

radio  
**PRAKTIKER**  
bücherei

H. SUTANER

**Wie arbeite ich mit dem  
Elektronenstrahl-Oszillografen?**

**Franz**

# Die **Cellu-Bände** der Radio-Praktiker-Bücherei

Preis je Nr. 2.50 DM, Mehrfach-Nr. entsprechend. Preisänderungen vorbehalten.

**Vorläufiges Verzeichnis:** Verlangen Sie bitte ausführliche Verzeichnisse!

- 3 **UKW-FM-Rundfunk-Praktikum**  
5 (Herbert G. Mende). \*  
6. Aufl., 200 Seiten, 82 Bilder.
- 6 **Antennen für Rundfunk und Fernseh-Empfang** (Herbert G. Mende).  
11. Aufl., 68 Seiten, 36 Bilder, 8 Tab.
- 9 **Tonbandgeräte-Praxis** (Wolfgang  
10 Junghans). 9. Aufl., 128 Seiten,  
88 Bilder, 7 Tabellen.
- 11 **Mono-, Stereo- und Transistor-Mi-  
12 krofone.** Aufbau, Verwendung und  
Selbstbau (Fritz Kühne). 7. Auflage,  
116 Seiten, 71 Bilder, 3 Tabellen.
- 13 **Schliche und Kniffe für Radiopraktiker**  
Teil I. Erfahrungen aus Werkstatt  
und Labor (Fritz Kühne).  
8. Aufl., 64 Seiten, 56 Bilder.
- 14 **Wellen und Frequenzen für Rundfunk  
und Fernsehen.** Erzeugung, Ausbrei-  
tung und Bereichsaufteilung (Gustav  
Büscher). 3. Aufl., 72 Seiten, 57 Bil-  
der, 20 Tabellen.
- 16 **Widerstandskunde für Radio-Prakti-  
ker.** Die Festwiderstände in Berechn-  
ung und Anwendung (Georg Hoff-  
meister). 5. Auflage, 72 Seiten, 9 Bil-  
der, 2 Nomogr. und 6 Zahlentafeln.
- 18 **Radio-Röhren** (Herbert G. Mende).  
19 3. Aufl., 132 Seiten, 66 Bilder, 2 Tab.
- 20 **Methodische Fehlersuche in Rund-  
funkempfängern.** (Dr. A. Renardy).  
10. Aufl., 68 Seiten, 20 Bilder.
- 21 **Funktechniker lernen Formelrechnen**  
21a (Fritz Kunze). 6. Aufl., 128 S., 42 B.
- 22 **Lehrgang Radiotechnik Band I** (Ferd.  
23a Jacobs). 9. Aufl., 184 S., 151 Bilder.
- 24 desgl. Band II (Ferdinand Jacobs).  
25a 6. Aufl., 192 S., 150 Bilder, 3 Tab. \*
- 26 **Meß- und Schaltungspraxis für Heim-  
ton und Studio** (Fritz Kühne). 4. Aufl.,  
68 Seiten, 33 Bilder, 6 Tabellen.
- 27 **Rundfunkempfang ohne Röhren.** Vom  
27a Detektor zum Transistor (Herbert G.  
Mende). 11. Aufl., 128 Seiten, 94 Bil-  
der, 9 Tabellen.
- 28 **Die Glimmröhre und ihre Schaltungen**  
28b (O. P. Herrnkind). \*  
5. Aufl., ca. 190 Seiten, ca. 100 Bilder.
- 29 **Kleines ABC der Elektroakustik**  
30 (Gustav Büscher). 5. Aufl., 148 Seiten,  
131 Bilder, 52 Tabellen. \*
- 31 **Sender-Baubuch für Kurzwellen-  
32 Amateure I.** Teil (Ing. H. F. Stein-  
hauser). 9. Aufl., 128 S., 56 Bilder.
- 33 **Dioden-, Röhren- und Transistorvolt-  
35 meter** (Ing. Otto Limann).  
6. Aufl., 176 Seiten, 160 Bilder.
- 37 **Fehlersuche durch Signalverfolgung  
38 und Signalführung** (Dr. A. Renardy).  
5. Aufl., 136 Seiten, 72 Bilder,  
2 Tabellen.
- 41 **Kurzwellen- und UKW-Empfänger  
41a für Amateure** Band 1. Geradeaus-  
empfänger und Standardsuper  
(Werner W. Diefenbach). 10. Auflage,  
128 Seiten, 122 Bilder, 10 Tabellen. \*
- 42 desgl. Band 2. Spitzensuper und Transi-  
42a storenempfänger (Werner W. Diefen-  
bach). \* 128 S., 105 Bilder, 9 Tab.
- 43 **Musikübertragungs-Anlagen.**  
Planung, Aufbau und Wartung  
(Fritz Kühne). 4. Aufl., 72 Seiten,  
39 Bilder, 11 Tabellen.
- 44 **Kurzwellen-Amateurantennen**  
für Sendung und Empfang  
(W. W. Diefenbach). 7. Aufl., 80 Sei-  
ten, 94 Bilder, 10 Tabellen.
- 45 **UKW-Sender- und Empfänger-Bau-  
46 buch für Amateure** (Ing. H. F. Stein-  
hauser). 6. Aufl., 136 S., 90 Bilder.
- 47 **Reiseempfänger mit Transistoren**  
47a (H. Sutaner). 4. Aufl., 128 Seiten,  
86 Bilder und Schaltungen.
- 50 **Praktischer Antennenbau** (Herbert G.  
Mende). 11. Aufl., 72 Seiten, 38 Bilder,  
9 Tabellen.
- 55 **Fernsehtechnik von A bis Z** (K. E.  
56 Wacker / Joachim Conrad). 5. Aufl.,  
136 Seiten, 65 Bilder, 12 Tabellen. \*
- 58 **Morselehrgang** (Werner W. Diefen-  
bach). 7. Aufl., 68 Seiten, 20 Bilder.
- 59 **Funk-Entstörungs-Praxis** (Herbert G.  
Mende). 4. Aufl., 72 Seiten, 43 Bilder,  
6 Tabellen.
- 60 **Die Widerstand-Kondensator-Schal-  
tung.** Einführung in die RC-Schal-  
tungstechnik (Reinhard Schneider).  
5. Aufl., 68 Seiten, 58 Bilder, 3 Tab.
- 62 **Englisch für Radio-Praktiker** (Dipl.-  
62a Ing. W. Stellrecht und Dipl.-Ing. P.  
Miram). 3. Aufl., 112 Seiten.
- 66 **Sender-Baubuch für Kurzwellen-  
67 Amateure II.** Teil (Ing. H. F. Stein-  
hauser). 5. Aufl., 128 Seiten, 52 Bilder.

\* In Vorbereitung.

Fortsetzung auf der dritten Umschlagseite



250

# Wie arbeite ich mit dem Elektronenstrahl-Oszillografen?

Von  
**H. SUTANER**

*Mit 87 Bildern*

**5. Auflage**



**FRANZIS - VERLAG MÜNCHEN**

Verlag der G. Franz'schen Buchdruckerei G. Emil Mayer

## **Vorwort zur 5. Auflage**

Dieser Band ist so gut verkauft worden, daß nunmehr bereits die 5. Auflage nötig geworden ist. Er wird in zahlreichen Fach- und Ingenieurschulen, ja sogar an Hochschulen verwendet, weil er schnell mit der vielseitigen Arbeitsweise des Elektronenstrahl-Oszillografen vertraut macht. Dieses wichtige Gerät ist inzwischen weiter vervollkommenet worden. Anstelle der Wechselspannungsverstärker sind oft Gleichspannungs- oder Differenzverstärker eingebaut, Umschaltung von Schmal- auf Breitbandbetrieb ist in manchen Ausführungen vorgesehen. Synchronisation und Triggerung wurden weiter verbessert, so daß sehr stabile und ruhige Bilder auf dem Schirm erscheinen. Durch phasenkompensierte Taster können auch sehr hohe Spannungen (z. B. von Fernsehempfängern) erfaßt werden. Vollständige, weitgehend vorbereitete Bausätze mit eindeutigen Baubeschreibungen ermöglichen einen erfolgreichen Selbstbau von Elektronenstrahl-Oszillografen. Schließlich sind auch bereits vorwiegend mit Halbleitern bestückte Service-Geräte im Handel.

Die große Preiswürdigkeit dieses Bändchens hat viel zu seiner Verbreitung beigetragen. Von einer Erweiterung des Textes wurde daher abgesehen.

H. Sutaner

Umschlagbild nach einer Aufnahme von  
Carl Stumpf

**1967**

Sämtliche Rechte — besonders das Übersetzungsrecht — an Text und Bildern vorbehalten. Fotomechanische Vervielfältigung nur mit Genehmigung des Verlages. Jeder Nachdruck, auch auszugsweise, und jede Wiedergabe der Bilder, auch in verändertem Zustand, sind verboten.

Druck: G. Franz'sche Buchdruckerei G. Emil Mayer, München 37, Karlstraße 35  
Printed in Germany. Imprimé en Allemagne.

## Vorwort zur 1. bis 4. Auflage

Der Elektronenstrahl-Oszillograf ist seit 1945 zu einem hochwertigen und zuverlässigen Meßgerät entwickelt worden. Er sollte deshalb in keiner gut eingerichteten Instandsetzungswerkstatt fehlen. In Labors, denen die Entwicklung und Untersuchung elektronischer Geräte obliegt, ist er unentbehrlich, gestattet er doch das Beobachten zeitlich schnell ablaufender Vorgänge. Einfache und komplizierte Schwingungen aller Art lassen sich auf dem Bildschirm in einzelne stillstehende Kurven auflösen.

Das vorliegende Büchlein hat den Zweck, in das praktische Arbeiten mit dem Elektronenstrahl-Oszillografen (EO) einzuführen. Es geht nicht auf seine Schaltungstechnik ein, sondern will den Leser bei der Auswahl eines für seine Zwecke geeigneten Oszillografen beraten. Anhand von meist leicht aufzubauenden Schaltungen soll er mit der Arbeitsweise des Elektronenstrahl-Oszillografen und mit einfachen Untersuchungen bzw. Messungen sowohl auf dem niederfrequenten als auch auf hochfrequentem Gebiet vertraut gemacht werden.

Das Bändchen bot nicht den Raum, die heute weitverzweigten Gebiete der Oszillografen-Meßtechnik auch nur annähernd erschöpfend zu behandeln, hierzu muß auf die am Schluß des Buches angeführte Spezial-Literatur verwiesen werden. So konnte z. B. nicht auf die Fehlersuche im Rundfunk- und Fernsehgerät sowie auf elektroakustische Messungen eingegangen werden.

Das Studium des vorliegenden Bandes wird den verständnisvollen Leser aber befähigen, weitere Untersuchungen, Prüfungen und Messungen selbst durchzuführen, so daß ihm der Elektronenstrahl-Oszillograf ein unentbehrliches Hilfsgerät bei seinen Arbeiten wird.

H. Sutaner

# Inhalt

	Seite
1. Daten der Elektronenstrahl-Oszillografen und ihre Definition .....	5
2. Welchen Elektronenstrahl-Oszillografen soll man wählen?.....	7
3. Inbetriebnahme und Prüfung eines Oszillografen .....	10
4. Eichung des Oszillografen .....	15
a) Zweck der Eichung .....	16
b) Nachprüfung der Ablenkempfindlichkeit der im Oszillografen verwendeten Elektronenstrahlröhre ...	16
5. Wechselspannungsmessungen nach der Vergleichsmethode.....	18
6. Strommessungen .....	20
7. Frequenzmessungen .....	21
8. Frequenzbestimmung mit Lissajous-Figuren .....	25
9. Phasenmessungen .....	28
a) Phasenmessung mit Verstärker-Umschalter.....	31
b) Phasenmessung durch Lissajous-Figur (Ellipse) .....	32
10. Darstellung von Hysteresisschleifen .....	33
11. Aufnahme von Kennlinien .....	35
a) Aufnahme von Diodenkennlinien .....	35
b) Kennlinien von Verstärkerröhren .....	36
12. Zusammengesetzte und amplitudenmodulierte Schwingungen .....	39
13. Sichtbarmachung von Durchlaßkurven .....	43
14. Prüfung von Einzelteilen .....	48
15. Prüfung von Gleichrichtern und Siebketten .....	50
16. Messungen an Verstärkern .....	55
17. Frequenzzeichnung von Hf-Generatoren .....	57
Literaturübersicht .....	61
Stichwortverzeichnis .....	62

# 1. Daten der Elektronenstrahl-Oszillografen und ihre Definition

(Nach Empfehlungen der im Arbeitskreis *Oszillografen* der Fachabteilung *Elektrische Meßtechnik* des *Zentralverbandes der elektrotechnischen Industrie (ZVEI)* zusammengeschlossenen Firmen und nach DIN 43740)

Begriff	Maßeinheit	Definition
<b>1. Elektronenstrahlröhre</b>		Angabe des Röhrentyps
a) Schirmdurchmesser	cm	Zur Kennzeichnung wird der Schirmdurchmesser in cm, der Planschirm durch p, der gewölbte Schirm durch w angegeben. Der maximal ausnutzbare Schirmdurchmesser bzw. die nutzbare Schirmfläche ist den Daten der Röhrenhersteller zu entnehmen
b) Leuchtfarbe		Leuchtfarbe (blau oder grün) und Nachleuchten sind für die Normalausführung anzugeben, meist wird auch der Abfall auf 1% der Anfangshelligkeit in ms oder s genannt
c) mittlere Nachleuchtdauer	sehr kurz kurz mittel, lang, sehr lang	
d) Anodenspannung	V	Spannung zwischen Katode und derjenigen Elektrode der Elektronenstrahlröhre, die etwa auf dem Potential der Ablenkplatten liegt
e) Gesamtbeschleunigungsspannung	kV	Spannung zwischen Katode und Bildschirm. Sie ist maßgebend für die Bildhelligkeit. Nachbeschleunigung ist die von der Elektrode nach 1d bis zum Schirm durchlaufene Spannung
f) Ablenkfaktor <sup>1)</sup>		Die für 1 cm Strahlauslenkung an den Y- oder X-Platten notwendige Spannungsänderung
für Y-Richtung	$V_{ss}/\text{cm}$	Y = senkrecht (vertikal)
für X-Richtung	$V_{ss}/\text{cm}$	X = waagrecht (horizontal)
		$V_{ss}$ = Wechselspannung von Spitze zu Spitze in V
<b>2. Y-Verstärkung</b>		Angabe der Art des Verstärkers, z. B. Gleichspannungsverstärker, Wechselspannungsverstärker

<sup>1)</sup> Oft wird anstatt „Ablenkfaktor“ in Prospekten „Ablenkempfindlichkeit“ mit der Maßeinheit  $V_{ss}/\text{cm}$  genannt. Das ist jedoch nicht richtig. Die Maßeinheit für die Ablenkempfindlichkeit ist  $\text{mm}/V_{ss}$  oder  $\text{cm}/V_{ss}$ . Der Ablenkfaktor ist der reziproke Wert der Ablenkempfindlichkeit.

Begriff	Maßeinheit	Definition
a) Ablenkfaktor	$mV_{ss}/cm$	Die für 1 cm Strahlauslenkung notwendige Eingangsspannung bei voller Verstärkung
b) Frequenzbereich	Hz	In dem angegebenen Frequenzbereich soll die Verstärkung nicht mehr als um 3 dB (etwa 30%) von der mittleren Verstärkung abweichen
c) Abschwächer Stufen, stetig		Spannungsteiler oder sonstige Einrichtungen zur Verstärkungsänderung
d) Eingangsimpedanz	$M\Omega \parallel pF$	Belastung des Meßobjektes durch den Verstärkereingang
e) Anstiegszeit	$\mu s$	Die Zeit, die der Verstärker benötigt, um der Amplitude eines idealen Rechtecksprunges von 10 bis zu 90 % zu folgen
f) Überschwingen	%	Überschwingen über das Dach eines Rechteckimpulses
g) Dachschräge bei 10 ms Dachlänge	%	Verhältnis vom Dachabfall zur Rechteckhöhe
h) Linearitätsabweichung	%	Änderung des Ablenkfaktors bei 75 % des Aussteuerbereiches gegenüber dem Ablenkfaktor bei einer Aussteuerung von 25 %, gültig im mittleren Frequenzbereich
Aussteuerbereich	cm	Shieldamplitude
Vergrößerung	-fach	Innerhalb des zulässigen Aussteuerbereiches
i) Tastkopf		Angabe der Art des Tastkopfes, z. B. Tastspitze, Tastrichter (Gleichrichter mit Kondensator zur Demodulation eines Trägers, Frequenzbereich sollte möglichst angegeben werden), Tastteiler (Breitbandspannungsteiler), Tastverstärker (Vorverstärker)
k) Signalverzögerung	$\mu s$	Angabe, ob eine Verzögerungseinrichtung (LC-Kette oder Kabel) eingebaut ist und welche Verzögerung diese bewirkt
l) Eichspannung	$V_{ss}$	Angabe der Eichspannung und ihrer Genauigkeit
3. X-Verstärkung		Angaben wie gemäß Ziffer 2 zur Y-Verstärkung
4. Zeitablenkung		Angabe der Art der Zeitablenkung, z. B. selbstschwingende, gesteuerte (getriggerte) und einmalige Zeitablenkung
a) Frequenz	Hz	Anzahl der Zeitlinienabläufe pro Sekunde bzw. Millisekunde eines selbstschwingenden Kippgerätes

Begriff	Maßeinheit	Definition
b) Zeitmaßstab	s/cm	An Stelle oder neben der Frequenz kann der Zeitmaßstab angegeben werden, der für die zeitliche Auslösung des Meßvorganges bestimmend ist
c) Eichung	s oder Hz	Angabe der Eichzeiten oder Eichfrequenzen und ihrer Genauigkeit
5. Triggerung		Gesteuerte Zeitablenkung, bei der jeder einzelne Ablenkvorgang zwangsweise in regelmäßiger oder unregelmäßiger Folge ausgelöst wird
a) Folgefrequenz	Hz	Frequenzbereich, in dem Triggerung möglich ist
b) Empfindlichkeit extern	$V_S$	Erforderlicher Spannungsschätzwert (Polarität) zur Fremd-Synchronisierung oder -Triggerung (hierzu kann auch der Frequenzbereich angegeben werden)
c) Empfindlichkeit intern	cm	Erforderliche Mindestbildhöhe zur Synchronisierung oder Triggerung durch die Signalspannung
d) Eingangs-impedanz	$M\Omega \parallel pF$	Belastung der Signalquelle durch die Synchronisier- oder Trigger-Eingangsschaltung
6. Röhren		Angabe der Röhrenbestückung

## 2. Welchen Elektronenstrahl-Oszillografen soll man wählen?

Entscheidend für die Auswahl eines Oszillografen ist vor allem der Verwendungszweck, erst in zweiter Linie der Preis. Für den Service wird man einen kleinen handlichen Typ bevorzugen, der nicht zu schwer ist und sich überall mitnehmen läßt, damit man beim Kunden die erforderlichen überschlägigen Messungen und Beobachtungen durchführen kann. Eine Elektronenstrahlröhre mit 7 cm Schirmdurchmesser genügt für diese Zwecke.

Soll der Oszillograf dagegen in der Werkstatt oder im Labor verbleiben, dann empfiehlt sich ein größerer und hochwertiger Typ, der eine Röhre mit größerem Schirmdurchmesser (10 oder 13 cm) enthält. Es ist nützlich, sich an Hand der von den Herstellern ausgegebenen Prospekte eingehend zu orientieren, denn

in diesen wird auch mit auf die Verwendungsmöglichkeiten eingegangen.

Da man sich wohl meist auf eine direkte Beobachtung beschränkt, ist eine grüne Farbe des Leuchtschirmes zu bevorzugen, nur in den Fällen, wo man auch fotografische Aufnahmen machen will, sollte ein blauer Leuchtschirm gewählt werden. Schließlich gibt es Leuchtschirme mit langer und sehr langer Nachleuchtdauer, damit langsame Vorgänge beobachtet werden können. Um das Schirmbild aufzuhellen, kann auch eine Nachbeschleunigung eingebaut sein.

Die heute üblichen Oszillografen arbeiten alle mit statischer Ablenkung. Von den teureren Zwei- oder Mehrstrahlröhren ist man ziemlich abgekommen. Um mehrere Vorgänge gleichzeitig beobachten zu können, wurden preiswerte Zusatzgeräte (Elektronenschalter) geschaffen, die das gleichzeitige Oszillografieren zweier oder mehrerer Vorgänge gestatten.

Eine Röhre mit Planschirm erleichtert die Auswertung und erhöht daher die Meßgenauigkeit. Sie liefert auch bessere Fotos. Vorteilhaft ist, wenn der Oszillograf eine Rasterscheibe vor dem Bildschirm und einen herausziehbaren geschwärtzten Tubus besitzt, damit sich die Schirmbilder leichter auswerten und auch bei Tageslicht gut beobachten lassen.

Ob die Röhre mit symmetrischer oder asymmetrischer Ablenkung arbeitet, spielt kaum eine Rolle.

Gastrioden (Thyratrons) werden in modernen Oszillografen nicht mehr verwendet. Die Kippspannung für die Zeitablenkung wird vielmehr durch Multivibratorschaltungen mit Hochvakuumröhren erzeugt. Wegen seines einfachen Aufbaues findet man oft auch das Miller-Transitron<sup>1)</sup> mit seinen Abarten (Phantastron<sup>2)</sup>, Sanatron usw.). Mit ihm lassen sich sehr lineare Hinlaufkurven erzielen.

