

# FUNK



15. SEPTEMBER 1940

## INHALT

HEFT 18

BODE, Klang und Raum .....	273	LIMANN, Praktische Ausführung von Prüfsendern mit Regelröhren .....	280
GÄTH, Zur Untersuchung aperiodischer Vorgänge mit dem Kathodenstrahl- oszillographen .....	276	Patentschau .....	284
		LENNARTZ, Wirkungsweise und Anwen- dung der Polarkoordinatenoszillographen	285

Preis RM —.50

WEIDMANNSCHE VERLAGSBUCHHANDLUNG · BERLIN

**Richtig morsen**



mit der neuen  
**Allei-Präzisions Taste Nr. 142**

Verlangen Sie Sonderdruck und die interessante Allei-Preisliste, 64 Seiten stark, mit vielen Abbildungen, kostenlos. Allei-Bastelbuch 3 über Kurzwellengeräte, mit Morselehrgang, Allei-Bastelbuch 9 über Kurzwellen-Vorsätze, Preis je —,25 RM und 5 Pfg Porto.

A. LINDNER, Werkstätten f. Feinmechanik  
Machern 3, Bezirk Leipzig  
Postscheckkonto: 204 42 Leipzig

**Sämtliche Einzelteile**

die in den Baubeschreibungen des „Funk“ erwähnt werden, halten wir stets am Lager

**Walter Arlt & Co.**  
Radio-Handel  
Berlin-Charlottenburg  
Berliner Straße 48

Arlts großer Hauptkatalog ist da! Fordern Sie ihn sofort gegen Einsendung von 50 Rpf und 30 Rpf Porto in Briefmarken an.  
Schlagerliste S 9 a mit 1000 Gelegenheiten gratis!

**Staatliche Ingenieurschule Hildburghausen**



Abt. A: Maschinenbau  
„ B: Elektrotechnik

Thüringen Druckschriften kostenlos

**DASD Standardgerät Nr. 7**

zu kaufen gesucht.

Große Mengen Baumaterial zu verkaufen.

**J. Lupa (DE 6801/G)**  
Beuthen/O.S., Gymnasialstr. 24

Zum sofortigen Eintritt (zunächst auf Kriegsdauer) gesucht:

# Ingenieure

Fachrichtung und Praxis: Fernmeldetechnik für interessante Erprobungstätigkeit. Vergütung nach T. O. A.

# Maschinenmeister

für Wartung von Diesel-Elektroanlage, mögl. verheiratet, Frau kann evtl. später Küche für etwa 15 Angestellte übernehmen. Vergütung nach T. O. A.

Bewerbung mit Lichtbild, Militärverhältnis, ausführlichem Lebenslauf, Zeugnisabschriften und Angabe der arischen Abstammung an

**Nachrichtensmittelversuchskommando der Kriegsmarine**  
Kiel-Dietrichsdorf

**FUNK Gutschein Nr. 18**

gültig für eine schriftliche Auskunft durch das

## Funk - Bastler - Laboratorium

in Berlin SW 68, Zimmerstraße 94

Schriftlichen Anfragen ist dieser Gutschein und ein Freiumschlag beizufügen. Berechnungen von Transformatoren, Drosseln usw. werden nicht ausgeführt, Schaltungen und Baupläne von Empfängern nicht entworfen.

Name: \_\_\_\_\_

Ort und Straße: \_\_\_\_\_

Ich beziehe den „Funk“ durch Post / Buchhandlung / Straßenhandel

Zur Leitung unserer Spezialabteilung

# Luftdrehkondensatoren

suchen wir für unsere Zweigniederlassung Alpirsbach (Schwarzwald) einen

## technisch gebildeten Mitarbeiter

der mit dieser Materie nachweislich durch praktische Erfahrungen vertraut ist. Kenntnisse im modernen Betriebswesen erforderlich. Ein aussichtsreiches Betätigungsfeld ist hier geboten. Ausführliche Eil-Bewerbungen mit Gehaltsansprüchen an

**Radiotechnische Fabrik**  
**Karl Hopt & Co., Schörzingen/Württbg.**

# RUDOLF SCHADOW

## MESS-SENDER

Die Entwicklung der Funktechnik bis zur heutigen Vollkommenheit stellt Händler, Funkwerkstätten und Reparaturdienststellen vor die Aufgabe, hochwertige Meßeinrichtungen zu schaffen, die schon durch ihre über alles zweckmäßige Ausstattung und Gestaltung die Einführung einer planvollen und gewinnsteigernden Arbeitsmethodik fördern.

Zu einer planvollen Arbeit in der Funkwerkstatt gehört in erster Linie ein Meßsender, gehören Meß- und Hilfseinrichtungen, um praktisch zuverlässig und mit geringem Zeitaufwand schaffen zu können. Es gehört aber auch das Verständnis der Technik und Arbeitsweise dazu, um sie sinngemäß anzuwenden, ganz gleich, ob der Meßsender ein Industrieerzeugnis ist oder selbst hergestellt wurde. Der Selbstbau bietet natürlich weit tiefere Einblicke in die Materie und, wo ein Meßsender fehlt, kann sein Bau nicht warm genug empfohlen werden. Aus dieser Erkenntnis — abgesehen von den Ersparnisvorteilen — wird bei der Meisterprüfung im Rundfunkmechanikerhandwerk ein selbst hergestelltes Meßgerät verlangt, wozu sich ein Meßsender hervorragend eignet. Die hierzu erforderlichen Grundlagen schafft das neue Buch von Rudolf Schadow. Was wir bisher verstreut und nur in knapper Form inmitten allgemein gehaltener Werke über Meß- oder Funktechnik fanden, ist hier von der Praxis für Praxis zusammengetragen und zu einem alle Fragen des Meßsenders behandelnden Ganzen gestaltet worden. Was das erfolgreiche Buch des Verfassers, die „Systematische Fehlersuche an Rundfunkgeräten“ als Richtungsweiser für die Einführung neuer Arbeitsmethoden in die Empfängerprüfung ist, gilt von dem neuen Buch für den Ausbau der Meßeinrichtungen und einer damit verbundenen weiteren Leistungssteigerung.

119 Seiten, 6 Tafeln, 69 Abb., 1 Bauplan 60×80 cm gebunden RM 6.—

**OTTO EICHLER GMBH**  
TECHNISCHE BUCHHANDLUNG  
BERLIN SW 68 • ZIMMERSTRASSE 94

# FUNK

DIE ZEITSCHRIFT DES FUNKWESENS

SCHRIFTFLEITUNG: LOTHAR BAND

WEIDMANNSCHE VERLAGSBUCHHANDLUNG / BERLIN SW 68

Bezugspreis monatlich RM 1,- / Beim Postbezug sind hierin die Zeitungsgebühr von 5 Pf. und die Verpackungskosten von 1 Pf. enthalten / Die Zustellungsgebühr beträgt im Monat 4 Pf.

15. SEPTEMBER 1940

HEFT 18

## Klang und Raum

Von HARALD BODE

Eine der Forderungen für eine naturgetreue Übertragung ist die, daß bei der Wiedergabe die bei der Aufnahme vorhandene raumakustische Wirkung reproduziert wird. Man verlangt also im Idealfall, daß bei der Reproduktion der Eindruck entsteht, als sei man unmittelbar in den Raum des übermittelten akustischen Geschehens versetzt. Diese Forderung läßt sich beispielsweise dadurch realisieren, daß man die Akustik des Wiedergaberaumes durch Abhören mit Kopfhörern unwirksam macht und die des Aufnahmeraumes in jenem ursprünglichen Zustand beläßt, wie sie auch dem unbewaffneten Ohr natürlich und angemessen erscheint.

In dem Beispiel des Kopfhörerempfangs fallen zusätzliche Schallwege am Wiedergabeort fort, und akustisch betrachtet befindet sich das Ohr des Hörenden unmittelbar dort, wo das Mikrophon im Aufnahmeraum steht. Der Hörer wird also gleichsam in die Ebene des Mikrophons im Aufnahmeraum hineinprojiziert.

Aber damit, daß keine neuen Schallwege hinzukommen und auch bezüglich Klang und Nachhall das ursprüngliche Hörbild erhalten bleibt, ist noch nicht alles getan. Denn wir hören mit zwei Ohren und haben ein ausgeprägtes akustisches Richtungsempfinden. Wir können trotz sehr geringer Laufzeitunterschiede der den beiden Ohren bei einer Originaldarbietung vermittelten Klänge den Ort jeder Schallquelle im Raum leicht bestimmen. Dadurch wird der Klang dreidimensional empfunden. Und wenn diese Wirkung erhalten bleiben soll, muß eine stereoaakustische Übertragung vorgenommen werden, und zwar im genannten Beispiel mit zwei Mikrophonen in Ohrabstand, mit zwei Übertragungswegen und mit einem Kopfhörer, dessen Systeme getrennt den beiden Kanälen zugeordnet sind<sup>1)</sup>.

Anders ist es in der gewohnten Praxis des Lautsprecherempfangs, die diesem Idealzustand nicht so nahe kommt. Man nimmt hier von der Forderung des binauralen Hörens Abstand und begnügt sich anstatt mit zwei mit einem einzigen Übertragungskanal. Außerdem kommt an Stelle des Kopfhörers der Lautsprecher zur Verwendung, der das Bild der modernen Wiedergabetechnik beherrscht, so daß jetzt notwendig die Akustik des Wiedergaberaumes mit berücksichtigt werden muß.

Man könnte nun daran denken, die Akustik des Wiedergaberaumes auszuschalten, indem man ihn schalltot macht. Dann würden nachhallmäßig dem übermittelten Hörbild

keine neuen Komponenten zugefügt werden, mithin wäre also nur die Akustik des Aufnahmeraumes maßgebend. Sogar der zusätzliche Weg vom Lautsprecher zum Zuhörer würde nicht als solcher empfunden werden, da die Abschätzung der Entfernung bei Fehlen des Nachhalls sich nunmehr auf die Lautstärke stützt, die aber leicht ausgeglichen werden kann.

Trotz dieser Vorzüge kommt jedoch ein schalltoter Raum für die Fälle des praktischen Bedarfs aus wirtschaftlichen Erwägungen nicht in Frage. Bei der Anwendung auf den Tonfilm aber würde die gleichmäßige Schallverteilung zum Problem, da der Schall hier von der Leinwand herkommen muß, also möglichst nur eine zentrale Schallquelle erwünscht ist, und da außerdem die Lautstärke im nachhallfreien Raum mit dem Quadrat der Entfernung abnimmt. Aus diesen Gründen sieht man hier eine Lösung vor, bei der der Wiedergaberaum einen mittleren Nachhall hat, der einerseits eine gute Schallverteilung zuläßt und andererseits noch nicht zu sehr die Qualität der Übertragung beeinträchtigt.

### Akustische Gestaltungsmöglichkeiten im Aufnahmeraum

Man hat also mit der Tatsache zu operieren, daß normalerweise zwei Akustiken vorhanden sind, eine „primäre Raumakustik“ des Aufnahmeraumes und eine

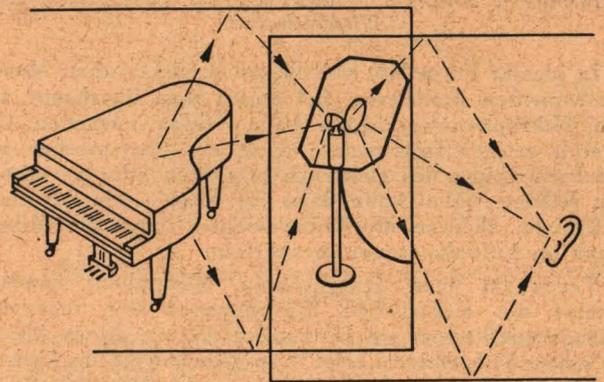


Abb. 1. Das Zusammenwirken von Aufnahme- und Wiedergaberaum bezüglich des resultierenden Nachhalls und des wirkenden Gesamtweges von der Schallquelle zum Ohr des Zuhörers

„sekundäre Raumakustik“ des Wiedergaberaumes, und daß ferner zwei Wege zu berücksichtigen sind: der von der Schallquelle zum Mikrophon und der vom Laut-

<sup>1)</sup> Vgl. ECKEL, Akustische Betrachtungen über eine naturgetreue Wiedergabe, „Funk“, Heft 8/1940.

sprecher zum Zuhörer (Abb. 1)<sup>2)</sup>. Die Akustik des jeweiligen Wiedergaberaumes liegt fest. Alle in Frage kommenden Gestaltungsmöglichkeiten finden also Anwendung auf den Aufnahme-raum. Hier muß man sich der Mittel bedienen, die nachhalltechnisch einen möglichst großen Spielraum zulassen, um die Einengung des Wirkungsbereiches durch die nicht auszuschaltende sekundäre Raumakustik wieder wettzumachen.

In diesem Zusammenhang interessieren zwei extreme Wege und die zu ihrer Beschreitung erforderlichen Mittel und Methoden:

1. Völlige Ausschaltung der primären Raumakustik und Näherrücken des akustischen Geschehens an den Zuhörer durch Maßnahmen im Aufnahme-raum,
2. Vergrößerung des Nachhalls über das gewohnte Maß hinaus.

Zu Punkt 1 ist folgendes zu sagen: Die primäre Raumakustik wird am stärksten dadurch wirksam, daß man das Mikrophon möglichst weit von der Schallquelle aufstellt. Denn so erhalten die durch Reflexion und auf Umwegen zum Mikrophon gelangenden Schallwellen ein verhältnismäßig starkes Gewicht gegenüber den unmittelbar zum Mikrophon gelangenden Wellen. Vermindert man jedoch diesen Abstand und rückt schließlich mit dem Mikrophon ganz nahe an die Schallquelle heran, so wird die Wirkung des reflektierten Schalls gegenüber dem direkten Schall immer geringer, so daß bei sehr kleinem Mikrophonabstand und sehr großen Nachhallwegen die Akustik des Aufnahme-raumes praktisch nahezu ausgeschaltet werden kann. Man erhält dann den Eindruck, als rücke die Schallquelle immer mehr von einem „Nebenraum“ an die Ebene des Lautsprechers im Wiedergaberaum heran.

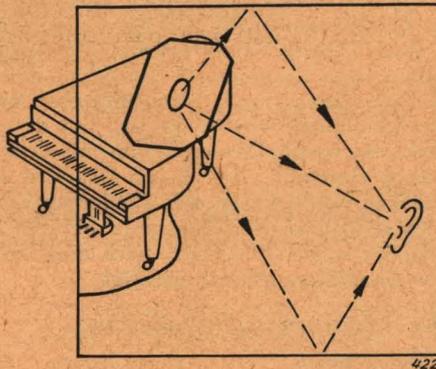


Abb. 2. Ausschaltung der primären Raumakustik durch unmittelbare Abnahme der Tonfrequenzspannungen an einem elektrischen Musikinstrument. In diesem Beispiel rückt das Instrument scheinbar in die Ebene des Lautsprechers im Wiedergaberaum

In idealer Form läßt sich dieses an elektrischen Musikinstrumenten realisieren, bei denen man überhaupt auf ein Mikrophon verzichten kann. Beim normalen Gebrauch solcher Instrumente dient ein Lautsprecher zur Hörbarmachung des elektrisch erzeugten oder vermittelten Klanges. Man kann dann die Klänge wie die eines beliebigen anderen Musikinstrumentes durch ein Mikrophon im Aufnahme-raum übermitteln.

Verwendet man jedoch kein Mikrophon, sondern nimmt die elektrischen Schwingungen der erzeugten Klänge unmittelbar am Instrument ab, wie dieses Abb. 2 an einem Elektrochord zeigt<sup>3)</sup>, so gelangt jetzt die Akustik des Aufnahme-raumes nicht mit in das Hörbild. Somit übernimmt jetzt der im Wiedergaberaum befindliche Lautsprecher die Rolle des unmittelbar zum Musikinstrument

<sup>2)</sup> Vgl. einen Vortrag des Verfassers über „Grenzprobleme der Raumakustik“, gehalten anlässlich des Farb-Ton-Kongresses, Hamburg 1936.

<sup>3)</sup> O. VIERLING: Das Förster-Elektrochord, Zeitschr. des V. D. I. 80 (1936), 1069.

gehörenden Schallgebers. Es wird also die Wirkung erzeugt, als befände sich das Instrument, mit dem der Lautsprecher eine organische Einheit bildet, im Wiedergaberaum. Dieses wurde auch durch Versuche bestätigt, die mit unmittelbarer Übertragung und mit Tonfilmaufnahmen gemacht wurden.

Will man gemäß Punkt 2 zum anderen Extrem schreiten und die akustische Wirkung eines sehr großen Raumes und einer großen Entfernung der Schallquelle vom Zuhörer erzeugen, so kann man grundsätzlich so verfahren, daß man einen entsprechend dimensionierten Aufnahme-raum mit hinreichendem Nachhall verwendet und das Mikrophon weit von der Schallquelle aufstellt. In solchem Fall setzt sich der Nachhall aus dem des Aufnahme-raumes und dem des Wiedergaberaumes zusammen, und ebenso der „virtuelle“ Weg von der Schallquelle zum Zuhörer aus dem von der Schallquelle zum Mikrophon und dem vom Lautsprecher zum Zuhörer.

