



FERNSEH

G.M.B.H.

AUSMITTEILUNGEN AUS FORSCHUNG UND BETRIEB DER FERNSEH G.M.B.H., BERLIN

2. BAND • HEFT 2 • JANUAR 1941

Inhalt:

		Seite
Helmut Richter	Fernseh-Bildberichterstattung auf Ultrakurzwellen	41
Kurt Brückersteinkuhl	Zeitliche Verschiebung von Impulsreihen	46
Ernst Legler	Ein neuartiges Gerät zur Aufzeichnung von Frequenzkurven ..	50
Hermann Schuster	Betrachtungen zur Weiterentwicklung von Fernsehempfängern	54
Curt Hagen	Ueber Abbildungseigenschaften einfacher Magnetlinsen und die Messung ihrer Felder mit der Fluxmétermethode	59
Johannes Schunack	Fernsehgroßbildanlage	66
Johannes Schunack	Ueber Filmabtaster im Fernsehbetrieb	72

Die Zeitschrift erscheint in zwangloser Folge. Herausgeber: Fernseh G. m. b. H., Berlin-Zehlendorf, Goerzallee. Nachdruck mit genauer Quellenangabe ist unter Einsendung von zwei Belegexemplaren gestattet. Schutzgebühr Inland: RM 1,50, Ausland RM 2,50.



FERNSEH G.M.B.H.

Hausmitteilungen aus Forschung und Betrieb der Fernseh G.m.b.H., Berlin

Verantwortlich für den Inhalt: Dr. Rolf Möller und Dr. Ing. Georg Schubert

2. Band

Heft 2

Januar 1941

Fernseh-Bildberichterstattung auf Ultrakurzwellen.

Von Helmut Richter.

Inhalt: Für die Bildberichterstattung werden drahtlose Uebertragungsanlagen benötigt. Es werden die Uebertragungsmöglichkeiten solcher Anlagen, die im Ultrakurzwellen- oder im Dezimeterwellengebiet arbeiten müssen, beschrieben.

Die im Programm des Fernsehrundfunks einen immer breiteren Rahmen einnehmende Bildberichterstattung von Tagesereignissen erfordert Uebertragungsanlagen, die ohne Schwierigkeiten die Bildsendungen vom Aufnahmeort an den Hauptsender zu übermitteln gestatten. Für ständig benutzte Aufnahmeorte kommt als Zubringer in erster Linie ein fest verlegtes Breithandkabelnetz mit entsprechenden Kabelanschlußstellen in Frage. Handelt es sich jedoch um häufig wechselnde Aufnahmeorte, so muß mit Rücksicht auf den schnellen Auf- und Abbau der Fernsehübertragungsanlagen eine drahtlose Uebertragungsanlage als Zubringer benutzt werden.

Allgemeine Gesichtspunkte.

Schon bei den ortsfesten Fernsehsendern ist man aus Gründen des zu übertragenden Frequenzbandes gezwungen, die Senderwelle ins Ultrakurzwellengebiet zu verlegen. Da durch die Wellenzuteilung für die Fernsehsender und für andere Zwecke eine gewisse Wellenknappheit in diesem Wellengebiet (7 m) herrscht, stehen für einen erweiterten Einsatz von Zwischensendern mit relativ breiten Seitenbändern nur Gebiete höchster Frequenzen zur Verfügung. Die Schwierigkeiten, die die Antennen bei der Abstrahlung der breiten Fernsehseitenbänder bereiten, sowie die unbedingt notwendige Handlichkeit der Antennenanlagen selbst machen ebenfalls den Uebergang zu möglichst kurzen Wellen notwendig.

Die Entwicklung von Spezialröhren, insbesondere der Kleinströhren, war der Anlaß zu einem weiteren Ausbau des Wellengebietes unter 7 m, so daß in der Langwellentechnik allgemein übliche Verfahren auch noch bis ins Gebiet der Dezimeterwellen Anwendung finden konnten. So wird heute die Selbsterregung mit Dreielektrodenröhren bis 20 cm Wellenlänge beherrscht, während eine praktisch brauchbare direkte Hochfrequenzverstärkung bis zu 1 m Wellenlänge, mit Gegentaktspezialröhren hoher Steilheit sogar noch darunter, durchführbar ist. Es dürfte eine Frage der Zeit sein, daß auch für die Erzeugung höherer Leistungen in dem kürzesten Wellengebiet geeignete Dreielektrodenröhren zur Verfügung stehen. Die Magnetfeldröhren besitzen hier noch eine gewisse Ueberlegenheit, da sie höhere Leistung und kürzere Wellen zu erzeugen gestatten. Unter besonderen Betriebsbedingungen sind sie aber den Dreielektrodenröhren hinsichtlich der Frequenzkonstanz, der Modulierbarkeit, und da sie nicht fremd steuerbar sind, unterlegen. Durch besondere Modulationsverfahren können inzwischen auch Magnetfeldröhren hoher Leistung bei genügender Frequenzkonstanz für Fernsehübertragungen eingesetzt werden.

Für Reichweiten von etwa 10 km können die Anforderungen, die eine drahtlose Fernsehübertragung auf kürzesten Wellen stellt, von den heute vorhandenen Dreielektrodenröhren auch bei $1/2$ bis 1 m Wellenlänge in genügender Weise erfüllt werden.

Frequenzkonstanz und Frequenzstabilisierung des amplituden modulierten Senders.

Der Uebertragungsweg der Sendung kann im wesentlichen der gleiche bleiben, wie er sich bei 7 m für Sendung und Empfang entwickelt hat. Der Sender wird mit den Bildfrequenzen normal moduliert, während der Empfänger in einer Mischstufe die empfangene Frequenz transponiert und zwischenfrequent weiterverstärkt.

Dies Verfahren ist an und für sich bis zu den kürzesten Wellen anwendbar. Schwierigkeiten stellen sich in erster Linie nur insofern ein, als mit wachsender Senderfrequenz die Frequenzkonstanz ungenügend wird. Es ist ohne weiteres einleuchtend, daß mit wachsender Senderfrequenz die absolute Frequenzkonstanz proportional anwachsen muß, wenn eine gewisse fest vorgegebene Frequenzabweichung zugelassen werden kann. Andererseits werden aber gerade bei kürzeren Wellenlängen die Faktoren, die Frequenzabweichungen zur Folge haben, einflußreicher. Besonders die inneren Phaseneinflüsse der Röhren, die durch die in Erscheinung tretenden Flugzeiten der Elektronen auftreten, werden maßgebend. Die Phasenwinkel werden um so größer, je höher die Frequenz wird und je länger die Elektronenlaufzeiten in den Elektrodenräumen sind, je näher also die Röhre an ihrer Anwendungsgrenze betrieben wird. Die Röhren kleinster Abmessungen zeitigen unter solchen Bedingungen infolge der Herabminderung der Laufzeiten die besten Ergebnisse. Da die Laufzeiten von den Elektrodenspannungen abhängen, wird die Frequenzkonstanz stark von den Betriebsspannungen abhängig. Möglichst hohe Spannungen sind unter diesen Gesichtspunkten günstig. Als Vergleichsangabe sei hier erwähnt, daß selbst-erregte Sender bei 350 MHz Grundfrequenz bis zu 3 MHz Abweichung in Abhängigkeit von der Anodenspannung bei Veränderung von 40—120 Volt zeigen. Eine einwandfreie Amplitudenmodulation eines solchen selbsterregten Senders ist ohne besondere Frequenzstabilisierung nicht durchführbar. Die gleichzeitig auftretende Frequenzmodulation würde zur Vermeidung von Verzerrungen auf der Empfangsseite Verstärker mit breiteren Bändern erfordern. Gerade beim Fernsehen ist aber bei dem ohnehin schon großen Frequenzumfang eine nochmalige Verbreiterung des Verstärkungskanals nicht tragbar.

Für die Frequenzhaltung der Sender wirken sich weiterhin die niedrigen Kreiswiderstände der Resonanzkreise sehr ungünstig aus, zumal eine weitere Bedämpfung durch die Eingangswiderstände der Röhren erfolgt. Durch rotationssymmetrische Kreise ist besonders bei Dezimeterwellen eine Erhöhung der Resonanzschärfe möglich, doch sind diese Kreise infolge der verteilten Kapazität und Induktivität und infolge der sich hieraus ergebenden schlechten Ankopplungsmöglichkeiten häufig etwas unhandlich. Ihre ausgedehntere Verwendung ist besonders bei kürzesten Wellen zu erwarten.

Die allgemeinen Maßnahmen zur Erreichung guter Frequenzkonstanz lassen sich damit wie folgt zusammenfassen:

1. Verwendung von Röhren kleiner Laufzeiten.
2. Stabilisierung der Betriebsspannungen.
3. Anwendung möglichst hoher Betriebsspannungen.
4. Verwendung von Kreisen höchster Güte.

Der Aufbau von Mehrstufensendern zeigt im Ultrakurzwellengebiet die gleichen Vorteile, wie bei Langwellen. Durch die Zwischenstufen wird eine Rückwirkung der in ihrer Belastung stark schwankenden Modulationsstufe auf die für die Frequenzhaltung maßgebende Steuerstufe vermieden. Oberhalb 1 m Wellenlänge läßt sich eine genügende Rückwirkungsfreiheit durch die Zwischenschaltung von Trennstufen unter Einsatz von Pentoden oder neutralisierten Trioden erzielen. Unterhalb 1 m wird der Aufbau von Zwischenstufen insofern erschwert, als keine oder nur eine geringe Verstärkung in einer Zwischenstufe möglich ist. Die Steuerstufe muß daher dieselbe Hochfrequenzspannung und damit praktisch auch dieselbe Leistung abgeben können wie die Endstufe. Diese Forderung fällt besonders bei Sendern größerer Leistung ins Gewicht.

Prinzipiell läßt sich eine Stabilisierung der Frequenz durch Quarze bzw. Turmaline bis ins Dezimetergebiet durchführen. Doch sind auch hier Einschränkungen zu verzeichnen, da insbesondere bei den kürzesten Wellen die Stabilisierung durch die Oberwellen der Kristalle erfolgen muß. Hierdurch und durch die notwendigerweise lose Ankopplung sind nur kleine Leistungen sicher frequenzstarr zu halten. Da aber andererseits, wie gesagt, eine Leistungserhöhung in den folgenden Stufen kaum erfolgen kann, wird eine Frequenzstabilisierung durch Kristalle bei starken Sendern kurzer Wellenlänge problematisch. Größere Bedeutung könnte daher auch einer Frequenzstabilisierung durch achsial-symmetrische Kreise zukommen, da hierbei keine Anwendungsbeschränkung auf leistungsschwache Sender gegeben ist. Ansätze einer Entwicklung in dieser Richtung liegen vor.

Geeignete Modulationsschaltungen mit Begrenzung der Hochfrequenzschwingungen durch Dioden gestatten selbsterregte Sender ohne besondere Frequenzstabilisierung zu betreiben. Es können in diesen Schaltungen insbesondere diejenigen Einflüsse verringert werden, die durch die mit dem Modulationshub entstehenden Lastschwankungen des Senders zu einer Frequenzverwerfung führen.

Mischung und Schwundregelung im Ueberlagerungsempfänger.

Der für den Fernsehempfang entwickelte Zwischenfrequenzempfänger kann in seinen Prinzipien unverändert für den Empfang noch kürzerer Wellen übernommen werden. Eine Aenderung und Weiterentwicklung erfährt nur die Mischstufe. Einstweilen steht für die in Frage kommenden Ultrakurzwellen

keine geeignete Mischröhre des Hexodentyps zur Verfügung, die noch unterhalb 5 m einwandfrei arbeitet. Wesentliche Fortschritte in der Entwicklung einer solchen sind wohl vorerst nicht zu erwarten, da bei dem komplizierten und weitläufigen Aufbau der vielgitterigen Mischröhren nur eine begrenzte Herabsetzung der Elektronenlaufzeit zu erreichen ist. Bis etwa 1 m Wellenlänge können zur Mischung Pentoden kleinster Abmessung Verwendung finden. Bei noch kürzeren Wellen ist man gezwungen, auf Trioden oder Dioden als Mischröhren zurückzugreifen. Die Addition der einfallenden und der überlagernden Spannung und die nachfolgende Gleichrichtung in den Röhren stößt auf keine Schwierigkeiten. Mit Trioden läßt sich eine Mischsteilheit erzielen, die der normaler Mischröhren vergleichbar ist. Gegenüber Mehrgittermischröhren zeigt die obige Triodenmischung den ausschlaggebenden Vorteil, geringeres Röhrenrauschen zu besitzen. Dies ist darauf zurückzuführen, daß derjenige Rauschanteil vollkommen fehlt, der bei Mehrgittermischröhren durch die Ströme der Verteilungsgitter eingebracht wird. Schon aus diesem Grund hat sich die Mischung in Trioden oder bei den kürzesten Wellen auch in Dioden und geeigneten Detektoren als sehr günstig herausgestellt, da der Empfänger bei der beschränkten Reichweite des Senders häufig bis zur Rauschgrenze ausgenutzt werden muß, andererseits aber auch in den meisten Fällen soweit ausgenutzt werden kann, da die vorhandenen äußeren Störungen sehr gering sind.

Der für die Verstärkungsgrenze maßgebende Rauschanteil der ersten Verstärkerstufen liegt bei Mischröhren bekanntlich wesentlich höher als bei Röhren mit direkter Hochfrequenzverstärkung. Aus diesem Grunde wirkt sich eine Verstärkung vor der Mischröhre in einer höher liegenden Empfindlichkeitsgrenze des Empfängers aus. Mit Knopfröhren gelingt eine brauchbare Hochfrequenzverstärkung bis zu 1 m Wellenlänge, speziell entwickelte Röhren hoher Steilheit lassen noch bei 50 cm eine Verstärkung möglich erscheinen.

Auf eine Schwundregelung des Empfängers kann in keiner Weise verzichtet werden. Dies ergibt sich schon aus der Tatsache, daß die Senderfeldstärke infolge des wechselnden Senderstandpunktes dauernden Schwankungen unterworfen ist. Bei der quasioptischen Ausbreitung der kurzen Wellen ist mit der Abschirmung durch Bäume und Häuser zu rechnen, wenn der Sender nicht in direkter Sichtverbindung zum Empfänger steht. Eine solche wird man nach Möglichkeit durch hohe Standpunkte des Senders, besonders aber des im allgemeinen festliegenden Empfängers anstreben. Die im Betrieb zu erwartenden Feldstärkeschwankungen bedingen in jedem Fall eine Schwundregelung hoher Regelkraft.

Die in der Fernsehempfangstechnik verwendeten Regelmethode befriedigen noch nicht in jeder Beziehung. Infolge der nicht um einen Mittelwert erfolgenden Steuerung des Fernsehsenders besteht teils eine Abhängigkeit der Schwundregelung von

dem Bildinhalt, teils von den Helligkeitsspitzen des Bildes. Eine einwandfreie Regelung läßt sich durchführen, wenn der Sender mit negativer Modulation beschickt wird. Der Austastwert schwärzer als schwarz entspricht der höchsten Sendeleistung, der Schwarzwert wäre entsprechend 30 % niedriger, der Weißwert ist der Sendeleistung 0 zugeordnet. Neben dem Vorteil einer besseren Ausnutzung des Senders läßt sich eine auf die Austastwerte ansprechende Steuerung ansetzen. Eine weitere Lösung besteht darin, dem Sender eine spezielle Regelfrequenz aufzumodulieren, die höher als die höchste Bildfrequenz ist, und deren Amplitude in konstantem Verhältnis zu dem Weißwert steht. Im Empfänger wird diese Regelfrequenz ausgesiebt und nach der Gleichrichtung zur Regelung herangezogen.

Bei den verhältnismäßig leicht auftretenden erheblichen Frequenzschwankungen stellt eine automatische Frequenzabstimmung des Empfängers einen weiteren Sicherheitsfaktor des Uebertragungsweges dar. Die Prinzipien der automatischen Scharfabstimmung der Rundfunkempfänger können ohne wesentliche Änderungen übernommen werden. Auch diese automatische Frequenzeinstellung setzt eine reine Amplitudenmodulation ohne gleichzeitige Frequenzmodulation voraus, da derartige Frequenzabweichungen von der Regelung nicht einwandfrei kompensiert werden können.

Uebertragungswege mit Doppelmodulation und Frequenzmodulation.

Neben diesem Uebertragungsweg ist die folgende Uebertragungsart, die eine zweimalige Modulation benutzt, anwendbar. Die von den Bildfängern aufgenommenen und verstärkten Bildfrequenzen werden gemeinsam mit den Signalen auf eine Zwischenträgerfrequenz moduliert, z. B. 8,4 MHz. Ein Seitenband kann unterdrückt werden. Das entstehende Band von 8,4—11,4 MHz wird nun seinerseits dem Ultrakurzwellensender aufmoduliert. Die Empfängerseite ist jetzt dergestalt auszubilden, daß zuerst eine Gleichrichtung des Ultrakurzwellenträgers erfolgt. Der erhaltene Zwischenträger mit Seitenband wird normal weiterverstärkt und ergibt nach einer zweiten Gleichrichtung die Bildfrequenzen. Im Empfänger entsteht also die vom Sender direkt übertragene Zwischenfrequenz durch die Gleichrichtung, während sie beim Ueberlagerungsempfang durch Interferenz am Empfänger gebildet wird. Als Nachteil dieser Methode dürfte anzuführen sein, daß die Empfindlichkeit der Gleichrichterstufe der einer Mischstufe unterlegen ist. Eine Verstärkungserhöhung der Ultrakurzwellen-Gleichrichterstufe durch Rückkopplung erscheint möglich, obgleich sehr breite Frequenzbänder in der ersten Stufe zu erfassen sind. Aus dem gleichen Grund bleibt dieser Uebertragungsweg erklärlicherweise auf kürzeste Wellenlängen beschränkt, da z. B. bei 8,4 MHz Zwischenfrequenz und 3 MHz Bildfrequenzen von dem Ultrakurzwellensender Seitenbänder von $\pm 11,4$ MHz abstrahlen sind. Die Schwundregelung ist

nach den oben beschriebenen Methoden durchführbar. Bei einer Modulation der Zwischenträgerfrequenz um den Mittelwert der Hauptträgerfrequenz kann ebenfalls die Amplitude der Hauptträgerfrequenz zur Erzeugung der Regelspannung herangezogen werden. Diese Möglichkeit besitzt aber wegen der Schwierigkeiten einer direkten ultrakurzwelligen Verstärkung wenig Aussicht auf Einführung.

Ganz unabhängig von Trägerfrequenzschwankungen des Ultrakurzwellensenders liegt die Zwischenträgerfrequenz fest, so daß sich auf der Empfängerseite je nach der Resonanzschärfe des Eingangskreises nur die Amplitude, nicht aber die Frequenz des Zwischenträgers ändern kann. In Anbetracht der breiten Eingangskreise ist auch bei hohen Anforderungen eine automatische Kreisnachstimmung nicht notwendig.

Eine weitere Uebertragungsmethode stellt die Verwendung der Frequenzmodulation dar, die bei kürzesten Wellen keine größeren Schwierigkeiten als eine saubere Amplitudenmodulation bietet. Der Empfänger ist wiederum als Ueberlagerungsempfänger mit einem Zwischenfrequenzverstärker genügender Bandbreite ausgeführt. Der in der Frequenz entsprechend der Modulation schwankende Träger wird an einem frequenzabhängigen Demodulator in die Niederfrequenz umgewandelt. Die Frequenzmodulation läßt eine geringere Störanfälligkeit gegenüber äußeren Störungen erwarten, da die als Spitzenspannungen anfallenden Störungen durch einen Amplitudenbegrenzer vor dem Demodulator entfernt werden können, bzw. nur noch die durch sie hervorgerufenen Phasen- und Frequenzverschiebungen der einfallenden Welle wirksam bleibt. — Es sei die Möglichkeit erwähnt, daß durch sehr tiefen Frequenzhub eine bedeutende Störverminderung erreicht werden kann. Diese Uebertragungsart besitzt aber zur Zeit beim Fernsehen im Gegensatz zu Tonübertragungen noch wenig Aussicht auf Anwendung, da die erforderlichen außerordentlich breiten Bänder im Empfänger mit den heutigen Röhren nicht wirtschaftlich verstärkt werden können. — Die Amplitudenbegrenzung im Empfänger erlaubt eine absolute Konstanthaltung der geregelten Empfangsspannung ohne jede Abhängigkeit von den Bildwerten.

In ähnlicher Weise, wie bei den Empfängern für Amplitudenmodulation, ist bei der frequenzmodulierten Sendung eine automatische Ab- bzw. Nachstimmung bei Schwankungen der mittleren Frequenz möglich. Infolge ihrer Vorteile im Schwundausgleich und der Störfreiung ist die Verwendung frequenzmodulierter Sendungen zu erwarten.

Strahlungseigenschaften, Antenneneinrichtungen, Senderleistungen, Reichweiten.

Die Antenne stellt ein resonanzfähiges Gebilde dar, deren Resonanzwiderstand für das abgestrahlte Frequenzband nicht konstant bleibt, so daß für die

Seitenbänder eines Fernsehsenders andere Abstrahlungs- und Anpassungsbedingungen herrschen als für den Träger. Bei den Arbeitsbedingungen, denen der Reportagesender unterworfen ist, kann diesen Schwierigkeiten nur durch eine Wellenverkürzung ausgewichen werden. Allerdings darf hierbei nicht außer Acht gelassen werden, daß sich damit gleichzeitig die Ausbreitungsverhältnisse ändern. Folgende Ueberlegung mag dies klarlegen. Gemäß den allgemeinen Feldgleichungen ist die Feldstärke E bei Vernachlässigung der Absorption in der Entfernung r vom Sender gegeben durch $E = \frac{120 \cdot \pi \cdot I \cdot J}{r^2}$

(l — Antennenlänge, J — Antennenstrom, λ — Wellenlänge). Bei einem Dipol als Sendeantenne wird $l/\lambda = 0,5$. Die Feldstärke an dem Empfangspunkt ist somit bei gleicher Sendeleistung unabhängig von der Wellenlänge. Von der Empfangsantenne, die normalerweise $\lambda/2$ Länge besitzen wird, ist nunmehr aber nur eine Empfangshöhe von $\lambda/2$ auszuschöpfen. Bei gleicher Sendeleistung sinkt somit die empfangene Spannung umgekehrt proportional der Wellenlänge, oder anders ausgedrückt, bei gleicher durch eine $\lambda/2$ -Antenne aufgenommenen Spannung muß der Sender mit abnehmender Wellenlänge quadratisch in der Leistung erhöht werden.