Die Frequenz der Kippspannung kann man stets grob- und feinstufig einstellen. Oszillografen, die speziell für Niederfrequenzmessungen bestimmt sind, haben z. B. einen Kippfrequenzbereich von 0,1 Hz...15 kHz. Solche für Hochfrequenz-

---

1) Mende, Herbert, G., Teilchenbeschleuniger, II. Lineare Beschleuniger, FUNKSCHAU 1954, Ingenieur-Beilage Nr. 6, S. 46.

2) Hille, Gerhard, Ing., Das Phantastron — ein vielseitiger Kippgenerator, FUNKSCHAU 1955, Ingenieur-Beilage Nr. 8, S. 57.

messungen möchten dagegen eine Kippfrequenz erzeugen, die sich kontinuierlich von etwa 10 Hz...200 kHz oder sogar bis 500 kHz erstreckt. Je höher die erreichbare Kippfrequenz ist, desto höhere Frequenzen lassen sich in gut sichtbare Einzelkurven auflösen. Für den Service (auch für Fernsehen) kommt man jedoch mit Kippfrequenzen bis 70 kHz bereits aus, weil es meist genügt, ganze Kurvenzüge auf dem Bildschirm erscheinen zu lassen.

In den Prospekten der Oszillografen wird oft angegeben, um das Wievielfache des Bildschirmdurchmessers die Amplitude der Kippspannung erhöht werden kann. Hierdurch läßt sich manchmal eine wünschenswerte Zeitdehnung erreichen, durch die sich Ausschnitte einer Schwingungskurve bzw. Schwingungen höherer Frequenzen bei beschränktem Kippfrequenzbereich noch gut sichtbar auflösen lassen.

Stets kann die Zeitablenkung mit der angelegten Meßwechselspannung synchronisiert werden. Außerdem ist Synchronisation (Gleichlaufzwang) mit der Netzspannung oder einer Fremdspannung möglich. Meist liegt die Kippspannung an einem besonderen Buchsenpaar, an dem man einen Wobbler oder Rechteckgenerator anschließen kann, um den Meßvorgang mit der Zeitablenkung in Gleichlauf zu bringen.

Hochwertige Elektronenstrahl-Oszillografen besitzen die Möglichkeit des „Triggerns“. Bei diesen wird die Kippspannung nicht in Frequenzen, sondern im Zeitmaßstab pro cm angegeben, z. B. einstellbar zwischen 15 ms/cm und 0,5  $\mu$ s/cm.

Im allgemeinen liefern die in Oszillografen vorhandenen Kippgeräte Sägezahnspannungen, deren (längerer) Anstieg für den Hinlauf und deren (kürzerer) Abfall für den Rücklauf des Elektronenstrahls ausgenutzt wird. Diese Spannungen werden durch einen eingebauten Horizontalverstärker (X-Verstärker) hinreichend verstärkt, dessen Eingang an einem Buchsenpaar liegt, das als *X-Eingang* bezeichnet ist. Bei vielen Modellen ist der Kippverstärker auch abschaltbar. Er wird so bemessen, daß er die zu verarbeitenden Kippfrequenzen linear verstärkt.

Auch für die senkrechte Auslenkung des Elektronenstrahls soll ein Verstärker eingebaut sein, damit man kleine Spannungen in ausreichender Größe auf dem Bildschirm wiedergeben

kann. Die Bandbreite des Y-Verstärkers ist ausschlaggebend für die Güte des Oszillografen. Unter Bandbreite versteht man hier den Bereich, in dem der Verstärker alle Frequenzen gleichmäßig verstärkt, wobei an den Bereichsenden ein Abfall um 30 oder 50 % (−3 oder −6 dB) zugelassen wird. Wichtig ist außerdem, daß der Y-Verstärker die Schwingungen phasentreu verstärkt, damit ihre Kurvenform auf dem Schirmbild nicht verfälscht wird. Die oberen Grenzfrequenzen von Breitband-Oszillografen liegen über 10 MHz. Kleinere Typen reichen bis etwa 3 MHz.

Auf Zusatzeinrichtungen gehen wir von Fall zu Fall bei der Beschreibung der Arbeitsvorgänge ein.

Schließlich ist noch die Eingangsimpedanz eines Elektronenstrahl-Oszillografen von Interesse. Je geringer die Eingangskapazität und je höher die Eingangsimpedanz eines Oszillografen sind, desto weniger belastet der Oszillograf das Meßobjekt.

### 3. Inbetriebnahme und Prüfung eines Oszillografen

Ein Beispiel für die Anordnung der Bedienungsknöpfe und Schaltbuchsen auf der Frontplatte eines Elektronenstrahl-Oszillografen ist in **Bild 1** wiedergegeben. Die Regler für die horizontale bzw. vertikale Bildverschiebung gestatten es, das Bild nach oben oder unten bzw. nach rechts oder links aus der Nulllage zu verschieben. Der Helligkeitsregler ist mit dem Netzschalter kombiniert. Mit den unteren Horizontal- bzw. Vertikalabschwächern läßt sich die Verstärkung der eingebauten Verstärker grob und dann mit den oberen stufenlos fein regeln, also die Breite und Höhe des Schirmbildes genau einstellen. Auch für die Zeitbasisfrequenz sind eine Grobregelung und eine Feinregelung vorgesehen, damit die Frequenzbereiche lückenlos erfaßt werden können. Der Wahlschalter für die Horizontalablenkung (*Defl. Hor.*) ermöglicht eine Steuerung der Zeitbasis extern, mit Netzspannung oder mit der vom Oszillografen gelieferten Kippspannung. Die externe Zeitbasissteuerung ist an die Buchsen *X-Eingang* anzuschließen. Mit

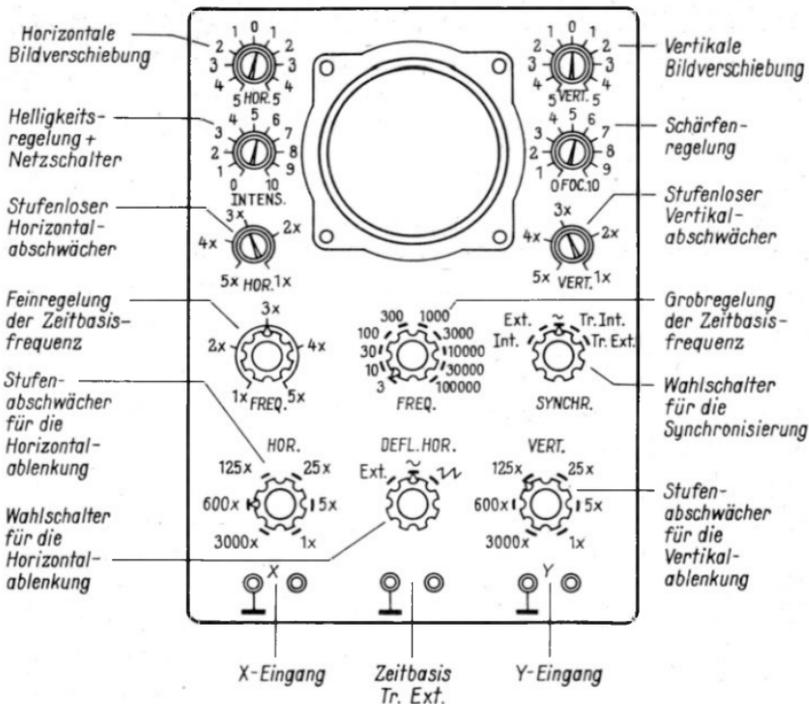


Bild 1. Frontplatte eines Elektronenstrahl-Oszillografen als Beispiel für die Anordnung der Bedienungsknöpfe und Anschlußbuchsen

Hilfe des Wahlschalters kann die Synchronisation intern, extern, mit Netzfrequenz, intern getriggert und extern getriggert erfolgen. In der Stellung *extern* wird die Synchronisierungsspannung an den Buchsen *X-Eingang* zugeführt, in der Stellung *Tr. Ext.* jedoch an den Buchsen *Zeitbasis Tr. Ext.*<sup>1)</sup>.

In ähnlicher Weise sind die Drehknöpfe und Anschlußbuchsen auch bei anderen Oszillografen angeordnet. Auf der Rückseite befinden sich außerdem noch Buchsen oder Schraubklemmen für den unmittelbaren Anschluß der Ablenkplatten und der eingebauten Elektronenstrahlröhre. Alle Regler und

1) Es sei darauf hingewiesen, daß die Frontplatten verschiedener Fabrikate unterschiedliche Bezeichnungen aufweisen, die mit den hier genannten nicht wörtlich, wohl aber dem Sinne nach übereinstimmen.

Buchsen sind eindeutig bezeichnet, so daß man sich an Hand der jedem Oszillografen beigegebenen Gebrauchsanweisung, die sorgfältig zu lesen und zu beachten ist, gut zurechtfindet.

### **Ohne Erdung stets falsche Messung!**

Bei allen Elektronenstrahl-Oszillografen ist der Pluspol der Betriebsspannung mit der Erdbuchse verbunden. Meist ist für das Erden noch eine besondere Erdklemme vorgesehen, an die unbedingt eine gute Erde anzuschließen ist. Sonst erhält man durch unkontrollierbare Fremdspannungen hervorgerufene Kurvenverzerrungen.

### **Helligkeit nie größer einstellen, als zur einwandfreien Beobachtung nötig ist!**

Der Helligkeitsregler ist meist mit dem Netzschalter gekuppelt. Nach 30...60 Sekunden Anheizzeit erscheint das Bild auf dem Bildschirm. Bei zu weit aufgedrehtem Helligkeitsregler wird die Leuchtmasse des Schirmes überlastet und bald verbraucht, Punkte oder Striche werden eingebrannt, und der Leuchtschirm läßt an diesen Stellen an Helligkeit nach. Zur Schonung des Leuchtschirms gewöhne man sich daher daran, beim Unterbrechen des Messens den Helligkeitsregler zurück-zudrehen.

### **Leuchtpunktschärfe**

Bei Abschaltung aller Ablenkspannungen erscheint auf dem Bildschirm ein Leuchtpunkt, dessen Schärfe an einem Potentiometer mit der Bezeichnung *Focus* eingestellt werden kann. Der Punktdurchmesser beträgt etwa 0,5...1 mm (Vorsicht, daß Punkt nicht einbrennt!).

### **Nullpunktverschiebung**

Außerordentlich nützlich sind die Regler für die horizontale und vertikale Bildverschiebung. Hierdurch kann das Bild an jede beliebige Stelle des Leuchtschirms gebracht werden, so daß sich bestimmte Kurventeile oder Kurven, die nur einen positiven oder negativen Anteil haben, unter bester Ausnutzung des Bildschirmes beobachten lassen.

## Horizontalablenkung

Um zeitabhängige Kurven zu erhalten, muß man den Strahl zunächst in waagerechter Richtung ablenken. Hierzu kann mit Hilfe eines Wahlschalters die im Oszillografen erzeugte Kippspannung, die Netzwechselfspannung von 50 Hz oder eine Fremdspannung an das waagerechte Plattenpaar gelegt werden. Durch die Ablenkspannung erscheint ein waagerechter Strich auf dem Leuchtschirm. Nur bei ganz niedrigen Frequenzen (etwa bis 20 Hz) vermag das Auge noch dem Hin- und Rücklauf der Leuchtpunkte zu folgen.

Die interne Zeitbasisfrequenz (Kippfrequenz) kann mit einem Stufenschalter grob und mit einem Potentiometer kontinuierlich fein eingestellt werden.

## Vertikalablenkung

Die Meßspannung wird an die Buchsen mit der Bezeichnung *Y-Eingang* oder *Vertikal-Eingang* geschaltet.

## Bildbreite und Bildhöhe

Damit der Leuchtschirmdurchmesser möglichst gut ausgenutzt werden kann, was im Interesse der Bildauflösung stets ratsam ist, enthält der Oszillograf eingebaute Verstärker, die die Amplituden der zugeführten bzw. im Oszillografen erzeugten Wechselfspannungen hinreichend verstärken. Im Eingang dieser Verstärker befinden sich *Stufenabschwächer*, mit denen der Verstärkungsgrad grob eingestellt werden kann, im Bild 1 z. B. in sechs Stufen. Außerdem sind *Feinabschwächer* vorhanden, mit denen die Verstärkung zusätzlich stufenlos geschwächt werden kann. Mit Hilfe dieser Abschwächer lassen sich Bildbreite und Bildhöhe bequem einregeln.

## Umschaltbare Bandbreite

Kleinere Oszillografen besitzen manchmal eine Umschaltung des Y-Verstärkers. In der Stellung *Schmalband* wird eine hohe Verstärkung bei geringer Bandbreite erzielt, während in der Stellung *Breitband* mit geringerer Amplitude auch sehr hohe Frequenzen einwandfrei verstärkt werden.

## Verhältnis der Kippfrequenz zur Frequenz der Meßspannung

Man erhält nur dann stehende Kurvenzüge auf dem Bildschirm, wenn die Kippfrequenz in ein brauchbares Verhältnis zur Frequenz der Meßspannung gebracht worden ist, und zwar muß die Meßfrequenz ein ganzzahliges Vielfaches oder gleich der Kippfrequenz sein, wenn man Kurvenzüge oder eine Periode abbilden will. Zweckmäßig beginnt man mit der Beobachtung von Wechselspannungen niedriger Frequenz.

## Synchronisation

Um ein ständiges langsames Wandern eines erscheinenden Kurvenzuges von links nach rechts über den Bildschirm oder umgekehrt zu verhindern — das Bild also zuverlässig zum Stehen zu bringen —, bedient man sich des *Gleichlaufzwanges* (der *Synchronisation*) des Kippgeräts. Hierzu ist ein Wahlschalter vorhanden, mit dem bestimmt werden kann, ob der Gleichlauf *Intern* von der Meßspannung selbst (Eigensynchronisierung), *Extern* durch eine von außen zugeführte Fremdspannung (Fremdsynchronisierung) oder durch die Netzwechselspannung (Netzsynchronisierung) erzwungen werden soll. Im Bild 1 ist außerdem eine Synchronisation durch eine interne Trigger-Einrichtung oder durch externe Triggerung möglich. Manche Oszillografen besitzen auch noch einen Regler, an dem die Stärke des Gleichlaufzwanges eingestellt werden kann.

## Helligkeitsmodulation

Viele Oszillografen erlauben heute eine Helligkeitsmodulation (auch Strahlmodulation genannt). Hierzu wird der Elektronenstrahl mit einer Fremdspannung bekannter Frequenz moduliert, so daß die Helligkeit des Strahles periodisch verändert wird. Im Kurvenzug erscheinen dann Dunkelmarken, deren Zahl und Abstand Aufschluß über die Zeitwerte des Meßvorganges geben. Die Fremdspannung wird entweder im Oszillografen selbst erzeugt oder über eine Buchse von außen zugeführt.

## Triggern

Diese modernste Methode zur Beobachtung von Vorgängen beruht darauf, daß der Horizontalablenkungsteil des Elek-

tronenstrahl-Oszillografen nicht mehr selbständig kippt, sondern daß der zu untersuchende Vorgang selbst erst den Kippvorgang auslöst. Hierdurch wird erreicht, daß die Kippfrequenz genau der Folgefrequenz des zu untersuchenden Vorganges entspricht, denn das Kippgerät wird lediglich von der Meßfrequenz gesteuert. Unklare Kurvenbilder und Überschneidungen sind nicht mehr möglich. Weiter läßt sich nach dieser Methode die Hinlaufgeschwindigkeit so erhöhen, daß der zu untersuchende Vorgang auf dem Leuchtschirm gedehnt erscheint. Erst wenn der Meßvorgang abgelaufen ist, kehrt das Kippgerät in seine Ruhestellung zurück und „wartet“ so lange, bis es vom nächsten Impuls ausgelöst wird. Die durch die Meßfrequenz bestimmte Kipperiode setzt sich also aus dem Rücklauf, dem beliebig schnellen Hinlauf und der Wartezeit zusammen. Die Summe aller drei Komponenten entspricht der Grund-Periodendauer des gesamten Meßvorgangs.

#### 4. Eichung des Oszillografen

Bevor man mit einem Elektronenstrahl-Oszillografen zu arbeiten beginnt, ist es nützlich, ihn zu eichen. Hierzu lassen sich entweder Gleichspannungen oder Wechsellspannungen zum Vergleich heranziehen. Außerdem muß ein gutes, möglichst genaues Meßinstrument vorhanden sein. Hat der Oszillograf bereits eine Rasterscheibe, so kann diese zur Eichung benutzt werden. Andernfalls ist durchsichtiges Millimeterpapier zu verwenden, das man genau dem Bildausschnitt der Oszillografen-Röhre entsprechend kreisrund ausschneidet und auf den Bildschirm klebt. Der Klebstoff ist ganz dünn und nur an vier Randstellen aufzubringen, damit das Papier später leicht wieder entfernt werden kann. Beim Ausschneiden des Millimeterpapiers ist natürlich darauf zu achten, daß der Kreuzungspunkt von zwei dicken Linien im Mittelpunkt des Kreises und damit auch des Bildschirms liegt.

Zur Kontrolle läßt man den Leuchtfleck auf dem Bildschirm unter Abschaltung der X- und Y-Strahlauslenkung erscheinen. (Achtung! Nur kurzzeitig mit möglichst geringer Helligkeit einstellen, damit der Leuchtfleck auf dem Bildschirm nicht ein-

brennt!) Wenn nötig, ist der Leuchtfleck mit Hilfe der Bildlageregler (Höhen- und Seitenregler) genau mit dem Mittelpunkt des Rasters zur Deckung zu bringen.

#### a) Zweck der Eichung

Zum Messen von Gleichspannungen reichen meist normale Drehspulmeßwerke ( $330 \Omega/V$  und mehr) aus. Zum Messen von Wechselspannungen im Nf- und Hf-Gebiet werden im allgemeinen hochohmige Drehspulmeßwerke ( $10 k\Omega/V$  und mehr) mit eingebauten Vorschaltgleichrichtern oder Röhrenvoltmeter benutzt, weil sich mit diesen solche Messungen sehr einfach durchführen lassen. Es genügt daher völlig, den Oszillografen nur grob zu eichen, damit man sich anhand der Strahlauslenkung ungefähr über die Größe der angelegten Spannungen orientieren kann. Will man einen Oszillografen möglichst genau nach Spannungen eichen, dann muß man einen Netzkonstanthalter vorschalten, wenn im Oszillografen selbst die Netzspannung nicht stabilisiert ist. Alsdann läßt sich eine Ablesegenauigkeit  $< 2\%$  erreichen.

#### b) Nachprüfung der Ablenkempfindlichkeit der im Oszillografen verwendeten Elektronenstrahlröhre

Die für Elektronenstrahlröhren in den Röhrenlisten angegebenen Ablenkempfindlichkeiten bzw. Ablenkfaktoren sind nur Richtwerte; die wahren Werte weichen bei jeder Röhre von diesen Richtwerten etwas ab. Um sich mit dem Eichvorgang einzuarbeiten, ist es daher ratsam, zunächst die Ablenkempfindlichkeit der im Oszillografen befindlichen Elektronenstrahlröhre nachzuprüfen.

1. Zweckmäßig verwenden wir Wechselspannung 50 Hz, die wir über einen kleinen Netztransformator mit einer Anodenspannungswicklung von z. B. 250 V dem Lichtnetz entnehmen. Die einfache Schaltung gibt **Bild 2** wieder.

Alle Oszillografen haben Anschlüsse für die Ablenkplatten an der Rückseite, dort kann die Vergleichsspannung bequem angelegt werden.

2. Da die effektiven Spannungen zur ausreichenden Strahlablenkung unter 100 V liegen, empfiehlt es sich, dem Potentio-

meter P einen Festwiderstand  $R_V$  vorzuschalten, um die Spannung bequemer und genauer abgreifen zu können.

Das Potentiometer kann einen beliebigen Wert haben. Wir wählen z. B. ein Potentiometer  $P = 50 \text{ k}\Omega$ , einen Festwiderstand  $R_V = 100 \text{ k}\Omega$  und stellen P mit Hilfe des Wechselspannungsvoltmeters (Effektivwertanzeige) so ein, daß auf dem Bildschirm eine senkrechte Linie von gut meßbarer Länge erscheint, die nicht über den ebenen Bereich des Schirmes hinausreichen soll.

3. Die beiden Endpunkte der vertikalen Linie werden auf dem Millimeterpapier mit Bleistift markiert.

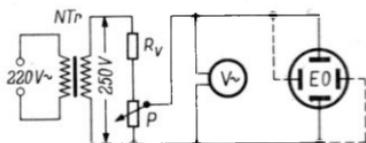


Bild 2. Schaltung zur Nachprüfung der Ablenkempfindlichkeit einer Elektronenstrahlröhre

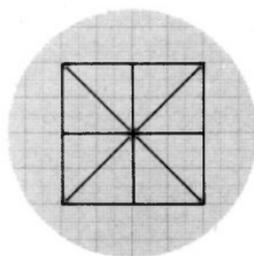


Bild 3. Konstruiertes Rasterbild

4. Nun schalten wir die Y-Platten ab und legen die gleiche Wechselspannung an die X-Platten (Platten für die horizontale Ablenkung). Es gelten die gestrichelten Linien in Bild 2. Die nunmehr erscheinende waagerechte Linie wird trotz gleicher Ablenkspannung kürzer als die gehabte senkrechte Linie sein. Das beruht darauf, daß die Y-Platten der Röhrenkatode näher sind als die X-Platten, deren Ablenkempfindlichkeit kleiner ist. Wir erhöhen also die Spannung, bis die waagerechte Linie die gleiche Länge wie die gehabte senkrechte erreicht.