Da jedoch normalerweise ein Aufnahme-raum mittlerer Größe und vor allem relativ geringen Nachhalls zur Verwendung gelangt, muß man sich zur Erzeugung größerer Raumwirkungen, als sie sich aus der tatsächlich vorhandenen primären und sekundären Raumakustik ergeben, besonderer Mittel bedienen. Man verwendet dazu meist einen Nachhallraum, der in den Übertragungsweg eingeschaltet wird.

Ein Nachhallraum braucht nicht groß zu sein, wenn seine Wände und die in ihm enthaltenen Gegenstände so geringe Schallabsorption zeigen, daß eine Nachhallzeit erreicht wird, wie sie sonst nur großen Sälen eigen ist.

Abb. 3 a zeigt die Einfügung eines solchen Raumes in das Gesamtschaltbild einer Übertragungsanlage. Hier ist zunächst links der Aufnahme-raum mit dem Mikrophon angedeutet. Dahinter befindet sich ein regelbarer Verstärker, dessen Leistung bereits ausreicht, um den Lautsprecher in dem in der Mitte befindlichen Nachhallraum zu betreiben. Der so mit Nachhall angereicherte Schall wird wieder von einem Mikrophon aufgenommen und über weitere Verstärker dem Lautsprecher im Wieder-

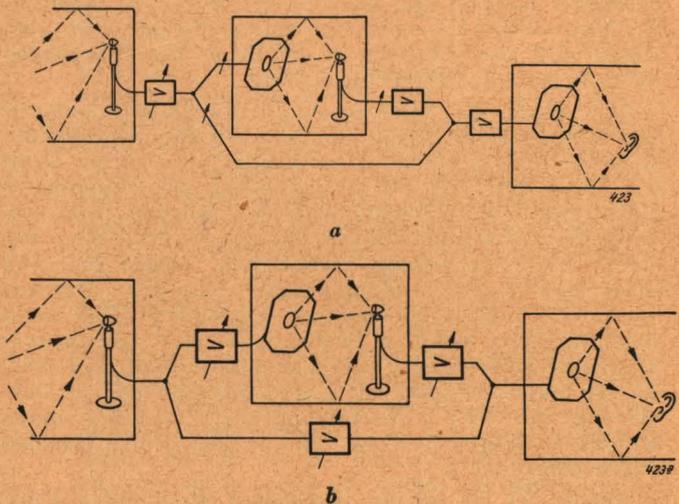


Abb. 3a und b. Beispiele für die Einschaltung eines Hallraumes in den Übertragungsweg

gaberaum zugeleitet. Auf diese Weise wird sowohl der Nachhall als auch die wirksame Entfernung des Zuhörers von der Schallquelle erheblich über das normale Maß gesteigert.

Wählt man jetzt noch einen weiteren Übertragungs-kanal zur Umgehung des Hallraumes, so erhält man, durch Abwägen der über diese beiden Kanäle gelangenden Wechselspannungen gegeneinander, eine veränderliche Raumwirkung oder ein „Wandern des Klanges durch den Raum“.

Die in Abb. 3 a gezeigte Anordnung hat noch eine besondere Eigenschaft: Die hinter dem Mikrophon des

Hallraumes verstärkte Wechsellspannung gelangt außer zum Lautsprecher des Wiedergaberaumes auch über den Nebkanal zum Lautsprecher des Hallraumes. Dieses bringt zunächst, je nach Einstellung der Regelglieder, eine Dämpfungsverminderung mit sich und damit eine Erhöhung der Nachhallzeit. Diese Wirkung kann so weit gesteigert werden, daß ein akustischer Rückkopplungston entsteht. Da ein solcher Effekt aber unverwünscht ist, kann man zu einer etwas anderen Schaltung greifen, wie in Abb. 3 b dargestellt. Hier verriegelt der Verstärker in dem zum Nachhallraum parallelgeschalteten Kanal den Rückweg vom Mikrophon zum Lautsprecher des Hallraumes.

Zu erwähnen sind in diesem Zusammenhang Eigenschaften des Hallraumes, auf die noch nicht eingegangen wurde. Außer einer hinreichenden Nachhallwirkung ist zu fordern, daß die Nachhallzeit für alle in Frage kommenden Frequenzen gleich sei.

In Abb. 4 ist stark idealisiert in Reliefdarstellung die Abklingcharakteristik in einem solchen Raum für verschiedene Frequenzen veranschaulicht. Ein Klang, dessen Spektrum alle Teiltöne bis zum sechsten in gleicher

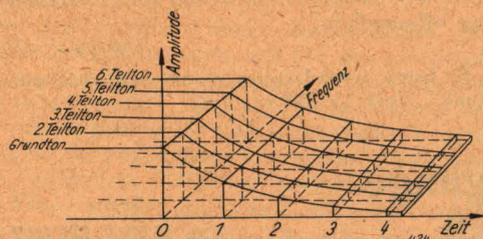


Abb. 4. Reliefdarstellung eines abbrechenden und nachhallenden Klanges mit sechs Teiltönen gleicher Amplitude in einem idealen Hallraum

Amplitude enthält, ertönt in gleichbleibender Lautstärke bis zur Zeitmarke Null. Dann wird der Klang abgebrochen, und nun verklingen die einzelnen Teiltöne in der dargestellten Weise nach einer exponentiellen Charakteristik über die Zeitmarken 1 bis 4 hinweg. Da es sich hier um einen Hallraum handelt, der gleiche Abklingzeit für alle Frequenzen besitzt, haben auch bei allen Zeitmarken alle Teiltöne untereinander gleiche Amplituden.

Doch immer sind die Nachhalleigenschaften eines Raumes nicht so günstig, wie in diesem Beispiel gezeigt. Es gibt Räume, die gewisse Frequenzen oder Frequenzbereiche bevorzugen und in diesen Zonen also geringere Dämpfung und längere Nachhallzeiten besitzen. Das kann einmal darauf zurückzuführen sein, daß die Wandungen oder die in den Räumen befindlichen Gegenstände für verschiedene Frequenzen voneinander abweichende Absorptionen besitzen, dann aber können auch Hohlraumresonanzen zur Bevorzugung gewisser Frequenzbereiche führen. Die Wirkung ist dabei immer so, daß ein Klang mit verschiedenen Teiltönen gleicher Amplitude nach einiger Nachhallzeit verändert erscheint, und zwar derart, daß die Teiltöne, die im Raum jetzt eine längere Abklingdauer besitzen, gegenüber den anderen Teiltönen stärker hervortreten.

Diese Eigenschaft eines Raumes, bezüglich des Nachhalls separate Frequenzen oder Frequenzbereiche zu bevorzugen, nennt man selektiven Nachhall. In Abb. 5 ist die Nachhallcharakteristik eines solchen Raumes für einen Grundton mit seinen Teiltönen in Reliefdarstellung gezeigt. Hier liegt wieder als Ausgangsprodukt ein Klang vor, dessen Teiltöne bis zum sechsten gleiche Amplitude besitzen. Bei der Zeitmarke Null wird dieser Klang abgebrochen, und nun schwingen, entsprechend der verschiedenen Dämpfung der einzelnen Frequenzbereiche, die Teiltöne verschieden schnell aus. Nach einiger Zeit heben sich deutlich die Teiltöne längerer Abklingdauer von denen geringerer Abklingdauer durch entsprechende Amplitudenwerte ab. Dieses geht auch aus der Darstellung in Abb. 5 hervor.

Räume mit selektivem Nachhall sind auf jeden Fall zu vermeiden, da sie das abklingende Hörbild verfälschen und darüber hinaus auch den stationären Teil eines Klanges erheblich beeinflussen. Je nach Lage des bevorzugten Frequenzbereichs wird so z. B. ein hohler oder ein dumpfer Klang erzeugt.

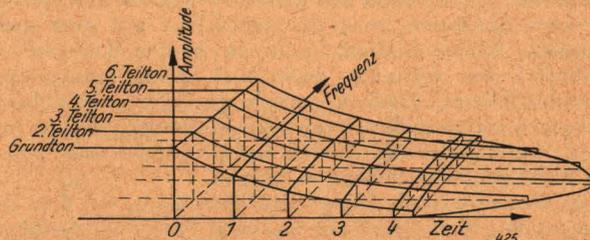


Abb. 5. Reliefdarstellung eines abbrechenden und nachhallenden Klanges mit sechs Teiltönen gleicher Amplitude in einem Raum mit selektivem Nachhall

Neuerdings umgeht man diese Schwierigkeiten der Hallräume durch eine Apparatur, bei der die Schallimpulse, in Lichtimpulse umgewandelt, auf eine rotierende nachleuchtende Scheibe aufgezeichnet werden und die nach den gleichen Gesetzen des Nachhalls abklingenden nachleuchtenden Tonspuren von Photozellen abgetastet werden. Man kann so alle Arten des Nachhalls, auch Flatterechos usw., erzeugen.

### Klangfolgen im Nachhallraum

Was geschieht nun, wenn beispielsweise eine einstimmige Klangfolge über einen Nachhallraum gegeben wird?

Während in normaler Akustik eine Klangfolge nur ein Nacheinander von Klängen ergibt, entsteht jetzt auch noch, da jeder einzelne Klang durch den Nachhall fortwirkt, ein Nebeneinander. Dieses kann man schon mit dem unbewaffneten Ohr in großen Kirchen feststellen, in denen die Nachhallzeiten teilweise extrem groß sind. Hier tönt der Wiederhall des gesprochenen Wortes in den Schall des zu sprechenden Wortes hinein, so daß bei schnellem Redetempo eine Verständlichkeit unmöglich wird. Er klingt in einem solchen Raum Musik, so mischen sich bei schnellen Klangfolgen in gleicher Weise die bei der Entstehung zeitlich voneinander getrennten Klänge, so daß sie in der Wirkung nebeneinander erscheinen.

Daraus ergibt sich, um wieder auf das Beispiel der elektrischen Übertragung zurückzukommen, daß es nicht gleichgültig ist, welche Beschaffenheit eine über stark hallende Räume zu gebende Klangfolge besitzt. Um dieses zu veranschaulichen, sind in Abb. 6 zwei aufeinanderfolgende Klänge mit ausgeprägtem Formanten im Nachhallraum dargestellt.

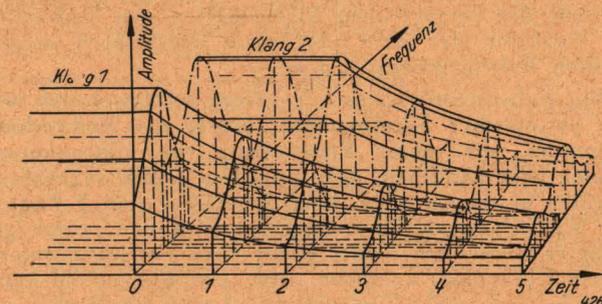


Abb. 6. Folge zweier Klänge mit ausgeprägtem Formanten im Hallraum

anderfolgende Klänge mit ausgeprägten Formanten im Nachhallraum dargestellt. Klang 1 hört bei der Zeitmarke Null plötzlich auf. Seine Nachhallcharakteristik ist bis zur Zeitmarke 5 dargestellt. Klang 2 ist von der Zeitmarke Null bis zur Zeitmarke 2 eingeschaltet. Seine Abklingcharakteristik im Hallraum ist ebenfalls bis zur Zeitmarke 5 dargestellt.

Obleich diese Klänge, denen der Einfachheit halber An- und Abklingvorgänge nicht beigegeben sind, nach-

einander eingeschaltet wurden, kommen sie, wie aus der Reliefdarstellung hervorgeht, nebeneinander zur Wirkung. Deshalb gelten hier die gleichen Gesetze, die für einen reibungslosen Zusammenklang im mehrstimmigen Satz verbindlich sind<sup>4)</sup>.

Damit ist aber folgendes gesagt: Treffen einstimmige Klänge auf einen Raum mit großem Nachhall und speziell auf einen Hallraum, so ergibt ein Klang mit dem nachfolgenden Klang Reibungen, wenn beiden Klängen ein gleicher fester Formant eigen ist. Zwei aufeinanderfolgende Klänge ergeben jedoch geringere oder keine Reibungen miteinander, wenn ihre Formanten sich in einander ausschließenden Zonen befinden oder sich jedenfalls nicht genau miteinander decken.

Aus diesem Grunde klingt ein Instrument, bei dem der Formant mit dem Grundton wandert, besser im Nachhallraum als ein Instrument mit festem Formanten, weil beim erstgenannten Instrument auf jeden Fall bei zwei aufeinanderfolgenden Grundtönen die Lage des Formanten unterschiedlich ist. Die Teiltongruppe des einen Klanges befindet sich also nicht im gleichen Frequenzbereich wie die Teiltongruppe des anderen Klanges, so daß die Gefahr der Entstehung von Reibungen vermindert wird. Ein ähnliches Verhalten zeigt ein Klang mit mehreren

<sup>4)</sup> Vgl. H. BODE, Bekannte und neue Klänge durch elektrische Musikinstrumente (II. Teil), „Funk“, Heft 10/1940.

wandernden Formanten. Schließlich gehören zur Reihe der für große Nachhallzeiten geeigneten Klänge auch die Holzbläserfarben, bei denen die geradzahligen Harmonischen fehlen.

Am besten eignen sich jedoch für einstimmige Klangfolgen in großem Nachhall solche Klangfarben, die möglichst nur einen mitwandernden Formanten oder einen ausgeprägten Teilton besitzen. Das kommt daher, weil beim Vorhandensein nur einer mitwandernden ausgeprägten Frequenz oder Frequenzzone nicht die Möglichkeit besteht, daß bei irgendeinem ungünstigen Intervall zwischen den beiden aufeinanderfolgenden Grundtönen stark ausgeprägte Teiltöne des einen Klanges mit stark ausgeprägten Teiltönen des anderen Klanges Reibungen erzeugen könnten. Aus diesem Grunde hat sich auch beispielsweise das Melodium<sup>5)</sup> mit seinen wandernden Klangfarben gut bei großem Nachhall bewährt.

Mit der Kenntnis der Wirkung des Raumes auf den Klang kann man die Musikinstrumente ihrer spezifischen klanglichen Eigenart entsprechend bei der Übertragung einsetzen und optimal die Möglichkeiten zur Geltung bringen, die der nachhalltechnischen und raumakustischen Gestaltung offenstehen.

*Zeichnungen vom Verfasser*

<sup>5)</sup> Vgl. H. BODE, Grundsätzliches zum Selbstbau eines Melodiums, „Funk“, Heft 13/1940.

## Zur Untersuchung aperiodischer Vorgänge mit dem Kathodenstrahloszillographen

Von KARL HEINZ GÄTH

Eine Reihe von Anfragen veranlaßten den Verfasser, zu dem Aufsatz: „Ein leistungsfähiges Kippgerät“ in Heft 2/1940 dieser Zeitschrift, Seite 26, vorliegenden Nachtrag zu veröffentlichen, der sich mit der Aufnahme und Auswertung von aperiodischen Vorgängen beschäftigt. Insbesondere soll gezeigt werden, mit welchen Änderungen sich das erwähnte Kippgerät für diese Zwecke verwenden läßt.

Unter aperiodischen oder einmaligen Vorgängen versteht man solche, die in einer bestimmten Zeiteinheit ablaufen, sich aber in der nächsten folgenden gleichen Zeiteinheit nicht in derselben Form wiederholen. Hierzu gehören beispielsweise: Der Schwingungsverlauf von Musik- und Sprachdarbietungen, der Verlauf des Luftdruckes bei Explosionen, Wanderwellen auf Überlandleitungen, Kurzzeitmessungen zur Bestimmung der Fall- oder Wurfgeschwindigkeit, Strom-, Spannungs- und Intensitätsverlauf elektrischer Entladungen, Verlauf von Muskelreaktionsspannungen (Elektrokardiographie, Physiologie), Verlauf der magnetischen Eigenschaften von Stahlteilen als Funktion der Zeit oder einer zeitlinearen mechanischen Beanspruchung u. a. m.

Die Aufzeichnung solcher Vorgänge erfolgt ebenso, wie die periodischer Schwingungen, indem die Meßwechselspannung, die unter Verwendung von Mikrofonen, Spulen oder ähnlichen, dem speziellen Zweck angepaßten Geräten gewonnen wird, über Verstärker den Y-Platten der Kathodenstrahlröhre zugeführt wird und mittels geeigneter mechanischer oder elektrischer Vorrichtungen zu einem Kurvenbild aufgelöst wird. Das Kurvenbild kann dann je nach seiner Eigenart visuell oder photographisch ausgewertet werden (s. u.). Von den vielerlei mechanischen Auflösungsrichtungen seien die wichtigsten der Vollständigkeit halber folgend aufgeführt.

