elektronischen Schalter liegen vor den Verstärkern und sind so gebaut, daß die Übertragungsfaktoren der einzelnen Kanäle mit hoher Genauigkeit übereinstimmen und unabhängig von Alterungen der Bauelemente konstant bleiben.

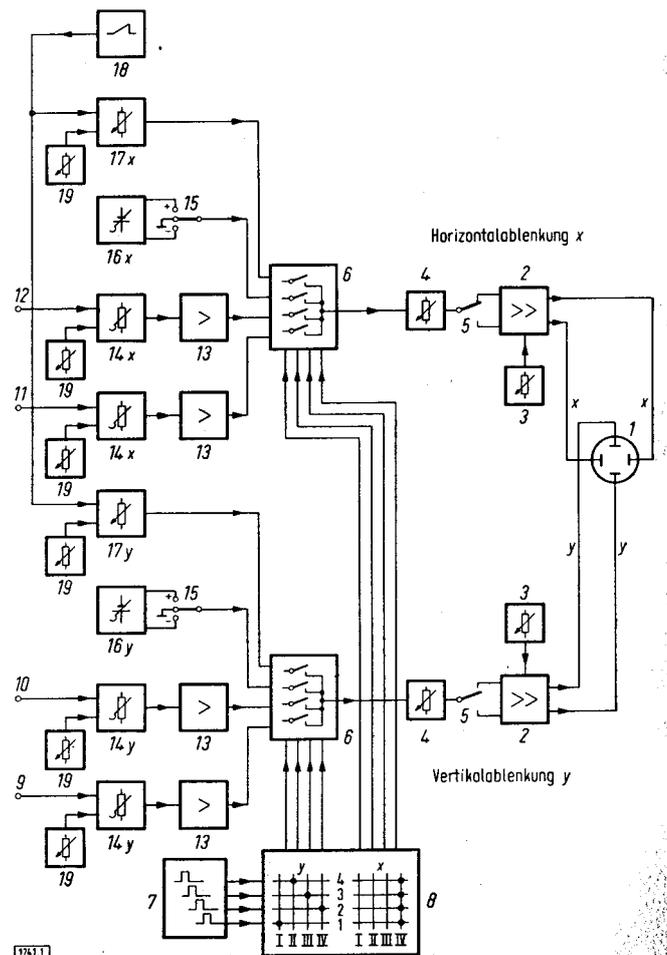


Bild 1, Vereinfachtes Blockschaltbild des Meßoszillographen.

- |                              |  |
|------------------------------|--|
| 1: Bildröhre                 | 13: Kathodenfolger                       |
| 2: Gleimspannungs-Verstärker | 14: Abschwächer                          |
| 3, 4: Potentiometer          | 15: Polwechschalter                      |
| 5: Schalter                  | 16: fünfstufiger Spannungsbereich Wähler |
| 6: elektronische Schalter    | 17, 19: Potentiometer                    |
| 7: Steuergenerator           | 18: Zeitablenk-Generator                 |
| 8: Kreuzschiene-Verteiler    |  |
| 9-12: Eingangsbuchsen        |  |

Unter diesen Voraussetzungen können verschiedene Funktionen mit großer Genauigkeit miteinander verglichen werden. In gleicher Weise können die dargestellten Funktionen auch vermessen werden, indem über den hierfür vorgesehenen Kanal III von eingebauten Präzisions-Spannungsteilern abgegriffene, in weiten Bereichen veränderliche und unmittelbar ablesbare Gleichspannungen in die Funktionen eingeblendet werden. Bei diesem Meßverfahren können weder die Darstellungsfehler der Bildröhre noch etwaige Nichtlinearitäten der Meßverstärker in das Meßergebnis eingehen.

\*) Dipl.-Ing. H.-H. Feldmann ist Laboratoriumsleiter im AEG-Forschungsinstitut.

Da Meß und Vergleichsgröße bei diesem Koinzidenzverfahren auf derselben Stelle des Schirmes verglichen und abgelesen werden, sind parallaktische Ablesefehler ausgeschaltet. Die Meßgenauigkeit ist nur von der Präzision der erzeugten Vergleichsspannung abhängig, von der Genauigkeit, mit der die Übertragungsfaktoren auf den einzelnen Kanälen übereinstimmen und schließlich von der Strichscharfe des Bildes, die der Ablesegenauigkeit eine Grenze setzt.