5. Die Endpunkte der Horizontalen markieren wir ebenfalls mit Bleistift auf dem Millimeterpapier, das wir nunmehr vom Bildschirm ablösen, damit wir die markierten Endpunkte zu einem Kreuz verbinden und schließlich ein Quadrat nach Bild 3 konstruieren können, in das wir auch die Diagonalen mit einzeichnen können.

6. Die Länge der beiden Kreuzlinien stellt jedoch nicht den Effektivwert, sondern den Spitze-Spitze-Wert, also die doppelte

Amplitude der angelegten Spannung dar, das ist das  $2 \cdot \sqrt{2}$ -fache = 2,83fache des Effektivwertes. Um die vertikale bzw. horizontale Ablenkempfindlichkeit der Elektronenstrahlröhre in mm/V zu erhalten, müssen wir die Länge der vertikalen bzw. horizontalen Linie durch das 2,83fache des Effektivwertes der Spannung teilen, die wir zur Eichung benutzt haben.

*Beispiel:* Unser Oszillograf sei mit der Elektronenstrahlröhre DG 7—32 ausgerüstet, die einen Schirmdurchmesser von 7 cm aufweist. Wir können dann die Vertikale sowie die Horizontale auf je 4 cm Länge bringen und nehmen an, wir brauchten auf Grund der Ablesung auf der Skala unseres Wechselspannungsvoltmeters effektive Spannungen von 40 V für die Vertikale und 63 V für die Horizontale. Dann ergeben sich

$$\text{Vertikale Ablenkempfindlichkeit zu } \frac{40 \text{ mm}}{2,83 \cdot 40 \text{ V}} = 0,353 \text{ mm/V,}$$

$$\text{Horizontale Ablenkempfindlichkeit zu } \frac{40 \text{ mm}}{2,83 \cdot 63 \text{ V}} = 0,224 \text{ mm/V.}$$

Die reziproken Werte dieser Resultate ergeben

den vertikalen Ablenkfaktor zu 28,3 V/cm,  
den horizontalen Ablenkfaktor zu 44,5 V/cm.

Diese Werte entsprechen ungefähr den für die DG 7—32 von Valvo angegebenen Daten.

Ein 20 mm langer Strich bedeutet also senkrecht  $20 V_{\text{eff}}$  oder  $20 \cdot 2,83 V_{\text{ss}}$  = 56,6  $V_{\text{ss}}$  und horizontal  $31,5 V_{\text{eff}}$  oder  $31,5 \cdot 2,83 V_{\text{ss}}$  = 89  $V_{\text{ss}}$ .

## 5. Wechselspannungsmessungen nach der Vergleichsmethode

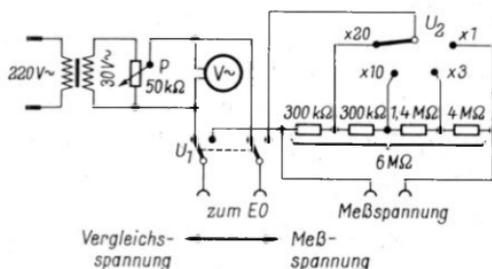
Die vorbeschriebene Eichung zur Nachprüfung der Daten der eingebauten Elektronenstrahlröhre dient lediglich zur Übung; einen großen praktischen Wert hat sie nicht, selbst wenn man sich die Mühe macht, ein Koordinatennetz anzufertigen, dessen Y-Achse nach  $V_{\text{eff}}$ <sup>1)</sup> oder  $V_{\text{ss}}$  geteilt wird. Zweckmäßiger arbeitet man bei Spannungsmessungen nach der Vergleichsmethode. Hierzu ist ein einfaches Zusatzgerät aufzubauen, mit dem man rasch durch Umschaltung eine dem Wechselspannungsnetz entnehmbare Eichspannung so einregeln kann, daß

1) Strenggenommen werden sowohl effektive Spannungen als auch Spitze-Spitze-Spannungen in „Volt“ angezeigt, denn es gibt nur eine Spannungseinheit „Volt“. Der Kürze halber haben sich aber die Indices „eff“ und „ss“ zur Unterscheidung eingebürgert.

sie die gleiche vertikale Strahlauslenkung wie die Meßspannung hervorruft. Die Größe der Eichspannung kann in einem Meßwerk, dessen Skala in  $V_{\text{eff}}$  oder  $V_{\text{SS}}$  (bzw.  $mV_{\text{SS}}$ ) geeicht ist, unmittelbar abgelesen werden.

**Bild 4** zeigt die Schaltung eines in  $V_{\text{eff}}$  geeichten Vergleichsspannungs-Meßgeräts (VMG), mit dem man die Effektivwerte von Wechselspannungen von einigen Volt bis 600 Volt messen

Bild 4. Schaltung eines einfachen Vergleichsspannungs-Meßgeräts für effektive Wechselspannungen



kann. Das Gerät ist für Elektronenstrahlröhren ausgelegt, die mit  $30 V_{\text{eff}}$  brauchbar ausgesteuert werden, u. U. mit dem eingebauten Vertikalverstärker. Das Voltmeter  $V$  ist in  $V_{\text{eff}}$  von  $0...30 V_{\text{eff}}$  geeicht (30teilige Skala mit entsprechender Unterteilung).

Das VMG wird an das Netz, Meßspannung und Oszillograf werden an das VMG angeschlossen. Am VMG sind  $U_1$  auf Meßspannung und  $U_2$  zunächst auf  $\times 20$  eingestellt.

Meist kann der Y-Eingang des Oszillografen benutzt werden (größte Abschwächung des Y-Verstärkers einstellen). Die X-Ablenkung ist abzuschalten.  $U_2$  und — wenn nötig — auch der Y-Abschwächer sind nun so einzuregulieren, daß die Meßspannung auf der Rasterscheibe des Bildschirms einen Strich ausreichender Länge hervorruft. Dann wird  $U_1$  auf „Vergleichsspannung“ umgeschaltet und das Potentiometer  $P$  so eingestellt, daß die Vergleichsspannung einen Strich gleicher Länge wie den der Meßspannung erzeugt. Die an dem Voltmeter  $V$  angezeigte Spannung (multipliziert mit dem Faktor der  $U_2$ -Einstellung) entspricht dann der Meßspannung.

Mit diesem Gerät können also auch Wechselspannungen gemessen werden, die wesentlich über dem Aussteuerbereich der

Elektronenstrahlröhre liegen. Durch den Spannungsteilerwiderstand von insgesamt  $6\text{ M}\Omega$  wird die Meßspannung kaum belastet. Anstatt in  $V_{\text{eff}}$  kann das VMG auch in  $V_{\text{ss}}$  geeicht werden.

Im Hf-Gebiet (besonders in der Fernsichttechnik) sind die zu messenden Spannungen oft klein und eine Anzeige in  $V_{\text{ss}}$  ist erwünscht. In **Bild 5** ist als weiteres Beispiel die Schaltung eines VMG wiedergegeben, das in einen Industrie-Oszillografen (Grundig 705) eingebaut ist. Das Gerät besitzt 10 Meßbereiche und gestattet, Spitze-Spitze-Spannungen von etwa  $200\ \mu\text{V}$  bis  $300\ \text{V}$  zu messen. Die Schaltung wurde etwas erweitert, so daß sie als Zusatzgerät für jeden Oszillografen zu verwenden ist. Der Spannungsteiler liegt hier parallel zum Voltmeter, weil ein Übersteuern der Elektronenstrahlröhre durch die Meßspannung nicht zu befürchten ist.

Die Skala des Voltmeters wird unmittelbar in  $V_{\text{ss}}$  geeicht (30teilige und 10teilige Skala mit feinen Unterteilungen).  $U_2$  arbeitet als Stufenabschwächer.

$$300\ V_{\text{ss}} = 1 : 1, 100\ V_{\text{ss}} = 3 : 1, 30\ V_{\text{ss}} = 10 : 1, 10\ V_{\text{ss}} = 30 : 1, 3\ V_{\text{ss}} = 100 : 1, 1\ V_{\text{ss}} = 300 : 1, 0,3\ V_{\text{ss}} = 1000 : 1, 100\ \text{mV}_{\text{ss}} = 3000 : 1, 30\ \text{mV}_{\text{ss}} = 10000 : 1, 10\ \text{mV}_{\text{ss}} = 30000 : 1.$$

## 6. Strommessungen

Da der Elektronenstrahl-Oszillograf leistungslos mißt, lassen sich Wechselströme nur indirekt dadurch messen, daß man einen Widerstand in den Stromkreis schaltet und den Spannungsabfall an diesem Widerstand feststellt. Der Strom ergibt sich dann nach dem Ohmschen Gesetz zu  $I = U : R$ , wobei die Spannung in Effektivwerten einzusetzen ist. Von der Genauigkeit des Widerstandswertes hängt die Genauigkeit der Messung ab. Es ist auch darauf zu achten, daß der Widerstand — den man ja unmittelbar in den Stromkreis schalten muß — das Ergebnis der Messung nicht verfälscht. Der Widerstand möchte also möglichst klein sein. Dann muß aber auch der eingebaute Y-Verstärker den nötigen Verstärkungsgrad aufweisen, um ein brauchbares Schirmbild zu erhalten. Zur Strommessung sind daher Zeigerinstrumente stets vorzuziehen.

## 7. Frequenzmessungen

Jeder, der sich einen Oszillografen zugelegt hat, wird sich bald damit einarbeiten, auf dem Bildschirm der Elektronenstrahlröhre stehende Kurven von Wechselspannungen einzustellen. Hierbei beginnt man zweckmäßig damit, eine sinusförmige Wechselspannung bekannter Frequenz (z. B. der

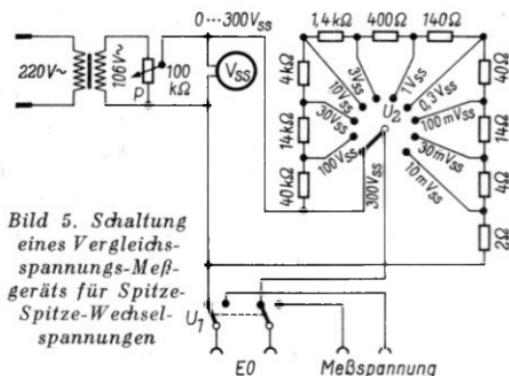


Bild 5. Schaltung eines Vergleichsspannungs-Meßgeräts für Spitze-Spitze-Wechselspannungen

Rechts: Bild 6. Stehende Bilder voller Sinuskurven  $f_x : f_n =$   
a) 1 : 1, b) 2 : 1, c) 3 : 1, d) 5 : 1, e) 10 : 1, (für die Block-  
schaltung nach Bild 7)



Netzfrequenz von 50 Hz) in geeigneter Amplitude auf den Y-Eingang zu schalten, und stellt die Kippfrequenz so ein, daß sich stehende Kurvenbilder ergeben. Bild 6 zeigt einige solcher Oszillogramme, aus denen sich aus der zugeführten bekannten Normalfrequenz  $f_n$  und den auf dem Schirm entstehenden vollen Perioden  $N_{fn}$  die eingestellte Kippfrequenz  $f_k$  berechnen läßt. Es gilt die Formel

$$f_k = f_n : N_{fn} \quad (1)$$

Dann ergibt sich

- $f_k = 50 : 1 = 50$  bei einer vollen Periode (Bild 6a)
- $= 50 : 2 = 25$  bei zwei vollen Perioden (Bild 6b)
- $= 50 : 3 = 16\frac{2}{3}$  bei drei vollen Perioden (Bild 6c)
- $= 50 : 5 = 10$  bei fünf vollen Perioden (Bild 6d)
- $= 50 : 10 = 5$  bei zehn vollen Perioden (Bild 6e)

Man wird schon hierbei erkennen, daß die Skalen der Kippfrequenz am Oszillografen mit der tatsächlich eingestellten Kippfrequenz nur annähernd übereinstimmen. Man muß die Feinregler und auch die Synchronisation zu Hilfe nehmen, um stehende Bilder zu erhalten. Hierbei gilt als Regel, die Synchronisation möglichst schwach einzustellen.

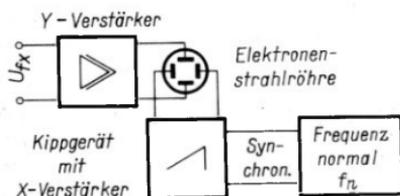


Bild 7. Blockschaltung zur Ermittlung einer unbekannt Frequenz  $f_x$  durch Vergleich mit einer mit  $f_n$  synchronisierten Kippspannung

Je höher die zugeführte Normalfrequenz gewählt wird (z. B. aus einem Tonfrequenzgenerator), desto sorgfältiger sind Kippfrequenz und Synchronisation einzustellen, damit Gleichlauf (ruhig stehende Bilder) über einen längeren Zeitraum erzwungen wird.

Um unbekannte Frequenzen mit dem Oszillografen messen zu können, benötigt man eine geeignete Normalfrequenz  $f_n$  (z. B. aus einem Tonfrequenz- oder einem 100-kHz-Generator), mit der die Zeitablenkfrequenz fest synchronisiert wird. Die Normalfrequenz  $f_n$  soll dabei gleich oder wenigstens nur ein gering ganzzahliges Vielfaches der erforderlichen Zeitablenkfrequenz sein. Man schaltet also zunächst  $U_{fn}$  an den Y-Eingang und stellt die Kippfrequenz so ein, daß sich möglichst nur eine stehende volle Periode ergibt. Dann wird  $U_{fn}$  als externe Synchronisation auf das Kippgerät gegeben, so daß eine Blockschaltung nach Bild 7 entsteht.  $U_{fx}$  ist die Wechselspannung der unbekannt Frequenz  $f_x$ . Nunmehr gilt folgende Formel:

$$f_x = N_{fx} \cdot f_n \cdot p \quad (2)$$

$N_{fx}$  ist wieder die Anzahl der auf dem Schirm entstehenden Perioden. Der Faktor  $p$  stellt das Verhältnis Zeitablenkfrequenz : Bezugsfrequenz ( $f_k : f_n$ ) dar. Sind beide Frequenzen gleich, dann ist auch  $p = 1$ .

*Beispiel:* Die zu bestimmende Frequenz liegt im Tonfrequenzbereich. Wir verwenden als Frequenznormal einen Tongenerator mit einer Frequenz von 10 kHz. Die Kippfrequenz wird — wie vorherbeschrieben — ebenfalls auf 10 kHz eingeregelt. Das sich auf dem Bildschirm zeigende Bild wird nun in den seltensten Fällen volle Perioden wie Bild 6 aufweisen. Entstehen Kurven nach Bild 8, die nur Teilstücke des Spannungsverlaufes der unbekanntenen Frequenz  $f_x$  enthalten, so liegt  $f_x$  unterhalb 10 kHz und ergibt sich als Quotient der bekannten Frequenz  $f_n$  und der Anzahl der Kurvenstücke  $A_k$  der unbekanntenen Frequenz  $f_x$  zu

$$f_x = \frac{f_n}{A_k} \cdot p \quad (3)$$

Hiernach ist  $f_x = \frac{10}{10} \cdot 1 = 1$  kHz im Bild 8a,  $= \frac{10}{5} \cdot 1 = 2$  kHz im Bild 8b,  $= \frac{10}{3} \cdot 1 = 3,333\dots$  kHz im Bild 8c,  $= \frac{10}{2} \cdot 1 = 5$  kHz im Bild 8d.

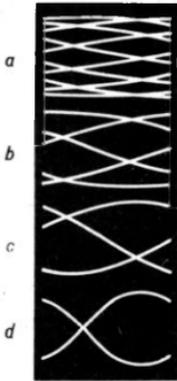
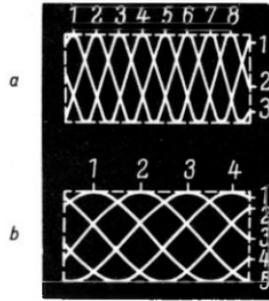
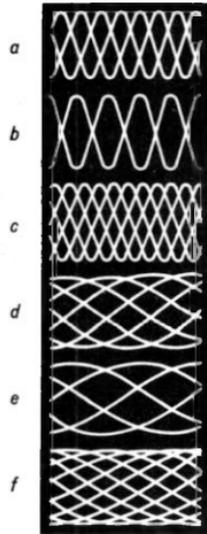


Bild 8. Oszillogramme mit stehenden Teilstücken von Sinuskurven,  $f_x : f_n =$  a) 1 : 10, b) 1 : 5, c) 1 : 3, d) 1 : 2



Oben: Bild 10. Auszählung der Bildkurven für Frequenzverhältnisse  $f_x : f_n =$  a) 8 : 3, b) 4 : 5

Links: Bild 9. Oszillogramme anderer Frequenzverhältnisse  $f_x : f_n =$  a) 8 : 3, b) 5 : 2, c) 11 : 5, d) 3 : 7, e) 2 : 5, f) 4 : 11

Meist entstehen jedoch weder volle Perioden noch die im Bild 8 wiedergegebenen einfachen Kurvenbilder, sondern verwickelte Figuren, wie sie beispielsweise Bild 9 wiedergibt. Um diese Bilder auszuwerten, denkt man sich um die Figuren ein Rechteck gezeichnet (Bild 10) und zählt an den horizontalen Kanten — oben oder unten — die Berührungspunkte

der Kurvenstücke und an den vertikalen Kanten — rechts oder links — die Enden der Kurvenstücke aus. Dann ergibt sich die unbekannte Frequenz zu

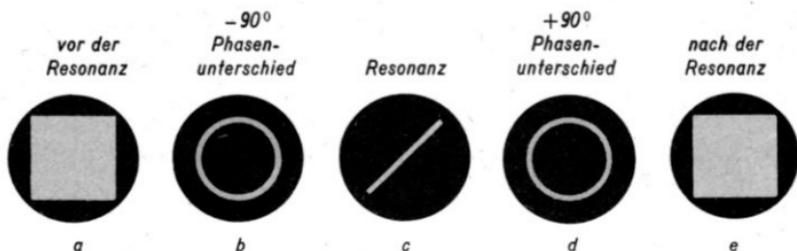
$$f_x = f_n \cdot \frac{A_h}{A_v} \cdot p \quad (4)$$

Für unser Beispiel erhalten wir demnach folgende Frequenzen

$$\begin{array}{l|l} f_x = 10 \cdot \frac{8}{3} \cdot 1 = \frac{80}{3} = 26,666\dots \text{ kHz} & = 10 \cdot \frac{3}{7} \cdot 1 = 4,286 \text{ kHz für Bild 9d} \\ \text{für Bild 9a} & \\ = 10 \cdot \frac{5}{2} \cdot 1 = 25 \text{ kHz für Bild 9b} & = 10 \cdot \frac{2}{5} \cdot 1 = 4 \text{ kHz für Bild 9e} \\ = 10 \cdot \frac{11}{5} \cdot 1 = 22 \text{ kHz für Bild 9c} & = 10 \cdot \frac{4}{11} \cdot 1 = 3,636 \text{ kHz für Bild 9f} \end{array}$$

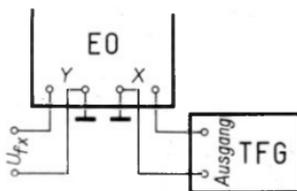
Hieraus ist zu erkennen, daß sich mit einer genauen Bezugsfrequenz  $f_n$  eine ganze Reihe unbekannter Frequenzen (z. B. als Eichpunkte für eine Skaleneichung) bestimmen läßt.

Steht ein Tonfrequenzgenerator zur Verfügung, an dessen Skala man sinusförmige Wechselspannungen des gesamten Tonfrequenzbereiches (etwa von 3...20 000 Hz) mit hinreichender Genauigkeit einstellen kann, dann wird man eine im Tonfrequenzbereich liegende unbekannte Frequenz  $f_n$  mit der im **Bild 11** skizzierten Blockschaltung rasch und bequem ermitteln können. Man schaltet den Ausgang des Tonfrequenzgenerators (TFG) an den X-Eingang des Oszillografen (externe Zeitablenkung, das interne Kippgerät wird also abgeschaltet, und legt die Wechselspannung  $U_{fx}$  der unbekanntes Frequenz  $f_x$  an den Y-Eingang des Oszillografen. Mit den Stufenabschwächern werden passende Amplituden für die Horizontal- und Vertikalablenkung eingestellt, so daß auf dem Bildschirm zunächst eine quadratische Fläche erscheint. Dann verändert man die Frequenz der von TFG abgegebenen Wechselspannung so, bis sich die im **Bild 12** gezeichneten Schirmbilder ergeben. Der Ring (**Bild 12b** oder **d**) kann durch Verzerrungen der zugeführten Wechselspannungen von der Kreisform abweichen. Netztonüberlagerungen lassen ihn verbreitert erscheinen. Er darf aber nicht einer stehenden oder liegenden 8 ähneln, das würde halbe bzw. doppelte Frequenz bedeuten.



Oben: Bild 12. Schirmbilder zur Feststellung der unbekanntes Frequenz  $f_x$  mit der Schaltung nach Bild 11

Rechts: Bild 11. Blockschaltung zur Ermittlung einer unbekanntes Frequenz  $f_x$  mit einem Tonfrequenzgenerator (TFG), mit dem Wechselspannungen des gesamten Tonfrequenzbereichs erzeugt werden können



Liefert der Tonfrequenzgenerator Ausgangsspannungen, die zur Aussteuerung der Elektronenstrahlröhre ausreichen, so kann sein Ausgang auch unmittelbar an die X-Platten der Bildröhre geschaltet werden.