Hierzu gehören: Der Dreh- oder Schwenkspiegel, bzw. ein analog verwendetes Prisma zur visuellen Auswertung, die Schwenkkamera, die Schießkamera, die Trommelkammer und für langsame Vorgänge längerer Zeitdauer die Registrierkamera zur photographischen Auswertung. Eine Schwenkkamera ist provisorisch leicht aufzubauen, indem ein normaler Photoapparat auf ein schwenkbares Stativ so aufgebaut wird, daß die in einer Richtung auf

dem Bildschirm der Kathodenstrahlröhre geschriebene zu untersuchende Wechselfrequenz bei Schwenkung der Kamera auf der Mattscheibe bzw. dem Film zu einem Kurvenzug aufgelöst wird. Bei gleichmäßiger Drehung der Kamera folgt der Zeitmaßstab dem Tangens des Drehwinkels. Diese Eigenschaft macht die Schwenkkamera, abgesehen von der mechanischen Unstabilität, für Messungen ungeeignet, so daß als Weiterentwicklung die Schießkamera erschien. Deren Zeitmaßstab ist nahezu linear, so daß sie für viele Messungen schon geeignet ist. Prinzipiell wird hier die lichtempfindliche Platte, die sich in einer möglichst schweren Kassette befindet, in zwei Laufschiene durch Federdruck vor dem in einer Richtung geschriebenen Oszillogramm vorbeigeschleudert. Der Zeitmaßstab kann in mäßigen Grenzen durch Verstellen des Federdruckes verändert und dem aufzunehmenden Vorgang angepaßt werden. (Filmgeschwindigkeit max. 10 m/Sek.) Ein mit der Auslösung gekuppelter Kontakt gestattet eine zwangsläufige Steuerung des Vorgangs von der Kamera aus. Vollkommen linear und in weiten Grenzen veränderlich ist der Zeitmaßstab der Trommelkammer, die deshalb als die beste mechanische Auflösungsrichtung angesprochen werden muß. Hier ist der Filmstreifen auf ein Schwungrad aufgespannt, das von einem Elektromotor regelbarer Umdrehungszahl angetrieben wird. Infolge der großen Masse des Motorankers sowie des Schwungrades ist die Winkelgeschwindigkeit nach dem Einlaufen sehr konstant. Die größte Filmgeschwindigkeit, die sich mit einer auf dem deutschen Markt befindlichen Trommelkammer herstellen läßt, beträgt bei einer Umdrehungszahl von  $n = 10\,000$  U/Min. 100 m/Sek. Das entspricht einer Zeitdehnung von 1 cm für eine Periode einer 10 000 Hz Schwingung oder 10  $\mu$ Sek./mm. Da diese Kamera mit besten Objekten hoher Lichtstärke ausgerüstet ist, hat sie neben der folgend beschriebenen Registrierkamera ein sehr großes Anwendungsgebiet, zumal sie auch die Aufnahme langsamer Vorgänge von ca. 1 m/Sek. an gestattet. Für Registrierungen über längere Zeit eignet sich vorzugsweise die Registrierkamera. Sie kann im Gegensatz zur Trommelkammer wesentlich größere Filmmengen fassen. Jedoch liegt ihr Anwendungsgebiet hauptsächlich

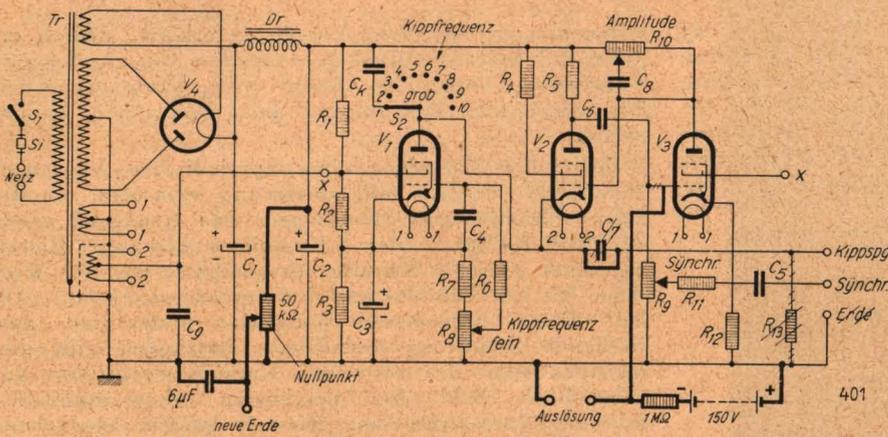


Abb. 1. Änderung des Kippgerätes zur Aufnahme einmaliger Vorgänge

in der Aufnahme langsamer Vorgänge. Eine bekannte Ausführung gestattet beispielsweise eine höchste Filmgeschwindigkeit von 15 m/Sek. und eine langsamste von 0,015 m/Sek.

Infolge der Eigenart ihrer Konstruktion sind alle mechanischen Vorrichtungen nur für ein bestimmtes und verhältnismäßig eng begrenztes Filmgeschwindigkeitsintervall zu gebrauchen. Obwohl die angeführte Trommelkammer als Spitzengerät eine sehr hohe Leistung aufweist, dürfte sie wegen ihrer begrenzten Filmgeschwindigkeit für schnellste Vorgänge ungeeignet sein. Einer höheren Filmgeschwindigkeit sind aber konstruktive und physikalische Grenzen gesetzt, so daß für höhere Anforderungen nur die elektrische Auflösung des Oszillogramms mittels eines geeigneten Kippgerätes und die Aufnahme auf einen feststehenden Film oder Platte noch eine wesentliche Verbesserung gestattet. Weitere nicht zu unterschätzenden Vorteile dieses Verfahrens sind die Möglichkeit einer gleichzeitigen visuellen Überwachung der Aufnahme des einmalig aufgelösten Kurvenbildes sowie ein sehr weiter Frequenzbereich. Ohne Schwierigkeit lassen sich Filmgeschwindigkeiten von wenigen Millimetern pro Sekunde bis einige Zehntausendmeter pro Sekunde erreichen.

Das in dem erwähnten Aufsatz beschriebene Kippgerät eignet sich wegen seiner guten elektrischen Daten ausgezeichnet zur Untersuchung von aperiodischen Kurvenzügen. Um das Gerät hierzu verwenden zu können, müssen einige geringfügige Änderungen vorgenommen werden. (Vgl. Abb. 1 dieser, sowie Abb. 2 der erwähnten Arbeit.)

Bekanntlich wird der Kippkondensator  $C_K$  über die Fünfpolröhre  $V_1$  (AL 2) geladen. Während dieser Zeit sperrt die Steuerröhre  $V_3$  die Entladeröhre  $V_2$ , so daß der Kippkondensator ungehindert aufgeladen werden kann. Hebt man die Sperrung von  $V_2$  auf, indem man  $V_3$  künstlich sperrt, so ist der Widerstand der Entladeröhre gering und diese verhindert eine Ladung des Kippkondensators. Hebt man jetzt die künstliche Sperrung der Steuerröhre  $V_3$  auf, indem man deren Gitter und Kathode mittels eines „Auslösekontaktes“ verbindet, so wird die Entladeröhre  $V_2$  gesperrt und gleichzeitig beginnt eine einmalige Aufladung des Kippkondensators, die den Leuchtfleck der angeschlossenen Kathodenstrahlröhre einmal in der eingestellten Kippzeit über den Schirm bewegt und damit die an die Y-Platten geleitete Meßwechselspannung zu einem Kurvenbild auflöst. Praktisch wird hierzu der Gitteranschluß von  $V_3$  unterbrochen und über einen Widerstand von 1 M $\Omega$  mit dem Minuspol einer gut gesiebten Gleichspannungsquelle von ca. 100 bis 150 Volt (Anodenbatterie) verbunden, während der Pluspol mit dem Nullpunkt des Kippgerätes verbunden ist. Eine zweite Leitung führt vom Gitter der Steuerröhre  $V_3$  über den Auslösekontakt gleichfalls nach Null. Wird also der Auslösekontakt geschlossen, so steigt die Kippspannung einmal zeitproportional an, was an

sich der gewünschte Effekt ist. Jedoch ist damit die gestellte Aufgabe noch nicht vollständig gelöst.

In der Übertragungsleitung der Kippspannung zur Braunschen Röhre befindet sich noch ein RC-Glied, das bei periodischem Betrieb die Anodenspannung von den Ablenkplatten fernhalten sollte. Da aber bei einmaligem Betrieb die Leuchtflecklage vor und nach dem Kippen von der am Kippkondensator liegenden Gleichspannung bestimmt wird, muß dieses RC-Glied kurzgeschlossen werden, und die Anodenspannung des Kippgerätes mit einer Gegenspannung kompensiert werden. Durch Verändern der Gegenspannung ist es gleich-

zeitig möglich, den Leuchtflecknullpunkt zu regeln. Ein zum letzten Siebkondensator  $C_2$  parallelgeschalteter Drehspannungsteiler von 50 k $\Omega$  (5 Watt), dessen Schleifer an Stelle der sonst gebrauchten Erde die Erdung des Gerätes vornimmt, löst diese Aufgabe. Ein, den neuen und den alten Erdpunkt überbrückender Kondensator von 6  $\mu$ F (1500 Volt) sorgt für eine gute wechselstrommäßige Erdung. Die so geänderte Schaltung stellt ein hochwertiges Kippgerät für einmalige Ablenkung dar. Die Einstellung der Kippzeit geschieht genau so, wie vorher, durch Einschalten verschiedener Kippkondensatoren, bzw. Regelung des Ladewiderstandes. Die in der alten Schaltung erzeugten Kippzeiten sind erhalten geblieben, sofern sie bei aufgedrehtem Amplitudenregler gemessen wurden. Die Regler „Amplitude“ und „Synchronisierung“ sind unwirksam geworden. Eine Synchronisierung ist an sich für aperiodische Meßspannungen ein Widerspruch, während der Amplitudenregler durch Abdecken des Schirmbildes von beiden Seiten einfach ersetzt werden kann. Durch dieses Abdecken wird gleichzeitig eine geringe Unlinearität, die sich durch elektrische Maßnahmen nicht vermeiden läßt, von der Aufnahme ferngehalten. Bei dieser „Amplitudenregelung“ bleibt ebenso, wie bei dem periodischen Kippgerät, die jeweils eingestellte Kippgeschwindigkeit erhalten<sup>1)</sup>.

Das Kippgerät für einmalige Vorgänge wird ebenso, wie das periodische, angeschlossen, indem die Kippspannung an die eine X-Platte angeschlossen wird, während die andere geerdet ist. Zweckmäßig wird die Plattenschaltung so gewählt, daß bei Auslösung des Gerätes der Leuchtfleck von links nach rechts läuft. Die Meßspannung wird, wie üblich, den Y-Platten zugeführt. Die zur Verstärkung und Umwandlung der Meßgröße benutzten Geräte werden zweckmäßig in ihrer Betriebschaltung geeicht oder vorhandene Eichungen kontrolliert, so daß Meßfehler bei der Auswertung des Oszillogramms berücksichtigt werden können.

Grundsätzlich unterscheidet man bei aperiodischen Vorgängen zwei verschieden zu behandelnde Arten. Das sind erstens: Willkürlich auslösbare Vorgänge, z. B. die Entladung eines Kondensators, die willkürlich über einen Handkontakt eingeleitet werden kann und zweitens: Unwillkürlich auslösbare Vorgänge, deren einfachstes Beispiel die Zündung eines Gasgemisches zur Untersuchung des Druckverlaufes sein mag. Während erstere zwangsläufig eingeschaltet werden können, ist eine Bestimmung des Beginns der letzteren unmöglich. Die Aufnahme willkürlicher Vorgänge gestaltet sich insofern einfach, als daß das Kippgerät und bei photographischer Aufnahme der Kameraverschluß sowie gleichzeitig der Vorgang über einen Kombinationsschalter ausgelöst werden können, und allein damit die Gewähr für die zeitlich

<sup>1)</sup> In der erwähnten Arbeit muß es auf Seite 28, Zeile 9, rechts, statt Zeitdehnung selbstverständlich „Kippgeschwindigkeit“ heißen.

richtige Aufnahme geboten ist (Abb. 2). Dagegen ist das bei unwillkürlichen Vorgängen nicht der Fall. Bei dem oben erwähnten Beispiel der Explosionszündung tritt zwischen der Einschaltung der Zündspannung und der Zündung eine Verzögerung ein, die allgemein bei Versuchsaufbauten nicht zu bestimmen ist, da sie von den zu untersuchenden Eigenschaften des Gasgemisches abhängig ist.

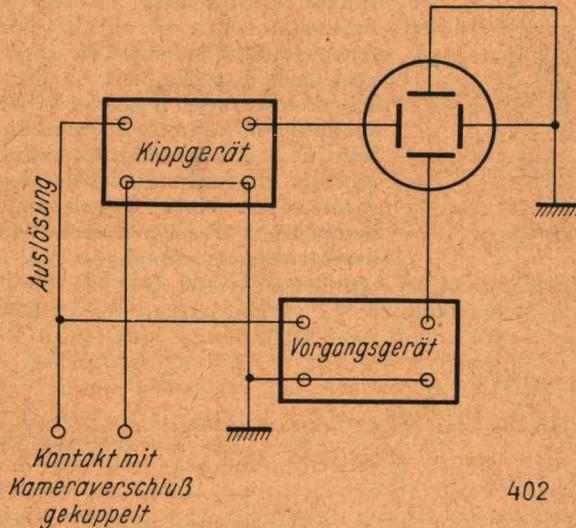


Abb. 2. Schema der Aufnahmeanordnung

Auch bei rein elektrischen Anordnungen gibt es eine Anzahl von unwillkürlich auslösbaren Vorgängen, wie z. B.: Der Überschlag eines mit Hochspannung zu prüfenden Kabels u. ä. In solchen Fällen läßt sich eine Auslösung des Kameraverschlusses vermeiden, wenn die Aufnahme in einem vollkommen verdunkeltem Raum bei geöffnetem Kameraverschluß stattfindet. Um eine unerwünschte Vorbelichtung auszuschalten, wird die Kathodenstrahlröhre durch eine negative Vorspannung des Wehneltzylinders dunkelgesteuert und erst bei Beginn des zu untersuchenden Vorganges automatisch von diesem hellgetastet. Auf die gleiche Art wird auch das Kippgerät ausgelöst. Hierzu ist ein Spannungsstoß erforderlich, der direkt aus der Vorgangsspannung gewonnen wird und während der Dauer des Vorganges konstant bleibt. Dieser kann so erzeugt werden, daß ein Teil der Vorgangsspannung über einen Verstärker mit verlagertem Arbeitspunkt geleitet, und dessen Ausgang gleichstrommäßig mit dem Kippgerät an Stelle des Auslöskontaktes und über ein RC-Glied genügend hoher Zeitkonstante mit dem Wehneltzylinder verbunden wird. Es soll noch bemerkt werden, daß der Kondensator dieses RC-Gliedes mindestens mit der dreifachen Betriebsspannung der Kathodenstrahlröhre geprüft sein muß. Es empfiehlt sich weiter, in die Wehneltleitung eine empfindliche Sicherung zu legen, da bei Überschlägen des Kondensators die Kathodenstrahlröhre zerstört werden kann. Sobald der Vorgang anläuft, steigt die Vorgangsspannung und übersteuert sofort den entsprechend eingestellten Verstärker. Das bedeutet, daß seine Ausgangsspannung für die Zeit des Vorganges konstant bleibt und damit auch die Helligkeit der Kathodenstrahlröhre. Die Stufenzahl des Verstärkers muß so bemessen sein, daß der Steuerstoß positiv ist. Ist der Steuerstoß groß, so muß, um eine Übersteuerung der Kathodenstrahlröhre zu vermeiden, noch ein regelbarer Spannungsteiler vor den Wehneltzylinder gelegt werden.

Gleichzeitig wird die durch Anodenbatterien kompen-sierte Ausgangsspannung des Verstärkers auf das Gitter der Steuerröhre V 3 des Kippgerätes geleitet und damit die künstliche Sperrung aufgehoben, so daß dieses im gleichen Augenblick ausgelöst wird (Abb. 3). Damit sei grundsätzlich die Möglichkeit der Aufnahme beider

Arten von aperiodischen Vorgängen erklärt. Jedoch ergeben sich bei der Aufnahme, besonders von kurzzeitigen Vorgängen, noch eine Reihe von photographischen Schwierigkeiten, die folgend kurz besprochen werden sollen.

Bevor die Aufnahme eines aperiodischen Vorganges angefertigt werden soll, überzeuge man sich, ob die dafür zusammengestellte Anlage eine genügend große effektive Helligkeit des Schirmbildes erzeugt. Hierzu berechnet man die Schreibgeschwindigkeit aus der Weglänge des Kurvenbildes und der Vorgangszeit (s. u.). Ob bei dieser Schreibgeschwindigkeit noch eine ausreichende Belichtung des Filmes stattfindet, gibt die, meistens vom Hersteller der Kathodenstrahlröhre angegebene Zahl der maximalen photographischen Schreibgeschwindigkeit an. Diese in km/Sek. angegebene Zahl besagt, daß bei der vorgeschriebenen Anoden- und

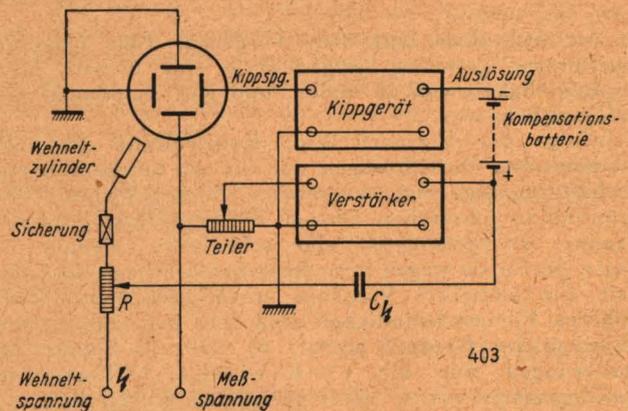


Abb. 3. Hellsteuerung der Braunschen Röhre

Wehneltspannung und des Strahlstromes die Helligkeit der Röhre ausreicht, daß ein Filmstreifen von einer Empfindlichkeit von  $21/10^0$  Din bei optimaler Entwicklung und unter Verwendung eines Objektivs 1:1 bei einer besonders angeheben Verkleinerung des Oszillogramms, noch brauchbar geschwärzt wird. Ist die maximale photographische Schreibgeschwindigkeit nicht be-

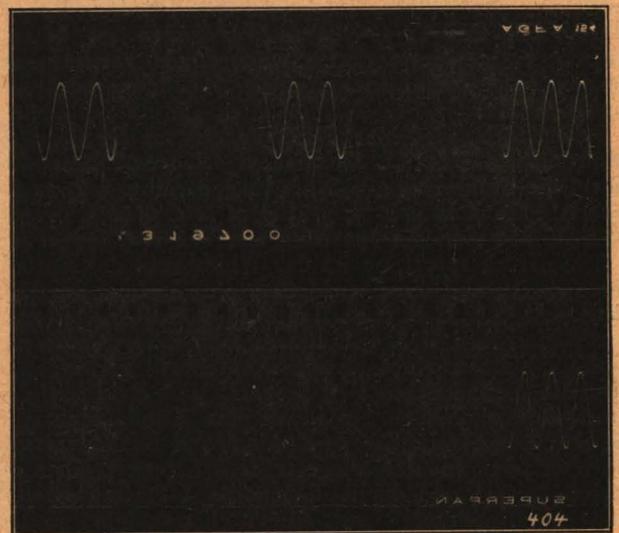


Abb. 4. Aufnahmeserie zur Ermittlung der maximalen Schreibgeschwindigkeit

kannt, so kann sie durch eine Aufnahmeserie, bei der die Schreibgeschwindigkeit von Bild zu Bild gesteigert wird, ermittelt werden. Bei der Abb. 4 ist die Aufnahme 4 gerade noch verwertbar. Die Schreibgeschwindigkeit betrug 32 km/Sek.