Selbstverständlich wird man dagegen den Empfangsverlust durch Richtantennensysteme auszugleichen versuchen. Bei der Antennenrichtfläche F ergibt sich eine Spannungsüberhöhung \bar{U} von $\bar{U} = \text{const} \sqrt{\frac{F}{\lambda}}$. Da eine Strahlungsbündelung auf der Sende- wie der Empfangsseite durchzuführen ist, wird also bei gleichen Antennenrichtflächen und gleichen Senderleistungen mit kürzer werdender Wellenlänge ein Verstärkungsgewinn erzielt. Die Verstärkungserhöhung bleibt dagegen dadurch begrenzt, daß die Richtwirkung der Antennensysteme an bewegten Objekten nicht beliebig gesteigert werden kann.

Im Hinblick auf die Reichweite der Uebertragung sei hier noch eine Zusammenstellung der Leistungen gegeben, die sich mit den heutigen Röhren in dem zur Anwendung kommenden Wellengebiet realisieren lassen. Bei einer Bandbreite von ± 3 MHz ist mit wassergekühlten Röhren eine Hochfrequenzleistung von 4—10 kW bei 7 m Wellenlänge zu erreichen. Ebenfalls wassergekühlte Röhren lassen bei 3 m immer noch die Grenze von 1 kW überschreiten. Bei 1 m Wellenlänge, hier ist im allgemeinen schon eine Zusatzdämpfung der Schwingungskreise zur Erzielung der Bandbreite unnötig, sind durch wassergekühlte Magnetfeldröhren 1 kW, bei 50 cm Wellenlänge 0,5 kW Leistung erzeugt worden. Die Werte für luftgekühlte Magnetfeldröhren liegen bei etwa 200 und 100 W, für Dreielektrodenröhren bei 75 und 20 W. Diese Werte stellen die Bestwerte dar, die heute erreichbar sind. Die weitere Entwicklung leistungsfähiger Dreielektroden-Senderröhren für das Meter- und Dezimetergebiet ist durch die Anwendung höherer thermischer Materialbelastung und eine weiter-

gehende Anwendung der Wasserkühlung zu erwarten.

Unter Zugrundelegung einer zehnfachen Spannungsverstärkung durch Spiegel oder Richtantennensysteme, bei dieser Spannungsverstärkung dürfte der Bündelungswinkel von etwa 25° noch durchaus tragbar sein, sind je nach Leistung und Wellenlänge Entfernungen bis zu 50 km zu überbrücken. Selbst bei der Berücksichtigung der starken Absorption

tionstiefe war eine Frequenzabweichung von maximal 25 kHz festzustellen, die die Bildübertragung in keiner Weise beeinträchtigte. Die Antennenleistung betrug etwa 15 W. Als Empfänger diente eine Triodenmischstufe mit getrenntem Oszillator und nachfolgendem Einseitenbandverstärker von 8,4—11,4 MHz Durchlaßbreite. Mit Spiegelanordnungen von insgesamt zehnfacher Verstärkung wurde bei optischer Sicht eine Entfernung von



und Abschirmung dieser Wellen, die einen genügenden Sicherheitsfaktor der Uebertragung durch entsprechende leistungsmäßige Dimensionierung des Senders voraussetzt, dürften die erreichbaren Uebertragungsentfernungen den meisten Anforderungen genügen.

Ergebnisse.

Es seien zum Schluß noch einige Ergebnisse mitgeteilt, die mit einer Uebertragungsanlage auf 85 cm Wellenlänge erreicht wurden. Der Sender wurde amplitudenmoduliert, als Empfänger diente ein Ueberlagerungsempfänger. Der zweistufige Sender war in Gegentakt geschaltet. Die erste Stufe arbeitete als Steuerstufe, die zweite als neutralisierte Modulationsstufe. Bei 100 % Modula-

tionstiefe war eine Frequenzabweichung von maximal 25 kHz festzustellen, die die Bildübertragung in keiner Weise beeinträchtigte. Die Antennenleistung betrug etwa 15 W. Als Empfänger diente eine Triodenmischstufe mit getrenntem Oszillator und nachfolgendem Einseitenbandverstärker von 8,4—11,4 MHz Durchlaßbreite. Mit Spiegelanordnungen von insgesamt zehnfacher Verstärkung wurde bei optischer Sicht eine Entfernung von

Zusammenfassung.

Für die drahtlose Bildberichterstattung auf Ultrakurzwellen und Dezimeterwellen als Zubringer gibt es folgende Uebertragungsmöglichkeiten:

1. Direkte niederfrequente Sendermodulation, Ueberlagerungsempfang.
2. Doppelmodulation des Senders mit moduliertem Zwischenträger, empfangsseitig Trägerverstärkung nach Gleichrichtung.
3. Frequenzmodulation, Ueberlagerungsempfang.

Die bei dem Einsatz kürzester Wellen auftretenden Probleme der Frequenzstabilisierung, der automatischen Schwundregelung und der Scharf-abstimmung werden neben den Fragen der Antennen und der Senderleistungen behandelt. Zum Schluß werden einige praktisch erzielte Ergebnisse mitgeteilt.

SUMMARY.

Television Broadcasting with Ultra-short Waves.

For remote pick-up broadcasts from mobile units wireless transmitters are used operating above 60 Megacycles. The ultra high frequency necessitates a careful stabilisation because the superhet reception depends on high stability of the frequency. The trans-

mitter operates therefore with a number of stages with stabilized operating voltages and sharply tuned circuits. The superheterodyne receiver employs triodes or diodes as mixing tubes. The triodes are superior to multigrid tubes on account of smaller noise and higher sensitivity of the receiver. An avc and automatic frequency control is advisable. Other methods of transmission employ double modulation or frequency modulation. Double modulation facilitates frequency stabilisation but the receiver is less sensitive in general. Frequency modulation has the advantage of diminished disturbances and good avc. It is preferable to employ directional antennas. The uhf tubes available to-day allow a transmission over distances sufficient for most requirements. A demonstration was made with a 15 Watt transmitter over a distance of 8 miles.

Zeitliche Verschiebung von Impulsreihen.

Von Kurt Brückersteinkuhl.

Inhalt: Die Verwendungsmöglichkeit von Drosselketten zum Ausgleich von Phasenlaufzeiten bei niederfrequenter Fernsehübertragung wird untersucht. Beschreibung eines Gerätes zur zeitlichen Verschiebung von Impulsreihen.

Einleitung.

Die Fernsehübertragung mehrerer, an verschiedenen Stellen aufgenommener Ereignisse erfordert besondere Vorkehrungen bei der Zusammenschaltung der Sendungen an der zentralen Sendestelle. Soll die Möglichkeit gegeben sein, Fernsehsendungen zu überblenden, so muß an der zentralen Sendestelle ein Haupttaktgeber vorgesehen werden, der die einzelnen Aufnahmestellen mit Synchronisierimpulsen versorgt. Infolge der verschieden großen Kabellängen zwischen zentraler Sendestelle und einzelnen Aufnahmestellen werden nun die Synchronisierimpulse nach verschiedenen Zeiten an den Aufnahmestellen eintreffen, ferner die von den Aufnahmestellen ausgehenden Sendungen verschieden lang verzögert. Daher ist ein zeitlicher Ausgleich erforderlich, und zwar zweckmäßigerweise bezogen auf die am weitesten entfernte Aufnahmestelle, d. h. die Synchronisierimpulse und Sendungen werden so weit verzögert, daß sie sämtlich von der am weitesten entfernten Aufnahmestelle zu kommen scheinen. Unter normalen Verhältnissen kann dieser Ausgleich verhältnismäßig einfach gestaltet werden. Für eine Kabelschleife zwischen Sendestelle und Aufnahmestelle von rd. 25 km beträgt die Laufzeit des Fernsehkabels etwa 90,7 μ sec; diese Zeit entspricht derjenigen Zeit, die zum Schreiben einer Zeile des 441-Zeilenbildes benötigt wird. Daß nun der Bildinhalt eines aufgenommenen, bewegten

Bildes an der zentralen Sendestelle mit einer zeitlichen Verzögerung von maximal $\frac{1}{2} \cdot 90,7 \mu$ sec eintrifft, ist völlig bedeutungslos gegenüber der Tatsache, daß die Verzögerung der Synchronisierlücken eine Verschiebung des Bildes gegenüber dem Raster bewirkt. Es genügt daher, die den einzelnen Aufnahmestellen zugeordneten Synchronisierimpulse so weit nachzuziehen zu lassen — wiederum bezogen auf die am weitesten entfernte Aufnahmestelle —, daß die Synchronisierlücken der Bildsendung und die Synchronisierimpulse der zentralen Sendestelle zur Deckung gelangen. Für den Ausgleich, und zwar für Hin- und Rückweg zusammengenommen, wird daher ein einziges Gerät benötigt, welches Synchronisierimpulse, d. h. Impulsreihen zeitlich zu verschieben gestattet. Unter Impulsreihe wird in diesem Zusammenhang eine periodische Folge gleichartiger Zeichen oder Impulse verstanden. Die Beschränkung auf gleichartige, periodische Zeichen und die Ausschließung nichtgleichartiger, nichtperiodischer Zeichen d. h. der Bildsignale gibt, wie weiter unten gezeigt wird, die Möglichkeit für einen schaltungstechnisch und konstruktiv einfachen Aufbau des Gerätes.

Zeitliche Verschiebung von Zeichen.

Einfache Netzwerke, die zur Verschiebung von Zeichen benutzt werden können, sind das Kreuzglied und die Drosselkette. Dem Vorteil des Kreuz-

glieders in widerstandsreziproker Schaltung, nämlich unendlichem Durchlässigkeitsbereich, steht als Nachteil der symmetrische Aufbau und die verhältnismäßig große Zahl der Einzelelemente gegenüber. Die Drosselkette in unsymmetrischer Schaltung benötigt eine geringere Zahl von Einzelelementen. Nachteilig ist die Dämpfungszunahme bei Annäherung an die Grenzfrequenz, insbesondere bei Hintereinanderschaltung mehrerer Glieder.

Bei naturgetreuer, niederfrequenter Uebertragung beliebiger Zeichen muß die Phasenlaufzeit im ganzen Uebertragungsbereich konstant sein.

$$t_{ph} = \frac{\alpha}{\omega} + k$$

Hierbei bedeuten: t_{ph} die Phasenlaufzeit, α das Phasenmaß, ω die Kreisfrequenz und k eine Konstante. Wenn, wie in Abb. 1 dargestellt, \mathcal{R} den

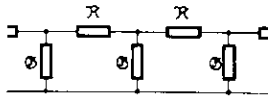


Abb. 1: Kettenleiter.

Längswiderstand und ϕ die Querableitung eines Kettenleiters bedeuten, so gilt bekanntlich für das Uebertragungsmaß g im Durchlaßbereich die Beziehung

$$\cos g = \cos \alpha = 1 + \frac{\mathcal{R} \cdot \phi}{2}$$

Daraus folgt

$$\mathcal{R} \cdot \phi = 2 \cdot (\cos \alpha - 1) = 4 \cdot \sin^2 \frac{\alpha}{2}$$

Für eine Drosselkette, bei der im Längszweig eine Induktivität L und im Querszweig eine Kapazität C liegen, muß daher die Beziehung erfüllt sein

$$\omega^2 L C = 4 \sin^2 \left(\frac{k \cdot \omega}{2} \right)$$

Sie gilt offenbar dann, wenn der Sinus seinem Argumente gleichgesetzt werden kann. Für eine zulässige Abweichung bei hohen Frequenzen von 10^{-4} ist demnach zu fordern

$$\frac{k \cdot \omega}{2} = 0,775 \quad (1)$$

In diesem Gültigkeitsbereich ist die Phasenlaufzeit

$$t_{ph} = k + LC \cdot \frac{1}{\pi \cdot f_0} \quad (2)$$

wobei f_0 die Grenzfrequenz bedeutet. Nach den obigen Beziehungen lassen sich Phasenlaufzeit und Grenzfrequenz in Abhängigkeit von der oberen Frequenzgrenze des Uebertragungsbereiches f_x folgendermaßen schreiben:

$$k = \frac{0,775}{\pi \cdot f_x} \quad f_0 = \frac{f_x}{0,775}$$

Bei einer Bandbreite von 2,7 MHz und einer entsprechenden Grenzfrequenz von 3,5 MHz beträgt die Phasenlaufzeit eines Drosselkettengliedes nicht mehr als 0,09 μ sec. Um einen Ausgleich über 25 km Kabel — entsprechend etwa 90,7 μ sec Phasenlaufzeit — zu erreichen, müßte man demnach 1000

Drosselkettenglieder zu einer Kette zusammenschalten. Es ist klar und Versuche haben bestätigt, daß bei einer Hintereinanderschaltung außerordentlich vieler Glieder die Dämpfungszunahme infolge Wirbelstromverlusten in Drähten und Eisenkernen der Spulen eine erhebliche Rolle spielt. Abbildung 2 zeigt, daß sich die Verluste durch zweck-

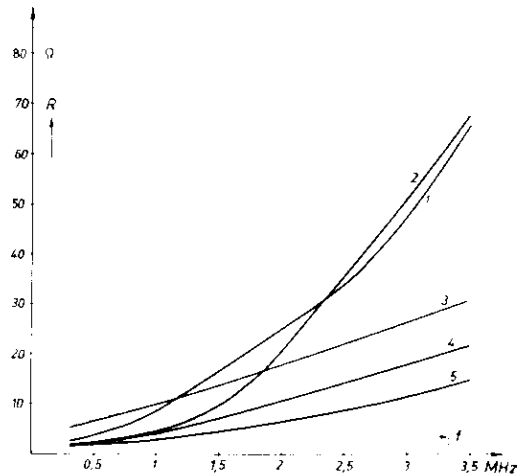


Abb. 2: Verlustwiderstand von Hochfrequenzspulen in Abhängigkeit von der Frequenz (Spuleninduktivität $L = 72 \mu$ H).

- 1: Luftspule, Kreuzwicklung, Litze $30 \times 0,07$ mm.
- 2: Eisenkernspule, Normalwicklung ohne Trolitulkammer, Litze $20 \times 0,07$ mm.
- 3: Eisenkernspule, Normalwicklung mit Trolitulkammer, Volldraht 0,2 mm.
- 4 und 5: Eisenkernspule, Normalwicklung mit Trolitulkammer, Litze $20 \times 0,07$ mm, verschiedene Eisenkerne.

mäßige Wahl von Spulenaufbau, Wickelkörper, Draht bzw. Litze herabsetzen lassen; sie können jedoch nicht gänzlich beseitigt werden. Ein Dämpfungsausgleich durch besondere Kunstschaltungen ist zwar möglich, jedoch bei regelbarer Anordnung mit umständlichem Aufbau verbunden.

Diese Schwierigkeiten fallen weg, wenn man auf die naturgetreue Uebertragung beliebiger Zeichen verzichtet und sich auf die Uebertragung periodischer Impulsreihen beschränkt. Wesentlich ist in diesem Falle die Verschiebung des Einsatzpunktes der Zeichen. Die zu übertragende Zeichenform, normalerweise eine rechteckige Begrenzung, ist dagegen nicht veränderlich und fest gegeben. Durch die Wirbelstromdämpfung in den Spulen des Kettenleiters wird ein an sich rechteckiges Zeichen verflacht; dieser Fehler kann nachträglich behoben werden, wenn man nur dafür sorgt, daß durch einen besonderen Steilheitsverstärker aus dem verschobenen aber verformten Zeichen ein verschobenes aber dem ursprünglichen ähnliches Zeichen wieder aufgebaut wird. Unter diesem Gesichtspunkt erscheint es möglich und zweckmäßig, eine verhältnismäßig hohe Dämpfung zuzulassen, die Bandbreite nicht größer zu machen als unbedingt notwendig und die Grenzfrequenz soweit als möglich zu senken. Nach Formel (2) ist die Phasenlaufzeit in dem durch

Formel (1) gekennzeichneten Bereich umgekehrt proportional der Grenzfrequenz. Wählt man also in dem oben angeführten Beispiel statt einer Grenzfrequenz von 3,5 MHz eine solche von 350 kHz, so ist die Phasenlaufzeit eines Drosselkettengliedes 10 mal so groß und beträgt ungefähr 0,9 μ sec. Um einen Ausgleich über 25 km Kabel zu erzielen, braucht man in diesem Falle nur noch 100 statt 1000 Drosselkettenglieder. Bei einem 441-Zeilenbild be-

Gerät zur zeitlichen Verschiebung von Impulsreihen.

Ein nach obigen Gesichtspunkten aufgebautes Gerät zur zeitlichen Verschiebung von Impulsreihen wird im folgenden beschrieben. Das Gerät soll die Möglichkeit bieten, eine zeitliche Verschiebung von maximal 90,7 μ sec durchzuführen entsprechend einem Ausgleich über 25 km Fernseekabel. Innerhalb des Gesamtverschiebungsbereiches soll ferner

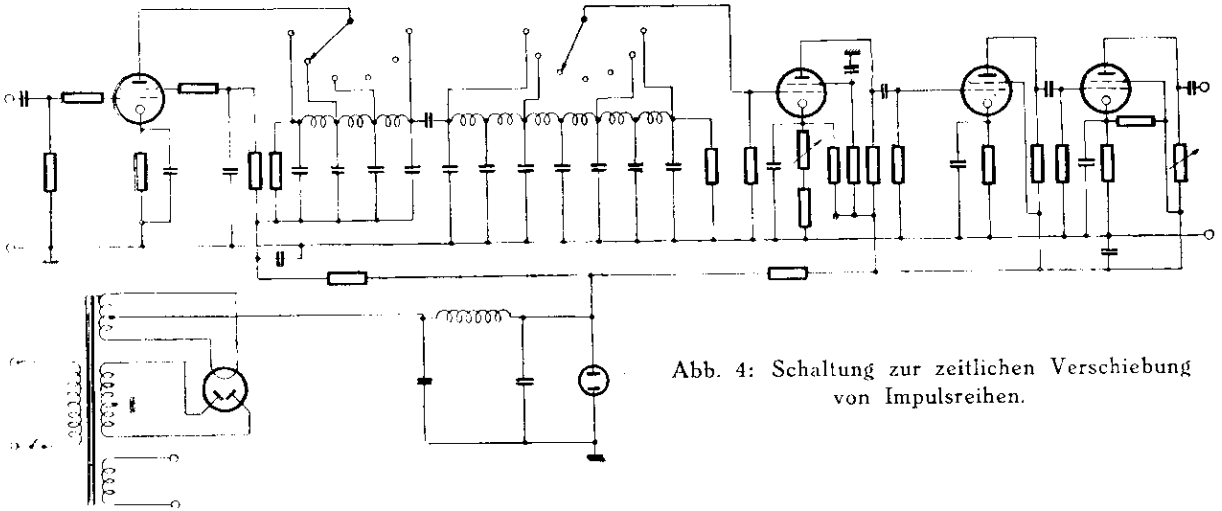


Abb. 4: Schaltung zur zeitlichen Verschiebung von Impulsreihen.

trägt die Grundfrequenz der Zeilensynchronisierung 11,025 kHz; eine Grenzfrequenz von 350 kHz bedeutet also immerhin noch Uebertragung der 31. Harmonischen. Es ist selbstverständlich, daß gleichzeitig auch mehrere Impulsreihen, z. B. Synchronisiergemische, durch die Ausgleichskette mit niedriger Grenzfrequenz verschoben werden können.

Wellenwiderstand Z und Abschlußwiderstand R der Drosselkette müssen bekanntlich für II-Schaltung der Beziehung genügen

$$R = 1,25 \cdot Z = 1,25 \cdot \sqrt{\frac{L}{C}} \quad (3)$$

In der Wahl von R hat man gewisse Freiheit, da man den Kettenleiter zweckmäßig, um Reflexionen zu vermeiden, zwischen Verstärkerröhren fest einbaut. Aus der Phasenlaufzeit t_{ph} und dem Abschlußwiderstand R bestimmen sich nach (2) und (3) alle übrigen Werte t_0 , Z , L , C .

Die Verwendung von Kreuzgliedern bietet bei Verzicht auf naturgetreue Uebertragung keine Vorteile.

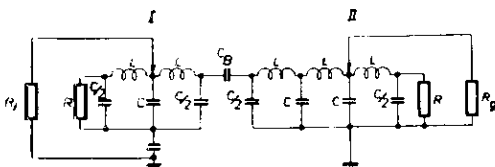


Abb. 3: Schaltung der Ausgleichskette.

eine beliebige Verschiebung bis auf etwa 1% der Gesamtverschiebung eingestellt werden können, und zwar durch einen Grobteiler zur Einstellung von jeweils 10% der Gesamtteilung und durch einen Feinteiler zur Einstellung von jeweils 10% der Grobteilung oder 1% der Gesamtteilung. Zu diesem Zwecke ist die gesamte Drosselkette, bestehend aus 100 Einzelgliedern, zwischen Verstärkerröhren eingebaut. Für die Grobteilung sind 90 Einzelglieder in 9 Gruppen zu je 10 Einzelgliedern unterteilt, für die Feinteilung dienen unmittelbar 10 Einzelglieder. Zur regelbaren Einstellung der Verschiebung werden nun die benötigten Verschiebungsglieder nicht nacheinander eingeschaltet, was an sich möglich wäre; es ist vielmehr aus schaltungstechnischen Gründen zweckmäßig, die gesamte Kette fest und an ihren Enden reflexionsfrei abgeschlossen zusammenzuschalten und zur Regelung hochohmig abzugreifen (s. Abb. 3). An den Abgreifpunkten liegen parallel zur Kette einerseits der Innenwiderstand der vorgeschalteten Röhre R_i , andererseits der Gitterableitwiderstand der nachgeschalteten Röhre R_g ; beide sind, verglichen mit dem Wellenwiderstand der Drosselkette, hinreichend groß. Zwischen Feinteilungsbereich I und Grobteilungsbereich II ist ein Blockkondensator C_B vorgesehen. Die Bestimmungsgrößen der Drosselkette haben folgende Werte:

- $C = 2000 \text{ pF}$
- $L = 413 \text{ } \mu\text{H}$
- $Z = 450 \text{ } \Omega$
- $t_0 = 350 \text{ kHz}$

Abbildung 4 zeigt die gesamte Schaltung und Abbildung 5 den äußeren Aufbau des Gerätes. Die der Drosselkette nachgeschalteten Röhren sind so eingestellt, daß sie das zeitlich verschobene, aber verformte Zeichen beiderseitig abschneiden und gleichzeitig versteilern. Am Ausgang der Schaltung wird ein zeitlich verschobenes und in seiner Steilheit dem ursprünglichen gleichwertiges Zeichen erhalten.