Die bei Resonanz (Bild 12c) an der Skala des Generators eingestellte Frequenz entspricht der unbekanntes Frequenz  $f_x$ .

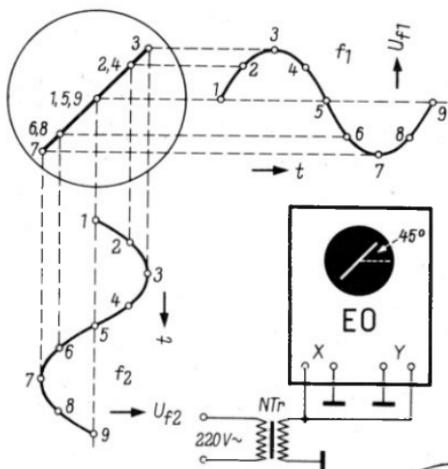
## 8. Frequenzbestimmung mit Lissajous-Figuren

Legt man von zwei Wechselspannungen verschiedener Frequenz ( $f_1$  und  $f_2$ ) je eine an je ein Ablenkplattenpaar der Elektronenstrahlröhre, dann entstehen auf dem Bildschirm Kurvenbilder, die nach ihrem Entdecker Lissajous-Figuren genannt werden. Aus der Gestalt dieser Kurvenbilder läßt sich das Frequenzverhältnis der angelegten Wechselspannungen bestimmen. Jede der beiden Spannungen lenkt den Elektronenstrahl in einer Richtung ab, z. B.  $U_{f_1}$  in der senkrechten und  $U_{f_2}$  in der waagerechten Richtung. Unter dem Einfluß beider Spannungen wird der Leuchtfleck in beiden Achsrich-

tungen entsprechend den Momentanwerten der Spannungen ausgelenkt. Das Schirmbild kann man aus den beiden Spannungen durch geometrische Konstruktion zusammensetzen. An einigen Beispielen, die sich auch praktisch von jedem Besitzer eines Oszillografen leicht durchführen lassen, soll dies erklärt werden.

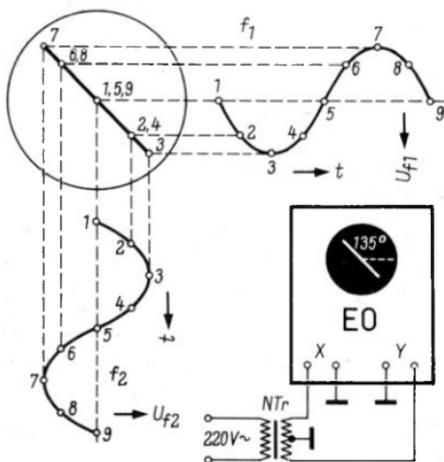
*Beispiel 1:*

Die einfache Versuchsschaltung ist in **Bild 13** rechts unten gezeichnet. NTr kann ein kleiner Heiztransformator sein. Die dem X- und Y-Eingang zugeführten Wechselspannungen haben gleiche Amplitude, gleiche Frequenz und gleiche Phasenlage. Die Entstehung des Schirmbildes (um 45° gegen die Horizontale geneigter Strich) gibt die Zeichnung wieder. Hierzu stricheln wir vom Mittelpunkt des Schirmkreises aus zunächst die waagerechte und senkrechte Zeitachse und zeichnen auf beiden Achsen im gleichen Maßstab je eine Sinuskurve der einwirkenden Spannungen ein. Einige gleichliegende Punkte der beiden Kurven



*Oben: Bild 13. Konstruktion der Lissajous-Figur für Spannungen gleicher Amplitude, Frequenz und Phasenlage mit der hierfür nötigen Schaltung*

*Rechts: Bild 14. Konstruktion der Lissajous-Figur für Spannungen gleicher Amplitude und Frequenz, aber 180° Phasenunterschied, erzielt durch gegenphasige Spannungen mit einem Netztransformator mit Mittelabgriff*



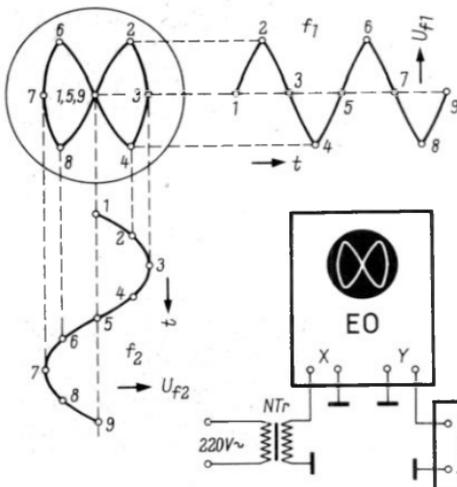


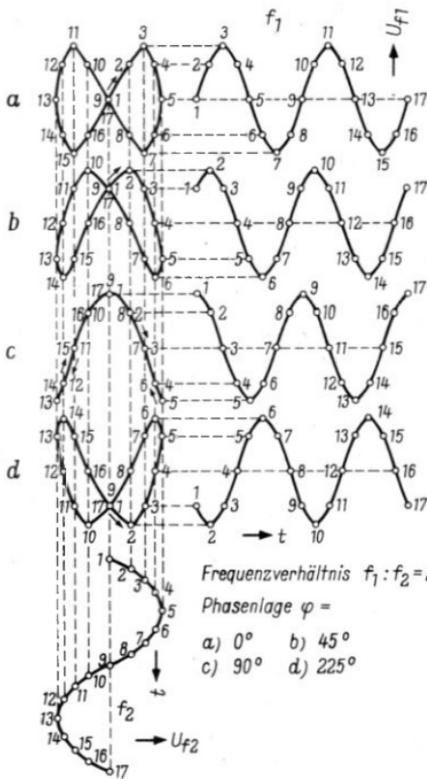
Bild 15. Frequenzverhältnis  $f_1 : f_2 = 2 : 1$  (für gleiche Amplitude und gleiche Phasenlage), sowie Schaltung hierzu

Unten: Bild 16. Frequenzverhältnis  $f_1 : f_2 = 2 : 1$  (für gleiche Amplituden und verschiedene Phasenlagen)

bezeichnen wir mit gleichen Zahlen (1...9 in Bild 13). Die Verbindungslinie der Schnittpunkte der nach dem Bildkreis gestrichelten horizontalen und vertikalen Projektionslinien ergibt das Kurvenbild, in diesem Falle einen schrägen Strich, der um  $45^\circ$  gegen die positive X-Achse geneigt ist.

**Beispiel 2:**

Zwei Spannungen gleicher Amplitude und gleicher Frequenz, aber um  $180^\circ$  phasenverschoben, können wir dem Oszillografen nach Bild 14 leicht über einen Netztransformator zuführen, dessen Sekundärwicklung einen Mittelabgriff besitzt. Dann ergibt sich eine nach links gegen die positive X-Achse um  $135^\circ$  geneigte Gerade, deren Konstruktion Bild 14 ebenfalls zeigt.



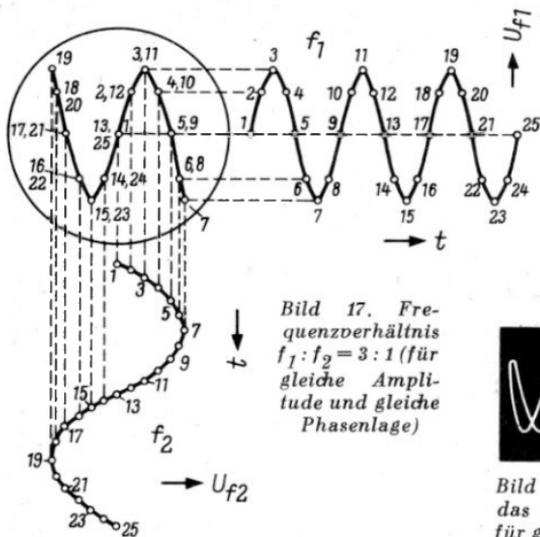


Bild 17. Frequenzverhältnis  $f_1 : f_2 = 3 : 1$  (für gleiche Amplitude und gleiche Phasenlage)

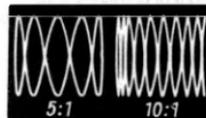


Bild 19. Schirmbilder für die Frequenzverhältnisse 5:1 und 10:1 für gleiche Amplituden und die Phasenlage  $\varphi = 90^\circ$

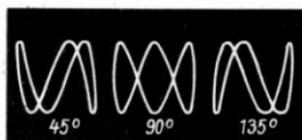


Bild 18. Lissajous-Figuren für das Frequenzverhältnis 3:1 für gleiche Amplituden und die Phasenlagen  $\varphi = 45^\circ, 90^\circ$  und  $135^\circ$

#### Beispiel 3:

Steht uns ein Tonfrequenzgenerator (TFG) zur Verfügung, der eine Wechselspannung von 100 Hz abgeben kann, dann entsteht nach der Schaltung Bild 15 das gezeichnete Schirmbild, wenn wir die zugeführten Wechselspannungen ( $f_1 = 100$  Hz,  $f_2 = 50$  Hz) auf gleiche Amplitude und gleiche Phasenlage bringen. Für  $f_1$  müssen wir nunmehr zwei volle Sinuskurven (Perioden) auf demselben Zeitmaßstab unterbringen wie eine Periode von  $f_2$ .

#### Beispiel 4:

Bild 16 gibt die Konstruktion von Kurvenbildern wieder, die bei verschiedenen Phasenlagen  $\varphi$  von  $f_1 : f_2 = 2 : 1$  entstehen.

Aus Bild 17 ist schließlich zu ersehen, wie sich die Lissajous-Figur auf dem Schirmbild durch das Einwirken der Wechselspannungen gleicher Amplitude und Phasenlage mit einem Frequenzverhältnis  $f_1 : f_2 = 3 : 1$  zusammensetzt. Aus den Zahlen ist gleichzeitig zu erkennen, wie und in welcher Richtung der Leuchtpunkt über die Figur wandert. Weitere Beispiele von Schirmbildern verschiedener Frequenzverhältnisse und Phasenlagen zeigen die Bilder 18 und 19.

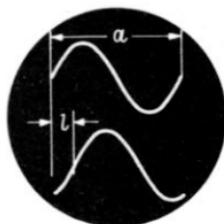
## 9. Phasenmessungen

Aus den Bildern 14, 16, 18 und 19 ist bereits die unterschiedliche Phasenlage der Vergleichsfrequenzen zu bestimmen. Man kann mit dem Elektronenstrahl-Oszillografen jedoch den Phasenunterschied zwischen zwei gegebenen Spannungen

durch geeignete Schaltungen exakt messen. Weiter lassen sich die Eigenschaften einer Schaltungseinheit, eines „Vierpols“ (eines Verstärkers u. dgl.), untersuchen, indem mit einer Meßspannung gegebener Frequenz die Phasenänderung der Ausgangsspannung gegenüber der Eingangsspannung festgestellt wird. Hierbei ist zu beachten, daß jede Phasenmessung gleichbedeutend mit der Messung einer Zeitdifferenz ist. Der Begriff „Phase“ bedeutet ja nichts anderes als den entsprechenden Zeitunterschied in dem Ablauf der beobachteten Vorgänge.

Sehr anschaulich läßt sich die Phasenverschiebung zweier Spannungen oder zwischen Spannung und Strom des gleichen Stromkreises zeigen, wenn man zwei Kurven gleichzeitig auf den Schirm schreiben läßt (**Bild 20**). Der Zeitunterschied zwischen den entsprechenden Nulldurchgängen der beiden Kurven ergibt die Phasenverschiebung. Hierzu messen wir

*Bild 20. Bestimmung des Phasenwinkels zwischen zwei Sinuskurven durch Ausmessen*



die Länge der Zeitachse einer vollen Periode auf dem Schirm aus. Sie entspricht dem Winkel  $360^\circ$  oder im Bogenmaß dem Wert  $2\pi$ . Aus dem Längenunterschied zweier Nulldurchgänge berechnen wir den Phasenwinkel  $\varphi$ . Da sich  $360 : a$  wie  $\varphi : l$  verhält, ergibt sich

$$\varphi = \frac{360 \cdot l}{a} \quad (5)$$

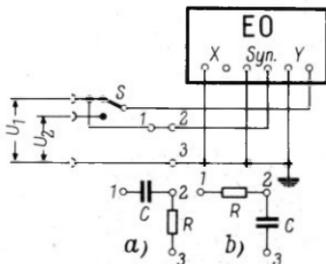
Sind also im Bild 20 beispielsweise  $a = 30 \text{ mm}$  und  $l = 5 \text{ mm}$ , so ist

$$\varphi = \frac{360 \cdot 5}{30} = 60^\circ.$$

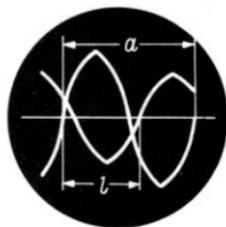
Mit einer Zweistrahlröhre vermag man zwei Kurven ohne weiteres auf den Bildschirm zu schreiben. Aber auch mit

einem Einstrahloszillografen sind Phasenmessungen durchführbar.

**Bild 21** zeigt eine einfache, leicht zu verwirklichende Schaltung, mit der zwei (auch mehrere) Spannungen nacheinander auf den Oszillografen geschaltet werden können. Bedingung ist, daß das interne Zeitablenkgerät ständig mit einer Bezugsspannung ( $U_1$  im Bild 21) phasenstarr extern synchronisiert wird. Dadurch ist sichergestellt, daß die Zeitablenkung zeitlich synchron mit der Bezugsspannung verläuft und die Bilder der übrigen Spannungen auch die Phasenlage getreu wiedergeben. Die in Bild 21 a und b gezeichneten phasendrehenden Korrekturglieder können in der Synchronisierungsleitung erforderlich werden, um das ganze Bild seitlich in eine ge-



*Bild 21. Einfache Schaltung zur Messung des Phasenwinkels zweier Spannungen mit einem Einstrahl-Oszillografen. a und b sind Korrekturglieder, die u. U. nötig werden*



*Bild 22. Mit der Schaltung nach Bild 21 erhaltene Doppeloszillogramme (beide Kurven auf derselben Zeitachse)*

eignete Lage zu verschieben und eine bestimmte Gesamtphasenlage zu erreichen. Durch schnelles Betätigen des Schalters S erhält man beide Kurven auf einer Zeitachse geschrieben, wie beispielsweise **Bild 22** zeigt. Die Werte von C und R sind zu erproben.

Fotografiert man das Schirmbild, so kann S auch wegfallen. Man schließt erst  $U_1$  an den Y-Eingang an und nimmt den Kurvenzug (auf passende Größe eingestellt) auf. Dann fotografiert man auf dieselbe Platte das Oszillogramm der Spannung  $U_2$  (ebenfalls in geeigneter Amplitude). Auf dem Doppeloszillogramm (Bild 22) sind beide Kurvenzüge nach Formel 5 bequem auszuwerten.

### a) Phasenmessung mit Verstärker-Umschalter

Eleganter sind Phasenmessungen (z. B. an einem Netzwerk oder einem anderen Verbraucher) durchzuführen, wenn ein Verstärker-Umschalter (meist *elektronischer Schalter* genannt) zur Verfügung steht.

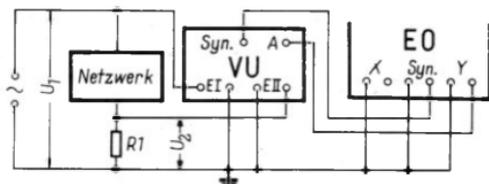
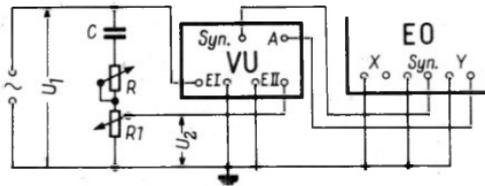


Bild 23. Phasenmessung mit Verstärker-Umschalter (VU)

Für ein Netzwerk, das direkt an das Wechselspannungsnetz gelegt werden kann, zeigt **Bild 23** eine geeignete Meßschaltung. R 1 ist ein frequenzunabhängiger Meßwiderstand, der in Reihe mit dem Netzwerk liegt. Der an R 1 auftretende Spannungsabfall ist mit dem Strom in Phase. An den Enden von R 1 wird die Vergleichsspannung  $U_2$  abgenommen. Der Meßwiderstand muß klein gegenüber dem Widerstand des Netzwerks sein, damit er die Phasenverhältnisse nicht beeinflusst (Richtwert:  $R_1 \leq 0,1$  Netzwerkwiderstand). Zu beachten ist, daß die Verbindungsleitungen zwischen Netzwerk, R 1 und dem Verstärker-Umschalter (VU) möglichst kurz gehalten werden und an letzterem zu erden sind. Die Ausgangsamplituden der beiden Spannungskurven sind auf dem Bildschirm mit den Abschwächern des Umschalters auf passende Werte zu bringen, weil eine Änderung am Oszillografen beide Kurvenzüge gleichzeitig beeinflusst. Wichtig ist weiter, daß richtig synchronisiert wird. Bei Netzfrequenzmessungen kann die Synchronisation auf „Netz“ eingestellt werden, bei anderen Frequenzen ist extern mit der Meßspannung zu synchronisieren. Verstärker-Umschalter haben hierzu meist eine besondere Buchse, der man die Fremdsynchronisationsspannung entnehmen kann.

*Beispiel:* Für den praktischen Versuch eignet sich sehr gut die im **Bild 24** dargestellte Schaltung, um die Phasenverschiebung zu demonstrieren. Als Blindwiderstand wird ein Kondensator C von 4  $\mu\text{F}$  gewählt ( $X_C \approx 800 \Omega$ ), als Wirkwiderstand ein Potentiometer R von 10  $\text{k}\Omega$ , als Meßwiderstand R 1 ein Potentiometer von 1  $\text{k}\Omega$ . Man erreicht mit der Schaltung, je nach den Schleiferstellungen von R und R 1, Phasenverschiebungen von nahezu 0...90°.



*Bild 24. Schaltung zur Demonstration von Phasenverschiebungen zwischen nahezu 0...90° mit einem Verstärker-Umschalter*

## b) Phasenmessung durch Lissajous-Figur (Ellipse)

Phasenmessungen zwischen zwei sinusförmigen Spannungen werden meist so durchgeführt, daß man auf dem Bildschirm eine Ellipse erscheinen läßt. Sind die beiden Spannungen genügend groß, dann werden sie unmittelbar an die Plattenpaare der Elektronenstrahlröhre nach **Bild 25** geschaltet, andernfalls an den X- und Y-Eingang des Oszillografen.

Wir haben bereits gesehen, daß auf dem Bildschirm ein Strich erscheint, der bei Phasengleichheit gegen die X-Achse nach rechts um 45° (Bild 13), bei 180° Phasenverschiebung gegen die X-Achse nach links um 135° (Bild 14) geneigt ist. Bei 90° Phasenunterschied entsteht ein Kreis (Bild 12b oder d) und bei anderen Phasenwinkeln eine mehr oder weniger nach rechts oder links geneigte Ellipse. **Bild 26** zeigt die Konstruktion einer derart entstandenen Ellipse.

Aus der Form der Ellipse läßt sich der Phasenwinkel  $\varphi$  bestimmen. Wie aus **Bild 27** zu ersehen, braucht man hierzu die Länge der Projektion (X oder Y) der Ellipse auf eine Achse (X- oder Y-Achse) und die von der Ellipse aus der gleichen Achse herausgeschnittene Länge (x oder y). Dann ist

$$\sin \varphi = \frac{x}{X} = \frac{y}{Y} \quad (6)$$

Um eine solche Ellipse auszuwerten, brauchen die beiden Spannungen nicht gleiche Amplituden zu haben.

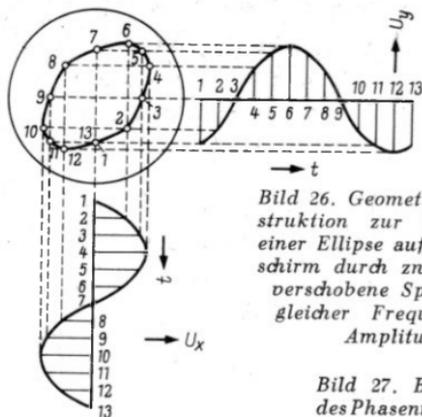
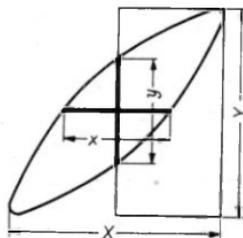
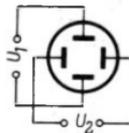


Bild 26. Geometrische Konstruktion zur Entstehung einer Ellipse auf dem Bildschirm durch zwei phasenverschobene Spannungen gleicher Frequenz und Amplitude

Bild 27. Bestimmung des Phasenwinkels aus dem Schirmbild einer Ellipse

Rechts: Bild 25. Prinzipschaltung zur Phasenmessung mit Lissajous-Figur (Ellipse)



Beispiel: Die im Bild 27 gezeichnete Ellipse ergäbe folgende Maße:  $X = Y = 60 \text{ mm}$ ,  $x = y = 30 \text{ mm}$ . Hieraus folgt:

$$\sin \varphi = \frac{30}{60} = 0,5; \quad \varphi = 30^\circ$$

Auch den manchmal interessierenden  $\cos \varphi$  erhält man nach der Formel

$$\cos \varphi = \sqrt{1 - \left(\frac{x}{X}\right)^2} = \sqrt{1 - \left(\frac{y}{Y}\right)^2} \quad (7)$$

Für unser Beispiel wird

$$\cos \varphi = \sqrt{1 - 0,5^2} = \sqrt{0,75} \approx 0,86.$$

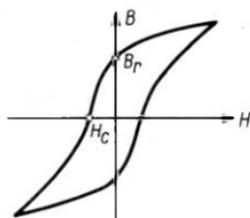
Der Elektronenstrahl-Oszillograf bietet die Möglichkeit, die in der Praxis vor allem wichtigen  $\cos \varphi$ -Werte über 0,5 mit nach 1 zu steigender Genauigkeit zu bestimmen.