Für Umrechnungen kann angenommen werden, daß die Schreibgeschwindigkeit mit dem Quadrat der Anodenspannung wächst, während die Empfindlichkeit proportional abnimmt. Jedoch darf die Anodenspannung nicht höher als vom Hersteller vorgeschrieben gewählt werden, da sonst leicht die Röhre zerstört werden kann. Weiter sinkt die Schreibgeschwindigkeit auf die Hälfte, wenn die nächste größere Blendenzahl eingestellt wird. Unter optimaler Entwicklung soll diejenige Entwicklung verstanden werden, die bei unwesentlicher Verschlechterung der Aufnahme durch Korn und Schleierbildung, die größte Schwärzung hervorruft. Der Film soll also keinesfalls in einem Super-Feinkornentwickler hervorgerufen werden, sondern in einem konzentrierten, möglichst angewärmten Rapidentwickler. Verfasser machte gute Erfahrungen mit Metolhydrochinon. Ein Zusatz von einigen Gramm Bromkalium ist empfehlenswert. Da die Entwicklung unbedingt bei vollkommener Dunkelheit erfolgen muß, kann die Schwärzung nicht kontrolliert werden. Es muß also nach der Zeit entwickelt werden. Eine Empfindlichkeitssteigerung läßt sich durch geeignete Vor- oder Nachbehandlung des Filmes, der sogenannten Hypersensibilisation, erzielen. Jedoch sollen dazu keine Rezepte angegeben werden, da diese Arbeit besondere Erfahrungen erfordert, die für jedes Filmmaterial erst gesammelt werden müssen und dabei oft teuer bezahlt werden. Außerdem hält sich so behandelter Film nur wenige Stunden, bei einigen Verfahren sogar nur einige Minuten.

Als Aufnahmeapparate eignen sich ganz hervorragend die sogenannten Kleinbildkameras. Sie sind im Gegensatz zu Großformatkameras gleicher Lichtstärke und Vielseitigkeit wesentlich billiger und gestatten infolge ihrer gutdurchdachten Konstruktion ein bequemes Arbeiten. Ein weiterer nicht zu unterschätzender Vorteil ist die Wirtschaftlichkeit durch die Verwendung des 35 mm Normalfilms, der meterweise verkauft wird. Zur Scharfstellung schaltet man zwischen Kamera und Objektiv die zur Kamera gehörenden Zwischenringe ein und erreicht damit einen „verlängerten Auszug“. Bei einer Kleinbildkamera ist ein Kontakt für die Auslösung eines Vaku-Blitzes eingebaut. Dieser wird automatisch geschlossen, sobald der Verschluss geöffnet wird und eignet sich sehr gut zur Auslösung des Kippgerätes und des Vorganges bei willkürlich auslösbaren Vorgängen. Außerdem gestattet diese Kamera, das Leuchtschirmbild parallaxfrei auf einer Mattscheibe scharfzustellen, was wegen der Wölbung des Bildschirms ein nicht zu unterschätzender Vorteil ist.

Zur Auswertung werden die Aufnahmen am zweckmäßigsten vergrößert. Die Möglichkeit, an dieser Stelle Zeichnungsfehler der Kathodenstrahlröhre auszugleichen, sollte unbedingt ausgenutzt werden. Bekanntlich hat jede Elektronenstrahlröhre einen Trapezfehler, der bei neuzeitlichen Röhren und bei symmetrischer Ablenkung zwar meistens vernachlässigt werden kann, der jedoch bei unsymmetrischer Ablenkung störend in Erscheinung tritt. Weiter ist die Ablenkempfindlichkeit nur bei kleinen Ausschlägen linear und oft einseitig verzerrt. Auch die Rechtwinkligkeit der beiden Ablenkachsen läßt oft viel zu wünschen übrig. Zur Messung aller dieser Fehler fertigt man von der Kathodenstrahlröhre ein Testraster an, wie es Abb. 5 zeigt.

Hierzu wird die eine Achse von einer annähernd sinusförmigen Wechselspannung und die andere von einer stufenweis geänderten Gleichspannung gesteuert und umgekehrt. Das auf diese Weise photographierte Testraster wird auf einen durchsichtigen Träger (Film oder Platte) kopiert, der seinerseits wieder bei der Vergrößerung auf die Oszillogrammaufnahme mitaufkopiert wird. Achtet man darauf, daß sämtliche Bilder seitlich richtig, in gleichem Maßstab und mit gleichem Mittelpunkt übereinfallen, so ist die Auswertgenauigkeit sehr

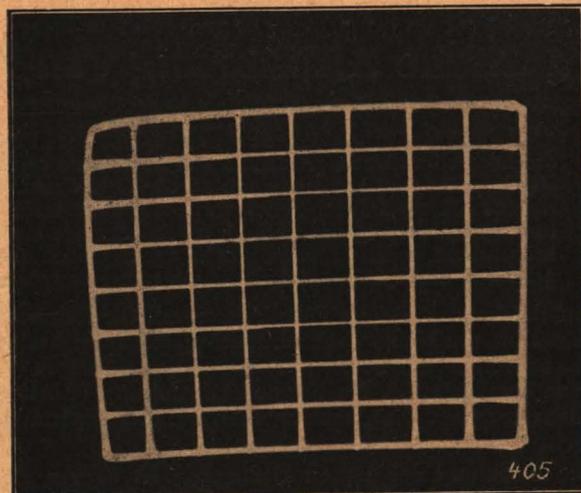


Abb. 5. Test-Raster zur genauen Auswertung der Oszillogramme

groß. Die Auswertarbeit erleichtert sich weiter, wenn die Punkte des Testrasters mit den ihnen entsprechenden Spannungen bezeichnet werden. Ein anderes Verfahren, das entzerrte Vergrößerungen herzustellen gestattet, besteht darin, daß an Stelle einer Aufnahme das Testraster in den Vergrößerungsapparat eingespannt wird und jetzt die Projektionsbasis durch Schrägstellen oder Verbiegen so verändert wird, daß das Testraster als regelmäßiges Parallelogramm erscheint. Da das beim Vergrößern benutzte lichtempfindliche Papier die gleiche Form haben muß, fertigt man zweckmäßig einen entsprechend geformten Holzklötz an, auf den das vorher eingeweichte Vergrößerungspapier mit einer elastischen Zellophanfolie aufgespannt wird. Selbstverständlich müssen auch hier sämtliche Bilder genau übereinander fallen. Die auf diese Arten hergestellten Oszillogrammvergrößerungen können als exakte Meßergebnisse angesehen werden. Eine Fehlermessung des letztgenannten Verfahrens ergab eine Genauigkeit von mehr als  $\frac{1}{2}$  v. H., während der Fehler der benutzten Röhre 11,6 v. H. betrug.

Abschließend sei noch darauf hingewiesen, daß man unter Schreibgeschwindigkeit die reine Geschwindigkeit des Leuchtpunktes auf dem Bildschirm der Röhre versteht, während die Filmgeschwindigkeit die Geschwindigkeit des Leuchtpunktes ohne Ablenkung in der Y-Richtung darstellt.

Beispiel: Wie groß ist die Schreibgeschwindigkeit einer 10 MHz Schwingung bei einer Filmgeschwindigkeit von 250 km/Sek. bei einer Auflösung von 6 cm für die ganze Abzisse und einer Ordinatenamplitude von 5 cm?

Bei einer Filmgeschwindigkeit von 250 km/Sek. wird die 6 cm lange Abzisse in  $\frac{6}{2,5 \times 10^7} = 2,4 \times 10^{-7}$  Sek. = 0,24  $\mu$ Sek. durchlaufen. In der gleichen Zeit macht die 10 MHz Schwingung 2,4 Perioden. Bei einer Amplitude von 5 cm und einer Länge von 6 cm ist also der Weg des Leuchtflekes nach der Integralrechnung (Rektifikation) = 37,65 cm. Die Schreibgeschwindigkeit ist demnach:

$$\frac{37,65}{2,4 \times 10^{-7}} \text{ cm/Sek.} = 1570 \text{ km/Sek.}$$

Die bei dieser Rechnung angenommene „Filmgeschwindigkeit“ von 250 km/Sek. wird mit dem vorstehend beschriebenen Kippgerät erreicht. Die erzielte Kippspannung kann dazu mit 400 Volt Spitzenspannung angesetzt werden. Folglich müßte die verwendete Kathodenstrahlröhre eine Empfindlichkeit von 6,66 Volt/mm bei einer so hohen Anodenspannung haben, daß die genannte Schreibgeschwindigkeit von 1570 km/Sek. erreicht wird.

Zeichnungen und Aufnahmen vom Verfasser

# Praktische Ausführung von Prüfsendern mit Regelröhren

Von Ing. OTTO LIMANN

Die Aufsätze in den Heften 9 und 13/1938 des „Funk“ brachten allgemeine Grundlagen und Ausführungen über Vereinfachung im Meßsenderbau durch Regelröhren. Inzwischen sind sehr viele Anfragen nach genaueren Schaltungseinzelheiten erfolgt. Da nicht jede Anfrage einzeln beantwortet werden konnte, werden im folgenden einige praktisch durchgeführte Anordnungen näher besprochen.

Ein Prüfsender für die Fabrikation und für Reparaturwerkstätten muß eine sehr einfache Bedienung besitzen, d. h. es sollen möglichst nur zwei Einstellknöpfe vorhanden sein, nämlich die Frequenzeinstellung (Abstimmkondensator) und die Amplitudeneinstellung (Spannungsteiler).

Zur Erzielung der letzten Bedingung ist es vor allem notwendig, eine Schaltungsanordnung zu treffen, die automatisch eine konstante Senderamplitude bei verschiedenen Frequenzen abgibt und eine einfache und wirksame Herabregelung der Senderausgangsspannung bis auf wenige Mikrovolt gestattet. Die grundlegenden Gedanken dieser Schaltung wurden in den im Vorwort erwähnten Aufsätzen in ihren Einzelheiten ausführlich besprochen. Zur Orientierung sei hier an Hand des Schaltbildes Abb. 1 (entsprechend der Abb. 13 im damaligen Aufsatz) kurz die Wirkungsweise wiederholt.

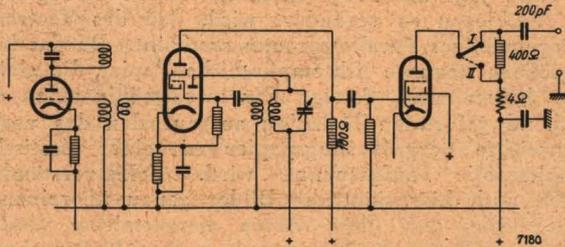


Abb. 1. Grundschriftbild eines Prüfsenders mit einer Mischröhre zur Schwingungserzeugung, Amplitudenstabilisation und Modulation und einer Regelröhre zur Spannungsteilung

Im Triodensystem einer normalen Mischröhre erfolgt auf die übliche Weise in Rückkopplungsschaltung die Schwingungserzeugung. Im Anodenkreis des Hexodensystems kann dann an einem rein Ohmschen Widerstand die Hochfrequenzspannung rückwirkungsfrei abgenommen werden. Bei genügend hoher Spannung am Gitter des Schwingsystems tritt durch den Sättigungsverlauf der Mischsteilheit eine Amplituden-Stabilisierung im Anodenkreis der Hexode ein; d. h. bei verschiedenen Frequenzen tritt automatisch stets der gleiche Spannungsabfall am Anodenwiderstand auf, so daß keinerlei besondere Meß- und Einstellorgane notwendig sind.

Die Höhe der Spannung selbst wird einmalig durch die Größe des Anodenwiderstandes festgelegt, der im Beispiel  $100\ \Omega$  beträgt. Diese konstante Spannung wird nun an das Gitter einer Regelröhre gelegt, die nicht verstärkend wirkt, sondern bei kleinster Gittervorspannung etwa einen Verstärkungsfaktor 1 besitzt, d. h. am Anodenwiderstand dieser Regelröhre liegt die gleiche Spannung wie am Gitter. Erzielt wird diese geringe Verstärkung durch einen sehr kleinen Ohmschen Anodenwiderstand. Durch Vergrößern der negativen Gittervorspannung läßt sich jetzt die Verstärkung der Röhre auf ein Tausendstel verringern. Damit sinkt auch die Ausgangsspannung auf ein Tausendstel, und zwar läßt sich aus der Größe der Gittervorspannung bzw. der Einstellung des Regelpotentiometers unmittelbar ein Wert für die Höhe der Ausgangsspannung festlegen.

Zur tonfrequenten Modulation des Senders dient eine weitere, niederfrequent schwingende Röhre. Ein Teil der Niederfrequenz wird auf das erste Gitter des Misch-

systems gegeben und moduliert dadurch die Hochfrequenz.

Diese Grundschaltung wurde nun praktisch als wechselstrombetriebene Anordnung mit Stahlröhren aufgebaut. Die endgültige Ausführungsform mit Wertangaben zeigt Abb. 2. Ein normaler Netzteil mit Einweggleichrichtung

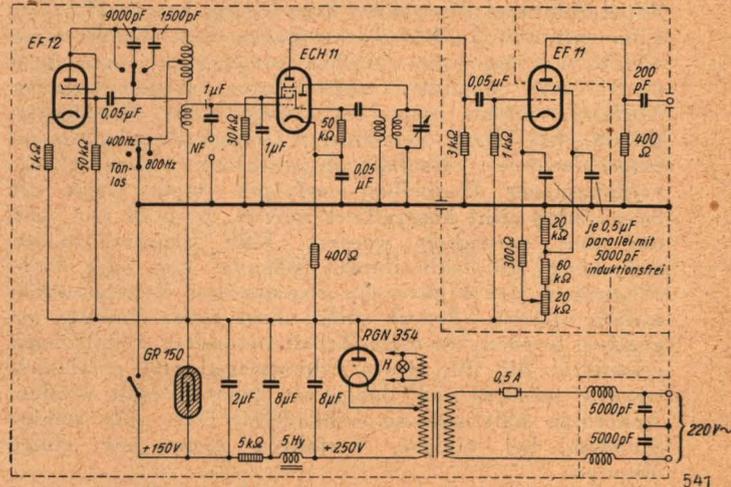


Abb. 2. Vollständiges Schaltbild eines Prüfsenders nach Abb. 1. Man beachte die Lage der Abschirmungen und den Anschluß der positiven Anodenspannung

erzeugt die Anodenspannung, die durch einen Glühspannungsteiler auf 150 Volt stabilisiert wird. Als Niederfrequenzröhre dient eine EF 12, bei der Anode mit Schirmgitter verbunden ist; sie wird in Dreipunktschaltung erregt. Als Mischröhre dient eine ECH 11 und als Spannungsteilerröhre eine EF 11. Die Schirmgitterspannung der ECH 11 wird über einen Vorwiderstand erzeugt, die Schirmgitterspannung der EF 11 von einem Spannungsteiler abgenommen, an dem auch die regelbare Gittervorspannung abgegriffen wird.