Bild 1 zeigt ein vereinfachtes Blockschaltbild des Gerätes, bei dem auffällt, daß für die waagerechte und für die senkrechte Ablenkung die gleichen Baugruppen vorhanden sind. Bei der Besprechung können deshalb die Indizes x und y fortgelassen werden.

Vor den Ablenkplatten der Bildröhre 1 mit 13 cm Schirmdurchmesser liegen die mehrstufigen Gleichspannungs-Verstärker 2. Mit den Potentiometern 3 kann das Bild verschoben und mit 4 im Verhältnis 1 : 5 gedehnt werden. Bei der Darstellung mehrerer Funktionen bleiben die relativen Beziehungen ihrer Bilder dabei unverändert, weil die Beeinflussung alle Darstellungskanäle in gleichem Maße betrifft, da sie hinter den elektronischen Schaltern erfolgt. Mit den Schaltern 5 kann der Ablenkungssinn umgekehrt werden, so daß z. B. Kennlinien unabhängig von der gewählten Meßschaltung immer in den hierfür gebräuchlichen Quadranten dargestellt werden können.

Vor den Meßverstärkern liegen die elektronischen Schalter 6, die funktionsmäßig aus je. einem einpoligen Ausschalter für jeden Kanal bestehen. Die für die Genauigkeit der Messung maßgebende Konstanz des Übertragungsfaktors der einzelnen Kanäle wird durch optimale Gegenkopplung in jeder Schalterstufe verbürgt, so daß die Toleranzen der Bauelemente einschließlich der Röhren weniger als 1 % Unterschied im Übertragungsfaktor verursachen können, der dann an Trimmorganen einmalig auf Null abgeglichen wird.

Da alle Übertragungskanäle gleichspannungsgekoppelt sind, wurde der Nullpunktstabilität besondere Aufmerksamkeit gewidmet. Durch hochwertige elektronische Stabilisierung aller Speisespannungen sowie durch zweckmäßige Auswahl und wärmetechnisch günstige Anordnung der kritischen Bauteile konnte die Nullpunkt-Wanderung auf ein Mindestmaß herabgesetzt werden.

Die vier Eingangskanäle jedes elektronischen Schalters, mit den römischen Ziffern I bis IV bezeichnet, sind im Normalzustand gesperrt entsprechend der geöffneten Stellung der eingezeichneten Schalter. Die elektronischen Schalter werden durch elektrische Impulse gesteuert, die vom Steuergenerator 7 erzeugt und über den Kreuzschienen-Verteiler 8 den elektronischen Schaltern zugeführt werden.

Der Steuergenerator 7 stellt eine vierstufige Ringzählerschaltung dar, bei der sich immer drei Stufen im Normal- und eine Stufe im Ausnahmezustand befinden, der dadurch gekennzeichnet ist, daß sich die entsprechende Leitung zum Kreuzschienen-Verteiler 8 auf einem höheren Potential befindet als die anderen drei. Der Ausnahmezustand kann im getriggerten Betrieb wahlweise von einer außen zugeführten Spannung weitergeschaltet werden, oder innen von der Netzfrequenz, vom Zeitablenk-Generator oder den Spannungen an den Eingangsbuchsen 9 oder 10. Schließlich kann der Steuergenerator 7 auch auf selbstschwingenden Betrieb geschaltet werden, wobei sich seine Frequenz stufenlos von 30 bis 100000 Hz verändern läßt.

Die vier Ausgänge des Steuergenerators 7 führen zu den mit arabischen Ziffern 1 bis 4 bezeichneten waagerechten Schienen des Kreuzschienen-Verteilers 8. In der Folge 1—2—3—4—1—2—3—4... erscheint der positive Öffnungsimpuls zyklisch an den vier waagerechten Schienen, so daß die arabischen Ziffern auch als Zeittakte angesprochen werden können. Entsprechend den vier vorhandenen Zeittakten können vier Funktionen dargestellt werden, wobei die Stellung der 2 X 4 Verbindungsstecker des Kreuzschienen-Ver-