Als Rasterscheiben für den Bildschirm angefertigte Koordinatenkreuze mit Unterteilung nach  $\sin \varphi$  für  $\varphi = 0 \dots 90^\circ$  oder  $\cos \varphi$  für  $\varphi < 90^\circ$  ermöglichen sofortige Ablesung der  $\sin \varphi$ -Werte bzw.  $\cos \varphi$ -Werte.

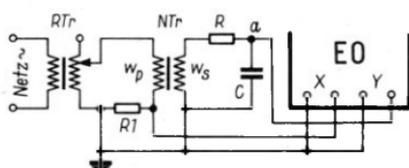
## 10. Darstellung von Hysteresisschleifen

Wir wollen uns in diesem Abschnitt darauf beschränken, wie eine Hysteresisschleife auf dem Bildschirm eines Oszillografen praktisch dargestellt werden kann. In Bild 28 ist eine solche Hysteresisschleife gezeichnet, aus der ersichtlich ist,

daß die magnetische Induktion  $B$  (entsprechend der Y-Achse) eine Funktion der Feldstärke  $H$  (entsprechend der X-Achse) ist. Wir arbeiten der Einfachheit halber mit Netzfrequenz und bauen eine Schaltung nach **Bild 29** auf. RTr ist ein Regeltransformator, von dem wir eine Spannung abgreifen, die die gewünschte Strahlauslenkung erzeugt, und der uns von den Erdungsverhältnissen des Netzes unabhängig macht. NTr ist der zu prüfende Niederfrequenztransformator (ohne Luftspalt). An dem in Reihe mit der Primärwicklung  $w_p$  liegenden frequenzunabhängigen Meßwiderstand  $R_1 = 200 \Omega$  erhalten wir durch den die Wicklung  $w_p$  durchfließenden Primärstrom einen Spannungsabfall, der proportional der magnetischen



**Bild 28.** Hysteresisschleife mit Achsenkreuz.  $B$  Magnetische Induktion,  $H$  Magnetische Feldstärke,  $B_r$  Remanenz,  $H_c$  Koerzitivkraft



**Bild 29.** Schaltung zur Darstellung einer Hysteresisschleife

Feldstärke  $H$  ist und dem X-Eingang des Oszillografen zugeführt wird. Die in die Sekundärwicklung  $w_s$  induzierte Spannung ist zwar den Flußänderungen und damit der magnetischen Induktion  $B$  verhältnismäßig, aber gegen  $B$  phasenverschoben. Deshalb wird im Sekundärkreis von NTr zum Phasenausgleich ein RC-Glied (Richtwerte  $R = 30 \text{ k}\Omega$ ,  $C = 1 \mu\text{F}$ ) erforderlich, dessen Punkt  $a$  mit dem Y-Eingang des Oszillografen zu verbinden ist.

Leider fehlt auf der nunmehr auf dem Bildschirm sichtbaren Hysteresisschleife das in Bild 28 mit eingezeichnete Achsenkreuz. Eine über den Bildschirm gelegte Rasterscheibe mit diesem Kreuz ist hier nützlich; dann kann sowohl die Koerzitivkraft  $H_c$  als auch die Remanenz  $B_r$  beurteilt werden. Bedingung ist hierbei, daß das Achsenkreuz richtig liegt. Das Schirmbild kann mit den Reglern aber leicht in die richtige Stellung gebracht werden, wenn wir erst die eine und dann

die andere Spannung abschalten und die auf dem Bildschirm verbleibenden Achsen mit den Achsen der Rasterscheibe zur Deckung bringen. Auf fotografischem Wege läßt sich das Achsenkreuz mit auf das Bild bringen, wenn wir drei Aufnahmen (senkrechte Achse, waagerechte Achse und Hysteresis-schleife) nacheinander auf derselben Platte durchführen.

## 11. Aufnahme von Kennlinien

Man kann Kennlinien mit geeigneten Meßwerken Punkt für Punkt aufnehmen. Das erfordert jedoch zeitraubende Meßreihen, um genügend viele Zahlenwerte zu erhalten, mit denen die Kennlinie konstruiert werden kann. Mit dem Oszillografen läßt sich dagegen eine Kennlinie rasch aufnehmen und mit einer Normalkennlinie vergleichen. Ebenso wie bei allen vorbeschriebenen Kurven muß auch die Kennlinie durch den Elektronenstrahl auf dem Bildschirm ausreichend oft durchlaufen werden, damit sie dem Auge als feststehend erscheint und in Ruhe betrachtet werden kann. Eine Frequenz von 50 Hz ist hierzu bereits völlig ausreichend. Man kann entweder eine Kippspannung oder eine sinusförmige Spannung, z. B. aus dem Wechselspannungsnetz, verwenden. Da die aus der Meßschaltung für die X- und Y-Ablenkung gewonnenen Spannungen gleichzeitig auf den Elektronenstrahl einwirken, entspricht die auf dem Bildschirm entstehende Kurve der Kennlinie des Meßobjektes.

Bei allen Kennlinienaufnahmen ist es wichtig, die Meßschaltung richtig zu erden und die gewonnenen Spannungen in der richtigen Phasenlage auf den Oszillografen zu leiten, damit das Kennlinienbild nicht kopfstehend oder seitenverkehrt erscheint; wenn nötig, sind also Anschlüsse umzupolen.

### a) Aufnahme von Diodenkennlinien

**Bild 30** zeigt die einfach aufzubauende Meßschaltung. Die Meßspannung wird über einen Transformator Tr dem Wechselspannungsnetz entnommen und zwischen Anode und Katode

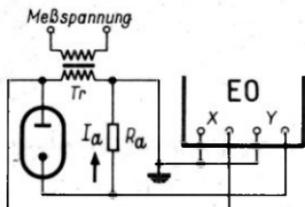


Bild 30. Meßschaltung zur Aufnahme von Diodenkennlinien

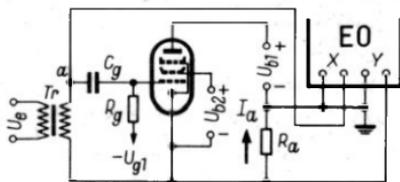


Bild 31. Schaltung zur Aufnahme von  $I_a$ - $U_g$ -Kennlinien von Verstärkerröhren

der Röhrendiode angelegt sowie gleichzeitig dem X-Eingang des Oszillografen zugeleitet. In Reihe mit der Sekundärwicklung von Tr liegt noch ein frequenzunabhängiger Meßwiderstand  $R_a$ , dessen Wert klein gegen den erwarteten Innenwiderstand der Diode sein muß, damit er das Meßergebnis nicht verfälscht.

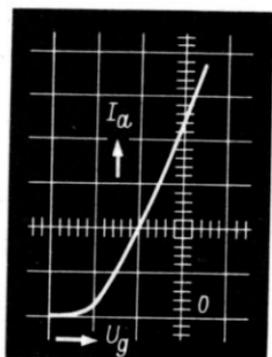
Die an den Enden von  $R_a$  auftretende Spannung ist dem Anodenstrom  $I_a$  der Diode direkt proportional und wird dem Y-Eingang des Oszillografen zugeführt. Auf dem Bildschirm erhalten wir dann eine Kurve, die die Abhängigkeit des Anodenstroms von der Anodenspannung wiedergibt. Anstelle einer Röhrendiode kann selbstverständlich auch eine Halbleiterdiode in die Meßschaltung eingefügt werden.

## b) Kennlinien von Verstärkerröhren

Um die Kennlinien von Verstärkerröhren (Trioden, Pentoden) auf dem Bildschirm erscheinen zu lassen, müssen wir eine Meßschaltung nach Bild 31 aufbauen, die im Prinzip der in Bild 30 dargestellten gleicht, aber zusätzlich die für das Arbeiten der Röhre benötigten Gleichspannungen liefert. Dabei ist es ratsam, die Anodenspannung und die Schirmgitterspannung stabilisierten Netzanschlußgeräten zu entnehmen, denn der Innenwiderstand dieser Gleichspannungsquellen muß ausreichend niedrig sein, damit er das Meßergebnis nicht verfälscht. Bei Trioden fällt die Spannungsquelle  $U_{b2}$  einfach weg.

Die Meßwechselspannung  $U_e$  (50...500 Hz) wird über den Transformator Tr dem X-Eingang des Oszillografen zugeführt und steuert gleichzeitig über  $C_g$  das Steuergitter der Ver-

stärkeröhre. Die Spannung für die Vertikalablenkung gewinnen wir wie in Bild 30 an dem Außenwiderstand  $R_a$ . Auf dem Bildschirm entsteht die zur eingestellten Gittervorspannung  $-U_{g1}$  gehörende Anodenstrom-Gitterspannungskennlinie (Bild 32). Verändern wir die Gittervorspannung in Stufen, so erhalten wir — wenn die Einzelbilder nacheinander auf dieselbe Platte fotografiert



Links: Bild 32.  $I_a$ - $U_g$ -Kennlinie einer Triode. Maßstab: vertikal 5 mA/cm, horizontal 4 V/cm

Rechts: Bild 33.  $I_a$ - $U_g$ -Kennlinienschar einer Triode, Parameter von links nach rechts:  $U_a = 250, 200, 150$  und  $100$  V. Maßstab: vertikal 5 mA/cm, horizontal 4 V/cm

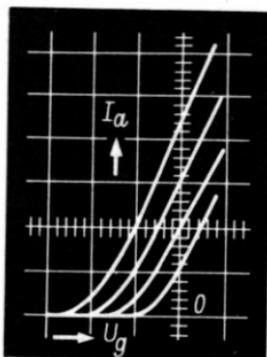
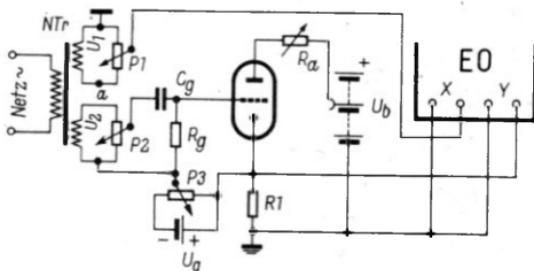


Bild 34. Versuchsschaltung zur Aufnahme von statischen und dynamischen  $I_a$ - $U_g$ -Kennlinien einer Triode



werden — eine Schar von Kennlinien (Bild 33). Die Bilder 32 und 33 geben gleichzeitig die Unterteilung des über den Bildschirm gelegten Rasters wieder, und die Maßstäbe der Vertikal- und Horizontalablenkung sind in der Bildunterschrift mit angegeben.

Eine für einen einfachen praktischen Versuch mit Trioden geeignete Schaltung gibt Bild 34 wieder. Die Meßwechselspannung wird dem Wechselspannungsnetz über einen Netztransformator NTr entnommen. Dieser hat zwei Sekundärwicklungen, so daß die Wechselspannung  $U_1$  für die Horizontal-

ablenkung und die Steuerspannung  $U_2$  für die Triode unabhängig voneinander über P 1 bzw. P 2 eingestellt werden können. Die von einer kleinen Gitterbatterie gelieferte Gitterspannung läßt sich mit dem hochohmigen Regler P 3 auf den gewünschten Wert einstellen. Im Anodenkreis der Triode ist ein veränderbarer Außenwiderstand  $R_a$  vorgesehen, so daß

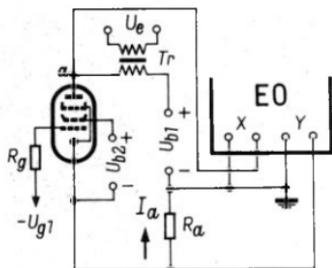


Bild 35. Meßschaltung zur Aufnahme von Anodenstrom-Anodenspannungskennlinien

wir die Arbeitskennlinien auf dem Bildschirm darstellen können. Wollen wir statische  $I_a-U_g$ -Kennlinien aufnehmen, so ist  $R_a$  zu überbrücken. Als Anodenspannungsquelle dient entweder eine Anodenbatterie mit Anzapfungen oder ein Netzanschlußgerät.  $R_1$  ist der niederohmige Widerstand  $R_a$  der Schaltung nach Bild 31, an dem wir die Spannung für die Vertikalablenkung abnehmen.

Erscheint anstelle der Kennlinie eine Schleife auf dem Bildschirm, so ist dies auf Phasenunterschiede zwischen  $U_1$  und  $U_2$  zurückzuführen. Können diese durch Vertauschen der Anschlüsse einer Sekundärwicklung nicht zum Verschwinden gebracht werden, so müssen wir bei a eine Eisendrossel in Reihe mit P 1 einschalten. Alsdann läßt sich gleiche Phase zwischen  $U_1$  und  $U_2$  erreichen.

Verlegen wir den Transformator der Schaltung (Bild 31) in den Anodenkreis der Verstärkerröhre und schalten die vom Punkt a in Bild 31 nach dem X-Eingang führende Leitung an die Anode der Röhre, so entsteht die Schaltung Bild 35, mit der sich Anodenstrom-Anodenspannungskennlinien darstellen lassen. Die benutzten Gleichspannungsquellen müssen aber so eingerichtet sein, daß wir an  $U_{b1}$  verschiedene Anoden-

spannungen und an  $-U_{g1}$  um 1 V abgestufte Gittervorspannungen einstellen können. Auf fotografischem Wege lassen sich dann die bekannten  $I_a-U_a$ -Kennlinienscharen mit der Gitterspannung als Parameter auf ein Bild bringen. Die Ablenkspannungen regeln wir so ein, daß sich auf dem übergelegten Raster brauchbare Maßstäbe ergeben.

## 12. Zusammengesetzte und amplitudenmodulierte Schwingungen

In den bisher gebrachten Schirmbildern sind nur Kurven dargestellt, die von sinusförmigen, dem Y-Eingang des Elektronenstrahl-Oszillografen zugeleiteten Schwingungen einer Frequenz herrühren. Eine Reihe recht unterschiedlicher Oszillogramme entsteht auf dem Bildschirm, wenn wir zwei Wechselspannungsquellen mit variabler Frequenz und vari-

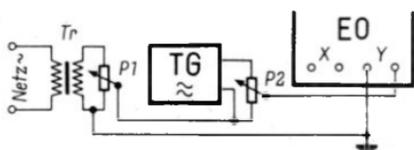
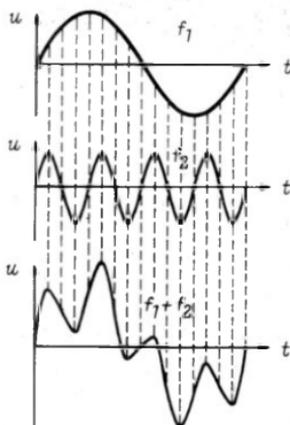


Bild 36. Versuchsschaltung zur Darstellung zusammengesetzter Schwingungen

Rechts: Bild 37. Konstruktion einer zusammengesetzten Schwingung durch Addition der beiden Sinusschwingungen  $f_1$  und  $f_2$



abler Amplitude an den Y-Eingang schalten. Bild 36 zeigt eine einfache Schaltung, in der die eine veränderbare Spannung dem Wechselspannungsnetz über einen Transformator  $Tr$ , die andere Spannung einem Tongenerator  $TG$  entnommen wird. Die Horizontalablenkung liefert das im Oszillografen vorhandene Kippgerät. In Bild 37 ist wiedergegeben, wie eine solche zusammengesetzte Schwingung, bestehend aus der

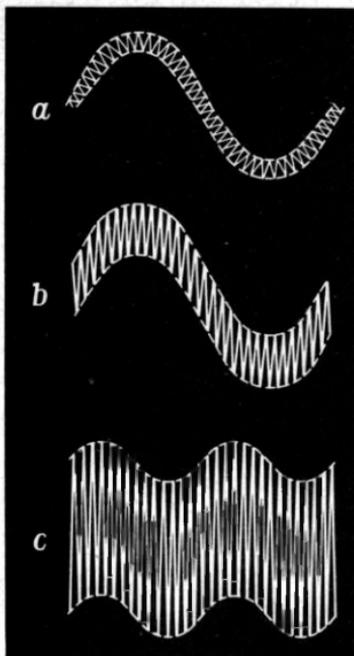


Bild 38. a) Niedrige Frequenz  $f_1$  mit wesentlich größerer Amplitude als höhere Frequenz  $f_2$ , b) Amplitudenunterschied zwischen  $f_1$  und  $f_2$  geringer als im oberen Oszillogramm, c) die höhere Frequenz  $f_2$  besitzt eine wesentlich größere Amplitude als die niedrige Frequenz  $f_1$

Kennlinie, z. B. einer Röhre, zugeführt werden. Die gebräuchlichen Hf-Generatoren für den Service können unmodulierte und modulierte Hf-Spannungen abgeben, wobei der Modulationsgrad  $m = 30\%$  beträgt. Der Modulationsgrad läßt sich berechnen nach der Formel

$$m = \frac{A_{Nf}}{A_{Hf}} \cdot 100 [\%] \quad (8)$$

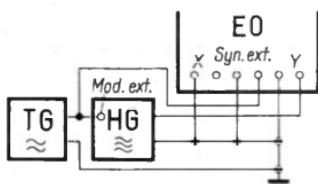
$A_{Nf}$  = Amplitude der modulierenden Nf-Spannung,  $A_{Hf}$  = Amplitude der trägerfrequenten Hf-Spannung.

Grundwelle  $f_1$  und der vierten Harmonischen  $f_2 = 4 \cdot f_1$ , konstruiert werden kann. Durch punktweises Addieren der Momentanwerte ergibt sich die Gesamtkurve. Voraussetzung hierzu ist jedoch gleiche Phasenlage der beiden Schwingungen von  $f_1$  und  $f_2$ , weil schon geringe Änderungen der Phasenlage das Kurvenbild der Gesamtschwingung erheblich ändern.

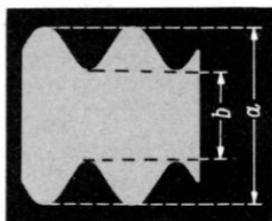
Bei größeren Frequenz- und Amplitudenunterschieden bestimmt die größere Amplitude den Spannungsverlauf der anderen Frequenz. Bild 38 zeigt einige Beispiele, die sich mit P 1 und P 2 der Schaltung (Bild 36) einstellen lassen.

Amplitudenmodulation entsteht bekanntlich, wenn Schwingungen von zwei verschiedenen Frequenzen einem Bauelement mit gekrümmter

Besitzt der zur Verfügung stehende Hf-Meßsender eine Möglichkeit zur Fremdmodulation, so können wir mit der Schaltung **Bild 39** jeden beliebigen Modulationsgrad einstellen. Die Horizontalablenkung übernimmt das eingebaute Kippgerät, das aber extern mit der Modulationsspannung  $U_m$  synchronisiert werden muß. Die Kippfrequenz regeln wir so

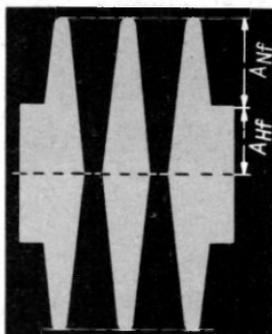


Oben: Bild 39. Schaltung zur Einstellung eines beliebigen Modulationsgrades, Kippspannung extern synchronisiert mit der tonfrequenten Modulationsspannung  $U_m$



Rechts oben: Bild 40. Oszillogramm für einen Modulationsgrad  $m = 33\frac{1}{3}\%$

Rechts: Bild 41. Schirmbild für einen Modulationsgrad  $m = 133\frac{1}{3}\%$



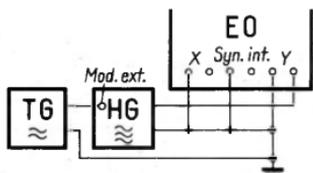
ein, daß zwei oder drei Schwingungen der Modulationsspannung  $U_m$  auf dem Bildschirm erscheinen (**Bild 40**). Der Modulationsgrad  $m$  ergibt sich dann sinngemäß aus der Formel 8 zu

$$m = \frac{a - b}{a + b} \cdot 100 [\%] \quad (9)$$

Je größer der Modulationsgrad, desto größer werden die Einschnürungen der Trägerfrequenz. Bei Übermodulation entsteht ein Oszillogramm nach **Bild 41**. Der Modulationsgrad muß dann nach Formel (8) berechnet werden. Verwenden wir eine Kippfrequenz, die nur wenig kleiner als die Trägerfrequenz ist,

z. B.  $\frac{1}{3}$  der Trägerfrequenz  $f_T$  beträgt, so müssen wir die Kippfrequenz mit der Trägerfrequenz synchronisieren (Bild 42) und es entsteht dann ein Schirmbild nach Bild 43.

Eine andere bekannte Methode zur Bestimmung des Modulationsgrades ist das sogenannte Modulationstrapez (Bild 44).