Das Besondere der Schaltung besteht darin, daß im Gegensatz zur sonst üblichen Weise die positive Anodenleitung an die Gehäusemasse gelegt ist. Ferner ist in Abwandlung von Abb. 1 der Anodenkreis der Regelröhre nicht umschaltbar, sondern besteht nur aus einem festen  $400\ \Omega$ -Widerstand und einem  $200\ \text{pF}$ -Festkondensator. Diese nach langwierigen Versuchen getroffene Anordnung hat folgende Gründe: Trotz sorgfältigen Aufbaues und guter Abschirmung ergaben sich bei der in Abb. 1 gezeigten Schaltung nicht die vorausgerechneten niedrigen Ausgangsspannungen, sondern von einem bestimmten Wert der Vorspannung ab ließ sich die Hochfrequenzspannung nicht mehr weiter abwärts regeln. Die Schuld wurde schließlich in dem räumlich ziemlich ausgedehnten Anodenkreis der Regelröhre gefunden, der gewissermaßen als Antenne innerhalb des Sendergehäuses wirkte. Besonders die Leiterschleife, die von der Ausgangsbuchse, dem  $200\ \text{pF}$ -Kondensator, dem Anodenwiderstand und dem Erdungskondensator gebildet wurde, wirkte wie eine Art Rahmenantenne, und es ließ sich nachweisen, daß die Restspannung am Spannungsteiler um so kleiner wurde, je geringere Fläche diese Schleife umschloß. Abhilfe brachte dann die räumlich außerordentlich dichte Anordnung der Regelröhre an die Ausgangsbuchse und die Weglassung sämtlicher Anodenverblockungskondensatoren durch Anschluß des Chassis an Plusanode. Die offensichtliche Schaltungsvereinfachung, die sich dadurch ergibt, zeigen Abb. 3 und 4. In Abb. 3 ist in der üblichen Weise die negative Anodenleitung als Masse und Spannungsbezugspunkt genommen. Bei allen solchen

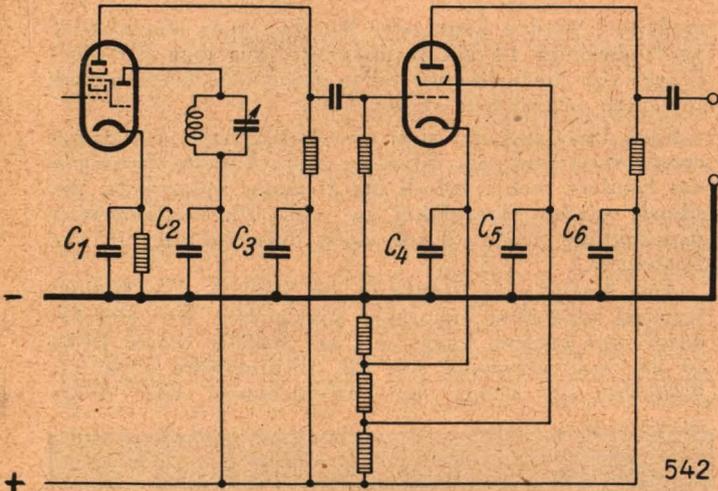


Abb. 3. Hochfrequenzteil des Prüfsenders, Minusanodenspannung als Bezugsleitung an Masse gelegt. Es ist notwendig, die Anodenspannungsleitungen durch die Kondensatoren  $C_2, C_3, C_6$  nach Masse zu verblocken

Meßschaltungen wie auch bei hochempfindlichen Empfängerschaltungen ist es dann notwendig, um Kopplungen zu vermeiden, jeden Punkt, der wechselstrommäßig Nullpotential haben soll, ganz kurz von seinem Fußpunkt aus nach Erde zu verblocken. Dazu sind in Abb. 3 insgesamt sechs Blockkondensatoren nötig. Legt man dagegen nach Abb. 4 Plus-Anode als Bezugsleitung auf Chassispotential, so sind nur noch drei Blockkondensatoren nötig. Dadurch kann diese Plus-Leitung ganz kurz und vorteilhaft verdrahtet werden, und eine ganze Reihe von undefinierten Erdungspunkten fällt weg. Außerdem werden Blockkondensatoren im Zuge des Hochfrequenzstromverlaufes vermieden, deren Induktionsfreiheit bei hohen Frequenzen oft recht zweifelhaft ist.

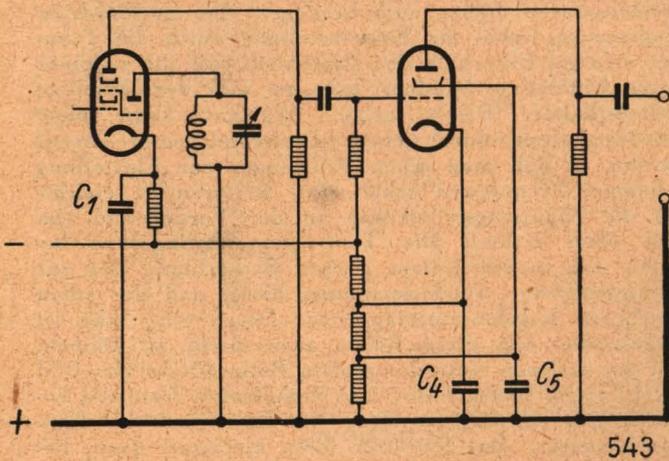


Abb. 4. Hochfrequenzteil des Prüfsenders wie Abb. 3, jedoch Plusanodenspannung als Bezugsleitung an Masse gelegt. Es sind nur noch die Kondensatoren  $C_1, C_4, C_5$  für Kathoden- und Schirmgitter notwendig

Die Durchbildung der Schaltung geschah unter Verwendung von Stahlröhren. Auch dadurch konnte eine besonders günstige Abschirmung des Ausgangsspannungsteilers erzielt werden. Wie in Abb. 2 ersichtlich ist, läuft eine Abschirmwand über das Röhrensystem, welche in Praxis direkt in den Sockelschlitz der Stahlröhre hineinragt und Gitter- und Anodenkreis sicher voneinander abschirmt. Auf diese Weise wurde die Regulierung der Röhre restlos ausgenutzt, so daß sich eine Hochfrequenz-Spannungsregelung von über  $1:10^4$  ergab! Sowohl Gitter- als auch Anodenseite der Regelschaltung wurden innerhalb des Sendergehäuses in einem besonderen Abschirmkasten untergebracht. Es ergab sich hierbei, daß für diesen Kasten stark ver-

kupferes Eisenblech vorteilhaft ist, da durch das Eisenblech auch eine Abschirmung des magnetischen Feldes erreicht wird.

Eine Innenansicht eines derartigen Regelkastens zeigt Abb. 5. Man erkennt die Zwischenwand, die bis in den Sockelboden der Stahlröhre reicht. Die kleinere Abteilung enthält die abgeschirmte Ausgangsbuchse, den 200 pF-Kopplungsblock und den 400  $\Omega$ -Widerstand vom Anodenanschluß der Röhre zum Chassis. In der größeren Abteilung befinden sich das Regelpotentiometer für die Gittervorspannung, die zugehörigen Festwiderstände zur Erzeugung der Schirmgitterspannung und die Überbrückungskondensatoren für Kathoden- und Schirmgitterspannungen. Es wurden dazu Becherkondensatoren verwendet, zu denen unmittelbar an den Röhrenelektroden induktionsfreie Rollkondensatoren parallel geschaltet wurden, um bis zu den höchsten Frequenzen eine möglichst einwandfreie Überbrückung zu gewährleisten. Das Regelpotentiometer selbst wird von außen

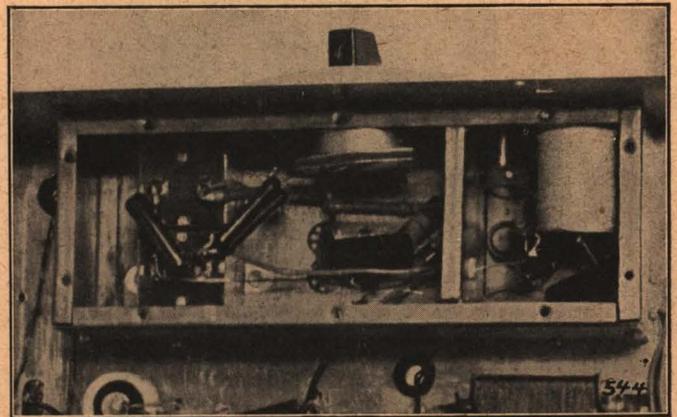


Abb. 5. Geöffneter Spannungsteilerkasten des Prüfsenders nach Schaltbild Abb. 2. Die Zwischenwand reicht bis in den Sockelboden der Regelröhre und schirmt Gitter und Anodenkreis zuverlässig voneinander ab

bedient und erhält eine Skala, die bei einer mittleren Frequenz unmittelbar in Mikrovolt geeicht wird. Diese Eichung gilt dann mit ziemlicher Sicherheit über weite Frequenzbereiche.

### Prüfsender mit umschaltbaren Spulensätzen

Eine wesentliche Vereinfachung in der Bedienung wurde bei der ersten Ausführung dieser Prüfsender durch Ersatz des Drehkondensators durch einen 10teiligen Rastenschalter mit zehn Festkapazitäten erreicht. Gleichfalls sind sechs verschiedene umschaltbare Spulensätze vorgesehen, die mit einem normalen 500 pF-Drehkondensator den Bereich von 100 kHz bis zu 30 MHz überdecken würden. Diese Spulensätze sind mechanisch auf einer Spulenumschalttrommel angeordnet, deren Anordnung aus Abb. 6 ersichtlich ist. Man erkennt vier Topfkernspulen für die Mittel- und Langwellenbereiche und zwei keramische Spulenkörper für die Kurzwellenbereiche. Die Anordnung einer drehbaren Spulentrommel ergibt die kürzesten Verbindungen zur Schwingröhre, da die benötigte Spule immer dicht neben der Röhre sitzt, während alle übrigen vollkommen abgetrennt sind. Durch diese kurzen Leistungen wird die Strahlung des Senders gleichfalls verringert. Betriebsmäßig wird die Spulentrommel durch eine Kupferhaube abgeschirmt.

Durch diese Anordnung der umschaltbaren Spulensätze und umschaltbaren Festkapazitäten ist es möglich, zehn beliebige Frequenzen im Bereich 100 kHz bis 30 MHz fest einzustellen und dann jederzeit durch Wählen der zugehörigen Schalterstellungen zu reproduzieren. Abb. 7 zeigt das Äußere eines nach diesem Prinzip gebauten Senders.

Der rechte große schwarze Knopf dreht die Spulentrommel und trägt die Ziffern 1—6. Der links daneben befindliche Zeigerknopf betätigt den Rastenschalter für die Kondensatorumschaltung; er trägt die Bezeichnung 0—9. Ganz links oben befindet sich eine Tabelle, aus

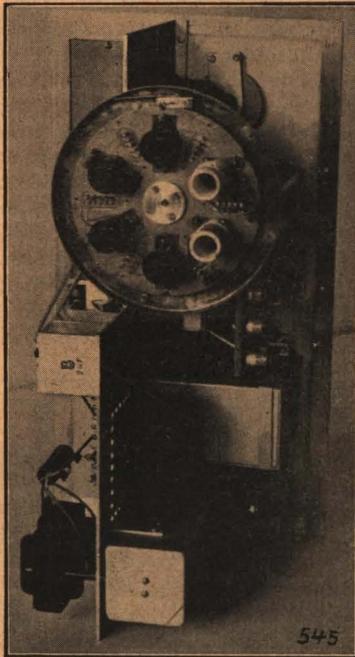


Abb. 6. Sender mit geöffneter Spulenumschalttrommel

der ersichtlich ist, für welche Frequenzen der Sender einjustiert ist. Hinter der Frequenz stehen zwei Ziffern, welche die zugehörige Schalterstellung angeben, so z. B. in der obersten Zeile für 468 kHz 03. Das besagt, daß der erste Schalter auf 0 und der zweite auf 3 zu setzen ist. Die Anordnung ist außerdem so getroffen, daß die für den Abgleich eines Bereiches notwendigen Einstellungen

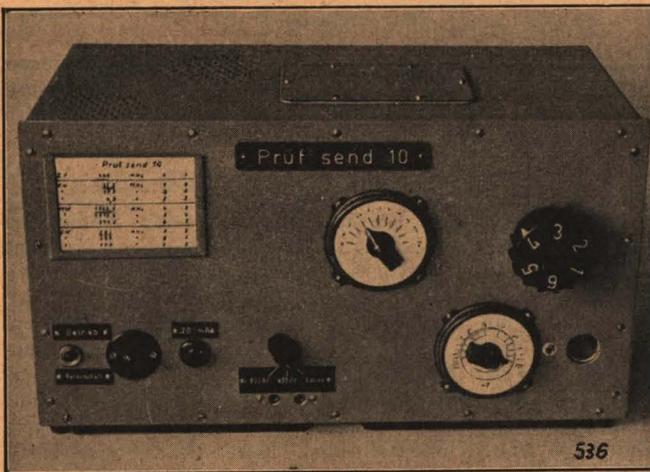


Abb. 7. Prüfsender mit Spulen und Kondensatorumschaltung. Nach Abschrauben der im Bild sichtbaren Abdeckplatte erfolgt durch eine Öffnung die erstmalige Einjustierung des Senders auf die gewünschten Frequenzen

benachbart liegen, so daß meist nur der Kondensatorumschalter bedient zu werden braucht.

Die Frontplatte zeigt unter diesen beiden Einstellknöpfen einen weiteren Zeigerknopf, der zum Potentiometer der Regelröhre gehört und die Ausgangsspannung regelt. Die Skala zeigt dabei die Größe der Ausgangsspannung an. Rechts daneben befindet sich die Ausgangsbuchse, eine Spezialausführung für abgeschirmte Leitungen. Links vom Ausgangsregler liegt ein Knopf, mit dem wahlweise der Sender mit 400 oder 800 kHz

moduliert werden kann oder der Ton ganz abgeschaltet wird; darunter ist ein Buchsenpaar, aus dem für Prüfungen von Niederfrequenzteilen eine kleine Tonfrequenzspannung entnommen werden kann.

Ganz links befindet sich eine Signallampe, ein Sicherungsstöpsel und ein Schalter zum Außerbetriebsetzen des Senders, wobei jedoch die Heizung weiterläuft, um schnell wieder einsatzfähig zu sein. Die vollkommene Ausschaltung erfolgt durch einen Schnurschalter in der Netzschnur.

Abb. 8 zeigt eine Draufsicht des Senders. Die Spulentrommel wird über Zahnräder angetrieben, weil sich dadurch eine bessere Anordnung der Knöpfe ergab. Dicht an der Spulentrommel sitzt die Schwingröhre ECH 11. Weiterhin sitzt neben der Spulentrommel eine Trag-

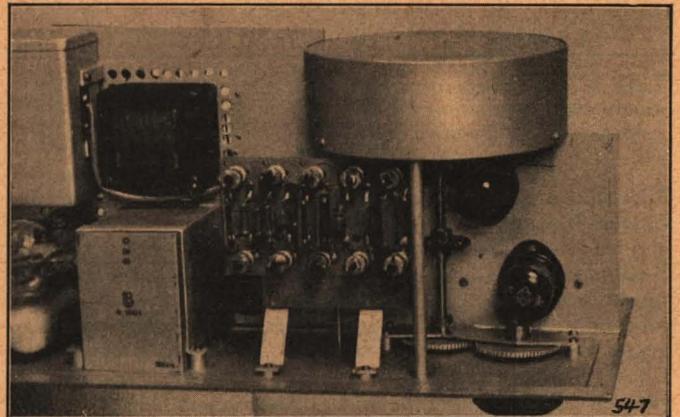


Abb. 8. Aufsicht auf den geöffneten Sender. Im Mittelteil befindet sich die Tragplatte mit den umschaltbaren Kondensatoren

platte mit Blockkondensatoren und Lufttrimmern. Diese Kondensatoren dienen zum Festlegen der gewünschten Frequenzen, wobei die Feineinstellung durch die Trimmer erfolgt. Unterhalb der Tragplatte, mit ihr zu einer festen Einheit verbunden, befindet sich der 10teilige Rastenschalter. Dieses ganze Aggregat kann ohne Schwierigkeiten durch einen Drehkondensator ersetzt werden, so daß man einen Prüfsender zur Einstellung beliebiger Frequenzen erhält. Des weiteren ist ersichtlich die Spannungsteilerröhre an der Vorderwand (im Bild oben rechts). Die Tonfrequenzschwingröhre befindet sich zwischen dem großen Becherblock, der zur Beruhigung der Anodenspannung dient, und der schon erwähnten Kondensatortragplatte. Deren eine Ecke ist ausgeklippt, um diese Röhre auszuwechseln zu können. Auf der anderen Seite des großen Becherblocks (im Bild unten) sitzen Gleichrichter und Stabilisator. Daneben befinden sich ein abgeschirmtes Störfilter und der Netztransformator. Das Störfilter dient einerseits dazu, um Störungen aus dem Lichtnetz vom Sender fernzuhalten, andererseits soll es verhindern, daß Hochfrequenz vom Sender in das Lichtnetz ausgestrahlt wird. Das Filter ist unmittelbar an die Außenwand des Gehäuses gesetzt, damit kein ungefiltertes Zuleitungsstück im Kasten vorhanden ist. Aus diesem Grunde liegt auch der Hauptnetzscharter in der Netzschnur, weil bei der Anordnung vor dem Filter im Gerät erst wieder eine ungeschützte Leitung vorhanden sein würde und bei der Anordnung hinter dem Filter auch im ausgeschalteten Gerät die Filterkondensatoren an Netzspannung liegen würden. (Siehe Schaltbild Abb. 2). — Die äußeren Gehäuseabmessungen sind 210×210×420 mm.

### Prüfsender mit Druckknopfeinstellung zum gleichzeitigen Aussenden mehrerer Frequenzen

Die praktische Erprobung der vorhergehend beschriebenen Sendertypen entsprach voll den Erwartungen.