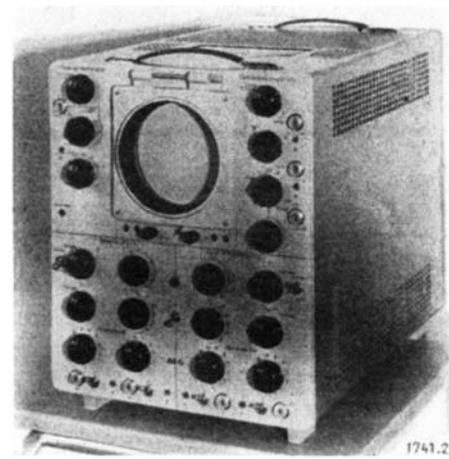


Bild 2. Messoszillograph O22

teilers das Steuerprogramm festlegen, indem über diese Stecker der Öffnungsimpuls jeweils zur entsprechenden Zeit die gewünschte Schaltröhre des elektronischen Schalters öffnet.

Im letzten Abschnitt wird an Hand von Beispielen noch näher auf die Programmwahl eingegangen. Die Anzahl von 2 X 4 Anzeigekanälen ist eine gute Kompromißlösung. Eine größere Anzahl von Anzeigekanälen würde einen erheblich größeren technischen Aufwand verlangen und die Bedienung des Gerätes erschweren. Dem ist besondere Bedeutung beizumessen, da das Streben nach einem Gerät mit möglichst universellem Anwendungsbereich leimt zu Entwicklungen führt, die sich in der Praxis nicht bewähren, weil ihre Bedienung zu kompliziert ist. Bei dem vorliegenden Gerät wurde dem begegnet durch Beschränkung auf das Notwendige, durch fast identische Ausführung aller Einrichtungen für die senkrechte und waagerechte Ablenkung, durch zweckmäßige Anordnung der Bedienungselemente auf der Frontplatte und schließlich durch das sehr anschauliche und weitgehend narrensichere Prinzip der Programmwahl mit dem Kreuzschienen-Verteiler.

Zur Vereinfachung trägt auch wesentlich bei, daß von den 2 X 4 Kanälen nur die Hälfte nach außen geführt und für die Darstellung beliebiger Spannungen vorgesehen ist, während 2 X 2 Kanäle internen Zwecken vorbehalten sind. Aus Bild 1 geht hervor, daß jeweils die Kanäle I und II über Kathodenfolger 13 und 9stufige, kalibrierte und phasenkompensierte Abschwächer 14 an die Buchsen 9 bis 12 angeschlossen sind. Der Kanal III dient zum Messen durch Einblenden einer bekannten Gleimspannung. Mit dem Schalter 15 kann die gewünschte Polarität gewählt und die Spannung abgeschaltet werden, was den Nullabgleich erleichtert. Die im Blockschaltbild mit 16 bezeichnete Gruppe besteht aus einem fünfstufigen Spannungsbereichswähler, der einen zweidekadischen Teiler speist, so daß die Ausgangsspannung über den gesamten Empfindlichkeitsbereich in Grobschritten von 10 % und Feinschritten von 1 % verändert werden kann. Die Scharfe des Bildes erlaubt darüber hinaus auch die Bildung von Zwischenwerten durch Interpolation.

Dem Kanal IV wird über die Potentiometer 17 die im Zeitablenk-Generator 18 erzeugte zeitproportionale Spannung zugeführt. Sie dient entsprechend dem am Kreuzschienen-Verteiler 8 gesteckten Programm als Zeitbasis für die Darstellung der Meßgröße als Funktion der Zeit, sowie zum Erzeugen der Koordinatenachsen und Meßlinien. Das Potentiometer 17 ermöglicht eine individuelle Dehnung des Zeitmaßstabes und eine beliebige Einstellung der Achsenlänge.

Der Zeitablenk-Generator 18 kann freilaufend synchronisiert oder getriggert betrieben werden. Die Einstellknöpfe für die Kippfrequenz sind geeicht nach der Zeit für den Hinlauf des Strahles, die im Bereich von 120 s bis 10  $\mu$ s ge-

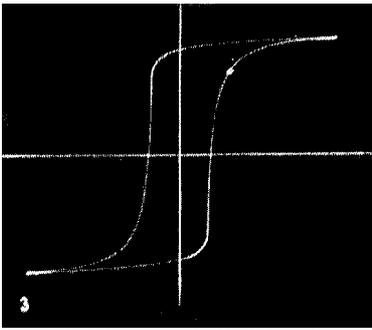


Bild 3. Hystereseschleife als Beispiel einer Kennlinie mit Achsenkreuz und Messpunkt.