Die zeitliche Verschiebung ist bei der hier gewählten Anordnung unabhängig von Röhreneigenschaften und arbeitet daher sehr betriebssicher. Da die Induktivitäts- und Kapazitätswerte der Drosselkette verhältnismäßig klein sind, lassen sich die

der Bildsendung zeitlich zwischen dem $(n-1)$ ten und n -ten Zeilensynchronisierimpuls der zentralen Sendestelle liegt, so kann durch Einschaltung des Gerätes auf jeden Fall erreicht werden, daß die erste Synchronisierlücke der Bildsendung mit dem n -ten Zeilensynchronisierimpuls zur Deckung gelangt. Das Bild wird also nach dem Ausgleich in der Horizontalen mit dem Raster übereinstimmen, dagegen in der Vertikalen um n Zeilen verschoben sein. Da sich bei einem 441-Zeilenbild eine vertikale Verschiebung des Bildes um etwa 5 Zeilen noch nicht störend bemerkbar macht, kann das Impulsverschiebungsgeschäft für den Ausgleich von $5 \cdot 90,7 \mu\text{sec}$ entsprechend einer Kabelschleifenlänge von 125 km benutzt werden. Diese Ausgleichsmöglichkeit dürfte für die meisten praktisch vorkommenden Fälle genügen.

Zusammenfassung.

Für die Zusammenschaltung und Ueberblendung verschiedener Fernsehsendungen an einer zentralen Sendestelle werden Verschiebungsschaltungen zum Ausgleich der verschieden großen Phasenlaufzeiten benötigt. Zweckmäßig ist die Verwendung einer aus vielen Einzelgliedern zusammengesetzten Drosselkette, insbesondere, wenn man sich auf die zeitliche Verschiebung von Impulsreihen beschränkt. Um die Zahl der Kettenglieder herabzusetzen, wählt man eine verhältnismäßig niedrige Grenzfrequenz. Das durch einen solchen Kettenleiter verschobene, aber gleichzeitig verformte Zeichen wird in einem nachgeschalteten Verstärker umgeformt und dem ursprünglichen Zeichen in seiner Steilheit gleichwertig gemacht. Der Aufbau eines Gerätes zur zeitlichen Verschiebung von Impulsreihen, das einen regelbaren Ausgleich über $90,7 \mu\text{sec}$ entsprechend 25 km Fernseekabel bzw. einer Zeilenbreite bei einem 441-Zeilenbild gestattet, wird beschrieben.

SUMMARY.

Phase Control of Series of Impulses.

For combining in a central station a number of television scenes from remote pick-ups phase equalising networks are required. It is preferable to employ a network including a number of coil sections for retarding the series of impulses, particularly the synchronizing impulses. The upper frequency limit must be chosen as low as possible, for lowering the number of coils. The shape of the impulses is distorted during the retardation and the original shape is reproduced after retardation. A network for obtaining an adjustable impulse retardation of $90.7 \mu\text{sec}$. corresponding to 17 miles of television cable is described.

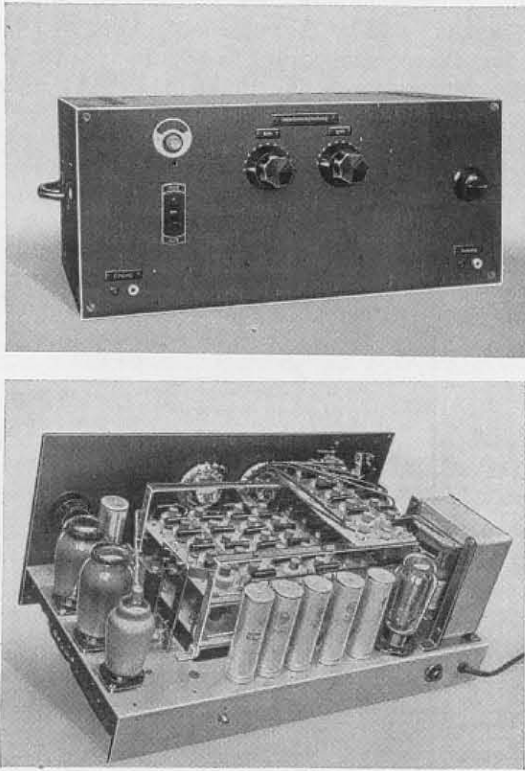


Abb. 5: Impulsverschiebungsgeschäft.

100 Kettenglieder auf einen kleinen Raum zusammenrängen. Der für die gesamte Kette benötigte Raum beträgt $25 \times 16 \times 18$ cm, und das ganze Gerät, einschließlich Netzteil, nimmt einen Raum von $45 \times 25 \times 20$ cm ein.

Das beschriebene Gerät, das an sich für den Ausgleich über 25 km Fernseekabel bestimmt ist, kann praktisch auch für den Ausgleich erheblich größerer Kabellängen benutzt werden. Wenn bei größeren Kabellängen die erste Synchronisierlücke

Ein neuartiges Gerät zur Aufzeichnung von Frequenzkurven.

Von Ernst Legler.

Inhalt: Es wird ein Meßgerät zur Aufzeichnung der Frequenzkurven von Breitbandverstärkern mit einem Gesamtmeßbereich von 0,1—21 MHz beschrieben, bei welchem durch eine neuartige Schaltmaßnahme eine unbedingt starre Verkopplung der Meßfrequenzen mit dem Frequenzmaßstab an der Oszillographenröhre erzwungen wird. Dadurch bleibt die Eichung des Frequenzmaßstabes unter allen Umständen richtig.

Einleitung.

Für die serienmäßige Prüfung des Einheitsfernsehempfängers wurde im vergangenen Jahre ein Gerät entwickelt, welches die Frequenzkurve des UKW-Teiles, ZF- und des NF-Verstärkers unmittelbar auf dem Leuchtschirm einer Braunschen Röhre aufzeichnete¹⁾. Mit Hilfe dieses Gerätes konnten die Frequenzkurven der Empfänger bequem nach einer Musterkurve eingestellt werden, man konnte Bandbreite und Verstärkung aus dem Oszillogramm ablesen und alle Abgleichvorgänge unmittelbar sichtbar machen. Die mit diesem Geräte erzielten guten Ergebnisse führten nun zum Bau eines universelleren Prüfgerätes, das im folgenden ausführlich beschrieben werden soll.

Theoretische Grundlagen.

Bei der punktweisen Messung der Frequenzkurve eines Verstärkers oder Filters wird die Frequenz einer dem Verstärker- oder Filtereingang zugeführten Wechselspannung konstanter Amplitude punktweise geändert und die Spannung am Verstärker- oder Filterausgang gemessen. Geht man von der stufenweisen zur kontinuierlichen Frequenzänderung über und ersetzt den Spannungsmesser am Verstärkerausgang durch das die Ordina-

tenablenkung bewirkende Plattenpaar eines Oszillographen, dessen Abszissenablenkung synchron mit der Frequenzänderung verläuft, so wird die Frequenzkurve durch den Elektronenstrahl auf dem

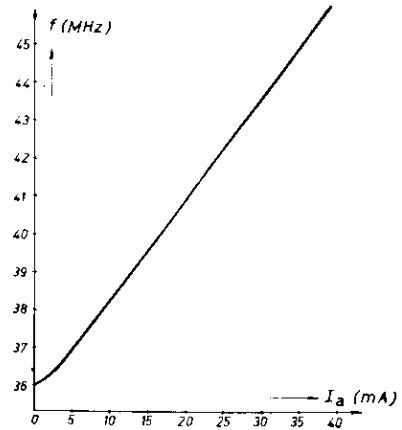


Abb. 2: Abhängigkeit der Frequenz des Meßgenerators von dem Strom durch die Magnetspule.

Leuchtschirm der Oszillographenröhre aufgezeichnet. Um ein flimmerfreies Oszillogramm zu erhalten, ist erforderlich, daß die Abszissenablenkung und die mit ihr synchrone Frequenzänderung im Takte von mindestens 25 Hz erfolgt.

Die periodische Frequenzänderung der Ausgangsspannung des Prüfgerätes erreicht man in einem frequenzmodulierten Sender, dessen Modulationsfrequenz aus dem obenerwähnten Grunde mindestens 25 Hz betragen muß. Der Frequenzhub des Senders entspricht dabei dem Meßbereich des Prüfgerätes. Da die hier interessierenden Meßbereiche mit Rücksicht auf die beim Fernsehen übertragenen breiten Bänder ein großes Frequenzspektrum umfassen, mußte auf die in der Rundfunkindustrie angewandte Methode der Frequenzmodulation mit Hilfe einer dynamischen Schwingkreiskapazität verzichtet werden. Es fand vielmehr ein Verfahren Anwendung, bei welchem die Schwingkreisinduktivität eines Oszillators im Takte der Modulation geändert wird, während die Schwingkreiskapazität konstant bleibt. Zu diesem Zwecke ist die Wicklung der Induktivität auf einem Kern aus HF-Eisen aufgebracht, welcher sich im Luftspalt eines durch

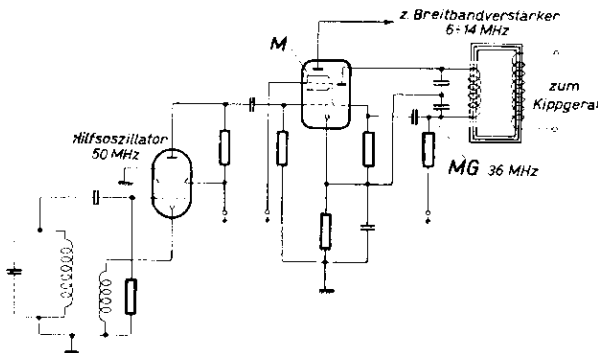


Abb. 1: Schaltung des Meßgenerators mit dem Hilfsoszillator.

¹⁾ Zur gleichen Zeit wurde von der Firma C. Lorenz A.-G. im Auftrage der Deutschen Reichspost ein Prüfgerät zur Messung des Fernseh-Einheitsempfängers entwickelt, welches jedoch schaltungstechnisch in einigen wesentlichen Punkten von dem Gerät der Fernseh G. m. b. H. abweicht (s. TFT Bd. 28, Heft 7, Seite 267).

eine Magnetspule erregten Elektromagneten befindet. (Abb. 1.) Eine Änderung des in der Magnetspule fließenden Stromes hat eine entsprechende Beeinflussung der Vormagnetisierung des HF-Eisenkernes zur Folge, wodurch wiederum die zur Frequenzmodulation erforderliche Änderung der Schwingkreisinduktivität bewirkt wird. Es entspricht also jedem Stromwerte I_a in der Magnetspule eine bestimmte Frequenz f des Oszillators. Den experimentell ermittelten Zusammenhang $f = F(I_a)$ zeigt Abb. 2. Durch günstige Wahl der magnetischen Verhältnisse dieser Anordnung wurde erreicht, daß die Kurve praktisch geradlinig verläuft. Bei Umkehr der Stromänderungsrichtung wird infolge der Hy-

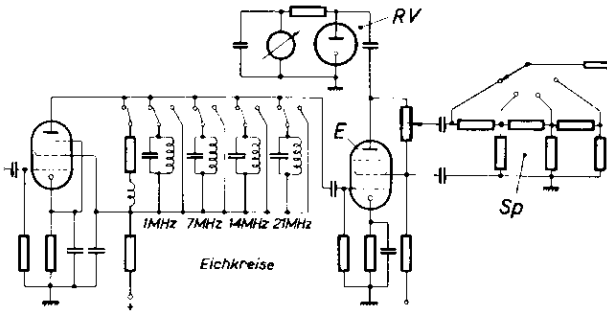


Abb. 3: Eichkreise, Endstufe mit Spannungsteiler und Röhrevoltmeter.

stereose nicht mehr die gleiche Kurve durchlaufen. Es dürfen daher zur Messung beispielsweise nur die während des Stromanstieges erzeugten Frequenzen verwendet werden, während die beim Stromabfall entstehenden durch besondere Maßnahmen unwirksam gemacht werden müssen.

Für ein genaues Arbeiten des Gerätes ist es von größter Wichtigkeit, daß die Frequenzänderung des Oszillators unbedingt gleichlaufend mit der Abszissenablenkung erfolgt. Dieser Gleichlauf mußte bei Geräten ähnlicher Art bisher durch komplizierte Schaltungen erreicht werden. Bei dem zu beschreibenden Gerät wurde durch folgende einfache Schaltmaßnahmen eine unbedingt starre Verkopplung zwischen der Oszillatorfrequenz und dem Frequenzmaßstabe am Braunschen Rohre erzielt. Durch die Verwendung einer magnetischen Ablenkung zum Schreiben der Abszissenachse ist die Möglichkeit gegeben, die Ablenkspulen mit der zur Frequenzmodulation verwendeten Magnetspule in Reihe zu schalten. Da nun einerseits jedem Stromwerte I_a in der Magnetspule immer die gleiche Oszillatorfrequenz entspricht, andererseits aber der gleiche Strom I_a in der Ablenkspule immer dieselbe Auslenkung des Elektronenstrahles zur Folge hat, bleibt der Zusammenhang zwischen Oszillatorfrequenz und Frequenzmaßstab am Braunschen Rohr unter allen Umständen gewahrt. Außerdem ist dadurch für die Linearität des Frequenzmaßstabes ausschließlich der Verlauf der Kurve $f = F(I_a)$ maßgebend, unabhängig von der Kurvenform des die Ablenk- und Magnetspule durchfließenden Stromes. Man könnte also zur Frequenzmodulation und zur

Abszissenablenkung ohne weiteres einen sinusförmigen Strom verwenden. Um jedoch eine gleichmäßige Helligkeit längs der geschriebenen Kurve zu erzielen, muß die Schreibgeschwindigkeit des Elektronenstrahles ungefähr konstant sein, d. h. es erweist sich ein zeitlinearer Verlauf des Stromes in der Ablenkspule als zweckmäßig. Zur Steuerung der Oszillatorfrequenz und zur Zeitablenkung wird daher ein im Takte von 25 Hz kippender Sägezahnstrom verwendet.

Wie bereits erwähnt wurde, ist zur Herstellung eines Meßbereiches für breite Frequenzbänder ein entsprechend großer Frequenzhub Δf des frequenzmodulierten Senders oder „Meßgenerators“ MG erforderlich. Es muß daher bei gegebener Grundfrequenz des Meßgenerators ein möglichst großer Frequenzhub erzielt werden, was einerseits von der Ampèrewindungszahl der Magnetspule, andererseits von den Abmessungen und magnetischen Eigenschaften des HF-Eisenkerns abhängt. Bei normalem Aufwand an Leistung und Schaltmitteln wurde ein maximaler Frequenzhub von ca. 30% der Grundfrequenz des Meßgenerators erreicht. Ist nun der gewünschte Meßbereich so groß, daß der Wert von 30% überschritten werden müßte, so ist es zweckmäßiger, die Meßgeneratorfrequenz höher zu legen und die Meßfrequenzen durch Überlagerung mit einer festen Hilfsoszillatorfrequenz in einer Mischstufe M zu erzeugen. Diese Schaltungsweise hat außerdem den Vorteil, daß durch Anordnung von mehreren, wahlweise einschaltbaren Hilfsoszillatoren beliebig viele, absolut gleich große Meßbereiche hergestellt werden können. Letztere können sich zweckmäßigerweise an ihren Grenzen überlappen.

Allerdings überlagern sich in der Mischstufe außer den Grundwellen beider Oszillatoren auch deren Oberwellen, wodurch wieder Zwischenfrequenzen entstehen können, welche innerhalb des Meßbereiches liegen und die Messung verfälschen.

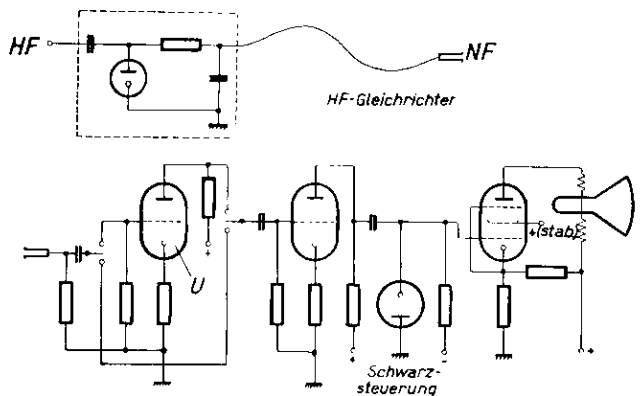


Abb. 4: HF-Gleichrichter und NF-Verstärker mit Schwarzsteuerung.

Diese Möglichkeit läßt sich in vielen Fällen durch richtige Wahl der Meßgenerator- und Hilfsoszillatorfrequenz ausschalten. Wo dies aber nicht möglich ist, muß auf größtmögliche Oberwellenfreiheit der Oszillatoren geachtet werden.

Technische Ausführung.

Das zu beschreibende Prüfgerät soll zur Messung von Niederfrequenz- und Zwischenfrequenzverstärkern bis 21 MHz verwendet werden. Die untere Grenzfrequenz ist bei linearem Frequenzmaßstab am Braunschen Rohr durch die Ablesegenauigkeit bestimmt. Da 100 kHz eine Strecke des Frequenzmaßstabes von 2 mm entspricht, wurde die untere Grenzfrequenz des Prüfgerätes mit 0,1 MHz festgelegt. Der gesamte Bereich von 0,1 MHz bis 21 MHz ist in drei sich an ihren Grenzen überlappende Meßbereiche (0,1—8, 6—14, 13—21 MHz) unterteilt. Die Grundfrequenz des Meßgenerators liegt bei 36 MHz, der Frequenzhub beträgt 8 MHz, also ca. 22% der Senderfrequenz. Zur Frequenzmodulation sind ca. 500 AW in der Magnetspule erforderlich, wobei der maximale Strom 35 mA beträgt. Als Meßgenerator dient der Triodenteil einer Mischröhre ECH 11 in Dreipunktschaltung (Abb. 1). Bei sägezahnförmiger Erregung der Magnetspule durchläuft die Meßgeneratorfrequenz den Bereich von 36—44 MHz. An das Steuergitter des Hexodenteiles der Mischröhre lassen sich wahlweise drei Hilfsoszillatoren mit den festen Ueberlagerungsfrequenzen von 44, 50 und 57 MHz schalten. Als Hilfsoszillatortröhre wird die Pentode RV 12 P 2000 in einer rückwirkungsfreien Schaltung verwendet (Abb. 1). Infolge der Ueberlagerung entstehen nun an der Anode der Mischröhre folgende Zwischenfrequenzbänder: 0—8 MHz, 6—14 MHz, 13—21 MHz.

Da geringe Frequenzschwankungen des Meßgenerators und der Hilfsoszillatoren bereits beträchtliche Abweichungen der Zwischenfrequenzen

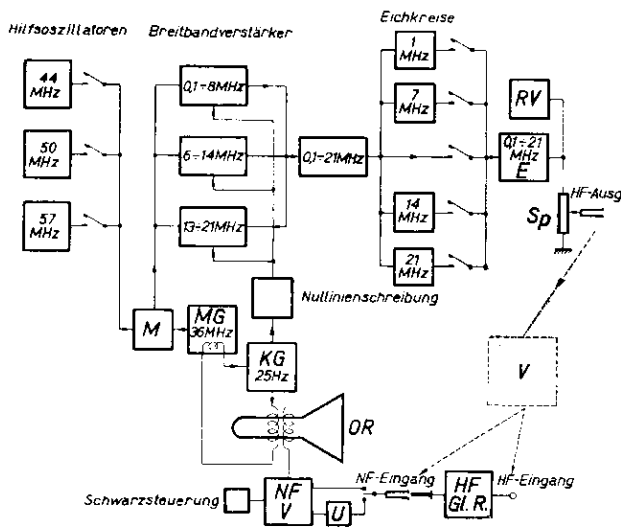


Abb. 5: Prinzipschaltbild des Prüfgerätes.

hervorrufen, muß eine größtmögliche Konstanz dieser Oszillatorfrequenz erstrebt werden. Durch Verwendung von Schwingkreiskondensatoren mit geeignetem Temperaturkoeffizienten und durch stabilen Aufbau der Schwingkreiselemente werden mechanische und Temperatureinflüsse weitestgehend ausgeschaltet. Ändert sich infolge Röhren-

wechsels oder Röhrenalterung die Grundfrequenz des Meßgenerators oder die Hilfsoszillatorfrequenz, so kann man mit Hilfe der im folgenden beschriebenen Eichkreise bequem die Uebereinstimmung der Meßfrequenzen mit dem Frequenzmaßstabe am Braunschen Rohre wieder herstellen. Zu diesem Zwecke sind in dem Anodenkreise einer ZF-Verstärkerröhre 4 wahlweise einschaltbare Parallelresonanzkreise angeordnet, welche auf 1, 7, 14 und 21 MHz abgestimmt sind (Abb. 3). Die Resonanzspitzen dieser „Eichkreise“ werden durch eine horizontale Verschiebung des Oszillogramms mit den betreffenden Marken des Frequenzmaßstabes zur Deckung gebracht, wodurch die Richtigkeit des gesamten Frequenzmaßstabes gewährleistet ist. Diese Korrektur ist jedoch nur bei geradlinigem Verlauf der Kurve $f = F(I_a)$ erlaubt, eine Bedingung, welche im vorliegenden Falle erfüllt ist. Auf Grund dieser Frequenzkontrolle konnte von der Verwendung von quarzgesteuerten Oszillatoren abgesehen werden.

Die in der Mischstufe erzeugten Zwischenfrequenzspannungen werden in drei den Meßbereichen entsprechenden Breitbandverstärkern auf den Wert von ca. 1 Volt eff verstärkt. Die beiden letzten Stufen sind für alle drei Verstärker gemeinsam. Im Anodenkreise der vorletzten Stufe liegen die bereits erwähnten Eichkreise. An der Anode der Endröhre E muß die Meßspannung auf dem Wert von 1 Volt eff konstant gehalten werden. Sie wird hier mit Hilfe eines Röhrenvoltmeters RV gemessen und läßt sich durch einen Verstärkungsregler auf die 1 V-Marke einstellen. Hinter der Endstufe liegt ein Spannungsteiler Sp, der eine Herunterteilung der Ausgangsspannung in 4 Zehnerpotenzen gestattet und ein Stufenschalter, der innerhalb jeder Zehnerpotenz die Unterteilung der Spannung in 10 gleiche Stufen ermöglicht (Abb. 3). Die Ausgangsspannung ist also von 100 μ V—1 V regelbar. Der Spannungsteiler ist für einen Ausgangswiderstand von 40 Ω bemessen und wegen der niedrigen Ausgangsspannung von 100 μ V nach den beim Meßsenderbau angewandten Methoden abgeschirmt. Durch besonders kapazitätsarmen Aufbau ist die Herunterteilung nach Zehnerpotenzen auch für die höchsten Meßfrequenzen gewährleistet.