Links: Bild 42. Schaltung zur Einstellung eines beliebigen Modulationsgrades, Kippfrequenz nur wenig kleiner als Trägerfrequenz  $f_T$  und intern synchronisiert mit der trägerfrequenten Spannung  $U_T$

Unten links: Bild 43. Oszillogramm zur Schaltung Bild 42 für einen Modulationsgrad  $m = 14,3\%$

Unten: Bild 44. Modulationstrapez ( $m = 33\frac{1}{2}\%$ )

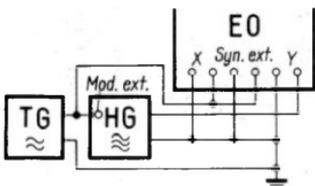
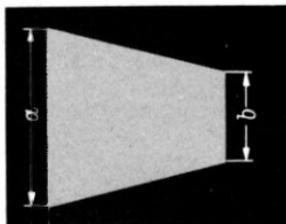
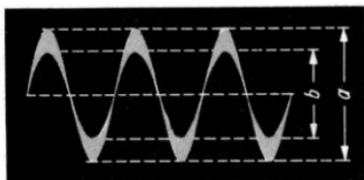


Bild 45. Schaltung zur Darstellung des Modulationstrapezes

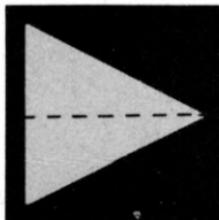


Bild 46. Modulationsdreieck ( $m = 100\%$ )

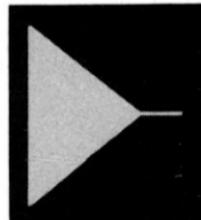


Bild 47. Modulationsdreieck mit Horizontalstrich ( $m > 100\%$ )

Um dieses auf dem Bildschirm zu erhalten, brauchen wir in der Schaltung Bild 39 nur zusätzlich den Ausgang des Tongenerators TG mit dem X-Eingang des Oszillografen zu verbinden, so daß sich die Schaltung Bild 45 ergibt. Bei 100%iger Modulation wird aus dem Trapez ein Dreieck (Bild 46) und bei Übermodulation ein Dreieck mit Strich (Bild 47). Das Kippgerät ist abzuschalten.

### 13. Sichtbarmachung von Durchlaßkurven

Als Durchlaßkurven bezeichnet man Kennlinien, die in Abhängigkeit von der Frequenz in ein Koordinatennetz eingetragen werden. Sie können sich z. B. auf einen Tiefpaß oder Hochpaß, auf ein Bandfilter, auf den Übertragungsbereich eines Nf- oder Hf-Verstärkers u. a., allgemein auf einen Vierpol beziehen. Für einen Tief- oder Hochpaß und für ein Bandfilter gilt in der Funktechnik und in der Elektroakustik als Grenzfrequenz  $f_g$  diejenige Frequenz, bei der die Ausgangsspannung  $U_a$  auf das 0,7fache ( $\frac{1}{\sqrt{2}}$  fache) der Eingangsspannung  $U_e$  abgesunken ist.

Ebenso wie bei der Aufnahme von Röhrenkennlinien ist die punktweise Aufnahme von Durchlaßkennlinien mit Wechselspannungsquellen variabler Frequenz am Eingang des Prüflings und mit einem geeigneten Meßwerk, das die Ausgangsspannung anzeigt, mühsam und daher zeitraubend. Mit dem Elektronenstrahl-Oszillografen kann man sich dagegen rasch einen Überblick über den Verlauf einer Durchlaßkurve verschaffen. Wichtig ist hierbei, daß die Frequenzänderung richtig auf dem Bildschirm abgebildet, d. h., daß der Elektronenstrahl in Richtung der X-Achse proportional der Frequenz abgelenkt wird. Größere Frequenzbereiche sind im Nf-Gebiet nicht einfach zu erfassen. Damit nicht eine zu weit auseinandergezogene Kurve erscheint, ist dann ein logarithmischer Maßstab zu empfehlen.

Im Niederfrequenzgebiet gestattet eine mechanische Einrichtung, den Strahl ohne großen Aufwand proportional der Frequenz zu führen. Die hierzu notwendige Meßschaltung

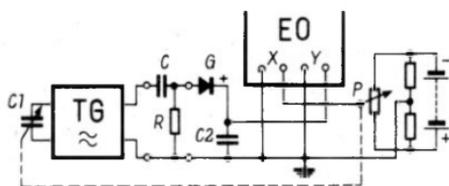


Bild 48. Versuchsschaltung zur Darstellung der Durchlaßkurve eines Hochpasses

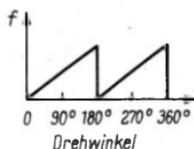


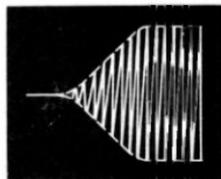
Bild 49. Frequenzkurve des Heulton-Drehkondensators der Schaltung nach Bild 48

zur oszillografischen Aufnahme der Durchlaßkurve eines einfachen RC-Hochpasses ist in **Bild 48** wiedergegeben. Parallel zum Abstimm-drehkondensator des Tongenerators TG ist ein sogenannter Heulton-Drehkondensator C 1 mit frequenzgeraden Plattenschnitt (**Bild 49**) zu schalten, der mechanisch mit dem Potentiometer P gekuppelt ist. C 1 und P müssen sich ohne Anschlag durchdrehen lassen. Besitzt der Oszillograf eine lang nachleuchtende Bildröhre, so erhält man beim einmaligen Durchdrehen von Hand eine Leuchtspur (**Bild 50**), die sich mehrere Sekunden hält und daher beobachten läßt. Damit nicht eine Hüllkurve wie in **Bild 51** erscheint, ist der Gleichrichter G mit dem Glättungskondensator C 2 notwendig.

In gleicher Weise kann die Durchlaßkurve jedes anderen niederfrequenten Vierpoles dargestellt werden, wenn der Heulton-Drehkondensator den benötigten Frequenzbereich erfaßt.



*Bild 50. Durchlaßkurve eines Hochpasses nach Gleichrichtung und Glättung*



*Rechts: Bild 51. Durchlaßkurve (Hüllkurve) eines Hochpasses ohne Gleichrichtung*

Im Hochfrequenzgebiet erzeugt man die Frequenzänderung (Wobbelung) auf elektronischem Wege durch Reaktanzröhren. Solche Wobbelzusätze oder Frequenz-Modulatoren sind in geeigneten Ausführungen im Handel.<sup>1)</sup>

Die prinzipielle Wirkungsweise von Wobblern wollen wir an einigen Meßschaltungen erläutern, die der Leser — wenn ein Wobbelzusatz zur Verfügung steht — leicht selbst aufbauen kann. Im wesentlichen enthält ein solcher Wobbelzusatz in moderner Ausführung eine Verbundröhre (oft eine ECH 81), deren Heptode die Mischstufe bildet, während die Triode als Oszillator geschaltet ist, der durch eine Reaktanzröhre (Blindwiderstandsröhre) abhängig von einer Steuerungsspannung verstimmbar werden kann (gewobbel wird). Der

<sup>1)</sup> Vgl. hierzu Band 103 der Radio-Praktiker-Bücherei „Die Wobbelsender“.

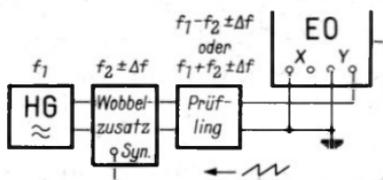


Bild 52. Meßschaltung mit Hochfrequenzgenerator (HG) und Wobbelzusatz. Die Wobbelfrequenz wird mit der Kippspannung des Oszillografen synchronisiert

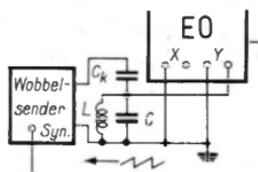


Bild 54. Kapazitive Ankopplung des Wobbel-senders an den Kopfpunkt eines Parallelschwingkreises,  $C_k \ll C$

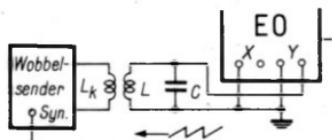


Bild 53. Induktive Ankopplung des Wobbel-senders an einen Parallelschwingkreis

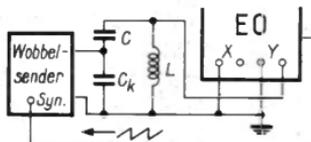


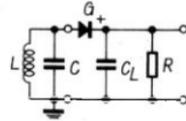
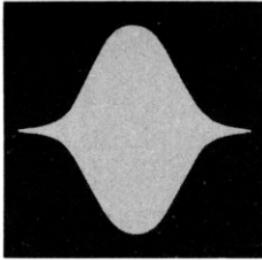
Bild 55. Kapazitive Ankopplung des Wobbel-senders an den Fußpunkt eines Parallelschwingkreises,  $C_k \gg C$

Oszillator liefert meist eine Frequenz von einigen Megahertz. Ist der Prüfling ein Hf-Vierpol, so kann man ihn mit dem Wobbler elektronisch verstimmen und erhält eine Frequenzmodulation. In **Bild 52** ist eine allgemein gültige Meßschaltung wiedergegeben.

Der Wobbelzusatz besitzt eine besondere Buchse, der die Kippspannung des Oszillografen zugeführt wird. Mit einem im Wobbelzusatz eingebauten Potentiometer kann man die Amplitude der Kippspannung so einstellen, daß Wobbelung und Kippspannung synchron arbeiten, so daß man einen linearen Frequenzmaßstab auf der X-Achse erhält.

Bei der Untersuchung von Schwingkreisen, Bandfiltern und Durchlaßkurven ganzer Geräte ist es wichtig, den Wobbel-sender zweckmäßig an den Prüfling anzukoppeln. Einen Einzelkreis wird man induktiv möglichst lose ankoppeln, damit der Schwingkreis nicht verstimmt wird (**Bild 53**). Verwendet man kapazitive Ankopplung, so ist zu beachten, daß der Koppelkondensator  $C_k$  bei Kopfpunktkopplung (**Bild 54**) klein, bei Fußpunktkopplung (**Bild 55**) dagegen groß gegen den Abstimmkondensator  $C$  sein muß.

Bei den skizzierten Schaltungen erscheinen stets flächenhafte Doppelkurven (**Bild 56**), weil die Vertikalablenkung von der Meßfrequenz gesteuert wird. Will man nur die Hüllkurve erhalten, so ist ein Gleichrichter, z. B. ein passender Diodentastkopf nach **Bild 57**, zwischen Prüfling und Y-Eingang zu schalten.



*Bild 57. Gleichrichterschaltung mit Diode  $G$ , Ladecondensator  $C_L$  und Belastungswiderstand  $R$*

*Links: Bild 56. Resonanzkurve (Hüllkurve) eines Parallelschwingkreises (ohne Gleichrichtung)*

Weiter haben die Schaltungen den Nachteil, daß die Resonanzfrequenz des untersuchten Schwingkreises am Wobbelsender abgelesen werden muß, der manchmal nur grob in Frequenzen geeicht ist. Steht ein besonderer quarzstabilisierter Meßmarkensender zur Verfügung, so schaltet man diesen zusätzlich ein. Der Meßmarkensender erzeugt dann eine der eingestellten Meßfrequenz entsprechende „Meßmarke“ auf der Durchlaßkurve als kleine zusätzliche Spannungsspitze. Die Meßmarke ist möglichst klein zu halten, damit sie die aufgezeichnete Durchlaßkurve nicht verfälscht. Verstimmt man den Meßmarkensender, so wandert die Meßmarke über die Kurve. Dadurch lassen sich Grenzfrequenzen und Maximum der Kurve genau bestimmen. Diese werden besonders wichtig bei Bandfiltern. **Bild 58** veranschaulicht eine Meßschaltung mit Gleichrichterzusatz.

Besitzt der Wobbelsender eine Feinabstimmung, dann ist die Bandbreite besonders leicht zu ermitteln. Man zeichnet auf den Schirm eine Vertikalachse, auf der in passender Länge 100 % und 70,7 % markiert werden. Die Ausgangsspannung des Wobblers wird so eingeregelt, daß bei der Resonanzfrequenz  $f_0$  das Kurvenmaximum 100 % beträgt (**Bild 59**). Betätigt man dann die Feinabstimmung, so wandert die Kurve auf dem Schirm nach einer Seite. Die Grenzfrequenz ist er-

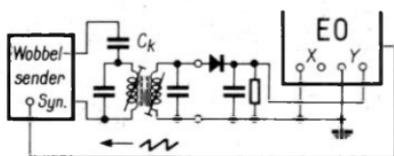
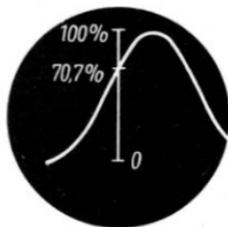
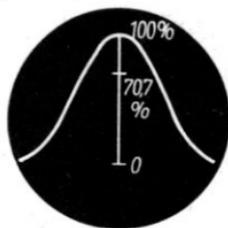


Bild 58. Meßschaltung zur Darstellung einer Bandfilterkurve

Rechts oben: Bild 59. Hüllkurve mit gezeichneter Vertikalachse

Rechts: Bild 60. Verschiebung der Kurve durch Verstimmung des Wobblers zur Ermittlung der Grenzfrequenz



reicht, wenn die Flanke der Kurve die Vertikalachse bei 70,7% schneidet (Bild 60). Verstimmt man alsdann nach der anderen Seite, so ergibt sich die andere Grenzfrequenz. Die beiden Grenzfrequenzen liest man an der Feinabstimmkala des Wobblers ab. Die Bandbreite  $b$  ist die Differenz beider Grenzfrequenzen.

Nun läßt sich auch der Gütefaktor  $Q$  des Schwingkreises berechnen. Er ergibt sich aus der Formel

$$Q = \frac{f_0}{b} \quad (10)$$

Ist die Kapazität  $C$  oder die Induktivität  $L$  des untersuchten Parallelschwingkreises bekannt, dann erhält man seinen Resonanzwiderstand  $R_0$  nach den Formeln

$$R_0 = Q \cdot X_C = \frac{Q}{2\pi f_0 \cdot C} = \frac{1}{2\pi b \cdot C} \quad (11)$$

$$= Q \cdot X_L = Q \cdot 2\pi f_0 \cdot L = \frac{2\pi f_0^2 \cdot L}{b} \quad (12)$$

Damit sich bei der Aufnahme von Bandfilterkurven keine Unsymmetrien in der Meßschaltung auswirken, muß der Wobblersender sehr lose angekoppelt werden.  $C_k$  in Bild 58 ist daher möglichst klein zu wählen. Um die Dämpfung des



Bild 61. Bandfilterkurven a) unterkritische Kopplung, b) kritische Kopplung, c) überkritische Kopplung

Gleichrichterzusatzes zu vermeiden, arbeitet man meist ohne denselben und bringt die flächenhafte Doppelkurve (Bild 61) auf den Bildschirm. Mit dem Oszillografen läßt sich ein völlig verstimmtes Bandfilter ohne Einzelbedämpfung der Kreise abgleichen. Die Abstimmeelemente (meist die Spulenkern, seltener Trimmerkondensatoren) werden nach dem Oszillogramm solange verändert, bis eine symmetrische Bandfilterkurve der gewünschten Form erscheint. Wobbelfrequenz und Frequenzhub sind so zu wählen, daß sich keine Schwingungen der ansteigenden Meßfrequenz und der ausklingenden Eigenfrequenz der Kreise zu Schwebungen zusammensetzen, die im Oszillogramm sichtbar werden.

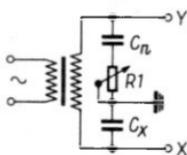
Anhand des Oszillogramms sind unterkritische, kritische und überkritische Kopplung (Bilder 61a, b und c) nach Wahl einwandfrei einstellbar. Durch Änderung der Feinabstimmung am Wobblen kann die Bandbreite wie oben beschrieben ermittelt werden. Schließlich läßt sich auch die Flankensteilheit aus dem Frequenzunterschied bestimmen, der für den Anstieg der Kurve von 10 % auf 100 % erforderlich ist. Damit sich eine gut auswertbare Kurve ergibt, ist der Frequenzhub so einzustellen, daß die Flanken der Kurve am Bildschirmrand auf etwa 10 % des Kurvenmaximums abgesunken sind.

## 14. Prüfung von Einzelteilen

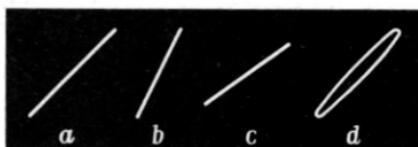
Zur Messung von Widerständen, Kapazitäten und Induktivitäten gibt es im Handel Meßgeräte in ausreichender Zahl und Ausführung, mit denen derartige Messungen einfach und schnell in der Rundfunk-Instandsetzungswerkstatt ausgeführt

werden können, so daß sich der Aufbau einer Meßschaltung mit dem Oszillografen nicht lohnt. Nur in Fällen, wo eine größere Anzahl von Bauelementen gleicher Art mit einem Meßnormal verglichen werden soll, mag eine Meßanlage mit Oszillograf von Vorteil sein, wenn sie narrensicher aufgebaut wird, so daß sie von angelernten Kräften bedient werden kann. Wir wollen als Beispiele nur zwei einfache Meßschaltungen bringen.

**Bild 62** zeigt eine Meßschaltung für Kondensatorvergleich.  $C_n$  ist ein Normalkondensator, mit dem der Prüfling  $C_x$  in Reihe geschaltet ist. Mit den Abschwächern werden X- und Y-Achse auf gleiche Länge auf dem Bildschirm des Oszillografen eingeregelt. Dann erscheint auf dem Bildschirm ein



**Bild 62.** Schaltung zum Kondensatorvergleich



**Bild 63.** a) Neigungswinkel =  $45^\circ$ , wenn  $C_x = C_n$ , b) Neigungswinkel  $> 45^\circ$ , wenn  $C_x > C_n$ , c) Neigungswinkel  $< 45^\circ$ , wenn  $C_x < C_n$ , d) die Verluste von  $C_x$  sind größer als die Verluste von  $C_n \cdot R_1 = 0 \Omega$

Strich von  $45^\circ$  Neigung (**Bild 63a**) gegen die Horizontale, wenn beide Kondensatoren gleiche Kapazität besitzen. Größere Kapazität des Prüflings ergibt einen größeren, kleinere Kapazität einen kleineren Neigungswinkel als  $45^\circ$  (**Bilder 63b** und **c**). Erscheint an Stelle eines Striches eine schmale Ellipse (**Bild 63d**), so sind die beiden Spannungen nicht mehr phasengleich, weil die Verluste von  $C_x$  größer als die von  $C_n$  sind. Durch  $R_1$  läßt sich die Ellipse wieder zu einem Strich zusammenziehen. Der Wert von  $R_1$  im Vergleichskreis entspricht dann dem Verlustwiderstand im Meßkreis. Kann man mit  $R_1$  keinen Strich auf dem Schirm erzielen, so sind die Verluste des Prüflings geringer als die des Normalkondensators.

Für Lade- und Siebkondensatoren genügt zur Prüfung die Netzwechselspannung von 50 Hz. Abstimmkondensatoren und für Niederfrequenz- oder Hochfrequenzkreise bestimmte Kondensatoren müssen jedoch mit verschiedenen Frequenzen

geprüft werden, die man einem Frequenzgenerator entnimmt. Dieser muß einen erdfreien oder erdsymmetrischen Ausgang besitzen, weil die Meßschaltung erdsymmetrisch aufzubauen ist. Bleibt beim Überstreichen des verlangten Frequenzbereiches ein Strich von 45° Neigung erhalten, so weisen Prüfling und Normalkondensator die gleichen frequenzabhängigen Verluste auf. Da der kapazitive Widerstand mit zunehmender Frequenz sinkt und der Generator hierdurch stärker belastet wird, kann der Strich nach höheren Frequenzen zu kürzer werden.

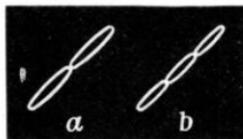
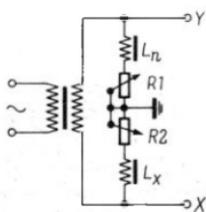


Bild 65. Oszillogramme bei verschiedenen Spulenverlusten

Links: Bild 64. Schaltung zum Spulenvergleich

In **Bild 64** ist eine einfache Meßschaltung für Spulenvergleiche dargestellt. Hier ist außer dem Widerstand  $R_1$  des Bildes 62 ein zweiter Regelwiderstand  $R_2$  vorgesehen, damit auch Spulen untersucht werden können, die geringere Verluste als die Normalspule  $L_n$  aufweisen. Als Spannungsquelle dient das Netz bei Netzdrosseln. Für andere Spulen wird ein Tonfrequenz- bzw. ein Hochfrequenzgenerator erforderlich. Analog wie beim Kondensatorvergleich erscheinen ein geneigter Strich bzw. bei unterschiedlichen Verlusten eine Ellipse oder mehrfache Schleifen (**Bild 65a** und **b**), denn man muß hier in Betracht ziehen, daß sich die Spulenverluste aus dem ohmschen Widerstand der Spule und den Kernverlusten zusammensetzen. Auch unterschiedliche Luftspalte wirken sich aus.