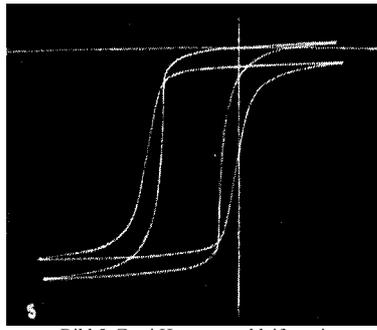


Bild 5. Zwei Hystereseschleifen mit verschobenem Achsenkreuz zum Ablesen eines Messpunktes.

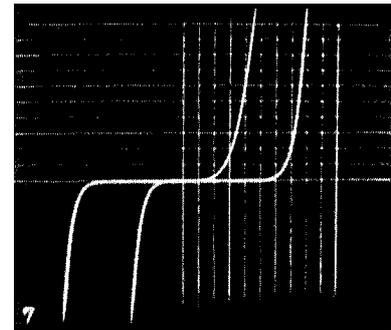


Bild 7. Kennlinien mit Messraster von zwei Siliziumdioden und zwei Germanium-Golddrahtdioden in Antiparallelschaltung

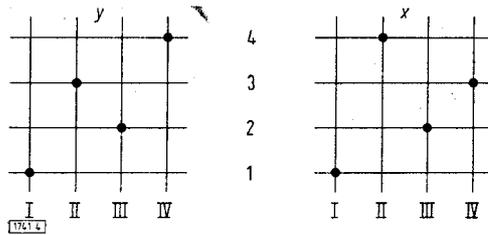


Bild 4. Steckschema für die Aufnahme von Bild 3.

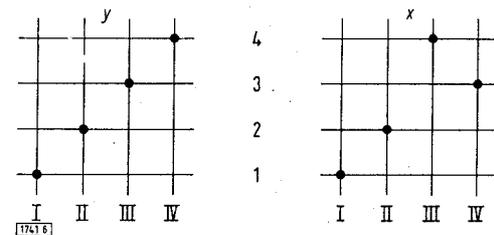


Bild 6. Steckschema für die Aufnahme von Bild 5.

stufen- oder fortlaufend verändert werden kann. Während des Rücklaufs oder in der Warteposition bei getriggertem Betrieb kann der Strahl dunkel gesteuert werden, wobei Gleichspannungskopplung zum Wehneltzylinder vorgesehen ist. Mit den Potentiometern 19 läßt sich die Nulllage der Kanäle I, II und IV individuell verschieben.

Bild 2 zeigt das Gerät, insbesondere die Anordnung der Bedienungselemente, die in fünf Funktionsgruppen zusammengefaßt sind. Die Bedienungsorgane für den Steuer- und Zeitablenk-Generator befinden sich links und rechts vom Röhrenflansch, während in dem kleinen Feld darunter die Knöpfe für Helligkeit und Schärfe, sowie die Glühlampen für die Positionsüberwachung des Strahles angebracht sind. Die untere Hälfte der Frontplatte schließlich wird von den beiden Bedienungsgruppen für die senkrechte und für die waagerechte Ablenkung beansprucht. Der Kreuzschienen-Verteiler ist auf diesem Bild nicht zu sehen. Zum Bewältigen besonderer Aufgaben kann der Meßoszillograph mit Zusatzgeräten versehen werden, die über einen Steckeranschluß an der Rückwand von dem Netzteil des Hauptgerätes gespeist werden. So sind z. B. die Bilder 3, 5, 7 und 8 von Hystereseschleifen und die zeitproportionalen Darstellungen des magnetischen Flusses mit einem Doppelintegrator als Zusatzgerät gemacht worden.