Der zum Schreiben der Zeitachse und zur Frequenzmodulation des Meßgenerators erforderliche Sägezahnstrom wird von einem Kippgerät KG geliefert. Dieses besteht aus einem Sägezahnerzeuger und einer Endröhre, in deren Anodenkreis die Ablenkspulen für die Abszissenablenkung in Reihe mit der Magnetspule des Meßgenerators liegen. Der Sägezahnerzeuger kippt im Takte von 25 Hz und wird mit der Netzfrequenz synchronisiert.

Die dem zu prüfenden Verstärker oder Filter V zugeführte hochfrequente Spannung wird nun dem Frequenzgange desselben entsprechend moduliert und nach ihrer Gleichrichtung und Niederfrequenzverstärkung zur Ordinatenablenkung des Elektronenstrahles verwendet. Der HF-Gleichrichter (Abb. 4) ist zur Vermeidung längerer Hochfrequenzführender Leitungen und zur bequemen stufenweisen

Messung des Verstärkers nicht in das Gerät eingebaut, sondern er befindet sich in einem zylindrischen Aluminiumgehäuse, welches mittels eines flexiblen Kabels mit dem Eingang des im Gerät eingebauten NF-Verstärkers verbunden ist und wird durch ganz kurze Zuleitungen an die zu messende Stufe angeschlossen. Erfolgt die Gleichrichtung bereits in dem zu messenden Verstärker, so wird dessen Ausgang direkt mit dem Eingang des vor das Oszillographenrohr geschalteten NF-Verstärkers NFV verbunden. (Abb. 4). Letzterer besteht aus zwei Verstärkerstufen und einer Diode zur „Schwarzsteuerung“. Im Anodenkreis der Endröhre liegen die Ablenkspulen für die Ordinatenablenkung. Obwohl hier normalerweise die statische Ablenkung vorgezogen wird, ergaben sich im vorliegenden Falle aus der magnetischen Ablenkung nicht nur keine Nachteile, sondern in mancher Beziehung bedeutende Vorteile. Die Grenzfrequenz des NF-Verstärkers liegt bei 10 kHz, was einer maximalen Flankensteilheit von $\frac{1}{400}$ des Schirmdurchmessers entspricht. Steilere Flanken sind jedoch im Oszillogramm auch aus dem Grunde nicht erkennbar, weil $\frac{1}{400}$ des Schirmdurchmessers bereits dem Auflösungsvermögen des Elektronenstrahles entspricht. Die Vorteile der magnetischen Ablenkung beruhen in der Verwendung kurzer Oszillographenröhren mit einem über den ganzen Schirm geschriebenen Oszillogramm, hoher Ablenkempfindlichkeit bei Einsparung an Niederfrequenzverstärkung, sowie der Verwendung von serienmäßig erzeugten und daher jederzeit auswechselbaren Braunschen Röhren, nämlich der des Fernsehempfängers. Zur Aussteuerung des über eine Fläche von 18×11 cm geschriebenen Oszillogramms ist eine effektive HF-Spannung von ca. 2 Volt am Gleichrichter, bzw. eine impulsförmige NF-Spannung von ca. 1,5 Volt am Eingang des NF-Verstärkers erforderlich.

Da die Niederfrequenzstufe kapazitiv an die Vorstufe angekoppelt ist, wird der Gleichstromwert zweckmäßig mit Hilfe einer Schwarzsteuerung (Abb. 4) nachträglich zugesetzt, um ein Schwanken der Nulllinie der Frequenzkurve zu verhindern. Durch Austastung des Fanggitters je einer Röhre der 3 Breitbandverstärker während des Rücklaufes des Stromsägezahnens wird die Nulllinie der Frequenzkurve vom Elektronenstrahl geschrieben und kann durch die Lagenverschiebung des Oszillogrammes in der Ordinatenrichtung mit der Nulllinie des Spannungsmaßstabes zur Deckung gebracht werden. Zu diesem Zwecke wird die während des Rücklaufes des Stromsägezahnens in der Zeitablenkspule entstehende positive Spannungsspitze in einer Umkehrstufe in einen negativen Wegstimpuls umgewandelt. Eine weitere, vor dem NF-Verstärker schaltbare Umkehrstufe U macht die Schwarzsteuerung von der Polung des im zu prüfenden Verstärker befindlichen Gleichrichters unabhängig.

Um die durch den Anodenruhestrom der Ablenkendstufen hervorgerufene Verschiebung des

Oszillogrammes in horizontaler und vertikaler Richtung zu kompensieren und andererseits die zur Eichung des Frequenz- und Spannungsmaßstabes erforderliche Verschiebung zu ermöglichen, ist für jede der beiden Ablenkrichtungen ein weiteres Spulenpaar vorhanden, welches von einem mittels Potentiometer regelbaren Gleichstrom durchflossen wird. Das komplette Ablenkensystem besteht also aus folgenden 4 konzentrisch zum Halse des Braunschen Rohres angeordneten Spulenpaaren:

von innen nach außen:

vertikale Ablenkung, horizontale Ablenkung, vertikale Verschiebung und horizontale Verschiebung. Um eine genaue Justierung des Ablenkensystems zu ermöglichen, sind die einzelnen Spulenpaare gegeneinander verdrehbar angeordnet.

Zur Erzeugung der Anodenspannungen für die Breitbandverstärker, das Kippgerät und das Braunsche Rohr ist je ein Netzanschlußgerät für 220 Volt / 40—60 per vorgesehen. Alle in die Eichung eingehenden Spannungen einschließlich der Anodenspannung des Braunschen Rohres von ca. 5 kV sind stabilisiert.

Außerer Aufbau.

Das Gerät ist in Form eines fahrbaren Gestelles mit den Maßen Breite 50 cm, Tiefe 45 cm, Höhe 120 cm gebaut und enthält folgende drei einschiebbare Chassis:

Chassis I: Oszillographenröhre mit Ablenkensystem, Hochfrequenzgleichrichter, Niederfrequenzverstärker, Schwarzsteuerung und Impulskehrstufe.

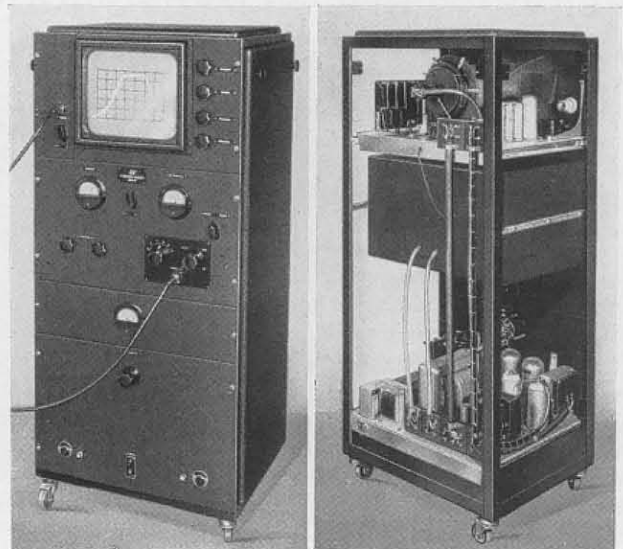


Abb. 6: Vorder- und Rückansicht des Gerätes.

Chassis II: Meßgenerator, 3 Hilfsoszillatoren mit Mischstufe, 3 Breitbandverstärker mit 4 Eichkreisen, Röhrenvoltmeter mit Spannungsteiler und Kippgerät.

Chassis III: 3 Netzanschlußgeräte.

Verwendung.

Das Gerät kann zur Aufzeichnung der Frequenzkurve von Verstärkern oder Filtern verwendet werden, deren Durchlaßbereich zwischen 0,1 MHz und 21 MHz liegt und die eine Verstärkung von mindestens 1:1 besitzen. Es ermöglicht die rasche Auffindung und Beseitigung von Fehlern im Frequenzgang, wie sie z. B. durch Chassiskopplungen hervorgerufen werden können. Bei der Messung von Trägerfrequenzverstärkern mit Gleichrichter und anschließendem Niederfrequenzverstärker kann nach vorhergehender getrennter Messung beider Verstärkerteile zur Kontrolle mit Hilfe eines Modulationsgerätes die Gesamtkurve gemessen werden. Zu diesem Zwecke moduliert man den Träger mit der variablen Meßfrequenz des Prüfgerätes und erhält so die „über alles“ gemessene Niederfrequenzkurve. Bei Abschalten des Trägers erscheint dann am Leuchtschirm die Frequenzkurve des Trägerfrequenzverstärkers.

Zusammenfassung.

Es wird ein neuartiges Meßgerät zur Aufzeichnung der Frequenzkurven von Breitbandverstärkern auf dem Leuchtschirm einer Braunschen Röhre beschrieben. Das Gerät besitzt drei Meßbereiche

(0,1—8 MHz, 6—14 MHz, 13—21 MHz) und eine von $100\mu\text{V}$ —1 V regelbare Ausgangsspannung bei einem Ausgangswiderstand von $40\ \Omega$. Der Hauptvorteil dieses Gerätes gegenüber den bisher üblichen Ausführungen beruht in der unbedingt starren Verkopplung zwischen den Meßfrequenzen und dem Frequenzmaßstab an der Oszillographenröhre und in der dadurch unter allen Umständen gewährleisteten Konstanz der Frequenzzeichnung. Diese wird dadurch erreicht, daß die Spule zur Ablenkung des Elektronenstrahles in der Abszissenrichtung und die Magnetspule zur Aenderung der Frequenz in ein und demselben Anodenkreis der Endstufe des Kippgerätes in Serie geschaltet sind.

SUMMARY.

A new Frequency Curve Indicator.

A new indicator for writing frequency curves of broad band amplifiers upon the screen of a cathode ray tube is described. The indicator has three ranges between 0.1 and 21 Megacycles. The frequency scale of the cathode ray tube is coupled in such a manner with the measuring frequencies that the curve is always drawn true to scale. The deflecting coil for the cathode ray and the coil for changing the frequencies are arranged in series in one and the same anode circuit of the last stage of the saw tooth current generator.

Betrachtungen zur Weiterentwicklung von Fernsehempfängern.

Von Hermann Schuster.

Inhalt: Es werden einige schaltungstechnische Vereinfachungen besprochen, die geeignet erscheinen, die Herstellung von Fernsehempfängern zu verbilligen.

Bei den heute üblichen Fernsehempfängern wird fast ausschließlich eine Ueberlagerungsschaltung verwendet, wie sie prinzipiell in Abb. 1 dargestellt ist. Zwecks Erreichung einer genügenden Empfindlichkeit wird vor der Mischröhre eine Hochfrequenzverstärkerstufe verwendet, deren Bandbreite so groß gewählt ist, daß sowohl das breite Bildfrequenzband als auch das UKW-Tonfrequenzband gleichmäßig verstärkt werden. Die Trennung von Bild- und Tonzwischenfrequenz wird im Anodenkreis der Mischröhre vorgenommen. Als Zwischenfrequenz für den Bildverstärker wird, um genügende Unterdrückung des Spiegelfrequenzbandes zu erreichen (1), meist 8,4 MHz gewählt, wodurch die Tonzwischenfrequenz zwangsläufig bei dem heutigen Abstand von Bild- und Tonsender (2,8 MHz) mit 5,6 MHz gegeben ist. Dem zweistufigen Bildzwischenfrequenzverstärker folgt normalerweise eine Doppelweggleichrichterstufe mit darauffolgendem Niederfrequenzverstärker,

welcher die für die Aussteuerung der Braunschen Röhre nötigen Modulationsspannungen liefert. Die höchste Modulationsfrequenz beträgt zur Zeit etwa 2 MHz. Der Hauptvorteil der Ueberlagerungsschaltung besteht in der geringen Schwingneigung, da die an den Gleichrichter gelangenden relativ hohen Zwischenfrequenzspannungen infolge der Frequenzwandlung nicht auf den Eingangskreis zurückwirken können, und außerdem die praktische Ausführung und Abgleichung der Zwischenfrequenzfilter bei der gewählten Zwischenfrequenz besonders einfach wird.

Zur Abtrennung der Gleichlaufimpulse für Bild und Zeile von den eigentlichen Bildsignalen dient hinter dem Gleichrichter oder Niederfrequenzverstärker ein sogenanntes Amplitudensieb, welches die für die einwandfreie Synchronisierung des Zeilenkippperätes erforderlichen Spannungsimpulse liefert. Meist werden in einer weiteren Röhre durch Verformung des Impulsgemisches die Bildwechsel-

impulse von den Zeilenimpulsen getrennt und dem Bildkippgerät zugeführt. Sowohl für die Horizontal- als auch für die Vertikalablenkung werden fast immer mehr oder weniger komplizierte Zweiröhrenkipperschaltungen verwendet.

Der Tonteil besitzt, abgesehen von der hohen Zwischenfrequenz, denselben Aufbau wie jeder normale Rundfunküberlagerungsempfänger.

Im folgenden soll der Versuch gemacht werden, einen Empfänger mit möglichst geringem Aufwand an Röhren und Schaltmitteln, aber guter Bildqualität und hoher Empfindlichkeit zu entwerfen. Dabei sollen nicht nur heute bereits vorhandene Teile Verwendung finden, sondern auch manche wünschenswert erscheinende Neuentwicklung angeregt und für diesen Entwurf gewissermaßen als bereits vorhanden betrachtet werden. Zu diesem Zweck soll jedes einzelne zum Empfänger gehörende Geräteteil einer eingehenden Betrachtung unterzogen werden.

Der Bildverstärker.

Bei einer normalen Bildverstärkerschaltung (2) kann weder die Hochfrequenz noch eine Zwischenfrequenzverstärkerstufe eingespart werden, ohne eine beträchtliche Einbuße an Empfindlichkeit zu erleiden. Naheliegender ist jedoch der Gedanke, eine Reflexschaltung zu verwenden, also eine Röhre für die Verstärkung zweier verschiedener Frequenzbänder zu benutzen, beispielsweise nach Art der Abb. 2a, bei der die UKW-Verstärkerstufe auch zur Verstärkung der Zwischenfrequenz benutzt wird. Leider bringt eine derartige Schaltung nicht den gewünschten Erfolg, wie aus folgender Ueberlegung hervorgeht. In Abb. 2b sei als Beispiel eine Schaltung der UKW- und ZF-Filter gezeichnet. Um das UKW-Bandfilter II zwischen der Hochfrequenzverstärkerröhre und der Mischröhre überhaupt zur Wirkung kommen zu lassen, muß dem in derselben Anoden-

Selbstinduktion der Spule des ZF-Filters 1 wirkt. Dadurch sinkt nun auch die UKW-Eingangsspannung. Insgesamt erhält man eine so starke Herabsetzung der Gesamtverstärkung, daß die Verwendung einer derartigen Schaltung praktisch nicht in Frage kommt.

Auch aus einem anderen Grunde kann von einer Reflexschaltung kein Gebrauch gemacht werden. Sowohl vor dem Gitter der Eingangsröhre, als auch im Anodenkreis derselben liegen UKW- und ZF-

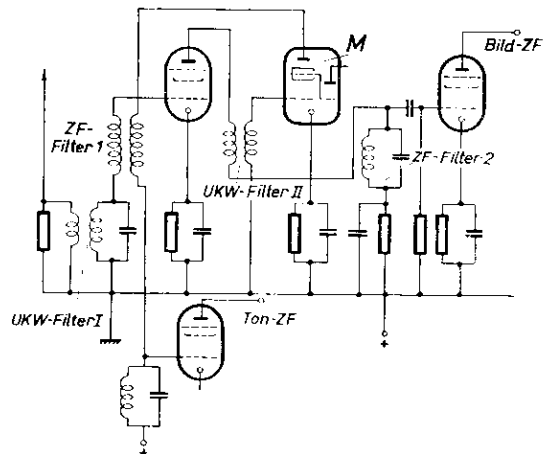
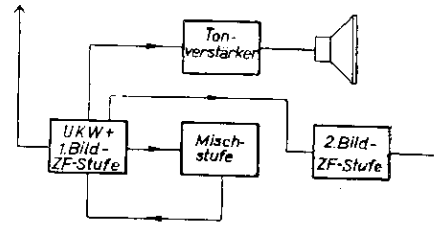


Abb. 2a und b: Reflexschaltung.

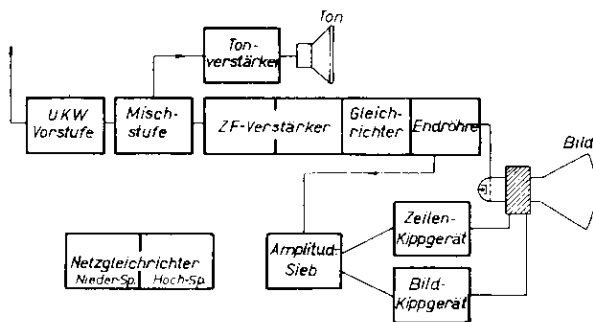


Abb. 1: Prinzip-Schalt-schema eines Fernsehempfängers.

leitung liegenden Zwischenfrequenzfilter 2 eine größere Kapazität parallel geschaltet werden, wodurch dessen Resonanzwiderstand $\frac{L}{RC}$ stark absinkt, und damit auch die Verstärkung für die Zwischenfrequenz. Andererseits muß der UKW-Eingangsspule eine Kapazität parallel geschaltet werden, damit dieser Kreis überhaupt wirksam wird, die UKW-Eingangsspule also nicht nur als Vergrößerung der

Kreis in Serie. Beide Kreise müssen dieselbe Bandbreite übertragen, haben also auch denselben Resonanzwiderstand. Der ZF-Kreis von 8,4 MHz hat bei einer zu übertragenden Bandbreite von 4 MHz ein Dämpfungsdekrement $d = \frac{b}{f} \cdot \pi$, wobei b die Bandbreite und f die Resonanzfrequenz bedeutet, also $d = \frac{4}{8,4} \cdot 3,14 = 1,5$. Das Verhältnis des Resonanzwiderstandes dieses Kreises zu seinem Widerstand bei der UKW-Frequenz 47,8 MHz erhält man auf einfache Weise aus dem Verlauf der Resonanzkurve, deren Gleichung $y = \frac{1}{|4\pi^2 \cdot x^2 + d^2|}$ ist, wobei $x = \frac{f_1 - f_0}{f_0}$ bedeutet. Es ergibt sich $y_0 = \frac{1}{d^2} = 0,67$; $x = \frac{47,8 - 8,4}{8,4} = 4,7$ $y_1 = \frac{1}{|4\pi^2 \cdot 4,7^2 + 2,25|} = 0,034$, folglich $y_0 : y_1 = R_{47,8} : R_{8,4} = 1 : 20$.

Ebenso beträgt der Widerstand eines UKW-Kreises für die ZF- etwa $\frac{1}{20}$ seines Resonanzwiderstandes. Wenn also die UKW-Verstärkung der Hochfrequenzverstärkerröhre mal der direkter UKW-Verstärkung der Mischröhre M mit dem ZF-

Filter 1 als Anodenarbeitswiderstand $\cdot 20$ beträgt, so schwingt der Empfänger bereits auf Kurzwelle. Oder wenn die Zwischenfrequenzverstärkung der Hochfrequenzverstärkerröhre über das UKW-Filter II mal der direkten Zwischenfrequenzverstärkung der Mischröhre mit dem ZF-Filter 1 $\cdot 20$ beträgt, schwingt der Empfänger auf Zwischenfrequenz. Beides ist bei den heutigen modernen Empfängerröhren der Fall. Eine Reflexschaltung wäre also nur dann anwendbar, wenn der relative Abstand der Frequenzbänder bedeutend größer,

mit einer normalen Pentode zu erreichen ist, wäre am Gleichrichter eine Hochfrequenzspannung von ca. 1 V erforderlich. Beträgt die für die Aussteuerung des Empfängers nötige Eingangsspannung nur 200 μ V und nehmen wir an, daß es möglich ist, durch einen Antennentransformator die Eingangsspannung im Verhältnis 1 zu 2,5 hinaufzutransformieren, so wäre die noch nötige Hochfrequenzverstärkung $\frac{1}{200 \cdot 10^{-6} \cdot 2,5}$ 2000fach. Soll diese in zwei Röhrenstufen erfolgen, so müßte eine Röhre etwa 45fach

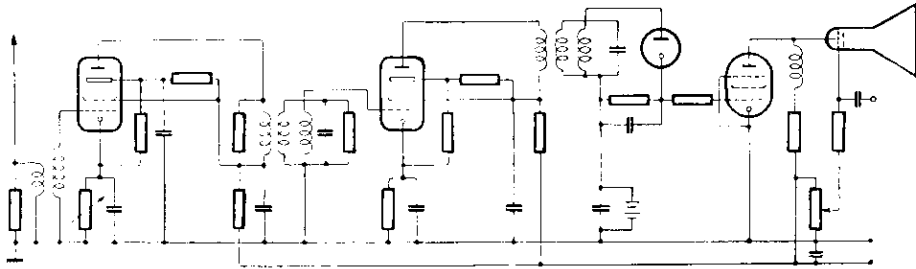


Abb. 3: Geradeaus-Bildempfänger.

oder das zu übertragende Frequenzband bedeutend kleiner wäre.

Aussichtsreicher erscheint dagegen die Verwendung eines Geradeausempfängers, für den allerdings nur Röhren mit sehr großer Steilheit bei kleinen Eingangs- und Ausgangskapazitäten und großen Eingangswiderständen verwendet werden können, vorteilhaft also sogenannte Sekundärelektronenverstärker-Röhren. Eine Prinzip-Schaltkizze ist in Abb. 3 dargestellt. Daß die Ausführung derartiger Schaltungen sehr große Schwierigkeiten bereitet, liegt auf der Hand, da sie sehr starke Schwingneigung infolge leicht eintretender unerwünschter Kopplungen über Chassis oder Heizleitungen aufweisen. Die Abgleichung der Filter eines derartigen Empfängers mit gewöhnlichem Meßsender erfordert viel Mühe und experimentelles Geschick, da jede Aenderung einer unerwünschten Kopplung unter Umständen einen völlig veränderten Frequenzkurvenverlauf ergibt, und aus diesem Grunde ein systematisches Vorgehen kaum möglich ist. Doch ist bei Verwendung eines automatisch registrierenden Frequenzkurvenmeßgerätes*) eine Abgleichung der Filter wesentlich einfacher, da bei jeder Aenderung irgendeiner Kopplung die Frequenzkurvenform sofort auf der Braunschen Röhre zu sehen ist.