## 15. Prüfung von Gleichrichtern und Siebketten

Sehr anschaulich und mit einfachen Schaltungen lassen sich mit dem Elektronenstrahl-Oszillografen Gleichrichter untersuchen. Die Schaltung **Bild 66** ermöglicht die Aufnahme

von Spannungskurven eines Einweg-Gleichrichters mit Netzwechselfrequenz. Wird ein Regeltransformator verwendet, dann kann man den Gleichrichter mit verschiedenen Arbeitsspannungen untersuchen. Die eingezeichneten Meßinstrumente sind zur Bestimmung der tatsächlichen Werte von Vorteil, aber nicht unbedingt erforderlich.  $R_a$  ist der Belastungswiderstand, an dem die maximal zulässige Stromstärke eingestellt werden kann. Das Gleichspannungs-Voltmeter  $V$  zeigt die mittlere Gleichspannung an, die im unbelasteten Zustand bei Einweg-Gleichrichtung 31,8 % der Scheitelspannung beträgt. An  $V_{Br}$  kann die Brummspannung, das ist die restliche überlagerte Wechselfrequenz, gemessen werden. Der diesem Meßwerk vorzuschaltende Trennkondensator  $C_T$  (übliche Größe 0,1...0,5  $\mu F$ ) verfälscht aber leider das Meßergebnis, weil er die Kurve bereits merklich glättet. Die Kippspannung für die Horizontalablenkung wird mit der Netzfrequenz

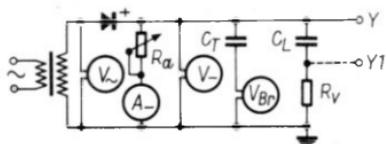


Bild 66. Meßschaltung zur Prüfung eines Einweg-Trockengleichrichters

Rechts: Bild 68. Verlauf der Ausgangsspannung bei der Einweg-Gleichrichtung auf dem Bildschirm eines Oszillografen mit Gleichspannungseingang ( $R_a = 3 \text{ k}\Omega$ ):  $C_L =$  a) 1  $\mu F$ , b) 2  $\mu F$ , c) 4  $\mu F$ , d) 8  $\mu F$ , e) 16  $\mu F$

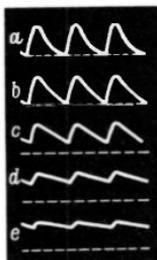


Bild 67. Oszillogramm eines Einweg-Gleichrichters ohne Ladekondensator



Bild 69. Verlauf der Brummspannung bei einem Oszillografen mit gleichspannungsfreiem Eingang



Bild 70. Ladestrom von  $C_L$  erzeugt durch Spannungsabfall an  $R_V$  nach der Schaltung Bild 66.

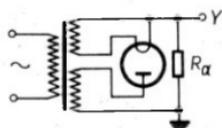
synchronisiert, um gutstehende Bilder zu erhalten. Trennt man  $R_a$ ,  $C_T$  und  $C_L$  ab, so erhält man ein Oszillogramm nach Bild 67.

In Bild 68 sind die Kurvenbilder wiedergegeben, die unter Belastung mit einem Ladekondensator  $C_L$  verschiedener Kapazität auftreten. Voraussetzung hierzu ist allerdings, daß

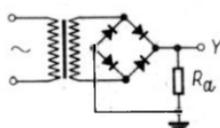
der Oszillograf mit Gleichspannungsverstärkern ausgerüstet ist. Enthält er gleichstromfreie Eingänge, dann wird nur die restliche Brummspannung auf dem Schirm erscheinen (**Bild 69**). Am Vorwiderstand  $R_V$  läßt sich schließlich bei geringer Belastung des Gleichrichters eine Spannung abnehmen, die proportional dem Ladestrom von  $C_L$  verläuft (**Bild 70**).

Für Röhrengleichrichter muß der Netztransformator noch eine entsprechende Heizwicklung aufweisen (**Bild 71**), die aber auch einem parallel geschalteten kleinen Heiztransformator entnommen werden kann. In den **Bildern 72** und **73** ist schließlich noch die Anschaltung eines Trockengleichrichters in Brückenschaltung und einer Zweiweg-Gleichrichterröhre dargestellt. Meßinstrumente,  $C_T$  und  $C_L$  können nach Bild 66 zugeschaltet werden. In **Bild 74** sind verschiedene Oszillogramme wiedergegeben, die bei der Zweiweg-Gleichrichtung auf dem Bildschirm eines Oszillografen mit Gleichspannungseingang erscheinen. Ist im Eingang des Oszillografen ein Kondensator zur Abtrennung der Gleichspannung vorhanden, dann wird auf dem Bildschirm lediglich die Kurve der Welligkeitsspannung wiedergegeben (s. Bild 69).

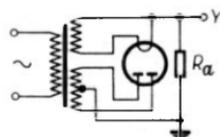
Weisen die gleichgerichteten Halbwellen (**Bild 74a**) ungleiche Höhen auf, so deutet das darauf hin, daß die Anodenspannungswicklung (**Bild 73**) nicht in der Mitte angezapft



*Bild 71. Meßschaltung zur Prüfung einer Einweg-Gleichrichterröhre*



*Bild 72. Meßschaltung für Brückengleichrichter*



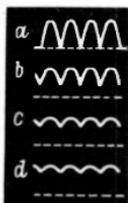
*Bild 73. Anordnung zur Prüfung einer Zweiweg-Gleichrichterröhre*

ist, den Gleichrichteranoden also ungleiche Spannungen zugeführt werden, oder daß die Diodenstrecken verschiedene Emission haben. Durch Vertauschen der Anodenanschlüsse läßt sich leicht feststellen, ob der Transformator oder der Gleichrichter fehlerhaft ist.

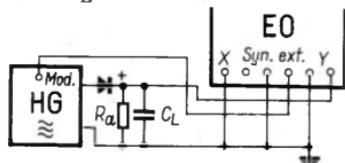
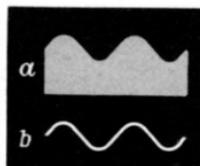
Sollen Hf-Gleichrichter untersucht werden, so ist auf möglichst kapazitätsarmen Aufbau der Schaltung zu achten, damit

zusätzliche Kapazitäten das Meßergebnis nicht verfälschen. Die Speisespannung wird einem Hf-Generator (HG) entnommen und zweckmäßig mit 400 oder 1000 Hz moduliert (**Bild 75**). Sieht man nur  $R_a$  vor, so ist die Kippspannung mit der Modulationsfrequenz zu synchronisieren und die Kippfrequenz so einzustellen, daß eine oder zwei Perioden der Modulations-

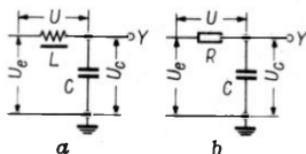
**Bild 74.** Verlauf der Ausgangsspannung bei der Zweiveg-Gleichrichtung am Oszillografen ( $R_a = 3 \text{ k}\Omega$ ); a) ohne Ladekondensator  $C_L$ , b)  $C_L = 2 \mu\text{F}$ , c)  $C_L = 4 \mu\text{F}$ , d)  $C_L = 8 \mu\text{F}$



**Bild 76.** a) Hüllkurve (Hf-Gleichrichter mit Belastungswiderstand  $R_a$ ), b) Modulationskurve (Hf-Gleichrichter mit Belastungswiderstand  $R_a$  und Ladekondensator  $C_L$ )



**Bild 75.** Meßschaltung für Hf-Gleichrichter



**Bild 77.** a) LC-Siebglied, b) RC-Siebglied

frequenz als stehendes Bild auf dem Schirm erscheinen. Die Hf-Halbwellen sind dann flächenhaft zusammengedrängt (**Bild 76a**). Wird ein Ladekondensator  $C_L$  in die Schaltung eingefügt (ein kleiner Kapazitätswert von 100 oder 200 pF genügt), so erhält man die reine Nf-Kurve (**Bild 76b**).

Durch *Siebketten* wird bekanntlich in Gleichrichterschaltungen die am Ladekondensator  $C_L$  stehende Brummspannung weiter vernichtet. Wir kennen Siebketten mit LC-Gliedern (**Bild 77a**) und mit RC-Gliedern (**Bild 77b**). Ihre Siebwirkung beruht darauf, daß der kapazitive Widerstand des Siebkondensators  $C_s$  klein gegen den Scheinwiderstand  $Z_L$  der Siebdrossel bzw. gegen den ohmschen Widerstand  $R$  des Siebwiderstandes ist. Das Verhältnis der Eingangswechselspannung  $U_e$  zur Ausgangswechselspannung  $U_c$  einer Siebkette ohne Belastung bezeichnet man als Siebfaktor  $s$ . Die Eingangswechselspannung teilt sich vektoriell in die an  $L$  oder  $R$  ab-

fallende Wechselspannung  $U$  und die am Siebkondensator  $C_s$  auftretende Ausgangswechselspannung, also

$$s = \frac{U_e}{U_c} = \frac{\sqrt{U^2 + U_c^2}}{U_c} \quad (13)$$

Da  $U_c$  meist klein gegen  $U$  ist, kann man  $U_c^2$  im Zähler dieser Formel vernachlässigen und erhält

$$s = \frac{U}{U_c} = \frac{Z_L}{X_c} \quad (\text{für LC-Siebung}) = \\ = \frac{R}{X_c} \quad (\text{für RC-Siebung}), \quad (14)$$

denn bei fehlender Belastung gehört zu beiden Spannungen derselbe Strom, sie verhalten sich also wie ihre Widerstände.

Mit  $Z_L = \omega L = 2\pi f L$  und  $X_c = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi f C}$  ergeben sich folgende Formeln:

- a) für Einweg-Gleichrichtung,  $f = 50$  Hz  
 LC-Glied:  $s = 10^5 [s^{-2}] \cdot L[H] \cdot C[F]$   
 RC-Glied:  $s = 314 [s^{-1}] \cdot R[\Omega] \cdot C[F]$
- b) für Zweiweg-Gleichrichtung;  $f = 100$  Hz  
 LC-Glied:  $s = 4 \cdot 10^5 [s^{-2}] \cdot L[H] \cdot C[F]$   
 RC-Glied:  $s = 628 [s^{-1}] \cdot R[\Omega] \cdot C[F]$

$$\text{Hz} = s^{-1}, \quad \Omega = \frac{V}{A}, \quad H = \Omega s = \frac{Vs}{A}, \quad F = \frac{As}{V}$$

*Beispiele:*

1. Einweg-Gleichrichtung:  $L = 20$  H,  $C = 32 \mu\text{F}$

$$s = 10^5 s^{-2} \cdot 20 \text{ H} \cdot 32 \cdot 10^{-6} \text{ F} \\ = 10^5 s^{-2} \cdot 20 \frac{Vs}{A} \cdot 32 \cdot 10^{-6} \frac{As}{V} = \underline{64}$$

2. Zweiweg-Gleichrichtung:  $R = 2$  k $\Omega$ ,  $C = 50 \mu\text{F}$

$$s = 628 s^{-1} \cdot 2 \cdot 10^3 \frac{V}{A} \cdot 5 \cdot 10^{-5} \frac{As}{V} \\ = 628 \cdot 2 \cdot 5 \cdot 10^{-2} = \underline{62,8}$$

Werden mehrere Siebglieder hintereinander geschaltet, so ist der resultierende Siebfaktor gleich dem Produkt der einzelnen Siebfaktoren.

$$s = s_1 \cdot s_2 \cdot s_3 \dots \quad (15)$$

## 16. Messungen an Verstärkern

Jeder Verstärker kann als Vierpol betrachtet werden, dessen Durchlaßkurven, wie weiter vorn beschrieben, mit dem Oszillografen aufgenommen werden können. Für einen Niederfrequenzverstärker benötigt man im einfachsten Falle also eine Spannungsquelle, die sinusförmige Spannungen liefert, z. B. einen Tongenerator (TG). Die leicht aufzubauende

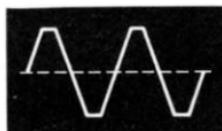
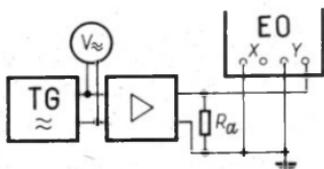
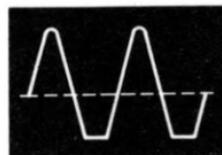


Bild 78. Schaltung zur Untersuchung des Frequenzganges eines Niederfrequenzverstärkers  
Rechts oben: Bild 79. Übersteuerter Verstärker  
Rechts: Bild 80. Falscher Arbeitspunkt einer Verstärkerröhre



Schaltung ist in **Bild 78** wiedergegeben. Damit der Nf-Verstärker mit normaler Belastung und nicht im Leerlauf arbeitet, ist der Belastungswiderstand  $R_a$  vorgesehen. Der Lautstärkeregler des Verstärkers ist zweckmäßig auf größte Verstärkung und die von TG gelieferte Wechselspannung so einzustellen, daß sie der nach dem Pflichtenheft des Verstärkers zulässigen effektiven Eingangsspannung für volle Aussteuerung entspricht. Ein tonfrequenter Spannungsmesser ( $V_{\approx}$ ) mit Effektivwertanzeige ist hier von Vorteil.

Mit dem im Oszillografen vorhandenen Y-Abschwächer wird eine günstige Amplitude für die Vertikalablenkung eingestellt. Die Kippfrequenz für die Horizontalablenkung wählt man so, daß mehrere gut sichtbare Schwingungen auf dem Bildschirm stehen.

Man beginnt die Untersuchung zweckmäßig mit einer mittleren Frequenz (800 oder 1000 Hz). Die auf dem Bildschirm erscheinenden Kurven müssen sinusförmig sein. Übersteuerungen werden durch an den Spitzen gekappte Kurven (**Bild 79**), falsche Arbeitspunkte der Verstärkerröhren durch ungleiche

Kurvenhälften (Bild 80) angezeigt. Dreht man die Abstimmung des Tongenerators bei sonst unveränderter Einstellung der Regler durch, so muß die Amplitude der auf dem Bildschirm erscheinenden Kurven bzw. Flächen stets die gleiche bleiben und darf erst bei den Grenzfrequenzen auf das 0,71fache absinken. Wird die Frequenz der Kippspannung von Fall zu Fall nachgestellt, so lassen sich für jede Frequenz

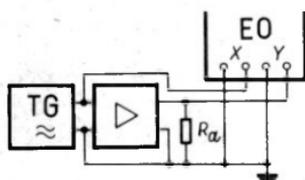


Bild 81. Schaltung zur Aufnahme von Verstärker-Kennlinien (Ausgangsspannung in Abhängigkeit von der Eingangsspannung)

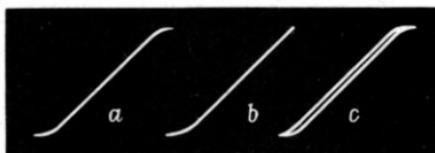


Bild 82. a) Übersteuerte Verstärker-Kennlinie, b) falsche Arbeitspunktlage, c) übersteuertes Verstärker mit phasenverschobener Eingangs- und Ausgangsspannung

stillstehende Kurven erzielen und beurteilen. Voraussetzung bei dieser Prüfung ist natürlich, daß der Tongenerator im untersuchten Frequenzbereich konstante Spannungen abgibt.

Man kann auch das Kippgerät abschalten und die Länge des verbleibenden senkrechten Striches beobachten. Abweichungen mit nicht mehr als 30 % ( $\pm 3$  dB) werden noch als zulässig angesehen.

Will man die tatsächliche Verstärkungsziffer des Nf-Verstärkers feststellen, dann ist die Ausgangsspannung des Verstärkers unmittelbar an die Y-Platten zu schalten. Die Ablenkempfindlichkeit der Y-Platten muß bekannt sein, und die sich ergebenden Spitze-Spitze-Spannungen sind in effektive Spannungen umzurechnen, wenn der Bildschirmraster nicht in Effektivspannungen geeicht ist. Schneller arbeitet man hier mit einem in Effektivwerten geeichten Tonfrequenzspannungsmesser, der an den Ausgang des Verstärkers geschaltet wird.

Der Einfluß von Klangreglern läßt sich auf diese Weise ebenfalls untersuchen. Auch die Anfertigung von relativen Durchlaßkurven, die den Frequenzgang des Verstärkers er-

kennen lassen, bereitet anhand der sich bei den eingestellten Frequenzen ergebenden Strichlängen keine Schwierigkeiten.

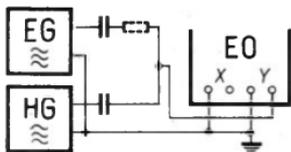
Aus der Vielzahl der möglichen Untersuchungen soll hier nur noch die Schaltung nach **Bild 81** beschrieben werden.

Legt man die Eingangsspannung des Verstärkers an den X-Eingang und die Ausgangsspannung an den Y-Eingang des Oszillografen und stellt die Abschwächer beider Eingänge so ein, daß sich in beiden Richtungen gleiche Auslenkungen des Elektronenstrahles ergeben, so erscheint als Lissajous-Figur ein Schrägstrich auf dem Bildschirm. Da jede Röhre die Phase um  $180^\circ$  dreht, ist der Strich bei gerader Zahl der Verstärkerstufen um  $45^\circ$ , bei ungerader Zahl um  $135^\circ$  gegen die Horizontale geneigt (vgl. Bilder 13 und 14). Die bei Übersteuerungen, falscher Arbeitspunktlage und Phasenverschiebung zwischen Eingangs- und Ausgangsspannung entstehenden Kurven zeigt **Bild 82**.

## 17. Frequenzzeichnung von Hf-Generatoren

Prüf- und Abgleichsender, wie sie in der Instandsetzungswerkstatt verwendet werden, kann man mit dem Elektronenstrahl-Oszillografen zuverlässig eichen, wenn ein Eichsender mit festen Eichfrequenzen (Quarznormalien) oder ein durchstimmbarer hochwertiger Eichsender zur Verfügung steht.

*Bild 83. Schaltung zur Frequenzzeichnung eines Hf-Generators (HG) mit einem Eichgenerator (EG). Die Zeitbasis steuert das eingebaute Kippgerät*



Wird eine lose Ankopplung gewählt, so können die Ausgänge der beiden Generatoren (des zu eichenden Senders und des Eichsenders) dem Y-Eingang des Oszillografen gemeinsam nach der Schaltung (**Bild 83**) zugeführt werden. Voraussetzung hierzu ist jedoch, daß der im Oszillografen vorhandene Y-Verstärker die nötige Verstärkung liefert, so

daß eine brauchbare Vertikalablenkung des Elektronenstrahles erzielt wird.

Weichen die Ausgangswiderstände der beiden Generatoren erheblich voneinander ab, dann muß man darauf achten, daß die Spannung des hochohmigen Senderausganges nicht durch die Belastung des niederohmigen Senderausganges zusammenbricht. Durch einen entsprechend kleinen Kapazitätswert des

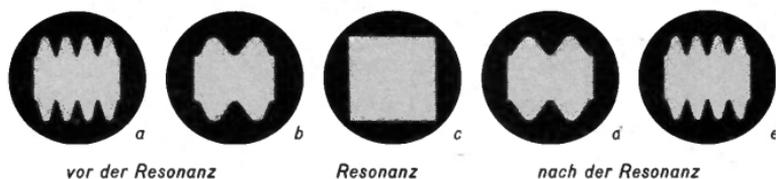


Bild 84. Schirmbilder zur Schaltung Bild 83. a) und b) vor der Resonanz, c) Resonanz, d) und e) nach der Resonanz

Koppelkondensators oder einen zusätzlichen Reihenwiderstand im niederohmigen Senderausgang läßt sich dies vermeiden. Die Werte sind nicht kritisch und ohne Einfluß auf die Eichung. Bei hochohmigem Ausgang betragen die Kapazitäten etwa 1 nF, bei niederohmigem Ausgang 10...100 pF. Man stellt die Spannung der beiden Sender getrennt so ein, daß jede Spannung gleiche Vertikalauslenkung auf dem Schirm verursacht.

Die Ablenkung in horizontaler Richtung übernimmt das im Oszillografen vorhandene Kippgerät. Man wählt für X- und Y-Achse eine für die Betrachtung günstige Länge. Anfangs höhere Kippfrequenz erleichtert das Auffinden der Resonanz, niedrige Kippfrequenz erhöht die Einstellgenauigkeit der Schwebung. Bild 84 gibt die beim Einstellen auftretenden Schirmbilder wieder. Die Schwebung „Null“ und die völlige Übereinstimmung der zu vergleichenden Frequenzen zeigt ein zuerst noch „atmendes“, dann völlig stillstehendes Viereck an. Leider täuschen die Oberwellen des Eichsenders ebenfalls eine Resonanz vor, d. h., man erhält auch ein scheinbar stillstehendes Viereck bei erheblichen Frequenzunterschieden der beiden Sender. Es ist daher darauf zu achten, daß vor und

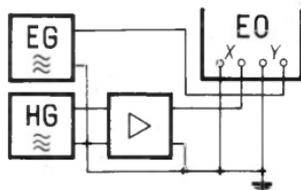
nach der Resonanz die in Bild 84 dargestellten Kurvenzüge erscheinen.

Die Eichgenauigkeit der Schaltung ist abhängig von der Genauigkeit der Eichfrequenz, den sich beim Einstellen etwa ergebenden Zieherscheinungen und der Frequenzhöhe, sie beträgt relativ 50...200 Hz.

Hat man bei der Grundfrequenz des Eichsenders Resonanz erzielt, dann lassen sich mit den Oberwellen weitere Eichpunkte (doppelte, dreifache... Grundfrequenz) gewinnen, wenn man die Abstimmung des zu eichenden Senders vorsichtig nach höheren Frequenzen zu durchdreht, bis sich erneut ein stillstehendes Viereck zeigt.