#### Anwendungsbeispiele für den Meßoszillographen

Der Achtkanal-Meßoszillograph 022 kann als Universalgerät in elektrotechnischen und physikalischen Instituten, Laboratorien und Prüffeldern eine ganze Anzahl kostspieliger Geräte ersetzen. Sofern die Bandbreite von 1 MHz und die Anzeige-Empfindlichkeit von 50 mV/cm senkrecht und 100 mV/cm waagrecht ausreichen, kann mit dem Meßoszillographen alles gemessen werden, was überhaupt einer oszillographischen Untersuchung zugänglich ist. Die Meßunsicherheit ist bis zu einer Frequenz von 100 kHz kleiner als 1%. In Verbindung mit Zusatzgeräten kann der Meßoszillograph aber auch bei der Überwachung von Fabrikationsprozessen und für die laufende oder stichprobenweise Untersuchung von Werkstoffen, Zwischenfabrikaten und Fertigungs-Erzeugnissen verwendet werden.

Bei der Behandlung von Anwendungsbeispielen soll mit dem einfachsten Fall, der Verwendung als gewöhnlicher Einkanal-Oszillograph zum Darstellen einer Zeitfunktion, begonnen werden. Man steckt hierfür im x-Feld des Kreuzschienen-Verteilers alle vier Verbindungsstecker übereinander in die Spalte IV (Bild 1), so daß auch bei laufen-

dem Steuergenerator während aller vier Zeittakte der Kanal  $X_{IV}$  durchgeschaltet ist und die zeitproportionale Spannung vom Zeitablenk-Generator 18 den Strahl in waagerechter Richtung ablenkt. Wird die darzustellende Spannung z. B. an die Buchse 9 gelegt, so steckt man ganz entsprechend wie bei x alle vier Stecker übereinander in die Spalte  $Y_I$ .

Soll zusätzlich eine Nulllinie dargestellt werden, so kann hierfür einer von den drei noch unbenutzten y-Kanälen verwendet werden, z. B.  $y_{IV}$  wobei das Potentiometer 16y in Linksanschlag gebracht wird, damit die zeitproportionale Spannung in der Senkrechten nicht wirksam wird. Wenn die Nulllinie vom Zeittakt 2 geschrieben werden soll, wird der Stecker von  $Y_{1-2}$  auf  $y_{IV-2}$  gesteckt. Handelt es sich um schnelle periodische Vorgänge, die dargestellt werden sollen, so triggert man den Steuergenerator zweckmäßig vom Zeitablenk-Generator, so daß die elektronischen Schalter jeweils während des Strahlrücklaufes weiterschalten. Bei nichtperiodischen Funktionen oder sehr langsamen Vorgängen läßt man den Steuergenerator mit der gewünschten Frequenz frei laufen.

Soll für eine Amplitudenmessung eine Meßlinie mitgeschrieben werden, dann wird hierfür der Kanal  $Y_{III}$  eingeschaltet, dadurch, daß z. B. der Verbindungsstecker von Position  $Y_{1-3}$  in Stellung  $Y_{III-3}$  gebracht wird und nun beim Takt 3 die an 16y eingestellte Gleichspannung ins Bild eingeblendet wird. Über Kanal  $y_{II}$  kann zusätzlich eine zweite Funktion dargestellt werden, indem der Stecker von  $Y_{1-4}$  nach  $Y_{II-4}$  gebracht wird und diese Funktion der Buchse 10 zugeführt wird. Das Steckschema für dieses Steuerprogramm ist auf dem Kreuzschienen-Verteiler 8 in Bild 1 als Beispiel dargestellt. Es wird nochmals zusammengefaßt: Takt 1 schreibt die der Buchse 9 zugeführte Funktion, Takt 2 die Nulllinie über Kanal IV, Takt 3 die Meßlinie über Kanal III und schließlich Takt 4 die der Buchse 10 zugeführte Funktion.

Die Darstellung einer Kennlinie mit Achsenkreuz und Meßpunkt stellt Bild 3 dar. Als Kennlinie ist hier die Hystereseschleife, also die Funktion  $B = B(H)$ , eines Bandringkernes gewählt. Sie wird dadurch gewonnen, daß an einem Widerstand im Erregerkreis des Kernes eine der Feldstärke proportionale Spannung abgegriffen und zur Waagrecht-Ablenkung benutzt wird, während die in einer Sekundärwicklung induzierte Spannung nach Integration den Strahl senkrecht ablenkt. Bild 4 zeigt ein hierfür ge-