Bei einer bislang vorhandenen Ringsenderanlage ergaben sich Unzuträglichkeiten dadurch, daß die Platte sich gegenseitig beeinflussten und die Strahlung des naturgemäß kräftigen Zentralsenders die Einstellung kleinster Hochfrequenzspannungen an den Prüfplätzen nicht zuließ. Alle diese Schwierigkeiten wurden durch Verwendung einzelner Sender behoben.

Im Laufe der Zeit stellten sich jedoch noch gewisse Schwierigkeiten ein, die in der übergroßen Schalthäufigkeit dieser Anordnung liegen. Werden z. B. an einem Prüfplatz am Tage 50 Geräte nur auf Mittel- und Langwellenbereich abgeglichen, so ergibt das bei vier Abgleichpunkten, wenn jeder Punkt zweimal kontrolliert wird, acht Schaltungen am Sender, also 400 Schalterbetätigungen an einem Tage. Das sind in 25 Arbeitstagen, etwa einem Monat, 10 000 Schaltungen. Bei dieser großen Schalthäufigkeit treten sehr leicht Schaltstörungen auf, besonders weil die Kontakte sämtlich in Hochfrequenz-Schwingkreisen liegen, und auftretende Übergangswiderstände die Kreise verschlechtern. Ferner ist die Einstellung der Frequenzen mit Hilfe zweier Schalter noch etwas umständlich. Besonders der Rastenschalter für die Umschaltung der Kondensatoren hielt dieser häufigen Beanspruchung nicht stand. Darum wurde unter Verzicht auf die leichte Umstellung der Sendefrequenzen eine Sendertypen mit nur sechs festen Frequenzen geschaffen. Bei dieser Typen wurde nur die aus der Abb. 6 ersichtliche Spulntrommel verwendet und entsprechend abgegliche Einzelspulen zusammen mit einer Festkapazität auf die Trommel gesetzt, so daß durch Drehen an einem Knopf die sechs vorgesehenen Frequenzen eingestellt werden konnten. Da nun bei der Aufteilung der Prüfplätze in einer Bandfabrikation kaum mehr als sechs Prüffrequenzen an einem Prüfplatz gebraucht werden, erwies sich diese Vereinfachung als sehr zweckmäßig.

röhre vorhanden. An Stelle der einen Mischröhre ECH 11 sind jetzt jedoch sechs Stück vorhanden, von denen jedes Triodensystem fest mit dem dazugehörigen Schwingungskreis verbunden ist. Die Hexodensysteme arbeiten alle parallel auf die Regelröhre. Zur Entkopplung untereinander liegt im Anodenkreis jeder Hexode zunächst ein 10 kΩ Widerstand. Gitter und Schirmgitter liegen parallel, so daß alle Röhren gleichmäßig mit Tonfrequenz moduliert werden. Der Druckknopfschalter zum Ein- und Ausschalter der einzelnen Senderröhren liegt in der

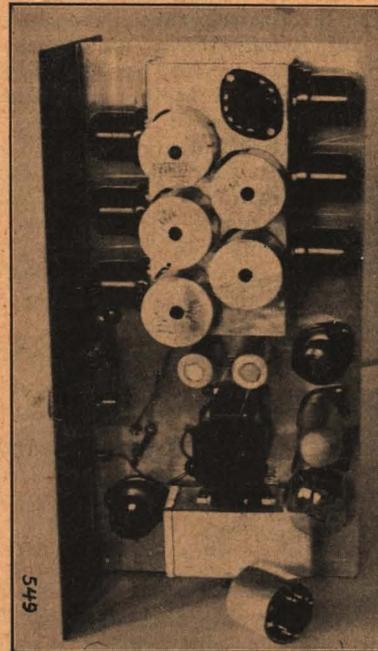


Abb. 10. Aufsicht auf einen geöffneten Druckknopfsender. Zu beiden Seiten einer Metallbrücke sitzen die sechs Schwingröhren. Auf der Brücke befinden sich in austauschbaren Aluminiumbechern die festgestellten Schwingungskreise

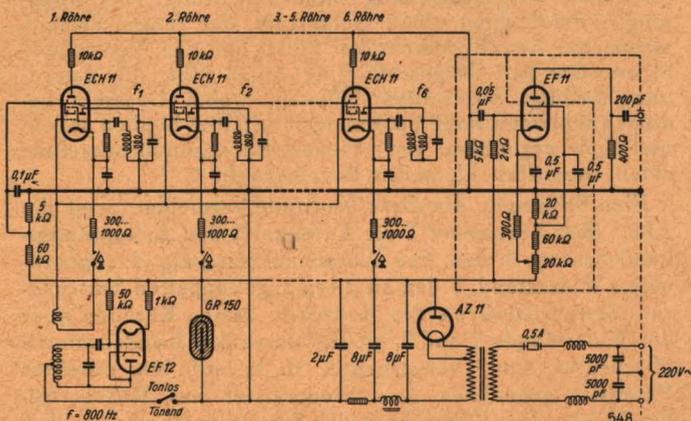


Abb. 9. Schaltbild eines Prüfsenders mit sechs getrennten Schwingssystemen, die einzeln oder zugleich durch Drucktasten einschaltbar sind

Da jedoch auch hierbei noch die Schaltkontakte in den Hochfrequenzschwingkreisen liegen, ist eine weitere Ausführungsform geschaffen worden, bei der die Schaltkontakte vollkommen aus den Hochfrequenzkreisen herausgenommen und gewissermaßen sechs komplette Einzelsender in ein Gehäuse eingebaut wurden; diese einzelnen Sender werden durch Einschalten der Anodengleichspannung der einzelnen Senderröhren in Betrieb gesetzt. Da bei diesem Schalter keine Rücksicht auf geringe Hochfrequenzverluste und Kapazitätsarmut genommen zu werden braucht, kam hier ein normaler Druckknopfstreifen aus alten Postbeständen zur Verwendung. Diese Druckknopftasten sind nahezu unverwüstlich und arbeiten absolut zuverlässig. Das Schaltbild für eine derartige Anordnung zeigt Abb. 9.

Das Grundprinzip ist das gleiche wie bei der Schaltung Abb. 2. Es sind der gleiche Netzteil, die gleiche Niederfrequenzschwingröhre und die gleiche Spannungsteiler-

Kathodenleitung. Außerdem liegt in der Kathode der übliche Kathodenwiderstand, und zwar auch für jede Röhre gesondert. Das erwies sich als zweckmäßig, weil durch Veränderung dieser Kathodenwiderstände die Ausgangsamplitude der einzelnen Sender in ihrer Größe beeinflusst werden kann, und somit unvermeidliche Schwankungen der Senderstärken durch Ungleichheit der Röhren usw. nivelliert werden konnten. Dieser Ausgleich erfolgt durch Änderung der Steilheit des Hexodensystems infolge Änderung der Gittervorspannung. Allerdings muß hierbei von vornherein eine gewisse Gleichmäßigkeit vorhanden sein, da bei dieser Art der Spannungsregelung durch die Eigenart der ECH 11 gleichzeitig eine Änderung des Modulationsgrades erfolgt.

Der wichtigste Vorteil dieser Schaltung ist nun, abgesehen von der mechanischen Festigkeit, im folgenden zu sehen: Durch Drücken mehrerer Tasten werden gleichzeitig mehrere Frequenzen ausgesendet. Es ist darum nicht notwendig, beim Abgleichen eines Bereiches beim Übergang vom oberen zum unteren Abgleichpunkt den Sender umzuschalten, sondern man drückt einfach die beiden Prüffrequenzen zugleich und braucht jetzt nur mit der Empfängerabstimmung hin- und herzugehen. Eine solche Einrichtung bringt sichtliche Ersparung und Erleichterung der Arbeit.

Rein elektrisch ist bei dieser Schaltung zu beachten, daß jeder Sender einzeln nicht mehr als 0,1 Volt an das Gitter der Regelröhre abgeben darf, da sonst beim Drücken mehrerer Sender, infolge der gekrümmten Kennlinie dieser Röhre, die Frequenzen sich mischen und Summen-, Differenzfrequenzen und deren Harmonische bilden, so daß am Ausgang ein mehrdeutiges Frequenzgemisch auftritt.

Abb. 10 zeigt den Innenaufbau dieser Sendertypen. Die sechs Schwingröhren sind in zwei Reihen rechts und links an einer Tragbrücke angeordnet. Rechtwinklig zu den

Schwingröhren sitzen die Spulentöpfe, die auch den festen Schwingkreiskondensator enthalten. Die Spulentöpfe sind mittels Röhrensockel auswechselbar. (Ein derartiger Spulentopf ist herausgezogen und liegt lose vor dem Sender.) Auf diese Weise ist es leicht möglich, für verschiedene Frequenzen die Spulensätze vorrätig zu halten und die Sendefrequenzen umzustellen. Der Feinabgleich der gewünschten Frequenz erfolgt durch Spulenabgleich mittels Hochfrequenzkernen. Die Einstellöffnungen befinden sich oben in den Spulentöpfen.

Weiterhin sind in Abb. 10 zu erkennen: das abgeschirmte Störfilter, eine Siebdrossel, zwei Elektrolytkondensatoren, die hier aus Raumgründen an Stelle des großen Papierkondensators verwendet werden, Gleichrichter, Glimmstabilisator und zwei weitere Stahlröhren. Die der Frontplatte zunächst liegende Röhre dient als Regelröhre, die andere erzeugt den niederfrequenten Modulationston. Bemerkenswert ist hier die größere räumliche Entfernung zwischen Schwingteil und Regelröhre gegenüber der ersten Ausführung. Es war dadurch leichter möglich, die Einstreuung von Spannungen auf die Ausgangsbuchse durch das äußerst starke Senderfeld zu vermeiden. Die Anordnung des Netztesiles neben der Ausgangsregelröhre brachte keine Nachteile.

Zeichnungen und Aufnahmen vom Verfasser

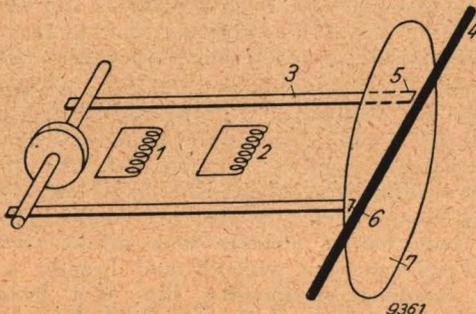
## PATENTSCHAU

### Modulationsanordnung für Ultrakurzwellensender

Nach der deutschen Patentschrift 639 190  
— Kl. 21 a<sup>4</sup> Gr. 15 —  
Julius Pintsch A.-G.

Die bekannten Anordnungen zur Modulation von Ultrakurzwellenröhren arbeiten so, daß durch Steuervorgänge innerhalb der Senderöhre im Rhythmus der Modulationsfrequenz die Leistung des Senders geändert wird. Gerade bei Ultrakurzwellensendern tritt aber durch die Modulation der Elektrodenspannungen in besonderem Maße eine Beeinflussung der Anregung und eine Frequenzänderung ein.

Um dies zu verhindern, wird erfindungsgemäß der strahlende Dipol eines Ultrakurzwellensenders mit einer dielektrischen Membran verbunden, die den strahlenden Dipol im Rhythmus der Membranschwingungen den Enden einer offenen mit dem Generator gekoppelten Energieleitung nähert und entfernt. Durch diese mechanische Bewegung des Dipols wird die Abstrahlung des Senders im Rhythmus der Modulation geändert.



In der Abb. sind 1, 2 die mit der Energieleitung 3 gekoppelten Ultrakurzwellensender. Vor den freien Enden der Energieleitung 3 auf der rechten Seite der Abb. steht in geringer Entfernung die dielektrische Membran 7, die den Dipol 5 trägt, der an den Punkten 5 und 6 mit den freien Enden der Energieleitung 3 und 6 gekoppelt ist. Wird die mit dem Dipol 4 verbundene Membran 7 durch die Modulation in Schwingungen versetzt, so ändert sich der Abstand der Punkte 5 und 6 des Dipols von den freien Enden der Energieleitung 3. Hierdurch wird eine im Rhythmus der aufgeprägten Tonfrequenz modulierte Energie von dem Dipol aufgenommen und abgestrahlt.  
L.

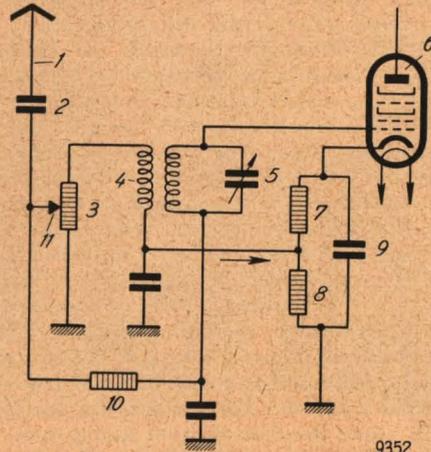
### Empfangsanordnung mit Lautstärkeregelung

Nach der deutschen Patentschrift 662 394  
— Kl. 21 a<sup>4</sup> Gr. 29/03 —

Sachsenwerk Licht- und Kraft-Akt.-Ges.

Bei Lautstärkeregeleinrichtungen mit Ohmschem Spannungsteiler in der Kathodenleitung eines Hochfrequenzverstärkerrohres wird zur Regelung der Gittervorspannung das Kathodenpotential und damit in nachteiliger Weise auch die Spannung an der Anode bzw. etwaigen Hilfsgittern geändert.

Ferner war für eine solche Lautstärkeregelung die Entnahme der Schirmgitterspannung eines Mehrgitterrohres an einem an der Anodenspannung liegenden Regelspannungsteiler bekannt. Hierbei liegt an der Antenne



9352

stets eine verhältnismäßig hohe Spannung; der Spannungsteiler bedingt einen Querstrom, der reiner Verluststrom ist; der Regelkontakt führt bei der Verstellung Strom, der zur Geräuschbildung Anlaß gibt; die Anordnung bedingt zweiseitige Siebung, wobei Drosseln bedingt sind, wenn hohe Spannungen erhalten bleiben sollen, und hat gegenüber der Steuergitterspannungsregelung einen wesentlich kleineren Regelbereich.

Eine Schaltung, die diese Nachteile vermeidet, zeigt die Abb. Hier bezeichnet 1 die Antenne, 2 den Ankopplungskondensator, 3 den der Antennenkreisspule 4 zugeordneten Widerstand, 5 den an diese angekoppelten Schwingrad- bzw. Gitterkreis des Rohres 6, dessen Kathode über die Widerstände 7 und 8, welche durch den Kondensator 9 überbrückt sind, vorgespannt, d. h. auf ein erhöhtes Potential gegenüber dem Steuergitter des Rohres gebracht ist. Das Gitter bzw. der Schwingradkreis ist über den Widerstand 10 an dem Abgriff 11 gleich der Antenne angeschlossen. Aus der Schaltung ist abzulesen, daß bei einer Verstellung des Abgriffes 11 an dem in der Kathodenableitung liegenden Widerstand nichts geändert wird und daß die Elemente des Antennenkreises an dem Widerstand 8 in der Kathodenableitung als Parallelwiderstand dienen, der für den Abgriff 11 ein Potentiometer bildet. Wird der Abgriff 11 an dem Widerstand 3 nach dem geerdeten Ende zu verstellt, so sinkt sinngemäß der von der Antennenkreisspule übernommene Eingangswert, und gleichzeitig wird die Vorspannung am Steuergitter des Rohres negativer, also im obigen Sinne die Gittervorspannung geregelt.  
Sch.

### Berichtigung zu „Vollsuperhet mit U-Röhren“

In diesem Aufsatz von Herrn K. König, der in Heft 16 des „Funk“ veröffentlicht wurde, ist leider eine kleine Verwechslung vorgekommen. In Abb. 1, Seite 247, muß es statt C<sub>23</sub> heißen: C<sub>13</sub>. Außerdem sind die Anschlüsse dieses Kondensators vertauscht: Pluspol von diesem Kondensator muß am Chassis liegen. Wir möchten unsere Leser darauf aufmerksam machen.

## Wirkungsweise und Anwendung des Polarkoordinatenoszillographen

Von HERBERT LENNARTZ

Für zahlreiche oszillographische Messungen ist eine Aufzeichnung in Polarkoordinaten erwünscht. Diese Aufzeichnungsart besitzt gegenüber der Zeitablenkung mit Kippschwingungen den Vorzug, daß stets genau die gleiche Strahlgeschwindigkeit gegeben ist, daß keine Zeitlücken (Rücklauf bei Kippschwingungen) entstehen und daß man bei gleichen Schirmdurchmessern eine um den Faktor  $\pi$  größere Zeitlinie erhält. Von besonderer Bedeutung ist die große Meßgenauigkeit, was sich besonders bei Kurzzeitmessungen und bei der Untersuchung einmaliger Vorgänge sehr angenehm bemerkbar macht. Schließlich sei noch auf die weitere Verlängerung der Zeitlinie durch Aufzeichnung in Zeitspiralen hingewiesen. — Bevor auf die Möglichkeiten der Kreiserzeugung, radialen Auslenkung und die Anwendungsmöglichkeiten eingegangen wird, soll kurz an Hand eines von M. v. ARDENNE (1) ausgeführten Polarkoordinatenoszillographen die erzielbare Meßgenauigkeit besprochen werden.