Soll der Bau eines Geradeausbildempfängers eine Verbilligung gegenüber einem Bildempfänger mit Ueberlagerungsschaltung bringen, so dürfen für den Empfänger insgesamt maximal vier Röhren verwendet werden, da ein normaler Bildverstärker mit Ueberlagerungsschaltung sechs Röhren benötigt, die beim Geradeausbildempfänger wegfallende Mischröhre jedoch für den Tonempfänger erforderlich ist. Bei einer Wehneltzylinder-Steuerspannung von 30 V und einer 40fachen Niederfrequenzverstärkung, die

verstärken. Da aber infolge der Frequenzabhängigkeit der Röhreneingangsimpedanz die direkte volle Ankopplung der Filter nicht möglich ist (s. Abb. 3), weil die Frequenzkurve sonst bei den hohen Frequenzen zu stark abfallen würde, muß die gesamte Verstärkung am Filter direkt gemessen noch größer sein, etwa 60fach. Unter der Annahme, daß der Resonanzwiderstand des Filters im Anodenkreis einer Röhre 2 k Ω betrage, müßten die Röhren eine Steilheit von $30 \frac{\text{mA}}{\text{V}}$ aufweisen. Die heutigen Sekundärelektronenverstärkerröhren mit nur einem Sekundärelektronengitter haben etwa eine Steilheit von $15 \frac{\text{mA}}{\text{V}}$, doch liegt eine Verdopplung derselben durchaus im Bereich des technisch Möglichen. Die Verwendung von Sekundärelektronenverstärkerröhren mit mehrfachen Aufprallverstärkersystemen dürften aus fabrikatorischen Gründen zur Zeit noch nicht in Frage kommen.

Eine Abstimbarkeit auf verschiedene Eingangsfrequenzen wäre bei einem derartigen Empfänger allerdings unmöglich, doch könnten, da die äußeren Abmessungen eines solchen Empfängers sehr klein sind, die beiden UKW-Verstärkerstufen ähnlich wie die UKW-Vorstufe und Oszillatortspule im Einheitsempfänger E 1, auswechselbar auf einem kleinen getrennten Chassis aufgebaut werden, oder aber die Filter müßten für eine andere Empfangsfrequenz einzeln mit Hilfe einer Spezialsteckfassung auswechselbar sein.

Vorteilhaft wäre bei dieser Art Bildempfänger zweifellos eine Verlegung des zum Bild gehörenden Tonsenders in einen normalen Rundfunkkurzwellenbereich und der Einbau eines gewöhnlichen Rundfunkempfängers mit Kurzwellenbereich in das Fernsehempfängergehäuse.

*) Nach Art des von E. Legler in diesem Heft beschriebenen Gerätes.

Nach Schaffung steilerer Sekundärelektronenverstärkerröhren wäre vermutlich ein Empfänger nach obiger Beschreibung infolge seines geringen Aufwandes einem Empfänger mit Ueberlagerungsschaltung vorzuziehen. Auch würde der Nachteil des Ueberlagerungsempfängers, bei nicht ausreichender Vorselektion Störungen aus dem Spiegelfrequenzband mit aufzunehmen, wegfallen.

Das Amplitudensieb.

Beim Amplitudensieb liegt es nahe, einen Weg zu suchen, der gestattet, die Abtrennung der Gleichlaufimpulse von der Bildmodulation und die Trennung der Bild- und Zeilenimpulse mit nur einer Röhre vorzunehmen. Dieses Problem ist bereits beim Einheitsempfänger E 1 durch Verwendung einer als Audion geschalteten Pentode, in deren Anodenleitung zwei Uebertrager in Serie liegen, gelöst. Der Zeilenimpuls wird dabei durch Differentiation des Austastimpulses erhalten, während man die breiteren Bildwechselimpulse durch einen Integrationsvorgang in Verbindung mit dem Uebertrager mit etwa der doppelten Amplitude der Zeilenimpulse erhält, so daß dadurch eine Abtrennung derselben möglich wird (3). Bei Verwendung derartiger Uebertrager besteht sogar die Möglichkeit, für die Trennung der Bildwechsel- und Zeilenimpulse eine Röhre des ZF- bzw. UKW-Verstärkers mitzubeneutzen. Allerdings ist es erforderlich, die Impulse bereits vorher von den Bildsignalen abzutrennen. Wird im Bildverstärker von der Einweggleichrichterschaltung Gebrauch gemacht, so kann für die Abtrennung der Impulse die zweite Diodenstrecke der Bildgleichrichterröhre verwendet werden. Dies setzt allerdings positives Impulsgemisch und negative Bildsignale und damit auch Kathodensteuerung der Braunschen Röhre voraus, was jedoch nicht nachteilig ist, sondern im Gegenteil sogar gestattet, Bildröhren mit größerer Einsatzspannung, d. h. mit höherer negativer Wehnelt-Zylindervorspannung zu verwenden, die erfahrungsgemäß eine bessere Strahlschärfe aufweisen. Bei Steuerung des Wehnelt-Zylinders wird die höchste Einsatzspannung durch den Spannungsabfall am Anoden-Arbeitswiderstand der Niederfrequenzverstärkerröhre begrenzt, falls nicht ein getrenntes zusätzliches Netzgerät für die Vorspannung und keine Schwarzsteuerung verwendet werden soll.

In Abb. 4 ist als Beispiel eine Schaltung skizziert, bei der, wie oben ausgeführt, Röhren des Bildverstärkers für die Impulsabschneidung und Trennung mit verwendet werden.

Selbstverständlich sind für diesen Zweck noch eine Reihe ähnlicher Schaltungen möglich und evtl. sogar noch vorteilhafter. In Abb. 4 ist der Spannungsverlauf an der Anode der NF-Verstärkerröhre graphisch aufgezeichnet. Die Vorspannung für die zur Impulsabtrennung dienende Diode ist am Potentiometer P so einzustellen, daß nur während der Gleichlaufimpulse ein Strom durch den Widerstand R fließt. Die an R entstehenden Spannungen gelangen über den Kondensator C und den Widerstand R_2 an das Gitter der Verstärkerröhre, in deren Anodenleitung außer dem ZF- oder auch UKW-Kreis die beiden Uebertrager \ddot{U}_1 und \ddot{U}_2 zur Trennung der Zeilen- und Bildwechselimpulse liegen.

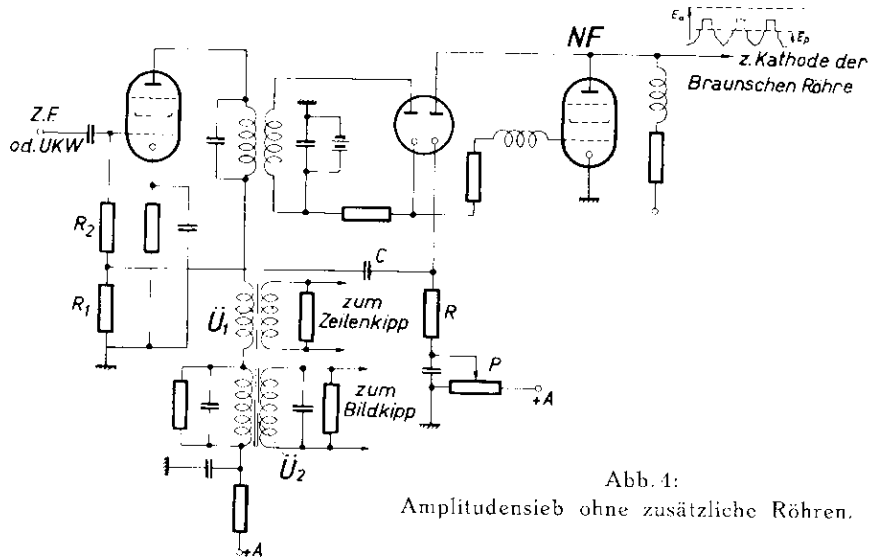


Abb. 4:
Amplitudensieb ohne zusätzliche Röhren.

Die Bildschreibröhre.

Da die Bildschreibröhre einen hohen Prozentsatz des Gesamtpreises eines Fernsehempfängers ausmacht, kommen für billigere Empfänger nur Braunsche Röhren mittlerer Größe für direkte Bildbetrachtung in Frage. Die an die Röhre zu stellenden technischen Anforderungen wären etwa die folgenden: Die Gesamtlänge der Röhre soll klein sein, da sie für die Tiefe des Empfängergehäuses maßgebend ist. Der Schirm soll groß und flach sein, so daß etwa ein Bildformat von 19 mal 23 cm bei nur geringen Verzerrungen durch die Wölbung ausgeleuchtet werden kann. Als sehr geeignet erscheinen die Abmessungen der im Einheitsempfänger E 1 verwendeten Bildschreiberröhre (4).

Lediglich Herabsetzung des Halsdurchmessers wäre wünschenswert, um die Kippleistungen verringern zu können. Ferner sollte die Kathode möglichst kapazitätsarm aufgebaut und auch im Betriebszustand genügend isoliert sein, um Kathodensteuerung zu ermöglichen. Die Strahldivergenz müßte noch etwas verringert werden, und als letzte Forderung wäre evtl. noch der Einbau einer elektrostatischen Linse zu stellen. Durch letztere würde sich die bei magnetischer Konzentrierung des Elek-

tronenstrahls nötige schwere Konzentrierspule erübrigen, und es wäre ein einfacherer mechanischer Aufbau der Ablensysteme und einfachere Justierung derselben möglich, da die Drehung des Elektronenstrahls durch die Fokussierung und somit auch die Schrägstellung der Ablenspulen in Fortfall käme.

Ablenkgeräte.

Für die Rasterbildung kommen bei derartig kurzen Röhren und damit großen Ablenkwinkeln nur magnetische Ablenkgeräte in Betracht, da sich die für ein 441-Zeilenbild erforderliche Strahlschärfe bis in die Rasterecken leichter bei magnetischer als bei elektrostatischer Strahlablenkung erreichen läßt. Außerdem würde durch den Einbau und die saubere Justierung der Ablenkplatten in die Bildschreibröhre die Herstellung derselben teurer werden. Für die Vertikalablenkung dürfte ein Kippgerät mit Jochtransformator, ähnlich wie bereits mit Erfolg beim DE 7 (1938) (5) und beim E 1 (1939) verwendet, geeignet sein. Die Kippleistung müßte jedoch durch Verwendung einer Bildschreibröhre mit kleinerem Halsdurchmesser verringert werden, so daß die Verwendung einer normalen Pentode als Kipp- röhre möglich wäre. Für die Zeilenablenkung wäre ein Transformatorkippperät wie im DE 7 und E 1 vorzuschlagen. Als Kipp- röhre dürfte eine Neuentwicklung sehr von Vorteil sein, und zwar eine relativ kleine Triode mit eingebautem Hilfsgitter für die Synchronisierung sowie die Verwendung einer Linearisierungsdiode, die eine Entlastung des Gitters der Kipp- röhre und weitgehende Energierückgewinnung bewirkt. Die Verwendung eines Trafo-Zeilenkippperäts ergibt außerdem den Vorteil, daß mit demselben gleichzeitig die Hochspannung erzeugt werden kann. Vorteilhaft wäre die Erzeugung derselben in zwei Stufen wie beim DE 8 R. (6)

Als Siebkondensator für die Hochspannung könnten dabei der Innenbelag und die geerdete Außenmetallisierung der Braunschen Röhre dienen, so daß ein getrennter Hochspannungskondensator wegfallen könnte.

Eingebauter Rundfunkteil.

Da mit einem verhältnismäßig geringen Mehraufwand außer dem UKW-Ton auch der Kurz-, Mittel- und Langwellenbereich empfangen werden könnte, empfiehlt es sich, den Fernsehempfänger durch Einbau des gesamten Rundfunkbereichs zu einem Universalempfangsgerät zu ergänzen.

Beim Ueberlagerungs-Bild- und Tonempfänger können die für den Bildtonteil verwendeten Empfängerröhren auch für den übrigen Rundfunkbereich mitverwendet werden, so daß nur zusätzlich Spulen, ein Drehkondensator und einige Schaltteile benötigt werden.

Als Röhrenbestückung für den Tonteil könnten etwa folgende vorgeschlagen werden: Die bereits im Bildteil verwendete ECH 11, ferner eine EBF 11

und eine ECL 11. Mit dieser Röhrenbestückung können zwei ZF-Band-Filter, also vier ZF-Kreise untergebracht werden, so daß ohne weiteres genügende Trennschärfe erreicht wird und außerdem ermöglicht die zweistufige Niederfrequenzverstärkung der ECL 11 die Anwendung einer Gegenkopplung zum Zwecke besserer Klangqualität. Da für den Bildton eine Zwischenfrequenz von 5,6 MHz verwendet wird, für den sonstigen Rundfunkempfang jedoch die normale Zwischenfrequenz von etwa 468 Khz am vorteilhaftesten ist, müssen die ZF-Filter umschaltbar sein, was jeweils mit nur einem Schaltkontakt ausgeführt werden könnte. Auf die am Eingang der Mischröhre bzw. am Oszillator nötigen Schaltanordnungen für die Umschaltungen auf die verschiedenen Empfangsbereiche näher einzugehen, erübrigt sich, da dies bereits beim DE 7 R (1938), sowie beim DE 8 R und HPE 5 R (1939) zufriedenstellend gelöst ist.

Das Netzanschlußgerät.

Zweifellos ist wie üblich eine Aufteilung des Netzanschlußgeräts in zwei kleinere als sehr vorteilhaft zu bezeichnen, und zwar eines lediglich für den Tonempfänger, das andere für alle weiteren für den Bildempfang erforderlichen Geräteteile. Zu bemerken ist noch, daß die Gesamtleistungsaufnahme des Gerätes infolge der beschriebenen Einsparungen an Röhren, Konzentrierspule, durch die Verwendung kleinerer Röhren für die Kippgeräte usw. merklich geringer sein dürfte, als bei den bisherigen Geräten.

Zusammenfassung.

Es werden verschiedene Vereinfachungsmöglichkeiten beim Bau eines Fernsehempfängers mit eingebautem Rundfunkteil besprochen. Auf die Verwendungsmöglichkeit folgender zwei Schaltungen wird besonders hingewiesen:

1. Geradeausbildempfänger mit Sekundärelektronenverstärkerröhren und einem in den Rundfunkkurzwellenbereich verlegten Bildtonsender.

2. Bildempfänger mit Ueberlagerungsschaltung und Mitbenutzung der für den Bildtonverstärker verwendeten Röhren auch für den Rundfunkempfang, mit umschaltbaren Tonzwischenfrequenzfiltern und Eingangs- und Oszillatorkreisen.

Schrifttum.

- (1) F. Rudert, Fernsehen 1939, 33.
- (2) R. Andrieu und F. Rudert, Telegr.- u. Fernspr.-Techn. 28, 1939, 249 und Abb. 1.
- (3) desgl. (2), S. 254.
- (4) H. Knoblauch und E. Schwartz, Telegr.- u. Fernspr.-Techn. 28, 1939, 264.
- (5) Th. Mulert und H. Bähring, Fernseh Hausmitt. 1, 1939, 82.
- (6) Th. Mulert und F. Rudert, Fernseh Hausmitt. 2, 1940.

SUMMARY.

Recent Advances in Television Receivers.

A number of technical details of a television receiver including a sound broadcast receiver is described. The use of the following arrangements is discussed:

1. A straight video receiver with secondary emission tubes and an audio receiver operating in the short wave broadcast range.
2. A superheterodyne video receiver utilising the television audio tubes also for sound broadcast reception and including a selector switch for intermediate frequency filters and oscillator circuits.

Über Abbildungseigenschaften einfacher Magnetlinsen und die Messung ihrer Felder mit der Fluxmetermethode.

Von Curt Hagen (Hamburg).

Inhalt: Es wird versucht, die bekannten Abbildungsgesetze der Magnetspulen mit Hilfe vereinfachter Ansätze darzustellen.

Weiterhin wird die Messung der Kraftflußdichte von Magnetfeldern durch Anwendung einer Additionsmethode der Induktionsstöße (Fluxmeter) beschrieben und eine hiernach ausgeführte praktische Messung angefügt.

Die exakte Berechnung der Elektronenbahnen im magnetischen Felde einer Zylinderspule und damit die Darstellung ihrer abbildenden Eigenschaften ist in einer Reihe von Veröffentlichungen durchgeführt worden, deren Grundzüge auf die Arbeiten von H. Busch *) zurückzuführen sind. Im Nachstehenden soll der Versuch gemacht werden, einige besondere Punkte der allgemeinen Theorie der Magnetlinsen herauszugreifen, um das Zustandekommen der Abbildung und die Grenzen des Gültigkeitsbereiches der Formeln mit Hilfe einfacher Betrachtungen darzulegen.

Lange Magnetspule.

Wie bei den optischen Linsen treten bei den rotationssymmetrischen magnetischen Feldern unter gewissen Einschränkungen Abbildungsfähigkeiten im Verhältnis $n : 1$, $1 : 1$ oder $1 : n$ auf. Für die Linsen der Elektronenmikroskope ist nur ein Abbildungsverhältnis $1 : n$ brauchbar; bei den Kathodenstrahlröhren im Fernsehbetrieb ist zur Erzielung größter Schärfe des Leuchtfleckes eine Abbildung $1 : 1$, unter Umständen auch $n : 1$ anzustreben.

Für eine Zylinderspule, die den Raum zwischen Elektronenquelle und Bildebene, also zwischen Kathode und Leuchtschirm überdeckt („lange Magnetlinse“), ist nur ein Abbildungsverhältnis $1 : 1$ zu erzielen, wie folgende Ueberlegung zeigt.

Ein Elektron (Masse m , Ladung e) trete im Punkte G (Abb. 1) im Abstand a von der Achse mit der Geschwindigkeit v in das homogene Axialfeld B

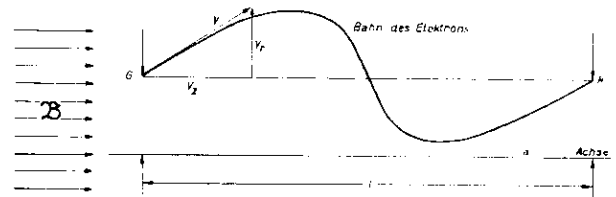


Abb. 1:
Wendelförmige Bahn des Elektrons im Magnetfeld.

in ein langgestrecktes Spule ein. Der Neigungswinkel von v gegen die Achsenrichtung sei η . Infolge der Radialkomponenten $v_r = v \sin \eta$ wirkt in jedem Zeitpunkt eine Kraft auf das Elektron, die senkrecht zu B und v_r steht. Auf eine zur Achse senkrecht stehende Abbildungsebene projiziert beschreibt das Elektron eine Kreisbahn, deren Radius ρ sich aus dem Ansatz

$$m \frac{(v \sin \eta)^2}{\rho} = B e v \sin \eta \cdot 10^{-7} \quad (1)$$

zu

$$\rho = \frac{m v \sin \eta}{B e \cdot 10^{-7}} \quad (1a)$$

berechnet.

Eine geschlossene Kreisbahn wird in der Zeit

$$t = \frac{2\pi\rho}{v \sin \eta} = \frac{2\pi m}{B e \cdot 10^{-7}} \quad (2)$$

zurückgelegt. Nach dieser Zeit hat das Elektron den Ausgangspunkt wieder erreicht. Da es nun außerdem noch gleichzeitig unbeeinflusst mit der Geschwindigkeit $v_z = v \cos \eta$ in der Achsenrichtung vorwärtsbewegt wird, so verläuft seine wirkliche Bahn wendelförmig bis nach dem Punkte R .

*) H. Busch, Ann. d. Physik 81, 974, 1926.
Arch. f. Elektrot. 18, 583, 1927.

Der axiale Abstand $G R$ ist

$$l = l v \cos \varphi = \frac{2\pi m v \cos \varphi}{B e 10^7} \quad (3)$$

Betrachtet man ein Elektronenbündel, welches eine geringe Strahldivergenz gegen die Achsenrichtung aufweist, so kann in Gl. (3) in erster Annäherung $\cos \varphi = 1$ gesetzt werden, also

$$l = \frac{2\pi m v}{B e 10^7} \quad (3a)$$

Das ist aber ein konstanter Wert. Unter den gemachten Voraussetzungen werden somit alle von dem Elektronen emittierenden Punkte G ausgehenden Bahnen wieder im „Bildpunkte“ R in der konstanten Entfernung l vereinigt. Weiterhin ist der senkrechte Abstand a von der Achse für beide Punkte G und R gleich groß. Damit ist nachgewiesen, daß das Magnetfeld der langen Magnetlinse die Abbildungseigenschaft 1 : 1 besitzt.

Kurze Magnetspule.

Es sei ein — praktisch nicht zu verwirklichen- des — achsenparalleles Magnetfeld angenommen, welches zwischen zwei senkrecht zur Achse nahe beieinanderliegend gedachten Begrenzungsflächen verlaufen möge. Ein solches Magnetfeld besitzt ebenfalls nur eine Abbildungseigenschaft 1 : 1, wie die nachstehende Ueberlegung zeigt.

Ein schräg zur Achse in das Magnetfeld einfliegendes Elektron erfährt im Parallelfeld, analog zu den obigen Ausführungen, ebenfalls eine stets senkrecht zu seiner jeweiligen Bahn wirkende Kraft. Die Projektion auf eine zur Achse senkrecht stehende Ebene würde für den im magnetischen Felde verlaufenden Teil der Bahn ein Kreisbogen sein, dessen Radius sich nach Gl. (1a) zu

$$r = \frac{m v_r}{B e 10^7}$$

ergibt. Bezeichnet man die Winkelgeschwindigkeit des Elektrons auf der Kreisbahn mit ω , so folgt

$$v_r = \omega r$$

In obige Gleichung eingesetzt, ergibt

$$\omega = \frac{e}{m} B \cdot 10^7 \quad (4)$$

Der von der Kreisbahn umschlossene Zentriwinkel ist somit (Abb. 2)

$$\alpha = \omega t = \frac{e}{m} B t \cdot 10^7 \quad (5)$$

t ist die Durchflugzeit des Elektrons durch den Wirkungsbereich des Magnetfeldes. Diese Zeit ist aber für alle von einem gemeinsamen Ursprungsort ausgehenden Elektronen, deren Bahnen untereinander nur geringfügige Abweichungen aufweisen, als annähernd konstant einzusetzen.