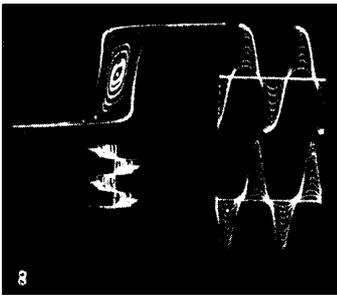


Bild 8. Funktionen in einem Bandringkern, bei veränderter Erregung aufgenommen:  $B = B(H)$ ,  $B = B(t)$ ,  $H = H(t)$ ,

$$u \sim \frac{dB}{dt}(t)$$

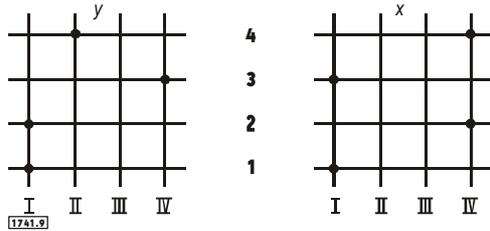


Bild 9. Steckschema für die Aufnahme von Bild 8.

eignetes Steckschema. Der Takt 1 schreibt die Hysteresisschleife, wobei die Funktion  $B(t)$  der Buchse 9 und die Funktion  $H(t)$  der Buchse 11 zugeführt wird. Takt 2 erzeugt den Meßpunkt dadurch, daß die an den Spannungsteilern 16y und 16x eingestellten Gleichspannungen dargestellt werden. Im Bild 3 ist der Meßpunkt auf eine Stelle des aufsteigenden Astes im ersten Quadranten der Schleife eingestellt. Seine Spannungskordinaten können unmittelbar abgelesen werden, während in die magnetischen Koordinaten natürlich die Konstanten der Versuchsanordnung eingehen.

Nach Bild 4 schreibt der Takt 3 die x-Achse. Der Strahl wird über Kanal  $X_{IV}$  durch die zeitproportionale Spannung des Zeitablenk-Generators 18 waagrecht ausgelekt, während er senkrecht nicht abgelenkt wird, da der Kanal  $y_{II}$  nicht angesteuert ist. Entsprechend wird vom Takt 4 die y-Achse geschrieben.

Dieses Steuerprogramm hat den Vorzug, daß beim Ausmessen der Funktion das Achsenkreuz in der Nullage bleibt. Als Nachteil muß dafür in Kauf genommen werden, daß nur eine Funktion dargestellt werden kann und daß die Ablesegenauigkeit wegen des hellen Meßpunktes nicht so gut ist wie bei einem Meßkreuz.

Bild 5 bringt als Beispiel die Darstellung zweier Hysteresisschleifen in Verbindung mit einem Messachsenkreuz. Dem Steckschema in Bild 6 zufolge werden die beiden Hysteresisschleifen von den Takten 1 und 2 über die Kanäle I und II geschrieben. Die beiden Achsen werden dadurch erzeugt, daß jeweils eine Koordinate die zeitproportionale Spannung erhält, während der anderen die einstellbare Vergleichsspannung über Kanal III zugeführt wird. Über die Schalter 15 können die Vergleichsspannungen bequem abgeschaltet und damit das Meßachsenkreuz jederzeit in seine Nullage gebracht werden. Das Messachsenkreuz gestattet eine sehr genaue und wenig ermüdende Ablesung.

Bild 7, das ebenfalls mit dem in Bild 6 dargestellten Steckschema aufgenommen wurde, zeigt die Kennlinien der Antiparallelschaltung von jeweils zwei Siliziumdioden und zwei Germanium-Golddrahtdioden auf einem Meßraster, der durch schnelles Umschalten der beiden Grobdekaden bei geöffnetem Verschluss der Kamera erzeugt wurde. Hierbei beträgt der Maßstab 1 mA senkrecht und 0,1 V waagrecht je Teilung.

Bild 8 ist ein schönes Beispiel dafür, wie mit dem Meßoszillographen gleichzeitig vier verschiedene Funktionen dargestellt werden können. Es handelt sich hierbei um die

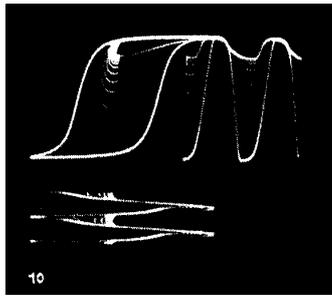


Bild 10. Funktionen an einem magnetischen Verstärker beim Durchsteuern:  $\Phi = \Phi(\Theta)$ ,  $\Phi = \Phi(t)$ ,  $\Theta = \Theta(t)$ .