Bei einer einigermaßen sorgfältig ausgeführten Anordnung zur Kreiserzeugung beträgt die größte radiale Abweichung des auf dem Schirm erzeugten Kreises höchstens 2% vom Radius eines genauen Vergleichskreises. Hingegen ist der prozentuale Fehler in der Winkelkoordinate im Maximum höchstens gleich dem Radienfehler, im Mittel aber nur halb so groß. Bei elliptischer Abweichung haben nun aber die Zeitpunkte  $0^\circ$ ,  $90^\circ$ ,  $180^\circ$  und  $270^\circ$  stets den gleichen Zeitabstand hintereinander, so daß die absolute Größe des Fehlers nicht einfach proportional dem Winkelabstand ist.

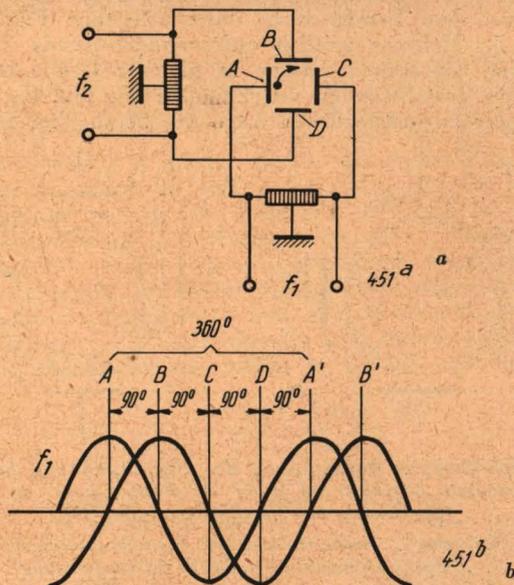


Abb. 1. Zur Erzeugung der Kreisbahn auf dem Leuchtschirm durch Anlegen um  $90^\circ$  phasenverschobener Spannungen an die Ablenkplatten

sondern bei Winkelabständen von  $90^\circ$  ein Maximum erreicht und dann wieder abnimmt. In bezug auf die Zeit eines vollen Umlaufes bleibt daher bei dem angenommenen Beispiel der absolute Fehler unter 0,5%. Durch weiteren sorgfältigen Abgleich des Drehfeldes kann man diesen Fehler auf 0,25% der Umlaufzeit herabdrücken.

Es hat nun keinen Zweck, die Genauigkeit des Zeitmaßstabes noch viel weiter zu treiben, da dieser durch den Durchmesser des Leuchtflecks eine Grenze gesetzt ist.

Die erzielbare hohe Genauigkeit der Zeitablesung innerhalb der Umlaufzeit bedingt nun eine ganz besondere Genauigkeit der Umlauffrequenz. Durch Synchronisation des Senders zur Erzeugung der Drehfeldspannungen mit Quarz- oder Stimmgabelsendern läßt sich leicht eine Konstanz von  $10/100$  erzielen. Bei der Aufzeichnung von Zeitspiralen muß allerdings eine noch größere Genauigkeit verlangt werden. Bei einer mit zulässigem Aufwand noch einwandfrei erzeugbaren Kreisfrequenz von 200 kHz und einem Kreisumfang von 30 cm beträgt die Schreibgeschwindigkeit des Flecks etwa 60 km/sec. Damit können noch Zeiten von einigen  $10^{-8}$  sec gemessen werden! Die Genauigkeit der Zeitmessung liegt bei dem angenommenen Fehler von 0,5% in der gleichen Größenordnung.

Im folgenden sollen nun die Erzeugung des Kreises, die radiale Auslenkung und die Anwendung des Polarkoordinatenoszillographen besprochen werden.

Um den Elektronenstrahl kreisförmig über den Schirm zu bewegen, lenkt man ihn durch zwei aufeinander senkrecht stehende elektrische oder magnetische Felder ab, deren Wechselspannungen bzw. -ströme gegeneinander um  $90^\circ$  phasenverschoben sind. An Hand der Abbildung 1 soll nun gezeigt werden, wie der Kreis durch Einwirkung dieser Felder entsteht. In Abb. 1a sind zwei Ablenkplattenpaare A, C und B, D gezeichnet, an denen symmetrisch die Spannungen  $f_1$  und  $f_2$  liegen. Diese Spannungen besitzen gleiche Frequenz und gleiche Amplitude, sind aber um  $90^\circ$  in der Phase verschoben, wie Abb. 1b zeigt. Liegt nun an der Platte A maximale positive Spannung, so herrscht an C maximale negative Spannung, während an den Platten B und D die Spannung gleich Null ist. Der Strahl wird also stark zur Platte A hingezogen. Nach der Zeit einer Viertelperiode ( $90^\circ$ ) ist B positiv und C negativ, während an A, C keine Spannung herrscht, so daß der Strahl zur Platte B hingezogen wird, und zwar, entsprechend der Spannungsänderung an den Platten, auf einer Kreisbahn. In der nächsten Viertelperiode ist wieder das Plattenpaar A, C wirksam, diesmal mit umgekehrtem Vorzeichen, so daß die nun positive Platte C den Strahl anzieht. In der dritten Viertelperiode ist die Platte D positiv und in der vierten wieder die Platte A, so daß der Strahl nacheinander von diesen Platten angezogen und so auf einem Kreise in der Pfeilrichtung herumbewegt wird. Das Drehfeld liefert aber nur dann eine mathematisch genaue Kreisform, wenn nicht nur die Phasenlage vorschriftsmäßig ist, sondern die beiden Ablenkspannungen auch gleiche Amplitude besitzen — gleiche Ablenkempfindlichkeit der beiden Ablenkplatten vorausgesetzt — und genau sinusförmig sind. Bei ungleichen Amplituden bzw. nicht übereinstimmender Ablenkempfindlichkeit geht der Kreis in eine waagerechte oder senkrechte Ellipse, bei Abweichung von der  $90^\circ$ -Phasenlage in eine schief liegende Ellipse über.

Eine der größten Schwierigkeiten beim Bau eines Polarkoordinatenoszillographen ist die Erzeugung eines einwandfreien Kreises, auch bei hohen Umlauffrequenzen. Zur Erschwerung kommt noch hinzu, daß

es erwünscht ist, die Umlauffrequenz in weiten Grenzen veränderlich zu halten, ohne daß darunter die Form, Schärfe und Größe des Kreises leiden. Im folgenden sollen nun die verschiedenen Möglichkeiten zur Erzeugung des Drehfeldes besprochen werden.

Abb. 2 zeigt eine Schaltung (2), bei der zur Erzeugung der um 90° phasenverschobenen Spannungen von der

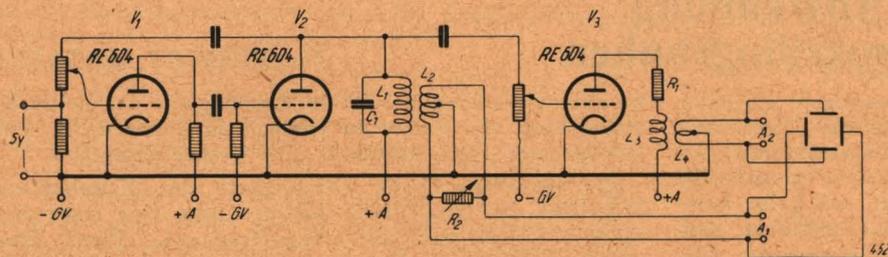


Abb. 2. Anordnung zur Erzeugung des Drehfeldes (nach Goubau)

Tatsache Gebrauch gemacht wird, daß bei einem Schwingkreis ( $L_1, C_1$ ) die Spannung am Kondensator gegenüber dem Strom in der Spule um 90° phasenverschoben ist. Der Spulenstrom wird von  $L_1$  auf die Spule  $L_2$  induziert, an deren Enden  $A_1$  die eine der beiden symmetrischen Ablenkspannungen abgenommen wird. Die Transformation ist bei dieser Anordnung notwendig, um gegen Erde symmetrische Spannungen zu erhalten. Ebenso kann man die andere Ablenkspannung nicht einfach vom Kreis  $L_1, C_1$  abnehmen, sondern es wird mittels der Röhre  $V_3$  die Wechselspannung des Kondensators  $C_1$  zunächst in einen Wechselstrom verwandelt, der über die Spulen  $L_3$  und  $L_4$  an den Enden von  $L_4$  ( $A_2$ ) die zweite symmetrische Ablenkspannung erzeugt. Der Widerstand  $R_1$  ist so groß zu bemessen, daß er einschließlich des Innenwiderstandes der Röhre  $V_3$  mindestens zehnmal größer ist als der Wechselstromwiderstand der Spule für die betreffende Frequenz. Zu genauem Abgleich der Phase dient der Widerstand  $R_2$ .

Für die Arbeitsweise der Schaltung Abb. 2 ist es unwesentlich, ob der Resonanzkreis  $L_1, C_1$  von einem getrennten Oszillator gespeist wird oder ob er selbst als Oszillatorkreis dient. In der Abb. 2 geht der Rückkopplungsweg der Röhre  $V_2$  über eine Phasenumkehröhre  $V_1$  an das Gitter von  $V_2$  zurück.

Diese Schaltung wird überaus vereinfacht und erfordert nur noch eine Röhre, wenn man eine Dreipunktschaltung (3) anwendet, bei der beide Enden des LC-Kreises Wechselspannung in bezug auf die Mittelanzapfung der Spule führen. Nach Abb. 3 wird nun

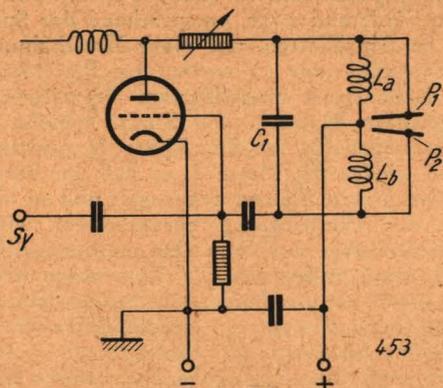


Abb. 3. Anordnung zur Erzeugung des Drehfeldes mit gemischt magnetisch-elektrostatischer Ablenkung (nach v. Ardenne)

dem Ablenkplattenpaar  $P_1, P_2$  unmittelbar die Schwingkreis Kapazität  $C_1$  parallel geschaltet. Die induktive Übersetzung des Spulenstroms in eine Ablenkspannung wird dadurch umgangen, daß die Schwingkreisspule in zwei Hälften,  $L_a$  und  $L_b$  aufgeteilt wird, die man unmittelbar

zur magnetischen Ablenkung des Strahls heranzieht. Man nutzt so die vollen Schwingungsamplituden ungeschwächt zur Ablenkung aus.

Abb. 4 zeigt eine weitere einfache Schaltung zur Erzeugung des Drehfeldes, die allerdings den Nachteil besitzt, daß die beiden Ablenkspannungen nicht symmetrisch angeschlossen werden können. Diese Unsymmetrie läßt sich jedoch heute durch Verwendung von Röhren für unsymmetrische Ablenkung umgehen. In Abb. 4 wird ein kapazitiv-ohmscher Phasenschieber benutzt. Wenn  $R$  gleich dem Wechselstromwiderstand von  $C$  für die betreffende Frequenz ist, so ist die Spannung an  $R$  gegen die Klemmenspannung der Transformatorwicklung um 45° nach der einen Seite, die Spannung am Kondensator um denselben Winkel nach der anderen Richtung verschoben, d. h. gegenseitig weisen die Plattenspannungen die erforderliche 90°-Phasenverschiebung auf.

Auf dem vom Drehfeld auf dem Leuchtschirm erzeugten Kreis muß nun irgendwie die Signalspannung, d. h. der zu untersuchende Vorgang sichtbar gemacht

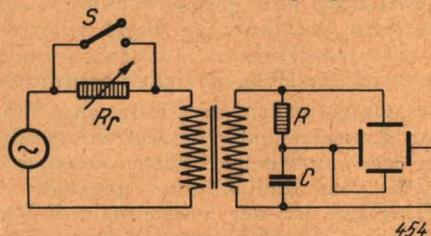


Abb. 4. Schaltung zur Erzeugung zweier um 90° phasenverschobener Spannungen mit Hilfe eines RC-Phasenschiebers

werden. Das Einfachste scheint zu sein, die Signalspannung an eines der beiden Plattenpaare, das auch mit einer der Drehfeldspannungen beaufschlagt ist, zu legen. Die auf dem Leuchtschirm dann erhaltene Figur zeigt Abb. 5. Mehrere zeitlich aufeinanderfolgende Impulse, die der Einfachheit halber in gleicher Größe und mit gleichen Zeitabständen angenommen wurden, ergeben je nach der augenblicklichen Lage des Strahls im Drehfeld

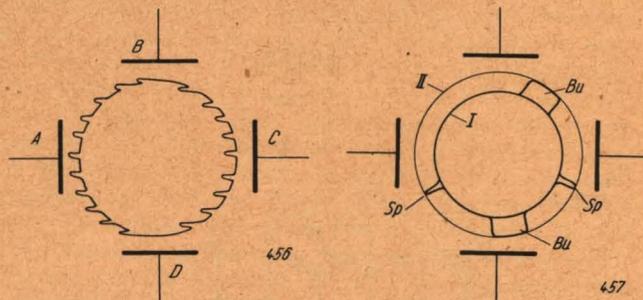


Abb. 5 (links). Aufzeichnung der Signalspannung bei unmittelbarem Anschluß an eines der Plattenpaare, an denen gleichzeitig eine Drehfeldspannung liegt

Abb. 6 (rechts). Aufzeichnung der Signalspannungen durch Amplitudenmodulation der Drehfeldspannung

innere und äußere Kreisauslenkungen und in den Übergangszonen, d. h. in der Nähe der Platten  $B$  und  $D$ , gar keine Deformierung der Kreisbahn. Auch wenn man die Signalspannung an beide Ablenkplattenpaare legen würde, ergäbe das noch keinen Fortschritt. Ebenfalls unbrauchbar sind Anordnungen, bei denen die Signalspannung der Anodenspannung überlagert wird, wodurch infolge Geschwindigkeitssteuerung eine Auslenkung des Strahls hervorgerufen würde. Einmal müßte dabei die Signalspannung in der Größenordnung der hohen

Anodenspannung liegen, andererseits wird durch eine solche Steuerung die Größe und Helligkeit des Leuchtflecks zu stark verändert.

Eine ungeachtet der jeweiligen Lage des Strahls stets radiale Auslenkung in gleichbleibender Richtung erhält man, wenn man mit Hilfe der Signalspannung die Drehfeldspannungen moduliert, d. h. also den Kreisdurchmesser ändert. Zur Erklärung dieses Vorganges ist in Abb. 4 der Schalter S eingezeichnet. Wenn dieser Schalter geschlossen wird, steigt die Spannung in den Ablenkplatten, und der Kreis geht vom Kreis I in den Kreis II über (Abb. 6). Schließt und öffnet man den Schalter

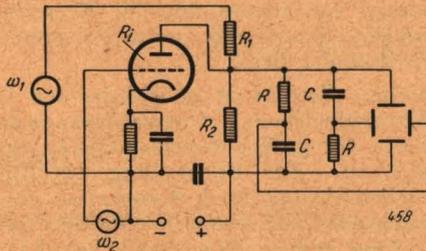


Abb. 7. Einfache Anordnung zur Amplitudenmodulation der Drehfeldspannung

viel rascher als der Umlaufzeit entspricht, so buchtet sich der Kreis nur an einigen Stellen, dem größeren Kreis entsprechend aus (Bu) und bei entsprechend rascher Schalterbetätigung kommt es nur zu Spitzen (Sp). Die große Schwierigkeit des Modulationsvorganges besteht hier darin, daß eine Wechselspannung niedriger Frequenz mit einer Wechselspannung wesentlich höherer Frequenz zu modulieren ist. Die Verhältnisse liegen also gerade umgekehrt wie im üblichen Falle. Um eine einwandfreie Modulation zu erhalten, müssen die Zuführungs-, gegebenenfalls Verstärkerkanäle zwischen der Modulationsstufe bis zu den Ablenkanordnungen sowie diese selbst so beschaffen sein, daß sie im Bereich zwischen Umlauffrequenz und höchster Signalfrequenz, einschließlich deren Oberwellen, weitgehend frequenzunabhängig sind.

Diese Voraussetzung trifft z. B. für die in Abb. 7 gezeigte Modulationsschaltung (4) nur unvollkommen zu, da durch die Phasenschieberanordnung der Außenwiderstand für die hohen Frequenzen, also für die Modulationsfrequenzen, niedriger als für die tiefen Frequenzen (Umlauffrequenz) ist und zudem nach den hohen Frequenzen zu sehr stark abnimmt. Bei der in Abb. 7 wiedergegebenen Anordnung liegt der Drehfeldspannungsquelle  $\omega_1$  ein Spannungsteiler  $R_1 + R_2$  parallel, dessen unterem Teil  $R_2$  eine Regelröhre zugeschaltet ist, deren Innenwiderstand durch die Modulationsfrequenz ( $\omega_2$ ) geändert wird. Gleichzeitig aber überträgt sich hierbei die Signalspannung selbst in Gestalt der durch sie

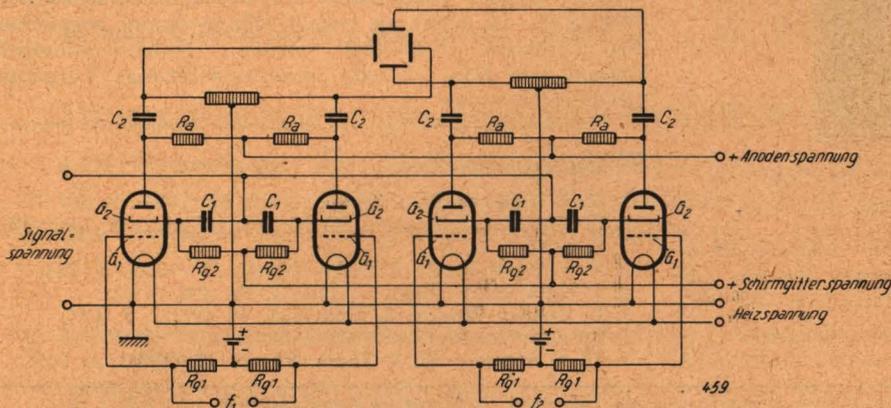


Abb. 8. Amplitudenmodulation der Drehfeldspannungen in Doppel-Gegentakstufen (nach Goubau)

verursachten Gleichspannungsstöße der Regelröhre an die Ablenkplatten.