Durch geeignete Bemessung der Kraftflußdichte B kann erreicht werden, daß die Bahntangente beim Austritt des Elektrons aus dem Feldbereich (bei P_2 in Abbildung 2) auf die Achse gerichtet ist. Da nun nach Gl. (1a) der Radius r dieser Elektronenbahnen proportional v_r und gleichzeitig der Zentriwinkel α nach Gl. (5) konstant ist, so vereinigen sich alle von

einem Gegenstandspunkt G ausgehenden Elektronen in einem gemeinsamen Bildpunkt R , der den gleichen senkrechten Abstand von der Achse besitzt als der Punkt G . Die Radialgeschwindigkeit v_r vor dem Eintritt in das Feld hat die gleiche absolute Größe wie nach dem Verlassen des Feldes; ebenfalls bleibt auch v_z unverändert. Daraus folgt, daß die Abstände der Punkte G bzw. R — von der Linsenmitte aus gerechnet — einander gleich sind, was einem Abbildungsverhältnis 1 : 1 entspricht, genau so, wie es bei der langen Magnetspule der Fall ist.

In Wirklichkeit hat aber das Feld einer kurzen Magnetspule einen gekrümmten Kraftlinienverlauf, d. h., es tritt neben der Axialkomponenten B_z auch die Radialkomponente B_r auf. Die B_r -Komponente ist wesentlich für die Entstehung des Abbildungsverhältnisses 1 : n , bzw. n : 1. Das sei durch die folgende Ableitung des allgemeinen Linsengesetzes in der vereinfachten Form nach K. Brüning**) gezeigt.

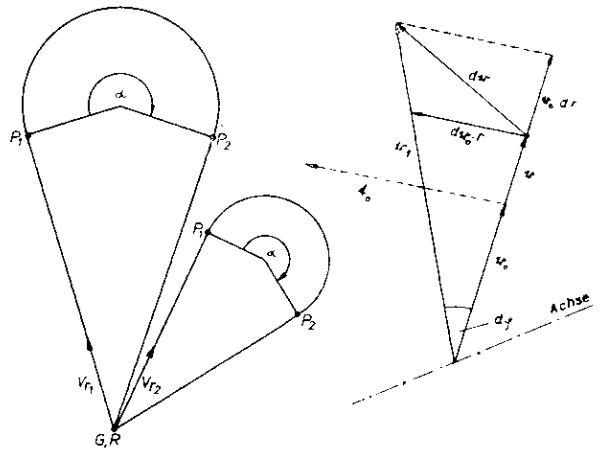


Abb. 2: Elektronenbahn im kurzen Magnetfelde (Projektion auf eine Ebene senkrecht zur Feldachse).
Abb. 3: Vektorielle Zerlegung des Wegdifferentials.

Linsenformel für die kurze Magnetspule.

Wegen der Rotationssymmetrie des Spulenfeldes ist es zweckmäßig, alle auf das Elektron einwirkenden Kräfte auf ein Zylinderkoordinatensystem zu beziehen (Abb. 3).

Die Verbindungsgerade vom jeweiligen Ort des Elektrons nach der Spulenachse sei der Radiusvektor $r = r_0 r$. Bezogen auf eine Projektionsebene senkrecht zur Achse erfährt das Elektron eine Kraft, deren Komponenten sowohl in Richtung von r (r_0), als auch senkrecht dazu (t_0) stehen. Hinzu kommt noch die Komponente in der Achsenrichtung (z_0).

Die Gesamtkraft ist somit

$$\begin{aligned} \mathcal{K} = & m b_0 r_0 m (\ddot{r} - \dot{\varphi}^2 r) \\ & + t_0 m (\ddot{\varphi} r + 2 \dot{\varphi} \dot{r}) \\ & + z_0 m \ddot{z} \end{aligned} \quad (6)$$

**) Nach einer mündl. Mitteilung.

Der allgemeine Ausdruck für die Kraft auf ein mit der Geschwindigkeit v fliegendes Elektron im Magnetfeld von der Kraftflußdichte B ist

$$\mathfrak{K} = m \dot{b} = e [v B] \quad (\text{Großdynamik})$$

Für die Komponenten der Gl. (6) gilt somit

$$\begin{aligned} m (\ddot{r} - r \dot{\varphi}^2) &= e (v_{\varphi} B_z - v_z B_{\varphi}) \\ m (\ddot{\varphi} r + 2 \dot{\varphi} \dot{r}) &= e (v_z B_r - v_r B_z) \\ m \ddot{z} &= e (v_r B_{\varphi} - v_{\varphi} B_r) \end{aligned} \quad (7)$$

Beim rotations-symmetrischen Feld tritt keine B_{φ} -Komponente auf: $B_{\varphi} = 0$.

Die zweite Gleichung von (7) läßt sich zwecks leichter Integration noch etwas umformen. Rein formal gilt

$$\frac{d}{dt} (r^2 \dot{\varphi}) = r (2 \dot{\varphi} \dot{r} + \ddot{\varphi} r);$$

dann ist

$$m \frac{d}{dt} (r^2 \dot{\varphi}) = r e (v_z B_r - v_r B_z).$$

Damit nehmen die Gleichungen (7) folgende Gestalt an

$$\begin{aligned} m (\ddot{r} - r \dot{\varphi}^2) &= e v_{\varphi} B_z \\ m \frac{d}{dt} (r^2 \dot{\varphi}) &= r e (v_z B_r - v_r B_z) \\ m \ddot{z} &= e v_{\varphi} B_r \end{aligned} \quad (7a)$$

Die dritte Gleichung von (7a) gelangt nicht weiter zur Anwendung. Die zweite Gleichung läßt sich noch weiter umformen, indem man statt B_r eine Funktion von r und B_z einführt. Hierzu sei eine der Grundgleichungen des Magnetfeldes benutzt:

$$\text{div } \mathfrak{B} = \lim_{\Delta v} \left(\int_{\Delta v} \mathfrak{B} \, d\mathfrak{v} \right) = 0$$

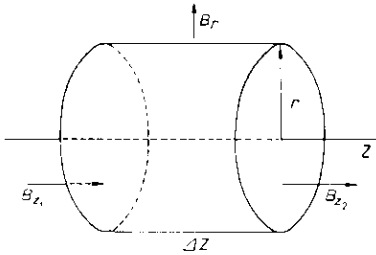


Abb. 4: Zur Ableitung der Divergenzbeziehung.

Nach Abb. 4 folgt für $\mathfrak{B} \int \Delta \mathfrak{v}$:

$$2 \pi r \Delta z B_r - r^2 \pi \dot{B}_z = r^2 \pi \dot{B}_z$$

wobei vorausgesetzt sei, daß $B_{z_1} = B_{z_2}$.

Da $\mathfrak{B} \int \Delta \mathfrak{v} = 0$, folgt

$$2 \pi r B_r - r^2 \pi \frac{dB_z}{dz} = 0$$

und daraus für den Grenzübergang

$$B_r = \frac{r}{2} \frac{dB_z}{dz} \quad (8)$$

Bei Einsetzen dieser Beziehung folgt

$$\begin{aligned} m \frac{d}{dt} (r^2 \dot{\varphi}) &= e r \left(\frac{r}{2} \frac{dz}{dt} \frac{dB_z}{dz} - \frac{dr}{dt} B_z \right) \\ &= e \left(\frac{r^2}{2} \frac{dB_z}{dz} - \frac{dz}{dt} B_z + r \frac{dr}{dt} B_z \right) \end{aligned} \quad (9)$$

Unter Beachtung, daß $B_z = f(r, z)$ ist, kann gesetzt werden

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{r^2}{2} B_z \right) = B_z r \dot{r} + \frac{r^2}{2} \frac{dB_z}{dr} \dot{r} + \frac{r^2}{2} \frac{dB_z}{dz} \dot{z}$$

In Gl. (9) traten das erste und letzte Glied der rechten Seite dieser Gleichung schon einmal auf.

Gl. (9) kann daher umgewandelt werden in

$$m \frac{d}{dt} (r^2 \dot{\varphi}) = e \frac{d}{dt} \left(\frac{r^2}{2} B_z \right) + e \frac{r^2}{2} \frac{dB_z}{dr} \dot{r} \quad (9a)$$

Das letzte Glied dieser Gleichung ist zu vernachlässigen, da sowohl die Feldänderung von B_z in radialer Richtung als auch die Radialgeschwindigkeit der Elektronen sehr gering ist. Es verbleibt deshalb der Ansatz

$$m \frac{d}{dt} (r^2 \dot{\varphi}) = e \frac{d}{dt} \left(\frac{r^2}{2} B_z \right) \quad (9b)$$

Integration von (9b):

$$r^2 \dot{\varphi} = \frac{e}{2m} r^2 B_z + c \quad (10)$$

Die Konstante c ist Null; daher

$$\dot{\varphi} = \frac{e}{2m} B_z \quad (10a)$$

Dieses in (7a) eingesetzt:

$$\begin{aligned} m \left[\ddot{r} - r \left(\frac{e}{2m} B_z \right)^2 \right] &= e v_{\varphi} B_z \\ v_{\varphi} r \dot{\varphi} &= \frac{e}{2m} r B_z \quad (\text{nach Gl. 10}), \end{aligned}$$

daher

$$\begin{aligned} \ddot{r} - r \left(\frac{e}{2m} B_z \right)^2 &= \frac{e}{m} \cdot \frac{e}{2m} r B_z^2 \\ \ddot{r} &= \frac{1}{4} \left(\frac{e}{m} \right)^2 r B_z^2 \end{aligned} \quad (11)$$

Der wirksame Feldbereich sei sehr schmal angenommen; die mittlere Entfernung der Elektronen von der Achse in diesem Bereich soll zu $r = r_0$ angesetzt werden.

Nun ist

$$\ddot{r} = \frac{d}{dt} \left(\frac{dr}{dt} \right) = \frac{d}{dz} \left(v_z \cdot \frac{dr}{dz} \right) v_z$$

Gl. (11) wird damit zu

$$v_z \frac{d}{dz} \left(v_z \frac{dr}{dz} \right) = \frac{1}{4} \left(\frac{e}{m} \right)^2 r_0 B_z^2 \quad (12)$$

oder

$$d \left(v_z \cdot \frac{dr}{dz} \right) = \frac{r_0}{v_z} \left(\frac{e}{m} \right)^2 B_z^2 dz$$

Die Integration liefert

$$\left. \frac{dr}{dz} \right|_1^2 = - \frac{r_0}{v_z^2} \cdot \frac{(e/m)^2}{4} \int_1^2 B_z^2 dz \quad (13)$$

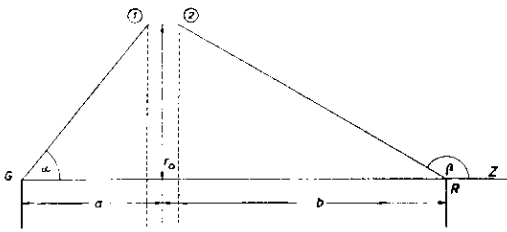


Abb. 5: Schematischer Verlauf der Elektronenbahn (kurze Magnetlinse).

Die Integrationsgrenzen 1, 2 sollen diejenigen gedachten Randflächen des Magnetfeldes markieren, innerhalb deren die Hauptintensität liegt. Demzufolge soll angenommen werden, daß die Elektronenbahn (vgl. Abb. 5) vom Ausgangspunkt A bis 1 und vom Austritt aus dem Hauptfelde 2 bis nach dem Bildpunkt R geradlinig verläuft. Aus der gleichen Abbildung ersieht man, daß

$$\left. \frac{dr}{dz} \right|_2 = \operatorname{tg} \beta = \frac{r_0}{b}$$

und

$$\left. \frac{dr}{dz} \right|_1 = \operatorname{tg} \alpha = \frac{r_0}{a} \text{ ist.}$$

$$\left. \frac{dr}{dz} \right|_2 = \left. \frac{dr}{dz} \right|_1 = \frac{r_0}{b} = \frac{r_0}{a} = \frac{r_0 (e^2 m^2)^{1/2}}{v_z^2} \int_1^2 B_z^2 dz \quad (13a)$$

Die Axialgeschwindigkeit v_z ist unter der schon vorgehend gemachten Annahme geringer Abweichung der Elektronenbahnen gegen die Achsenrichtung nahezu gleich der absoluten Elektronengeschwindigkeit v zu setzen. Ist U die Beschleunigungsspannung der Elektronen (in Volt), so gilt

$$v_z \approx v = |2 \cdot 10^7 e m U| \text{ cm/sec}$$

In Gl. (13a) eingesetzt

$$\frac{1}{a} = \frac{1}{b} = \frac{e m}{8 \cdot 10^7 U} \int_1^2 B_z^2 dz \quad (14)$$

Die rechte Seite dieser Gleichung ergibt einen konstanten Wert; er sei $-\frac{1}{f}$ gesetzt. Aus (14) folgt dann die bekannte Linsenformel

$$\frac{1}{a} = \frac{1}{b} = \frac{1}{f}$$

Die „Brennweite“ der kurzen Magnetlinse ist hiernach

$$f = \frac{8 \cdot 10^7 U}{e m \int_1^2 B_z^2 dz}$$

Für die Berechnung von f ist somit nur die Kenntnis des Verlaufes der Kraftflußdichte längs der Linsenachse (B_z) notwendig.

Der Gültigkeitsbereich des Linsengesetzes hängt davon ab, in welchem Maße die bei der Herleitung gemachten Annahmen erfüllt sind. Die wesentlichen Forderungen waren:

1. Geringe Ausdehnung des Feldes in axialer Richtung.
2. Möglichst konstanter Abstand der Elektronenbahn von der Achse im Bereich des Feldes.
3. Axialgeschwindigkeit v_z nahezu gleich der Bahngeschwindigkeit v .
4. Lineare Aenderung von B_r mit Achsenabstand r .

Die Forderung 1 kann am besten durch geeignet gestaltete Eisenpolschuhe verwirklicht werden. Mit der Erzeugung eines kurzen Feldes kommt man gleichzeitig der Forderung 2 entgegen. Die Punkte 3 und 4 sind nur in einem verhältnismäßig engen paraxialen Raum erfüllbar. Damit erweist sich die Abbildungsgüte von einfachen Magnetlinsen als recht begrenzt und den optischen Linsen unterlegen, weil Elektronenbahnen im Bereiche größerer Öffnungswinkel nicht mehr zu einer scharf begrenzten Abbildung gelangen.

Einfluß der Radialkomponenten.

Das abgeleitete Linsengesetz ergibt formal, daß mit Hilfe einer kurzen Magnetlinse alle Abbildungsverhältnisse zu erzielen sind. Das Vorhandensein einer radialgerichteten Feldkomponente B_r ist hier wesentlich.

Eine von H. G. Möller angestellte Ueberlegung möge dies noch anschaulicher zeigen.

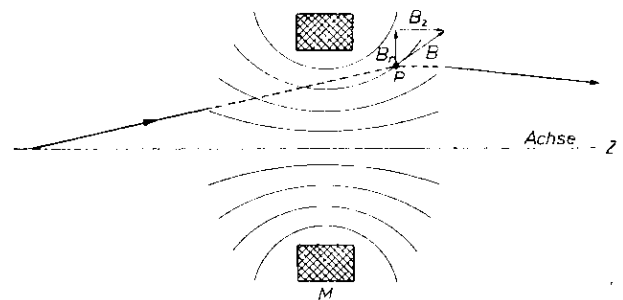


Abb. 6: Komponenten der Kraftflußdichte.

In Abb. 6 ist das gekrümmte Feld einer kurzen Luftspule gezeichnet. Ein Elektron sei auf seiner Bahn bis nach dem Punkte P gelangt. Das Magnetfeld B ist dann in diesem Punkte in die Komponenten B_z und B_r zu zerlegen.

In einer Projektionsebene senkrecht zur Spulenachse (vgl. Abb. 7) tritt dann im Punkte P eine Kraft K auf, die aus dem Produkte $B_r v_z$ resultiert. Die Tangentialkomponente dieser Kraft (K_t) wirkt nun der Bewegung des Elektrons auf dem Kreisbogen entgegen, d. h. die ursprüngliche Geschwindigkeit senkrecht zur Achse v_{r_1} , mit der das Elektron in den Hauptwirkungsbereich des Feldes eingetreten ist, wird vermindert auf v_{r_2} . Die Normalkomponente K_n bewirkt außerdem eine stärkere

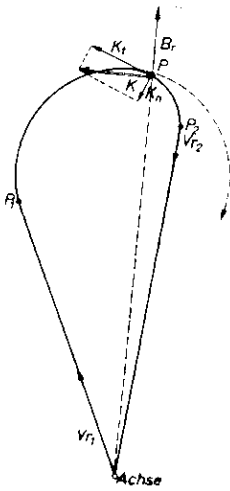


Abb. 7:

Einfluß der B_r -Komponente auf die Elektronenbewegung.

Einkrümmung der Bahn. Beim Austritt des Elektrons aus dem Magnetfeld ist somit seine Geschwindigkeitskomponente in Richtung auf die Achse kleiner geworden, während die v_x -Komponente nahezu gleichgroß geblieben ist.

Das bedeutet aber, daß der Schnittpunkt der Elektronenbahn mit der Achse, also der „Bildpunkt“, weiter von der Feldmitte entfernt liegt als der Ausgangsort („Gegenstandspunkt“) des Elektrons. Die größere Bildweite bedingt nach den Linsengesetzen ein entsprechend größeres Bild und damit ein Abbildungsverhältnis $1 : n$. Für die verkleinerte Abbildung $n : 1$ gelten ähnliche Betrachtungen.

Methoden für die Feldmessung.

Vorversuche zur Ermittlung der Gestalt der Felder besonderer Arten von kurzen Magnetlinsen sind in der Fernseh G. m. b. H. von E. Schwartz ausgeführt worden. Für die Intensitätsmessung wurde in das Feld der mit Wechselstrom beschickten Spule eine Sondenwindung eingeführt, deren induzierte Spannungen durch eine Verstärkeranordnung auf eine Kathodenstrahlröhre als Anzeigegerät gegeben wurden. Diese Methode hat den Vorzug einer kontinuierlichen Aufzeichnung der Feldwerte beim Durchwandern des Spulenraumes; gewisse Abweichungen können jedoch bei Eisenmantelspulen wegen der Hysterese hineinkommen.

Unter Verwendung eines stark gedämpften Spiegelgalvanometers kann man diese Ungenauigkeit in gewissem Grade vermeiden. Weiterhin läßt sich durch eine besondere Schaltung eine Addition der Influenzwirkungen von Magnetfeldern erreichen, wodurch noch sehr schwache Intensitäten einer unmittelbaren Messung zugänglich werden. Da mit einer solchen Anordnung magnetische Kraftflüsse bestimmt werden, hat man diese „Fluxmeter“-Schaltung benannt.

Die Wirkungsweise des Fluxmeters soll jetzt beschrieben werden.

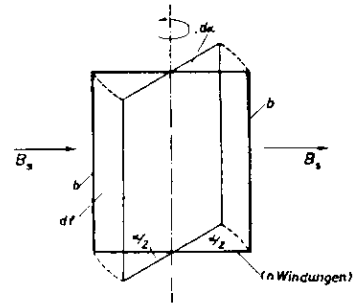


Abb. 8: Drehspulensystem des Galvanometers.

Bei der Drehspule eines Spiegelgalvanometers (Abb. 8) sei

die Windungsfläche	$F_s = n \cdot ab$	
das Trägheitsmoment	Θ	
die Direktionskraft der Aufhängung	D	
der Gesamtwiderstand	$R [\Omega]$	
der Spulenstrom	$I [A]$	
die Kraftflußdichte zwischen den Magnetpolen	$B_s \left[\frac{V \cdot s}{cm^2} \right]$	und
der Drehwinkel	α	

B_s steht wegen der halbkreisförmig gestalteten Polschuhe stets senkrecht zu den längs b verlaufenden Windungsdrähten. Bei einer durch den von außen hineingeschickten Strom I erfolgenden Drehung der Spule treten folgende Momente auf:

1. Drehmoment infolge des Trägheitsmomentes $D_1 = \Theta \ddot{\alpha}$
2. Drehmoment, hervorgerufen durch den in der Spule induzierten Strom $i = \frac{u}{R}$. Die induzierte Spannung ist

$$u = B_s n \frac{d\Gamma}{dt} \cdot 2; \text{ hierbei ist } d\Gamma = \frac{a}{2} d\alpha \cdot b$$

$$n ab B_s \dot{\alpha} \quad (F_s = n ab)$$

$$F_s B_s \dot{\alpha}; \text{ damit wird}$$

$$i = \frac{1}{R} B_s F_s \dot{\alpha}$$

Durchfließt der Strom i die Spulenwindungen, so wird eine Kraft K ausgeübt:

$$K = B_s i 2 n b \text{ (Großdyn); das Moment ist}$$

$$D_2 = K \cdot \frac{a}{2} = B_s F_s i.$$

Strom i durch obige Beziehung ersetzt, ergibt

$$D_2 = \frac{1}{R} (B_s F_s)^2 \dot{\alpha}$$

3. Direktionsmoment infolge Fadentorsion $D_3 = -D \alpha$ (D Dir.-Konst.)
4. Moment, hervorgerufen durch den von außen in die Spule geschickten Strom I :

$$D_4 = K \cdot \frac{a}{2} = B_s I \cdot 2 n b \cdot \frac{a}{2} \text{ oder}$$

$$D_4 = B_s F_s \cdot I$$

Die Momente D_1 , D_2 und D_3 sind bewegungshemmend, D_4 ist bewegungsantreibend:

$$D_4 = D_1 + D_2 + D_3, \text{ d. h.}$$

$$\Theta \ddot{\alpha} + \frac{1}{R} (B_s F_s)^2 \dot{\alpha} + D_4 \alpha = (B_s F_s) I \quad (16)$$

Bei starker Dämpfung der Spule (R sehr klein) wird die Drehbewegung gleichförmig ($\ddot{\alpha} \approx 0$), außerdem ist das Moment D_4 gegen das zweite Glied zu vernachlässigen. Der Differentialansatz (16) reduziert sich unter diesen Voraussetzungen zu

$$\frac{1}{R} (B_s F_s)^2 \dot{\alpha} = (B_s F_s) I \quad (16a)$$

oder

$$B_s F_s d\alpha = R I dt = U dt,$$

wobei U die momentane, im Gesamtleiterkreis herrschende Spannung bedeutet.