Eine eindeutigere Resonanzanzeige erzielt man, wenn die vom zu eichenden Generator abgegebene Spannung zur Aus-

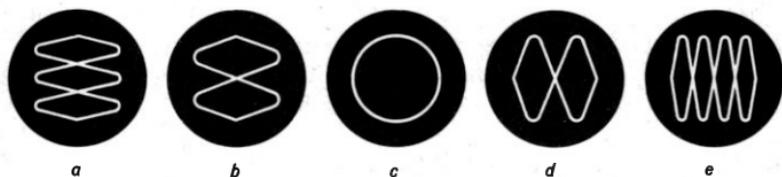
Bild 85. Blockschaltung zur Frequenzzeichnung eines Hf-Generators (HG) durch Frequenzvergleich mit einem Eichgenerator (EG). HG steuert die Zeitbasis über einen Verstärker



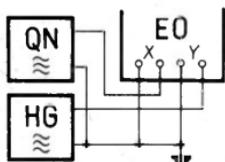
lenkung des Elektronenstrahls in horizontaler Richtung benutzt wird. Da diese Spannung im allgemeinen maximal nur etwa 100 mV beträgt, muß sie kräftig verstärkt werden. Besitzt der Oszillograf einen eingebauten Horizontalverstärker, der in dem betrachteten Frequenzgebiet ausreichend verstärkt, so läßt sich die Schaltung sehr einfach verwirklichen. Meist wird man jedoch einen besonderen Breitbandverstärker einsetzen müssen, um die nötige Auslenkung auf der X-Achse zu erzielen. Die erforderliche Blockschaltung zeigt Bild 85. Auf dem Bildschirm erscheinen dann vor und nach der Resonanz die in Bild 12 wiedergegebenen Figuren. Die zu diesem Bild gegebenen Ausführungen gelten auch hier. Die Resonanz ist aber bereits genügend genau eingestellt, wenn auf dem Bildschirm ein Ring entsteht.

Steht schließlich ein Frequenznormal (QN) zur Verfügung, dann können dessen Oberwellen zur Eichung dienen.

Solche Frequenznormalien besitzen meist einen hochohmigen Ausgang und liefern hohe Spannungen, die den Elektronenstrahl in waagerechter Richtung genügend weit aussteuern. Eine Verstärkung für die X-Achse wird dann nicht erforderlich. Die Blockschaltung für diese Messungen ist in **Bild 86** gezeichnet. Mit dem Y-Abschwächer stellt man die Vertikal-



*Bild 87. Mit der Schaltung Bild 86 entstehende Lissajous-Figuren. Resonanz bei a)  $\frac{1}{2}$  Grundfrequenz, b)  $\frac{1}{2}$  Grundfrequenz, c) Grundfrequenz, d) doppelter Grundfrequenz, e) vierfacher Grundfrequenz*



*Bild 86. Blockschaltung zur Frequenzzeichnung eines Hf-Generators (HG) durch Frequenzvergleich mit einem Quarznormal (QN), welches die Zeitbasis steuert*

spannung so ein, daß sich außerhalb der Resonanz ein quadratisches Leuchtfeld auf dem Bildschirm ergibt. Bei Resonanz der Grundfrequenz des Quarznormals mit der Frequenz des zu eichenden Senders entsteht ein Ring, bei Abstimmung des Senders auf Oberwellen des Normals erscheinen Lissajous-Figuren (vgl. auch Bilder 15...19). Stellt man den zu eichenden Sender auf ganzzahlige Bruchteile der Normalfrequenz ein, dann liegen bei stillstehenden Bildern die Ellipsen übereinander. **Bild 87** zeigt einige Beispiele.

Mit den Schaltungen nach Bild 85 und 86 läßt sich eine Eichgenauigkeit von  $\pm 10\text{...}50$  Hz erzielen.

# Literaturübersicht

- Carter, Harley*: Kleine Oszillografenlehre, Philips Technische Bibliothek, Populäre Reihe
- Czech, J.*: Oszillografen-Meßtechnik, 1959, Verlag für Radio-Foto-Kinotechnik GmbH, Berlin-Borsigwalde
- Renardy, Dr. Adolf*: Radio-Service-Handbuch, 4. Auflage, 1967, Franzis-Verlag, München (enthält Angaben über Fehlersuche, Signalverfolgung und Abgleich mit Elektronenstrahl-Oszillografen)
- Richter, Heinz*: Hilfsbuch für Katodenstrahl-Oszillografie, 5. Auflage, 1965, Franzis-Verlag, München
- Wolf, Gerhard*: Oszillografen und ihre Breitbandverstärker, 2. Auflage, 1966, Franzis-Verlag, München

## *Funkschau 1963*

- Eichspannungsgenerator, Heft 21, S. 592
- Transistor- und Dioden-Kennlinien mit dem Oszillografen gemessen, Heft 1, S. 15
- Service-Oszillograf Picoskop, Heft 15, S. 427
- Simultanschalter für Oszillografen, Heft 18, S. 516
- Wechselstrom-Leistungsmessungen mit einem Elektronenstrahl-Oszillografen, Heft 22, S. 623

## *Funkschau 1964*

- Kleinoszillograf Miniszell als Bausatz, Heft 6, S. 152
- HM 107, ein Universal-Oszillograf, Heft 1, S. 17
- Breitband-Oszillograf UTO 366, Heft 13, S. 344
- Triggerbarer Klein-Oszillograf, Heft 21, S. 563
- Universal-Kleinoszillograf ROG 3, Heft 12, S. 331
- Transistor-Oszillograf für den Kundendienst, Heft 18, S. 479, Heft 24, S. 658
- Transistor-Kennlinienschreiber, Heft 20, S. 530

## *Funkschau 1965*

- Ein neuer elektronischer Schalter, Heft 9, S. 237
- Transistor-Oszillograf mit hoher Punktschärfe, Heft 21, S. 588
- Prüfeinschub für Tetrax-Oszillografen, Heft 21, S. 588
- Vielseitiger Transistor-Oszillograf, Heft 15, S. 426

## *Funkschau 1966*

- Oszillograf für 100 MHz, Heft 22, S. 696
- Oszillograf mit Bildspeicherung, Heft 2, S. 36
- Gleichspannungs-Oszillograf, Heft 8, S. 228
- Miniatur-Oszillograf, Heft 3, S. 76
- Transistor-Trigger-Oszillograf, Heft 18, S. 575

## *Funktechnische Arbeitsblätter*

- Mv 01 Phasenmessung mit Lissajous-Figuren
- Mv 02 Bestimmung des Frequenzverhältnisses (und Phasenwinkels) zweier Spannungen mit Lissajous-Figuren

# Stichwortverzeichnis

## A

Ablenkempfindlichkeit 5, 16  
Ablenkfaktor 5, 6  
Abschwächer 6  
Anodenspannung 5  
Anstiegszeit 6  
Aussteuerungsbereich 6

## B

Bandbreite 13, 47  
Bandfilterkurve 47  
Bildbreite 13  
Bildhöhe 13  
Blindwiderstandsröhre 44  
Breitband 13  
Brückenschaltung 52  
Brummspannung 51, 53

## D

Dachschräge 6  
Diodenkennlinien 35  
Doppelkurve 46  
Drosselsiebung 54  
Durchlaßkurve 43

## E

Effektivwert 17  
Eichgenauigkeit 59, 60  
Eichsender 57  
Eichspannung 6  
Eichung 7, 15  
Eingangsimpedanz 6, 7, 10  
Elektronenstrahlröhre 5  
Elektronischer Schalter 31  
Ellipse 32  
Empfindlichkeit 7  
Erdung 12

## F

Feinabschwächer 13  
Feldstärke, magnetische 34

Folgefrequenz 7  
Frequenz 6  
Frequenzbereich 6  
Frequenzzeichnung 57  
Frequenzmessungen 21  
Frequenzmodulator 44  
Frequenznormal 59  
Frontplatte 10

## G

Gastriode 8  
Gesamtbeschleunigungsspannung 5  
Gleichlaufzwang 9, 14  
Gleichrichter 50  
Grenzfrequenz 10, 43  
Gütefaktor 47

## H

Helligkeit 12  
Helligkeitsmodulation 14  
Helligkeitsregler 10  
Heulton-Drehkondensator 43  
Hf-Gleichrichter 53  
Horizontalablenkung 13  
Horizontal-Abschwächer 10  
Horizontalverstärker 9  
Hüllkurve 44  
Hysteresisschleife 33

## I

Induktion, magnetische 34

## K

Kennlinien 35  
Kippspannung 8  
Koerzitivkraft 34  
Kondensatorsiebung 54  
Kondensatorvergleich 49  
Kopplung, kritische 48  
Kopplung, überkritische 48  
Kopplung, unterkritische 48

**L**

Ladestrom 51  
LC-Siebglied 53  
Leuchtfarbe 5, 8  
Leuchtfleck 15  
Leuchtpunktschärfe 12  
Linearitätsabweichung 6  
Lissajous-Figuren 25

**M**

Miller-Transitron 8  
Modulations-Dreieck 42  
Modulationsgrad 41  
Modulations-Trapez 42  
Multivibratorschaltung 8

**N**

Nachleuchtdauer 5  
Nullpunktverschiebung 12

**P**

Parallelschwingkreis 47  
Phantastron 8  
Phasennmessung 28  
Phasenverschiebung 29  
Phasenwinkel 29, 32  
Planschirm 8

**Q**

Quarznormale 57

**R**

RC-Siebglied 53  
Reaktanzröhre 44  
Regler 10  
Remanenz 34  
Resonanz-Schirmbilder 58, 60  
Resonanzwiderstand 47  
Röhrenkennlinien 36

**S**

Sanatron 8  
Sägezahnspannung 9  
Scheinwiderstand 53  
Schirmdurchmesser 5  
Schmalband 18  
Schwingungen 39

Siebfaktor 53  
Signalverzögerung 6  
Spitze-Spitze-Wert 17  
Spulenvergleich 50  
Strommessung 20  
Stufenabschwächer 13  
Synchronisation 9, 11, 14

**T**

Tastkopf 6  
Thyratron 8  
Triggern 7, 9, 14  
Tubus 8

**U**

Übermodulation 41  
Überschwingen 6

**V**

Vergleichsmethode 18  
Vergleichsspannungs-Meßgerät 19, 20  
Verstärker-Kennlinien 56  
Verstärker-Umschalter 31  
Vertikalablenkung 13  
Vertikal-Abschwächer 10

**W**

Wahlschalter 10  
Welligkeitsspannung 52  
Wobbelung 44  
Wobbelzusatz 41  
Wobbler 9

**X**

X-Eingang 9  
X-Richtung 5  
X-Verstärkung 6

**Y**

Y-Eingang 11  
Y-Richtung 5  
Y-Verstärker 10

**Z**

Zeitablenkung 6  
Zeitmaßstab 7

## **FRANZIS-FACHBÜCHER ÜBER OSZILLOGRAFEN**

# **Hilfsbuch für Katodenstrahl-Oszillografie**

*Von Ingenieur Heinz Richter*

5., erweiterte und völlig neu bearbeitete Auflage

304 Seiten mit 364 Bildern, darunter 111 Oszillogramm-Aufnahmen,  
und 34 Tabellen

**In Ganzleinen mit Schutzumschlag 26.80 DM**

Dies ist gewissermaßen die stark ausgeweitete und zur Allgemeingültigkeit erhobene Gebrauchsanleitung für moderne Katodenstrahl-Oszillografen, die mit den Schaltungen der Oszillografen selbst, mit den mannigfachen Hilfsschaltungen, mit den wichtigsten Geräten, den Oszillografenröhren und ihren technischen Eigenschaften vertraut macht und die in einem „Atlas der Oszillogramme“, mit entsprechenden Erläuterungen versehen, die immer wiederkehrenden Schirmbilder und ihre Entstehung erläutert.

Das Buch, dessen erste vier Auflagen wohl in allen Laboratorien und bei vielen Technikern zu finden sind, wurde in seiner 5. Auflage erneut überarbeitet und auf den jüngsten Stand der Technik gebracht.

## **Oszillografen**

**und ihre Breitbandverstärker**

*Von Ingenieur Gerhard Wolf*

2., neu bearbeitete und erweiterte Auflage

308 Seiten mit 300 Bildern, darunter 80 Oszillogrammen, und 2 Tabellen

**In Ganzleinen mit Schutzumschlag 29.80 DM**

Das Buch von Wolf befaßt sich bevorzugt mit den Schaltungen oszillografischer Baugruppen und gibt einen Überblick über den gegenwärtigen Stand dieser Technik. Im Vordergrund stehen die Berechnung und Dimensionierung von Breitbandverstärkern, insbesondere auch von Gleichspannungsverstärkern, wie sie in neuzeitlichen Oszillografen enthalten sind. An Sonderproblemen werden Einrichtungen zur Spannungs- und Zeitmessung, elektronische Kanalschalter für die Darstellung von zwei Oszillogrammen auf dem Bildschirm, Differenzverstärker, Schaltungsanordnungen zur Erzeugung der Zeitablenkungspannung u. a. mehr gründlich behandelt.

**FRANZIS - VERLAG · MÜNCHEN**

- 68 **Formelsammlung für den Radio-**  
70 **Praktiker** (Dipl.-Ing. Georg Rose).  
9. Aufl., 168 Seiten, 183 Bilder.
- 71 **Bastelpraxis Band I. Allgemeine**  
**Arbeitspraxis** (Werner W. Diefen-  
bach). 6. Aufl., 64 Seiten, 50 Bilder,  
2 Tabellen.
- 72 **Drakhtlose Fernsteuerung von Flug-**  
73 **modellen** (Karl Schultheiss).  
4. Aufl., 128 Seiten, 76 Bilder.
- 74 **Einkreis-Empfänger mit Röhren und**  
**Transistoren** (H. Sutaner). 5. Aufl.,  
68 Seiten, 71 Bilder, 3 Tabellen.
- 76 **Bastelpraxis Band II. Theoretische**  
**und praktische Grundlagen** (Werner  
W. Diefenbach). 6. Aufl.  
76 Seiten, 93 Bilder, 11 Tabellen.
- 77 **Der Selbstbau von Meßeinrichtungen**  
77a **für die Funkwerkstatt** (Ernst Nieder).  
5. Aufl., 120 Seiten, 94 Bilder, 2 Tab.
- 79 **Bastelpraxis Band III. Praktischer**  
79a **Aufbau von einfachen Prüfgeräten**  
**und Empfängern vom Detektor bis**  
**zum Super, dazu Verstärker, KW-**  
**und Zusatzgeräte** (Werner W. Die-  
fenbach). 6. Auflage, 144 Seiten,  
149 Bilder.
- 80 **Das Spulenbuch — Hochfrequenz-**  
80b **spulen** (Hans Sutaner). 5. Aufl., 192  
Seiten, 109 Bilder und Schaltungen,  
16 Tabellen, 15 Nomogramme.
- 81 **Die elektrischen Grundlagen der**  
83 **Radiotechnik** (Kurt Leucht).  
8. Aufl., 272 Seiten, 169 Bilder, viele  
Tabellen.
- 84 **Fernsehantennen-Praxis** (Herbert G.  
Mende). 9. Aufl., 68 Seiten, 43 Bilder,  
6 Tabellen.
- 86 **Berufskunde des Radio- und Fernseh-**  
87 **technikers. Vom Lehrling zum Mei-**  
**ster** (Dipl.-Ing. Georg Rose).  
2. Aufl., 144 Seiten, 2 Tafeln.
- 89 **Autoempfänger. Einbau, Antennen u.**  
90a **Funkenstörung** (Eckhard-Heinz  
Manzke). 2. Auflage, 192 Seiten,  
149 Bilder, 6 Tabellen.
- 93 **Transistorschaltungen für die Modell-**  
94 **fernsteuerung** (H. Bruß).  
5. Aufl., 128 Seiten, 102 Bilder, 8 Tab.
- 95 **Fotozellen und ihre Anwendung**  
96 (L. Beitz und H. Hesselbach). 3. Aufl.,  
128 Seiten, 103 Bilder, 6 Tabellen.
- 97 **Kleines Stereo-Praktikum**  
98 (Ing. Fritz Kühne u. Karl Tetzner).  
3. Aufl., 136 Seiten, 99 Bilder.
- 99 **Wie arbeite ich mit dem Elektronen-**  
**strahl-Oszillografen?** (H. Sutaner).  
5. Aufl., 64 Seiten, 87 Bilder.
- 100 **Daten- und Tabellensammlung für**  
**Radiopraktiker** (H. G. Mende).  
2. Aufl., 96 Seiten, 40 Bilder,  
50 Tabellen.
- 101 **Elektronische Orgeln und ihr Selbst-**  
102 **bau** (Dr. Rainer H. Böhm).  
3. Aufl., 132 Seiten, 53 Bilder.
- 103 **Die Wobbelsender. Aufgaben und**  
**Schaltungstechnik** (H. Sutaner).  
2. Aufl., 64 Seiten, 40 Bilder.
- 104 **Transistorsender für die Fernsteu-**  
**erung** (H. Bruß). 3. Aufl., 68 Seiten,  
51 Bilder, 4 Tafeln, 2 Nomogramme.
- 105 **Lautsprecher u. Lautsprechergehäuse**  
**für HiFi** (Dipl.-Ing. H. H. Klinger).  
3. Auflage, 76 Seiten, 63 Bilder.
- 106 **Netztransformatoren und Drosseln.**  
107 **Berechnung und Bau** (Dr.-Ing. Paul  
E. Klein). 2. Aufl., 128 Seiten, 55 Bil-  
der, 56 Tabellen.
- 108 **Amateurfunk-Superhets. Planung und**  
**Selbstbau** (G. E. Gerzelka).  
64 Seiten, 13 Bilder, 8 Tabellen.
- 109 **Transistor-Amateurfunkgeräte für das**  
110 **2-m-Band. Schaltungstechnik und**  
**praktischer Aufbau** (J. Reithofer).  
2. Aufl., 120 Seiten, 108 Bilder.
- 111 **Meßinstrumente und ihre Anwen-**  
112 **dung. Kleine Meßkunde für Radio-**  
**u. Fernseh-Praktiker** (W. M. Köhler).  
2. Aufl., 128 S., 116 Bilder, 3 Tab.
- 113 **Elektronische Experimente** (G. Büs-  
cher). 2. Aufl., 68 S., 86 Bild., 2 Tab.
- 114 **Halbleiter-Experimente** (Dipl.-Phys.  
J. Kleemann). 64 Seiten, 52 Bilder,  
20 Tabellen.
- 115 **Elektronische Schaltungen mit Foto-**  
116 **zellen** (Wilhelm Hennig). 160 Seiten,  
112 Schaltbilder, 6 Tabellen.
- 117 **Einseitenbandtechnik für den Funk-**  
118 **amateur** (Friedhelm Hillebrand).  
148 Seiten, 118 Bilder, 12 Tabellen.
- 119 **Gedruckte Schaltungen** (Hans Suta-  
ner). 128 Seiten, 49 Bilder, 2 Tabellen.
- 121 **Bastelpraxis Band IV. Transistor-**  
123 **praxis** (Werner W. Diefenbach). 160  
Seiten, 125 Bilder, 16 Tabellen.
- 124 **Technische Akustik** (H. H. Klinger).  
125 120 Seiten, 75 Bilder, 17 Tabellen.
- 126 **Betriebstechnik des Amateurfunks**  
127 (Hans-Joachim Henske). 128 Seiten,  
27 Bilder, 5 Tabellen.
- 128 **Meßsender, Frequenzmesser und**  
130 **Multivibratoren** (Hans Sutaner). 160  
Seiten, 125 Bilder.
- 134 **Kleines Halbleiter-ABC** (Gustav  
135 Büscher). Ca. 112 Seiten, 100 Bilder.
- 137 **Farbfernsehen** (Dr.-Ing. Klaus Wel-  
140 land). 2. Aufl., 52 Seiten Großfor-  
mat, 46 Bilder.

Der Elektronenstrahl-Oszillograf ist heute ein unentbehrliches Prüf- und Meßgerät für Laboratorien und Reparaturwerkstätten. Jeder Radiopraktiker sollte daher wissen, wie man mit ihm umgeht. Der vorliegende Band stellt eine Einführung in das praktische Arbeiten mit dem Elektronenstrahl-Oszillografen dar. Auf eine Übersicht über die Daten der Oszillografen und ihre Definition folgt ein Abschnitt „Welchen Oszillografen soll man wählen?“. Hierauf wird der Leser mit der Inbetriebnahme und Prüfung eines Oszillografen vertraut gemacht. Die Frontplatten der modernen Elektronenstrahl-Oszillografen stimmen im allgemeinen in der Anordnung der Bedienungsknöpfe und Anschlußbuchsen sowie in ihrer Bezeichnung überein, so daß man sich an Hand des gewählten Beispiels auch bei anderen Elektronenstrahl-Oszillografen zurechtfindet. Sehr nützlich sind die Abschnitte, die sich mit der Eichung des Elektronenstrahl-Oszillografen, mit Wechselspannungs-, Frequenz- und Phasenmessungen, der Darstellung von Hysteresisschleifen, der Aufnahme von Kennlinien, der Sichtbarmachung von Durchlaßkurven u. a. beschäftigen.

H. Sutaner gehört zur ersten radiotechnischen Fachschriftsteller-Generation, gekennzeichnet durch Namen wie Walther H. Fitze, Hanns Günther, Prof. Gustav Leithäuser und Dr. Eugen Nesper. Er hat sehr früh begonnen, junge Menschen durch Vorträge, Aufsätze in Zeitschriften und Bücher an die Radiotechnik heranzuführen. Seine Stärke liegt in der leicht verständlichen und überzeugenden, technisch exakten Darstellung verwickelter Vorgänge. Diese Fähigkeit kommt auch Spezialthemen wie dem des vorliegenden Buches zugute.