Die Nachteile der Gleichspannungsstöße lassen sich durch Anwendung einer Modulationsschaltung nach dem Gegentakprinzip (5) vermeiden. Eine derartige Anordnung zeigt Abb. 8. Es findet hierbei die Modulation nach

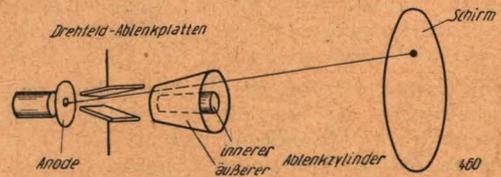


Abb. 9. Radiale Ablenkung des Elektronenstrahls mit Hilfe eines Zylinderkondensators

erfolgreicher Aufgabelung der Drehfeldfrequenz in zwei phasenverschobene Spannungen bei jeder dieser Spannungen getrennt statt, weshalb zwei Gegentakstufen mit insgesamt vier Röhren benötigt werden. Die kompliziert

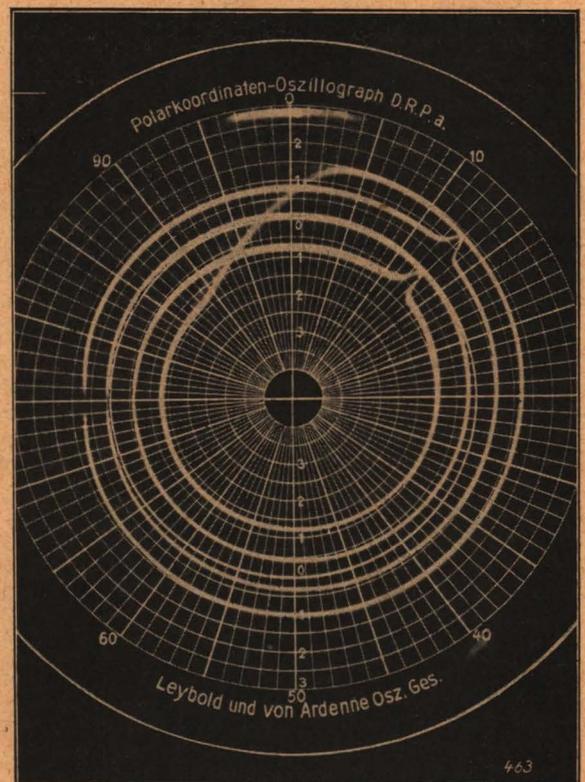


Abb. 10. Aufzeichnung der Zeilinie in Spiralform

erscheinende Schaltung ist bei näherem Zusehen recht einfach. Die beiden Gegentakstufen sind völlig gleich aufgebaut. Die Drehfeldspannungen  $f_1$  und  $f_2$  unterscheiden sich nur durch ihre Phasenlage. Jede der beiden Spannungen steuert die zugehörigen Röhren gegenphasig am Gitter 1. Die verstärkten Drehfeldspannungen werden als symmetrische Spannungen an den Anoden der Röhren abgenommen. Zur Modulation sind sämtliche Schirmgitter der vier Röhren zusammengeschaltet, an welches die Signalspannung angelegt wird. Die Modulation kommt so zustande, daß durch Anlegen der Signalspannung an die Schirmgitter die Verstärkung der Röhren

und damit der Kreisdurchmesser geändert wird. Abgesehen von dem verhältnismäßig großen Aufwand besitzt diese Schaltung aber einige Nachteile. Zunächst einmal müssen Röhren mit völlig gleichen Kennlinien zur Anwendung kommen. Auch müssen die Schaltelemente und Schaltkapazitäten bei allen Röhren genau gleich sein. Die unvermeidlichen Schalt- und Röhrenkapazitäten führen bei hohen Signalfrequenzen zu Phasenverschiebungen, wodurch der Anwendung dieser Schaltung eine Grenze gesetzt ist.

Wesentlich vorteilhafter als die Anwendung von Modulationsschaltungen ist es, für die radiale Auslenkung einen besonderen Ablenkkondensator, und zwar einen sogenannten Zylinderkondensator zu benutzen, wie er in Abb. 9 dargestellt ist. Dieses an sich schon seit längerem bekannte Prinzip bildet die Grundlage der modernen Polarkoordinatenoszillographen. Es wird dabei durch ein Drehfeld der beschriebenen Art der Elektronenstrahl auf einen Kegelmantel geführt, so daß auf

Abb. 11. Ermittlung des Umlaufsinnens der Zeitlinie durch Anlegen einer Kippspannung hoher Frequenz



dem Schirm ein Kreis entsteht. Dabei fliegt der Strahl zwischen zwei ineinandergeschobenen Metallzylindern hindurch, an denen die Signalspannung angelegt wird. Der Strahl wird also, gleichgültig an welcher Stelle des Kondensators er sich befindet, immer dann radial ausgelenkt, wenn eine Signalspannung am Zylinderkondensator liegt.

Handelt es sich lediglich darum, das Zeitintervall zwischen zwei Impulsen festzustellen und interessiert dabei die Form der Signalspannung nicht, so kommt man bereits mit einer normalen Helligkeitssteuerung des Strahls durch Anlegen der Signalspannung an dem

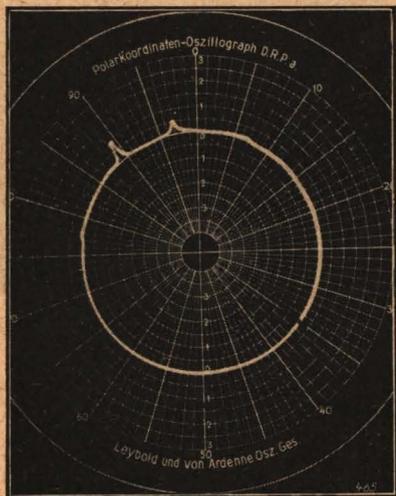


Abb. 12. Aufnahme zweier kurzzeitiger Impulse mit dem Polarkoordinatenoszillographen

Wehnelt-Zylinder aus. Auf diese Art und Weise können auch bei Verwendung normaler Braunscher Röhren die verwickelten Modulationsschaltungen umgangen werden.

Eine sehr lange übersichtliche Zeitlinie erhält man, indem man von der Kreisform zur Spirale übergeht

(Abb. 10). Eine solche Spirale erhält man, wenn man die Drehfeldspannung langsam im Verhältnis zur Umlauffrequenz kleiner bzw. größer werden läßt. Am einfachsten ist es, hierzu das beim Abschalten des Drehfeldspannungserzeugers auftretende Ausschwingen des Kreises nutzbar zu machen. Man erhält dann eine logarithmische Spirale (6). Um eine gleichmäßige Spirale zu erhalten, benutzt man langsame Kippschwingungen, mit denen die Schwingungsamplitude der Drehfeldspannungen gemeinsam mit der Signalspannung gesteuert wird. Bei der Ablenkung durch einen Zylinderkondensator hat es sich als zweckmäßig erwiesen, den inneren Zylinder in zwei Teilzylinder (7) zu zerlegen, von denen der eine mit der Signalspannung, der andere mit der Kippspannung beaufschlagt wird, während der zweite Pol jeder Spannung am äußeren Zylinder liegt.

Für bestimmte Zwecke ist es wichtig, den Umlaufsinn bei der Kreisauzeichnung festzustellen, was so ohne weiteres wegen der großen Geschwindigkeit des Umlaufs nicht möglich ist. Zur Feststellung des Umlaufsinnens braucht man jedoch nur durch Ausschalten des Drehfeldspannungserzeugers den Kreis in eine Spirale auslaufen zu lassen. Eine andere Möglichkeit besteht darin, zur Signalspannung eine kleine Kippspannung hoher Frequenz hinzuzugeben. Es entsteht dann, wie Abb. 11 zeigt, eine Sägezahn-Kreisscheibe.

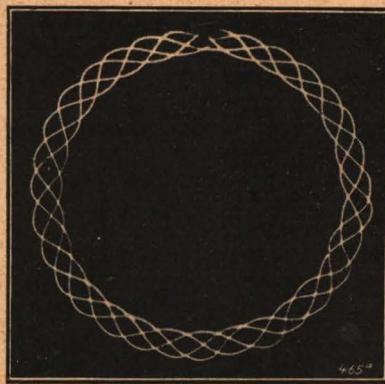


Abb. 13. Polaroszillogramm einer Hochfrequenzschwingung

Zum Schluß sollen noch kurz einige mit einem Polarkoordinatenoszillographen erhaltenen Ergebnisse besprochen werden. Abb. 12 zeigt die Aufnahme zweier Impulse mit einem Zeitabstand von  $7,6 \cdot 10^{-6}$  sec; die Impulsbreite beträgt  $10^{-6}$  sec. Bei der Messung kam eine Umlauffrequenz von 10 000 Hz zur Anwendung. Bei der in Abb. 10 gezeigten Zeitspirale wird eine Kippspannung auf den Zylinderkondensator gegeben, wobei der Kippgenerator mit der Umlauffrequenz synchronisiert wird. Die erreichbare Meßgenauigkeit und die längste meßbare Zeitspanne können bei einer solchen Zeitspirale um mehr als eine Größenordnung gegenüber dem Zeitkreis vergrößert werden. Selbstverständlich können, wie Abb. 13 zeigt, auch sinusförmige Vorgänge untersucht werden.

Zeichnungen vom Verfasser, Abb. 10, 12 und 13 Aufnahmen von Ardenne

### Literaturverzeichnis

1. M. v. ARDENNE, Zt. f. Techn. Physik 17 (1936), S. 660 ff.
2. G. GOUBAU u. J. ZENNECK, Hochfrequ. u. Elektroak. 40 (1932), S. 77 ff.
3. M. v. ARDENNE, Zt. f. Techn. Physik 17 (1936), S. 661.
4. J. Instn. electr. Engr. 71 (1932), Nr. 426, S. 82.
5. G. GOUBAU, Hochfr. u. Elektroak. 40 (1932), S. 1 ff.
6. K. NENTWIG, Funk (1940), S. 33 ff.
7. M. v. ARDENNE, Zt. f. Techn. Physik 17 (1936), S. 665.

Alle Abbildungen in diesem Heft, die keinen Urhebervermerk tragen, wurden nach Angaben der Schriftleitung hergestellt

Hauptschriftleiter: Lothar Band, Berlin. — Verantwortlich für den Anzeigenteil: Karl Tank, Berlin W 35, Kirchbachstr. 7. — Gültige Preisliste Nr. 2 vom 1. September 1935. — Druck: Preußische Druckerei- und Verlags-A.-G., Berlin. — Sendungen an die Schriftleitung, ohne persönliche Anschrift, nur nach Berlin SW 68, Zimmerstr. 94. Fernruf: 12 30 56. — Verlag: Weidmannsche Verlagsbuchhandlung, Berlin SW 68, Zimmerstr. 94. — Postscheckkonto: Berlin 883 78, Sonderkonto „Funk“. — Für unverlangt eingesandte Manuskripte übernimmt die Schriftleitung keine Verantwortung. — Bei Ausfall der Lieferung wegen höherer Gewalt besteht kein Anspruch auf Ersatz oder Rückzahlung. — Nachdruck sämtlicher Artikel verboten.

# Die Grundlagen der Funktechnik

von F. WEICHART

## Ein Lehrgang in vier Teilen

### Band 1

Soeben erschien die 6. Auflage

Aus dem Inhalt: Was ist Elektrizität? · Anziehung und Abstoßung elektrischer Ladungen · Kapazität und Spannung · Schaltung von Kondensatoren · Das Strömen der Elektrizität · Die Zusammenschaltung von Stromquellen · Die Zusammenschaltung von Leiterstücken · Die Wheatstonesche Brücke · Die Wärmewirkung des elektrischen Stromes · Die chemischen Wirkungen des elektrischen Stromes · Magnetismus · Die magnetischen Wirkungen des elektrischen Stromes · Die Erscheinungen der Induktion · Einschalt- und Ausschaltvorgänge · Der Wechselstrom · Die Zusammensetzung von Wechselströmen · Transformatoren · Die Wirkung einer Selbstinduktion im Wechselstromkreis · Die Wirkung einer Kapazität im Wechselstromkreis

*VIII und 137 Seiten mit 113 Abbildungen  
gebunden RM 3.—*

### Band 3

5. Auflage 1940

Aus dem Inhalt: Die Elektronenröhren · Die Röhre als Gleichrichter · Die Dreielektrodenröhre · Die Röhre als Verstärker · Verstärkerschaltungen: a) Der einstufige Verstärker, b) Der mehrstufige Verstärker, c) Hochfrequenzverstärker · Die Röhre als Schwingungserzeuger · Der Röhrensender · Der Überlagerungsempfang · Das Audion · Der Aufbau eines Empfängers

*IV und 181 Seiten mit 111 Abbildungen RM 3.—*

### Band 2

5. Auflage 1940

Aus dem Inhalt: Kapazität und Selbstinduktion im Wechselstromkreis · Die Leistung eines Wechselstroms · Widerstand in einem elektrischen Schwingungskreis · Dämpfung · Die Erzeugung hochfrequenter Schwingungen · Die Ausbreitung der elektromagnetischen Energie im Raum · Die Sender · Der Empfang elektromagnetischer Wellen · Die Empfangslautstärke; Empfangsschwund

*IV und 134 Seiten mit 111 Abbildungen  
gebunden RM 2.70*

### Band 4

5. Auflage

Aus dem Inhalt: Die drahtlose Übermittlung von Sprache und Musik · Der Modulationsvorgang in mathematischer Darstellung · Telephonie - Sender · Andere Modulationsverfahren · Der technische Vorgang bei einer Rundfunksendung · Der Empfang drahtloser Telephonie · Die Wiedergabe der Töne · Das Fernsehen · Rückblick und Ausblick

*IV, 150 Seiten mit 85 Abbildungen RM 3.—*

»Immer noch eins der Standardwerke der Fachliteratur.« Wissen und Fortschritt

»Die Grundlagen der Funktechnik' gehören zu den Standardwerken der Funkliteratur, die wohl in jedem Betriebe der Rundfunkwirtschaft zu finden sind. Das Studium der 'Grundlagen der Funktechnik' kann nicht dringend genug empfohlen werden.«  
Rundfunk-Großhändler

---

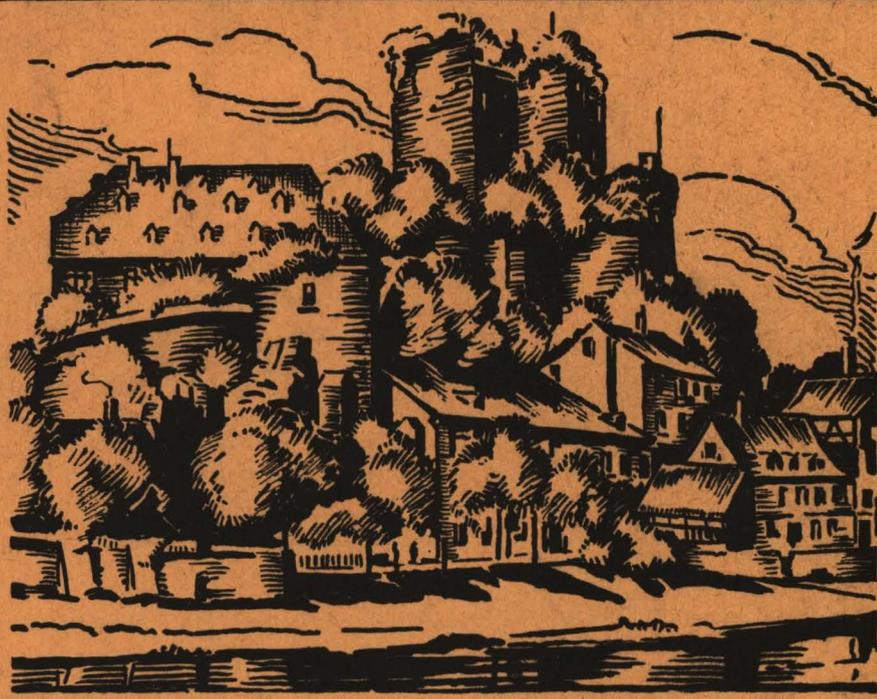
WEIDMANNSCHE VERLAGSBUCHHANDLUNG • BERLIN SW 68

42 25



# KLISCHEE

Ein Symbol,  
langjährig erprobter  
Leistungsfähigkeit  
auf dem Gebiete der  
Chemigraphie und  
Galvanoplastik.



## CARL SCHÜTTE & C. BEHLING

BERLIN SW. 68. RITTER, STR. 46/47  
FERNSPRECHER: A7. 0155/0156