Integration:

$$B_s F_s (\alpha_2 - \alpha_1) = \int_0^t U dt \quad (17)$$

Da das Produkt $B_s F_s$ eine Instrumentkonstante ist (k_0), so ist der Galvanometerausschlag dem „Spannungsstoß“ proportional. Hierauf möge noch etwas näher eingegangen werden.

Soll die Kraftflußdichte B gemessen werden, so bringt man in das Magnetfeld eine kleine Spulensonde (n Windungen, Fläche f). Beim Entfernen dieser Spule oder beim Entstehen — und Verschwindenlassen des Feldes tritt ein Spannungsstoß auf. Nach dem Induktionsgesetz ist nämlich

$$U = \frac{d}{dt} (B \cdot nf) \quad \text{Volt}$$

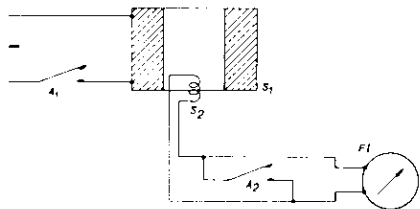


Abb. 9: Fluxmetermessung (grundsätzliche Anordnung).

Da B während der Messung konstant bleibt, ändert sich die vom Feld durchsetzte Fläche $F = nf$ in der kurzen Zeit t von F auf θ , also um F . Daraus folgt

$$U = B \frac{dF}{dt}, \text{ bzw. } U dt = B dF$$

oder

$$\int_0^t U dt = B \int_0^F dF = BF \quad (18)$$

BF ist der von der Spulensonde umschlossene Kraftfluß; der Spannungsstoß, gemessen in Voltsekunden, ist somit gleich dem Kraftfluß.

Gl. (17) und (18) ergeben

$$k_0 (\alpha_2 - \alpha_1) = BF.$$

Setzt man $\alpha_1 = 0$, $\alpha_2 = \alpha$ und $\frac{k_0}{F} = k$, so ist

$$B = \frac{k \alpha}{f} \quad (19)$$

Hiermit ist gezeigt, daß die zu ermittelnden Kraftflußdichten beim Fluxmeter-Meßverfahren proportional den Galvanometerausschlägen sind. Die Konstante k kann empirisch bestimmt werden, etwa mit Hilfe des gut berechenbaren Magnetfeldes eines langgestreckten Toroids.

Addition der Influenzwirkungen.

Die Fluxmeter besitzen Schwingungsdauern von einigen Minuten. Beim Einschalten des Spulenstromes, der das zu messende Magnetfeld erzeugt, erfolgt ein sich aperiodisch einstellender Winkel ausschlag, der beim Verschwinden des Feldes um den gleichen Betrag zurückgeht. Will man, besonders bei geringen Kraftflußdichten, eine Summierung der Ausschläge bewirken, so kann man etwa nach einer in Abb. 9 angedeuteten Schaltfolge verfahren. S_1 sei irgendeine Spule, deren Magnetfeld ausgemessen werden soll; S_2 ist die (übertrieben groß gezeichnete) Sondenspule im Fluxmeterkreise (Fl). Durch Einlegen des Schalters A_1 entsteht das Magnetfeld von S_1 . Fl zeigt einen aperiodischen Ausschlag α an. Dann wird der Kurzschlußbügel A_2 geschlossen und das Feld durch Öffnen von A_1 zum Verschwinden gebracht. Der Fluxmeterausschlag bleibt bestehen, da der induzierte Stromstoß über A_2 abfließt. Hebt man dann vor erneutem Entstehenlassen des Feldes den Kurzschluß wieder auf, so kann ein weiterer Ausschlag α erfolgen, der sich im gleichen Sinne zu dem ersten addiert. Nach n -maliger Schaltfolge erhält man somit einen Gesamtausschlag $n\alpha$.

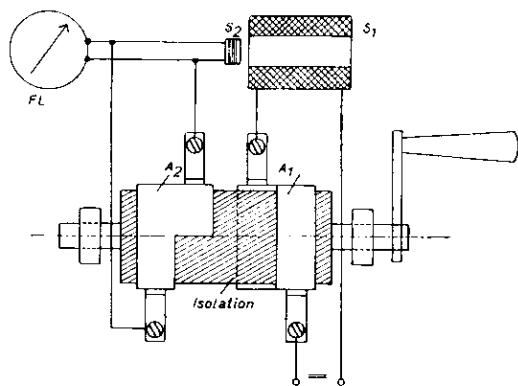


Abb. 10: Drehschalter.

Eine der möglichen Anordnungen zur Erzielung dieser Summierung von Ausschlägen ist der in Abb. 10 schematisch dargestellte Drehschalter von H. Steisinger (Hamburg).

Auf einer gemeinsamen Kurbelachse sitzen zwei Metallamellen, die derart angeordnet sind, daß beim Schließen des Spulenstromes (Feldaufbau), der in der Sondenspule S_2 induzierte Strom durch das Fluxmeter Fl fließen kann. Beim Weiterdrehen der Kurbel wird S_2 kurzgeschlossen und darauf der durch S_1 fließende Strom unterbrochen (Feldabbau). Dann wird S_2 freigegeben und das Feld in S_1 erneut

aufgebaut usw. Ist nun durch diese Addition der Einzelausschläge eine gut feststellbare Auslenkung des Galvanometersystems erzielt, so kann durch eine gegenläufige Kurbeldrehung ein schrittweiser Abbau des Ausschlages erfolgen. Hierdurch kann man die während der Messung durch das langsame Rückwandern der Drehspule eingetretene Nullpunktverschiebung überprüfen und korrigieren.

Beispiel einer Messung.

Als Beispiel einer Feldmessung mit dem Fluxmeter sind die Ergebnisse in Abb 11 eingetragen^{***}). Der Längsschnitt der verhältnismäßig kurzen Spule ist ebenfalls in das Diagramm eingezeichnet. Der Feldverlauf, genommen für einen Sondenweg längs der Mittelachse, ist für die Spule ohne Eisenmantel in Kurve II dargestellt und zeigt die bekannte symmetrische Gestalt. Hierbei sind nur die axialen Komponenten B_z aufgenommen. Diese stimmen im Spulenraum annähernd mit der absoluten Kraftflußdichte überein. An den Spulenden, wo eine Aufkrümmung des Feldverlaufes auftritt, fällt die B_z -Komponente steiler ab.

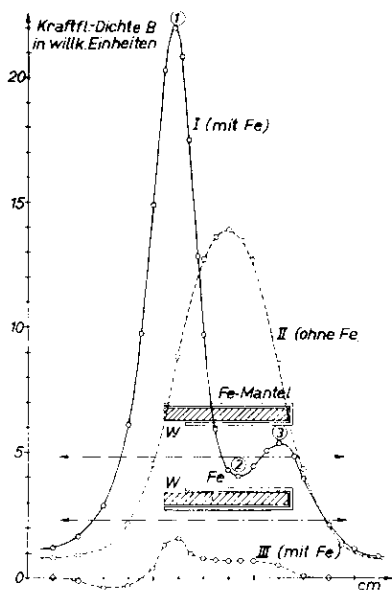


Abb. 11: Kraftflußdichte bei kurzer Magnetspule (mit und ohne Eisenmantel).

Die Kraftflußdichte — in willkürlichen Einheiten aufgetragen — längs des gleichen Meßweges bei Anwesenheit eines Eisenmantels in der gezeichneten Form gibt Kurve I. Bei dem teilweise eisenfreien Kopf der Spule tritt das Hauptmaximum (1) auf; ein Nebenmaximum liegt bei (2), dazwischen ein Ort geringerer Intensität (3). Die Lage dieser Extreme ist zum Vergleich bei einem an der gleichen Spule aufgenommenen Eisenfeilichtbild gut zu erkennen (Abb. 12). Die Liniendichte ist bei den entsprechenden Punkten (1) und (3) groß, bei (2) geringer.

Den Verlauf der B_z -Komponente der Kraftflußdichte auf einem Sondenweg außerhalb der Spule gibt die Kurve III (Abb. 11) wieder. Hierbei ist die Feldintensität wegen der abschirmenden Wirkung des Eisenmantels erwartungsgemäß recht gering. Der

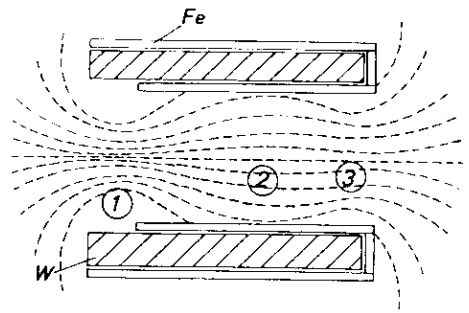


Abb. 12: Feldverlauf (nachgezeichnetes Eisenfeilichtbild).

teilweise Verlauf der Kurve im negativen Wertebereich hängt mit der schon erwähnten Umbiegung der Feldlinien an der Stirnfläche der Spule zusammen.

Neben der Axialkomponenten B_z interessiert auch der Verlauf der Kraftflußdichte längs des Spulendurchmessers, also die radiale Komponente B_r . Als Beispiel ist in Abb. 13 eine B_r -Kurve für eine Eisenmantelspule, deren Querschnittsfigur einge-

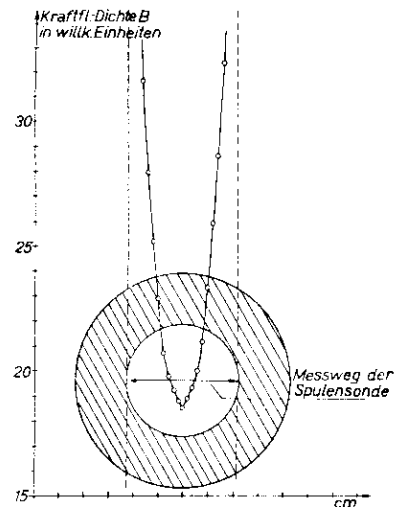


Abb. 13: Radiale Komponente der Kraftflußdichte.

zeichnet ist, aufgetragen. Man erkennt den recht erheblichen Anstieg von B_r mit wachsendem Abstand der Sonde von der Spulenachse. Der Verlauf der Kurve ist angenähert parabolisch. Die in der Ableitung der Linsenformel eingeführte Bedingung der linearen Aenderung von B_r mit wachsendem r ist nur in unmittelbarer Nähe der Spulenachse erfüllt.

^{***}) Ausgeführt von H. Steisinger.

Zusammenfassung.

Die Abbildungseigenschaft eines schwach divergenten Elektronenstrahlbündels im rotations-symmetrischen, achsenparallelen Magnetfeld wird dargelegt.

Es folgt die vereinfachte Ableitung der bekannten Linsenformel für die kurze Magnetspule.

Die sich hieraus ergebenden Abbildungseigenschaften werden für einen besonderen Fall veranschaulicht und die Gültigkeitsgrenzen der Formel erörtert.

Weiterhin wird für die Messung von Magnetfeldern, besonders solcher von geringer Intensität, eine Fluxmeterschaltung beschrieben, die eine Addition der Galvanometerausschläge gestattet.

Abschließend wird ein Beispiel einer Messung nach diesem Verfahren (Feldverlauf bei einer kurzen Magnetlinse) aufgeführt.

SUMMARY.

About the Properties of Simple Magnetic Lenses and the Measurement of Magnetic Fields with the Fluxmeter.

The properties of a symmetrical rotational magnetic field are described and the known lens formula is derived in a simple manner. The application of the formula to practical cases is discussed. A method of measuring the strength and figuration of magnetic fields particularly of low intensity with a fluxmeter is described. The field distribution around a short coil is determined.

Fernsehgroßbildanlage.

Von Johannes Schunack.

Inhalt: Eine an die Deutsche Reichspost gelieferte Fernsehgroßbildanlage für mehrere hundert Zuschauer mit einer Bildfläche von 10 qm und einer scheinbaren Helligkeit von 80 asb. wird beschrieben.

Die Fernseh G.m.b.H. zeigte auf der Funkausstellung 1938 ein Fernsehgroßbild, welches mehreren hundert Zuschauern gleichzeitig die Betrachtung einer Fernsehsendung ermöglichte und mit einer Bildgröße von 10 qm und einer scheinbaren Helligkeit von 80 asb. größenordnungsmäßig erstmalig an die Leistungen der Kinotechnik heranreichte. Dieser Fortschritt wurde durch die Entwicklung einer Hochleistungsröhre (1) und eines Linsenrasterschirmes (2) erzielt. Die gute Bildqualität gab den Anlaß zum Bau einer Betriebsanlage, welche durch die Deutsche Reichspost in der Großbildstelle Turmstraße eingesetzt wurde. Die Großbildanlage ist für den wahlweisen Empfang von drahtlosen und Drahtfunk-sendungen gebaut. Sie enthält folgende Teile:

1. Empfänger,
2. Bedienungs- und Kontrolleinrichtung,
3. Projektor,
4. Tonanlage.

Räumlicher Aufbau und optische Einrichtung.

Für den Aufbau der Anlage sind in erster Linie die Ausmaße der Räumlichkeit und damit im Zusammenhang die an die optische Einrichtung zu

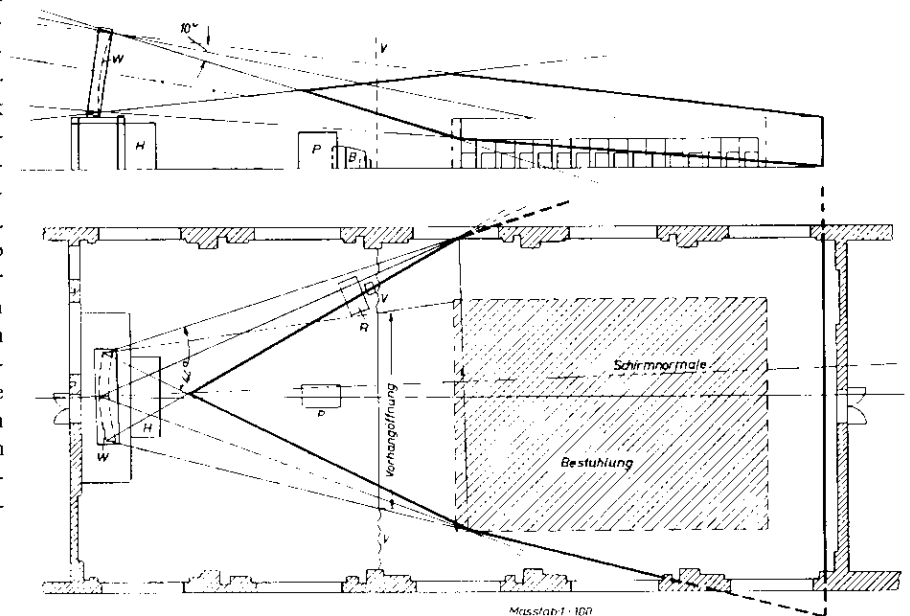


Abb. 1: Räumliche Anordnung der Projektionsanlage in der Großbildstelle Turmstraße.

stellenden Anforderungen zu berücksichtigen. Abbildung 1 zeigt einen Horizontal- und einen Vertikalschnitt durch den gesamten zur Verfügung stehenden Raum. Er besteht aus zwei ungleich großen Teilen. Der rechte größere ist der Zuschauerraum; er enthält bei genügender Zugangsmöglichkeit 290 Sitzplätze. Diese Zahl kann jedoch z. B. bei Verwendung von Klappsitzen auf ca. 350 erhöht werden. Der linke kleinere Teil des Raumes dient zur Unterbringung der technischen Einrichtungen. Er ist vom Publikum durch eine flache Barriere und einen Vorhang V getrennt. Diese Trennung hat sich als sehr zweckmäßig erwiesen, weil sie dem Publikum den wirklichen Eindruck eines Kinobesuches gibt und dem Bedienungspersonal ein ungestörtes Arbeiten ermöglicht.

Aus Abb. 1 geht weiterhin der optische Strahlengang der Projektionseinrichtung hervor. Im Projektor P wird auf dem Schirm der Kathodenstrahlröhre ein Bild von ungefähr 150×180 mm erzeugt und dieses durch ein „Epiotar“ mit einer Brennweite von 42 cm und einer Öffnung von $1:1,9$ auf die Bildwand W projiziert. Der Vergrößerungsfaktor beträgt 20 und somit die Größe des Großbildes ca. $3 \times 3,60$ m. Die heute erzielbare Helligkeit von Fernsehbildern auf dem Bildschirm von Kathodenstrahlröhren würde jedoch bei weitem nicht ausreichen, um auf einem normalen Kinoschirm die erforderliche Helligkeit zu geben. Erst durch die Einführung des Linsenrasterschirmes ist der noch fehlende Faktor in der Helligkeit gewonnen worden. Dieser Schirm besteht aus einer großen Anzahl von kleinen Linsen, die das auf sie fallende Licht sehr scharf gebündelt reflektieren, so daß das Bild nur von den Zuschauerplätzen betrachtet werden kann. Mit Rücksicht auf die Verteilung der Zuschauerplätze wird die Bündelung in der vertikalen Ebene (10°) bedeutend stärker, als in der horizontalen Ebene (44°) gewählt.

Eine große Anzahl von Einzellinsen sind jeweils zu einem Rasterelement vereinigt, von dem ungefähr 1000 Stück zur Bedeckung der Schirmfläche erforderlich sind. Sie werden auf einem Hohlspiegelrahmen aus Holz angeordnet.

Die Bedienungs- und Ueberwachungseinrichtung B ist am Rande des der Technik vorbehaltenen Raumes hinter dem Vorhang untergebracht, so daß sie für das Publikum vom Zuschauerraum aus unsichtbar bleibt. Bei dem geschilderten Strahlengang würde es nicht möglich sein, das Projektionsbild von diesem Platze aus zu sehen, wenn der Streuwinkel des Schirmes in der horizontalen Ebene gerade so gewählt werden würde, daß das Lichtbündel die Vorhangöffnung ausfüllt. Es mußten deshalb der Projektor und der Linsenrasterschirm außerhalb der Mitte aufgestellt werden, um auch diesen Platz mit in die horizontal ausgeleuchtete Fläche einzubeziehen. Da die vertikal ausgeleuchtete Fläche nicht bis in die Augenhöhe einer dort sitzenden Person reicht, sind zwei verstellbare Spiegel für die Umlenkung des Bildes erforderlich (Abb. 2). Das hori-

zontale Schema zeigt ferner, daß bei Anpassung der Raumform und der Bestuhlung an die durch den Linsenrasterschirm gegebene Form der ausgeleuchteten Fläche, also durch die Wahl eines trapezförmigen Raumes, die Zuschauerzahl unter Einhaltung der vorgegebenen optischen Bedingungen noch nahezu verdoppelt werden kann. Abb. 3 zeigt von einem erhöhten Punkt einen Blick vom Zuschauerraum über die Barriere und den technischen Raum hinweg auf den Linsenrasterschirm. In der Mitte unterhalb des Schirmes ist die Oberkante des Projektors erkennbar; unmittelbar neben dem Schirm ist der Lautsprecher für die Tonübermittlung aufgestellt.

Elektrische Einrichtung.

Die Sendungen aus dem Fernsehstudio Berlin können sowohl drahtlos als auch über Kabel empfangen werden. Der drahtlose Bildsender mit



Abb. 2: Projektor und Bedienungspult.

47,8 MHz überträgt beide Seitenbänder bis zu einer maximalen Modulationsfrequenz von 2 MHz. Der dazugehörige Ton wird von einem zweiten Sender auf 45 MHz ausgestrahlt. Beim Empfang der UKW treten jedoch des öfteren Schwierigkeiten durch von außen einfallende Störungen auf; diese rühren z. B. von medizinischen Geräten, Kraftwagenmotoren usw. her; sie liegen innerhalb des für den Fern-

sempfang benutzten Frequenzbereiches und werden über die Antenne dem Empfangsverstärker zugeführt. Sie können eine Verzerrung der Helligkeitswerte des Fernsehbildes oder auch eine unsaubere Synchronisierung des Rasters zur Folge haben. Um ein von diesen Störungen freies Bild zu erhalten, wird vom Fernsehstudio ein modulierter Träger von 4,2 MHz über ein besonderes Fernkabel zum Empfangsort übertragen. Hierbei wird durch die größere Dämpfung des Kabels bei hohen Frequenzen das obere Seitenband nahezu ganz unterdrückt, so daß sich also eine Einseitenbandübertragung ergibt. Der Ton wird getrennt vom

Schwingungskreises für die Tonwelle besteht, Bild- und Tonsendung voneinander getrennt und jede für sich trägerfrequent weiter verstärkt. Die Bildzwischenfrequenz beträgt 4,2 MHz. Am Ausgang des Bildverstärkers werden 100 mV an ein konzentrisches Kabel von 150 Ohm Wellenwiderstand abgegeben und zur Bildwiedergabeeinrichtung geleitet. Die Regelung des Verstärkergrades auf diesen Ausgangswert wird vom Bedienungsplatz im Bildwiedergaberaum vorgenommen. Die Zwischenfrequenz für den Ton beträgt 1,4 MHz; innerhalb der Zwischenfrequenzverstärkung wird eine Bandbreite von 200 kHz gewählt, um auch bei Schwankungen der

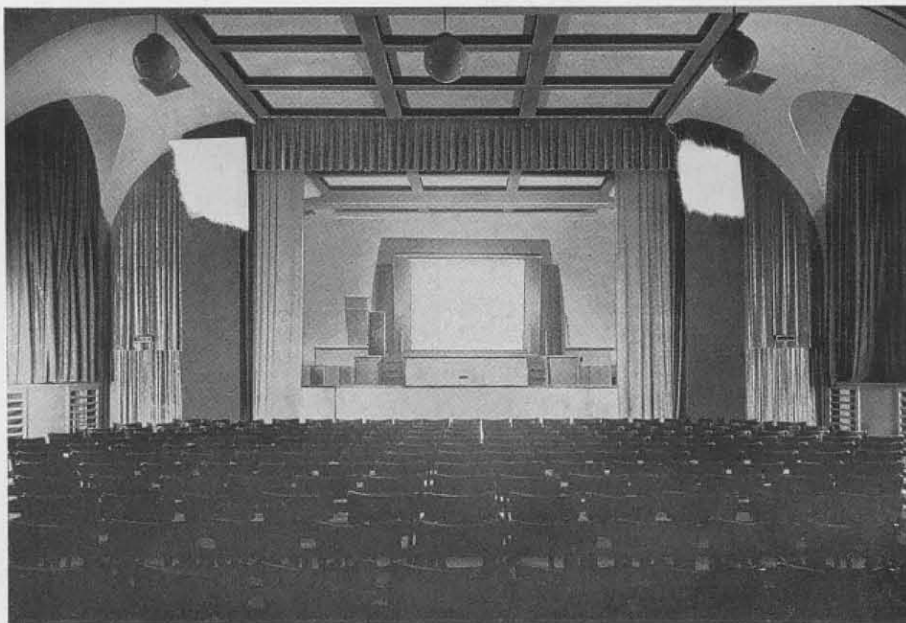


Abb. 3: Inneres der Großbildstelle der Deutschen Reichspost im Postamt in der Turmstraße.