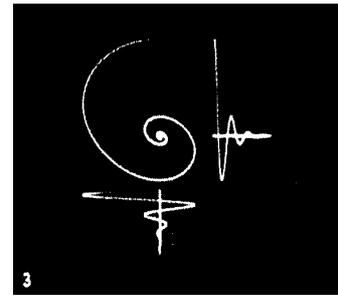


Bild 11. Entladung eines Kondensators über eine Luftspaltdrossel L:  $u_L = u_L(i_L)$ ,  $u_L = u_L(t)$ ,  $i_L = i_L(t)$ .

an einem Bandringkern gemessenen Funktionen  $B = B(H)$

links oben, rechts davon  $B = B(t)$ , darunter  $u \sim \frac{dB}{dt}(t)$  und

links davon  $H = H(t)$ . Da während der Aufnahme die Erregung verändert wurde, ergeben sich für jede Funktion Kurvenscharen. Aus dem Steckschema (Bild 9) geht hervor, daß der Zeittakt 1 die Funktion  $B = B(H)$ , also die Hysteresisschleife, schreibt. Beim Übergang auf den Takt 2 wird die x-Koordinate auf Kanal IV umgeschaltet, so daß die Abbildung der Funktion  $B = B(t)$  entsteht. Der Zeitablenk-Generator muß hierbei in der Frequenz richtig eingestellt und von der Meßspannung getriggert werden, während die Rücklaufverdunkelung abgeschaltet wird, damit auf der Hysteresisschleife kein Dunkelpunkt entsteht.

Takt 3 schreibt die Funktion  $H = H(t)$ , wobei die Zeitachse von unten nach oben läuft. Im 4. Takt wird die vor

dem Integrator abgenommene Spannung  $u \sim \frac{dB}{dt}(t)$  über

den Kanal  $y_{II}$  dargestellt. Die vier Funktionen sind mit Hilfe der Potentiometer 19 so gegeneinander verschoben, daß sie nicht ineinander geschrieben werden. Wichtig ist die Feststellung, daß gleiche Veränderliche in verschiedenen Funktionen auch in der Darstellung identisch sind und nicht gegeneinander verschoben sein können.

In Bild 10 sind, zum Unterschied von Bild 8, drei Funktionen dargestellt. Hierbei wird die Hysteresisschleife während eines Steuerzyklus zweimal geschrieben. Es handelt sich um Funktionen, die während des Durchsteuerns an einem magnetischen Verstärker aufgenommen wurden. Links oben ist dargestellt  $\Phi = \Phi(\Theta)$  rechts davon  $\Phi = \Phi(t)$  und darunter  $\Theta = \Theta(t)$ .

Für die Darstellung nichtperiodischer Funktionen gibt Bild 11 ein Beispiel. Es handelt sich um die Schwingung eines linearen, gedampften Schwingkreises. Links oben ist die Spannung an der Induktivität über dem Strom dargestellt, daneben die Spannung über der Zeit und darunter der Strom über der Zeit. Die Zeitachsen laufen hier beide von innen nach außen. Für die Aufnahme wurde der Steuer-generator auf 100 kHz Betriebsfrequenz geschaltet und der Zeitablenk-Generator von der Spannung  $u_L$  getriggert. Beim Einleiten der Schwingung durch Anschalten des geladenen Kondensators an die Induktivität wird der Zeitablenkgenerator selbständig ausgelöst, wobei der in der Ruhelage verdunkelte Strahl aufgehellt wird. Durch nochmalige Auslösung von Hand nach abgeklungener Schwingung werden die beiden Zeitachsen geschrieben.

### Zusammenfassung

Unter dem Namen Achtkanal-Meßoszillograph 022 wurde ein vielseitiger Elektronenstrahl-Oszillograph entwickelt, der über eingebaute elektronische Schalter mit 2 X 4 Kanälen verfügt. Mehrere Funktionen können gleichzeitig dargestellt und ihre Bilder mit hoher Genauigkeit verglichen und durch eingblendete Vergleichsspannungen unmittelbar ablesbar vermessen werden. Die Arbeitsweise des Gerätes wird an Hand eines vereinfachten Blockschaltbildes beschrieben und die Anwendung mit einigen Beispielen erläutert.