Bild auf einem zweiten Kabel mittels einer Trägerfrequenz des Deutschen Drahtfunknetzes zwischen 150 und 350 kHz zum Empfangsort übermittelt. Eingangsseitig stehen für den Ton ungefähr 25 mV an 1000 Ohm, und für das Bild 1-15 mV an 150 Ohm zur Verfügung.

Für den Empfang der drahtlosen Sendung (s. Abb. 4) wird die Antenne mit einer dazugehörigen Verstärkereinheit an einer günstig gelegenen Stelle des Daches untergebracht; eine zweite Antennenanlage ist vorgesehen, einerseits, um örtlich stark begrenzten Störungen ausweichen zu können, andererseits, um eine Reserve zu besitzen.

Mit Rücksicht auf die erforderliche Empfindlichkeit und Störungsfreiheit wird mit einer Reflektorantenne gearbeitet (3). Die von der Antenne gelieferten ultrakurzen Schwingungen werden zunächst in einer Stufe direkt verstärkt und dann dem Ueberlagerer zugeführt, dessen Ueberlagerungsfrequenz einmalig eingestellt wird. Im Anodenkreis der Ueberlagererröhre werden mittels einer elektrischen Weiche, die aus der Hintereinanderschaltung eines Bandfilters für das Bildband und eines

Eigenfrequenz des Ueberlagerers die Verstärkung des Tones konstant zu halten. Die Beschränkung durch die auf die Tonübertragung bedingte geringere Bandbreite wird im NF-Teil des Tonweges vorgenommen. Dieser Verstärker wird außerdem automatisch auf eine konstante Ausgangsspannung — 100 mV an 200 Ohm — reguliert.

Die Fortleitung der Bild- und Tonsendung von der Antennenanlage zur Großbildstelle erfolgt also mit Spannungswerten, die eine zusätzliche Störung durch äußere Einflüsse ausschalten. Die von den Antennenverstärkern und den Drahtfunkkabeln gelieferten Signalspannungen werden dem Bedienungs- und Ueberwachungspult zugeführt; es enthält:

- a) die Verstärker für die Anpassung der schwachen Signalspannungen an die Projektionseinrichtung;
- b) die Bedienungs- und Kontrolleinrichtung für den Aufbau des Bildes und die Wiedergabe des Tones;
- c) eine Umschaltvorrichtung zur Wahl des jeweils günstigen Empfangsweges und
- d) Hilfseinrichtungen für den Betrieb.

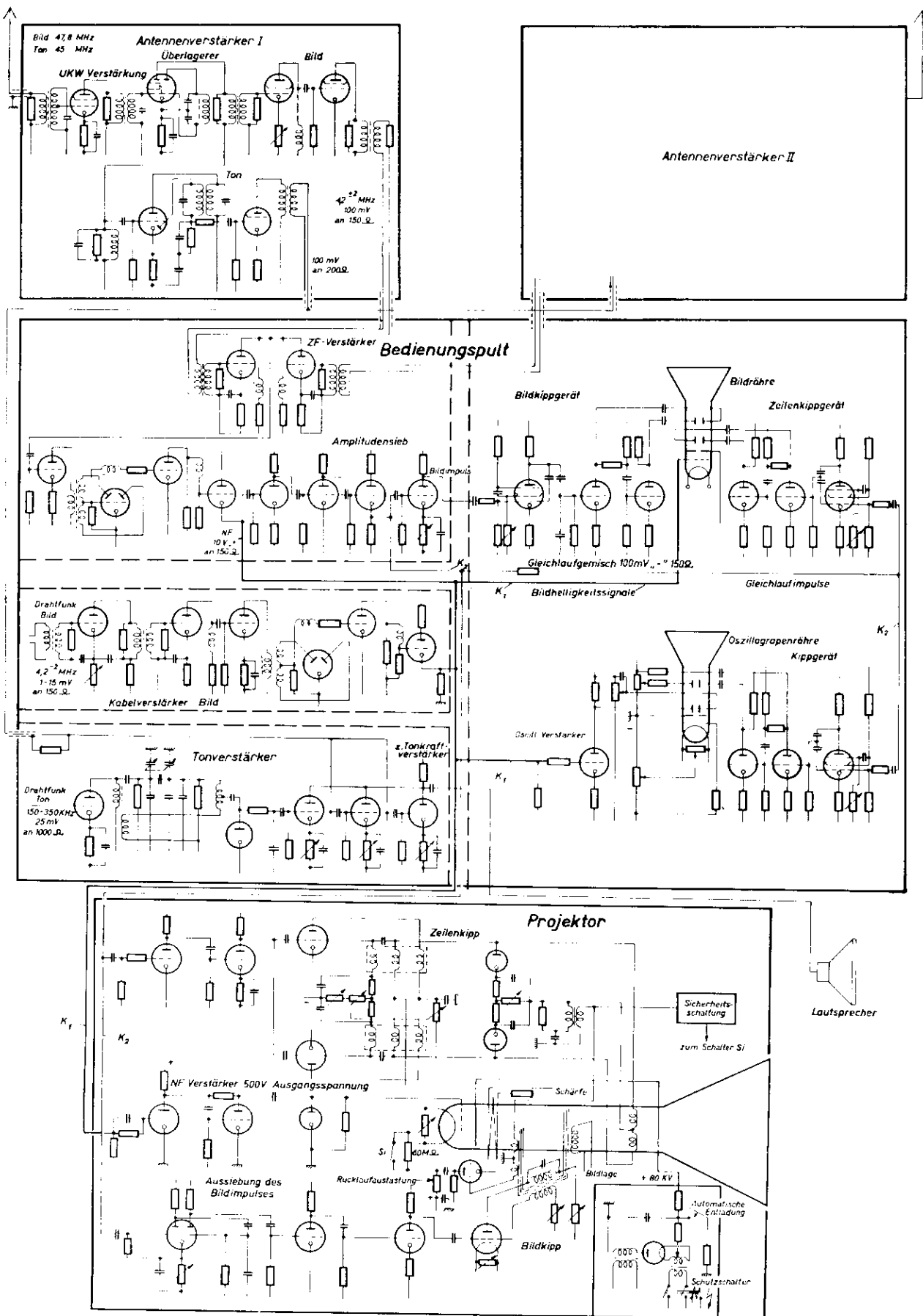


Abb. 4: Elektrisches Gesamtschema.

Für die Verstärkung der trägerfrequenten Bildimpulse sind für jeden Empfangsweg getrennte Eingänge vorgesehen. Ueber Anpassungstransformatoren werden die Impulse an das Gitter einer Verstärkerröhre gelegt. Die Anoden derjenigen Eingangsröhren, die den beiden Antennenteilen zugeordnet sind, sind parallel geschaltet und steuern eine trägerfrequente Endstufe. An ihren Anodenkreis ist eine Doppelweggleichrichtung, bei der auf eine besonders gute Symmetrierung Wert gelegt worden ist, angeschlossen. Der evtl. noch verbleibende Trägerrest wird durch eine Siebeinrichtung von dem Gitter des anschließenden Niederfrequenz - Verstärkers ferngehalten. Einer einstufigen Verstärkung folgt eine Kathodenstufe (7). Für den Empfang über das Drahtfunkkabel ist ein ähnlicher Verstärker vorgesehen. Die Ausgänge dieser beiden Wege sind parallel geschaltet und steuern über ein angepaßtes Kabel den Kraftverstärker für die Helligkeit der Projektionsröhre sowie das Kontrollgerät. Weiterhin ist ein mehrstufiges Amplitudensieb, das an einer Ausgangsstufe das Gleichlaufgemisch in der Größe von 10 V niederohmig liefert, angeschlossen. Es dient im wesentlichen über das Kabel K_2 zur Steuerung der Bildaufbauorgane des Projektors und außerdem zur Steuerung des Kontrollgerätes. Letzteres enthält zwei Braunsche Röhren mit einem Schirmdurchmesser von 16 cm, die statisch abge-

doch nicht zur Aussteuerung der Ablenkung des Strahles der Oszillographenröhre. Es ist daher für dieses ein einstufiger Nachverstärker vorgesehen, der dann ein Oszillogramm von mehreren Zentimetern Amplitude auf den Schirm dieser Röhre liefert.

Das Kippgerät dieses Gerätes zeichnet während des Hinlaufes nicht eine, sondern mehrere z. B. 2 oder 3 Zeilen auf, so daß also auch eine Kontrolle der Gleichlaufzeichen und Schwarzlücken der Sendung vorgenommen werden kann.

Zum Empfang des Drahtfunktones dient ein mehrstufiger Empfänger, dessen Eigenfrequenz über den gesamten Drahtfunktonbereich verändert werden kann. Die Trägerfrequenz wird gleichgerichtet und einer Regelendstufe zugeführt, die anodenseitig ca. 100 mV für die Steuerung des Endverstärkers liefert. Parallel zu diesem Ausgang liegen zwei weitere niederfrequente Regelstufen, die von den Tonausgängen der Antennenverstärker gespeist werden.

Diese gesamten Einrichtungen sind in zwei Einheiten in das Bedienungspult eingebaut. Die Braunschen Röhren für die Kontrolle sind derart angeordnet, daß ihr Bild in der Pultebene erscheint. Die Bedienungseinrichtungen, also die Bild- und Tonverstärkung, die Grundhelligkeit und Schärferegulierung sind in einzelne Kacheln in die aufklappbare Decke des Pultes eingelassen. Die Bedienung der Regelorgane der einzelnen Empfangswege ist unabhängig voneinander; durch weiter eingebaute Schalter können die Verstärkerwege untereinander umgeschaltet werden, so daß bei evtl. Ausfall eines Empfangsweges sofort ein anderer, bereits vor der Sendung vorbereiteter Empfangsweg benutzt werden kann. Ein freigelassener Raum dient zur Aufnahme der erforderlichen Hilfsorgane, z. B. des Reglers für die Saalbeleuchtung, des Schalters für den Vorhangmotor und des Panikschalters.

Da die Bedienung des Gerätes betriebsmäßig im Dunkeln stattfindet, sind sämtliche Bezeichnungen der Bedienungorgane in Leuchtschrift ausgeführt, deren Leuchtkraft durch eine ultra-violette Bestrahlung zusätzlich angeregt werden kann.

Der vom Pult aus bediente Projektor enthält im oberen Teile eines Leichtmetallgestelles die Bildwiedergaberöhre und im unteren Teile die Verstärker- und Ablenkgeräte. Abb. 5 zeigt eine Seitenansicht bei geöffneten Wänden.

Trotz der günstigen optischen Bedingungen des Linsenrasterschirmes ist es unerläßlich, die Lichtausbeute des auf dem Schirm der Projektionsröhre erzeugten kleinen Fernsehbildes möglichst groß zu machen. Zu diesem Zweck wurde von der Fernseh G. m. b. H. eine besondere Hochleistungsröhre (1), die mit einer Beschleunigungsspannung von 60 bis 80 kV arbeitet, entwickelt. Diese hohe Spannung ist auch erforderlich, da bei den sonst üblichen Betriebsspannungen von 10—20 kV und der erforderlichen Strahlleistung die notwendige Schärfe für ein 441 Zeilenbild nicht erreicht werden kann. Für die Bilderzeugung ist die Aufprojektion gewählt wor-

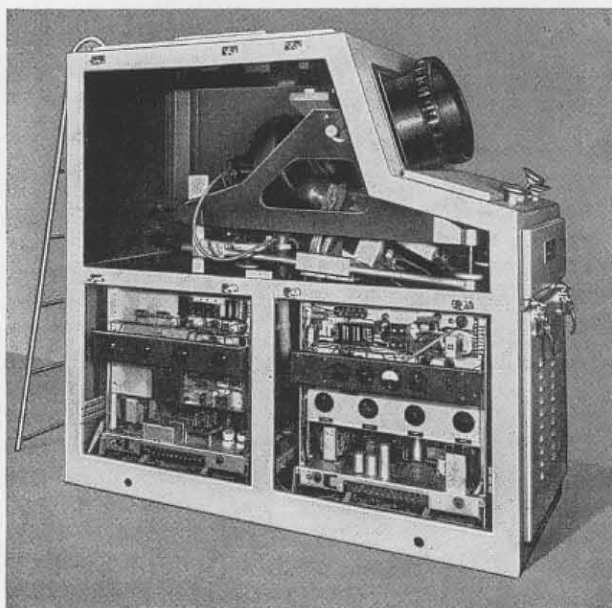


Abb. 5: Projektor.

lenkt und magnetisch fokussiert werden. Die Kippgeräte bestehen jeweils aus einer Erzeugerstufe in einer Pentodenschaltung und einem zweistufigen Verstärker, der symmetrische Ablenkspannungen liefert.

Die Steuerung der Helligkeit der Bildkontrollröhre wird direkt vom Kabel K_1 her vorgenommen. Die diesem entnommene Signalamplitude genügt je-

den, d. h. Aufzeichnung des Bildes und Projektion werden von derselben Schirmseite aus vorgenommen. Dieses hat gegenüber der allgemein benutzten Durchprojektion den Vorteil, daß die beim Lichtdurchtritt durch den Leuchtschirm auftretenden beachtlichen Lichtverluste in Fortfall kommen. Als Leuchtschirmträger wird im Gegensatz zu dem Glaseschirm der normalen Braunschen Röhre ein Metallschirm benutzt, der durch den Luftstrom eines Gebläses eine ausreichende Kühlung erhält. Damit ist es möglich geworden, den Schirm mit einer Maximalleistung von 300 W zu belasten und eine Spitzenhelligkeit von 600 HK zu erzielen. Die Ablenkung des Elektronenstrahles nach beiden Richtungen und die Fokussierung werden elektromagnetisch vorgenommen.

Die Projektionsröhre mit dem Ablenkspulensatz und dem Spulensatz für die elektronenoptische Linse ist zusammen mit dem Objektiv in einer horizontal beweglichen Schaukel gelagert. Diese ist mit Rücksicht auf die sehr hohen Spannungen aus hochwertigen Isolierstoffen aufgebaut. Metall ist nur an unbedingt nötigen Stellen benutzt. Mittels dieser Schaukel erfolgt das vertikale Ausrichten des Projektionsteiles auf den Linsenrasterschirm. Um die Bedienung im Betriebszustande des Gerätes zu ermöglichen, wird die Einstellung der Schaukel über bewegliche Wellen von der Front des Gerätes aus vorgenommen. Dasselbe gilt für die räumliche Einstellung der Konzentrationsspule. Die betriebsmäßig laufend zu überwachenden Einstellungen der Aussteuerung, der Grundhelligkeit und des Stromes für die elektronenoptische Linse werden dagegen vom Bedienungspult aus durchgeführt.

Das Oberteil des Projektors ist wegen der Gefahr der bei den sehr hohen Spannungen auftretenden Röntgenstrahlen innen vollständig mit einem mehrere Millimeter starken Bleipanzer versehen. Die Zuführung der Steuerspannungen und der Kühlluft erfolgt durch bleibekleidete Labyrinthgänge.

Im Unterteil sind von beiden Seiten je zwei Verstärkereinheiten einschiebbar angeordnet; sie enthalten den Kraftverstärker, die Kippgeräte und die Austastgeräte für die Sperrung der Bildaufzeichnung während des Bildrücklaufes sowie die Heiz- und Wehneltspannungsversorgung der Projektionsröhre mit ihren Netzgeräten. Durch Ausbrüche in den seitlichen Wänden können die einmaligen Einstellungen: Eigentrequenz der Kippgeräte, Größe der Ablenkung, Lage des Bildes auf dem Schirm der Projektionsröhre und Einregulierung des Heizstromes beim Einsetzen einer neuen Röhre vorgenommen werden. Im Unterteil des Projektors befinden sich außerdem die Eingänge für die vom Bedienungspult kommenden Kraft- und Steuerleitungen.

Bei dem elektrischen Aufbau (4) der Projektionsröhre ist davon ausgegangen worden, daß ein Minimum von Leitungen und Geräteteilen die sehr beachtliche Hochspannung führt. Es sind daher Kathode und Wehneltzylinder auf nahezu Erdpotential

gebracht worden, und nur die Anode führt die volle Hochspannung von 60—80 kV gegen Erde. Das Höchstspannungsgerät ist in einer vom Projektor getrennten Einheit untergebracht. Die Einschaltung erfolgt vom Bedienungspult aus, während die Regelung der Größe der Hochspannung am Gerät selbst vorgenommen wird. Auf die in Verbindung mit dem Höchstspannungsgerät erforderlichen Sicherungseinrichtungen wird noch später eingegangen werden. Durch die hohe Anodenspannung der Projektionsröhre wurden besondere Hochleistungskippgeräte (5) für die Strahlableitung erforderlich. Sie sind in Zeilen- sowie in Bildrichtung als Transformator-Kippgeräte ausgeführt. Das vom Bedienungspult kommende Gleichlaufgemisch wird zunächst verstärkt und dient dann zur Steuerung des Zeilenkippgerätes, das zwei parallelgeschaltete Trioden enthält. Für die Synchronisierung des Bildkippgerätes wird in einer Zweiröhrenschtaltung aus dem Einkanalgleichlaufgemisch ein Bildsignal gewonnen, dessen Einsatz mit der Rückfront des Bildhauptsignals übereinstimmt. Zur Gewinnung einer großen Synchronisieramplitude wird dieses Signal nochmals verstärkt. Ueber eine zusätzliche Wicklung wird dem Kipptransformator ein Impuls während des Rückkippens entnommen, der nach entsprechender Nachverstärkung zur Sperrung der Projektionsröhre in der Zeit des Strahlrücklaufes dient. Die Eintastung dieses Impulses erfolgt in die Kathodenleitung der Röhre, während die Helligkeitssteuerung am Wehneltzylinder vorgenommen wird. Zur Aussteuerung dient ein zweistufiger Kraftverstärker in Gegenkopplungsschaltung, der in jeder Stufe mit zwei parallelgeschalteten Endpentoden ausgerüstet ist. Er liefert für den gesamten Frequenzbereich eine Spannung von ca. 500 V. Zur Wiedereinführung der durch die RC-Kopplung verloren gegangenen tiefen Frequenzen dient eine Schwarzsteuerung am Ende des Kraftverstärkers (6).

Der Betrieb einer Anlage derartigen Ausmaßes erfordert naturgemäß gewisse Sicherheitsvorrichtungen zum Schutz des Bedienungspersonales und des wichtigsten Geräteteiles, der Projektionsröhre, bei evtl. Fehlbedienung oder auftretenden äußeren Störungen z. B. bei Spannungsausfall. Die Projektionsröhre ist besonders dann gefährdet, wenn der Strahl unabgelenkt auf den Schirm trifft. Bei Ausbleiben der Kippfelder wird daher über eine Gleichrichter- und Relaischaltung in die Kathodenleitung der Projektionsröhre ein Widerstand von 60 M-Ohm geschaltet; damit wird der durch die Röhre fließende Emissionsstrom auf einen kleinen, unschädlichen Wert begrenzt. Dieselbe Sicherheitsschaltung spricht an, sobald die gesamte Netzspannung oder die Heizspannung der Röhre oder seine Wehneltvorspannung fehlen.

Zum Schutze des Bedienungspersonals beim Öffnen von Geräten, in denen die Höchstspannung vorliegt, ist eine Ringleitung vorgesehen, die beim Abheben der Türen geöffnet wird und das Höchstspannungsgerät primärseitig abschaltet.

Zusammenfassung.

Die beschriebene Fernsehgroßbild-Anlage für mehrere hundert Zuschauer arbeitet mit einer Braunschen Röhre mit Aufprojektion in Verbindung mit einem Linsenrasterschirm. Die erzielte Bildhelligkeit beträgt 80 asb, die Bildgröße $3 \times 3,60$ m. Der Metallschirm der Aufprojektionsröhre ist luftgekühlt, die Beschleunigungsspannung liegt zwischen 60 und 80 KV. Die optischen Eigenschaften des Linsenrasterschirmes sind so gewählt worden, daß in der Horizontalen eine Bündelung auf 44° und in der Vertikalen eine solche auf 10° erfolgt; damit ergibt sich eine Vergrößerung der scheinbaren Helligkeit auf das 15fache.

Die Anlage ist sowohl für den Empfang von drahtlosen als auch Drahtfunktendungen eingerichtet. Die Bedienung erfolgt von einem getrennten Bedienungspult aus.

Literaturverzeichnis.

- (1) E. Schwartz, H. Strübig, H. W. Paehr, Fernseh Hausmitteilung 1, 1938, 5.
H. W. Paehr, Fernseh Hausmitt. 1, 1938, 59.
E. Schwartz, Fernseh Hausmitt. 1, 1939, 123.

- (2) R. Möller, Fernseh Hausmitt. 1, 1939, 72.
- (3) H. Schuster, Fernseh Hausmitt. 1, 1939, 231.
- (4) Th. Mulert, Fernseh Hausmitt. 1, 1939, 216.
W. Dillenburger, Fernseh Hausmitt. 1, 1938, 29.
- (5) Th. Mulert, H. Bähring, Fernseh Hausmitt. 1, 1939, 82.
- (6) F. Below, Fernseh Hausmitt. 2, 1940, 12.
- (7) J. Költer, Fernseh Hausmitt. 2, 1940, 26.

SUMMARY.

Large-Screen Television Projection.

The Fernseh television theatre projector contains a cathode ray projection tube and uses a lenticulated projection screen with directional reflection. The image brightness is 80 asb, the picture size is 10×12 foot. The projection tube has an air-cooled metal screen and is operated with an anode voltage of 60 to 80,000 Volts. The lenticulated screen is constructed in such a manner that the light is concentrated in horizontal direction into an angle of 44° and in vertical direction into an angle of 10° . The apparent brightness is increased 15 times thereby. The theatre accomodates 300 to 400 persons.

Über Filmabtaster im Fernsehbetrieb.

Von Johannes Schunack.

Inhalt: Zwei von der Fernseh G. m. b. H. vorzugsweise verwendete Filmabtastverfahren — Sondenröhrenabtastung nach Farnsworth und Spirallochscheibenabtastung nach Nipkow — werden an Hand ausgeführter Anlagen eingehend beschrieben und ihre Betriebsbedingungen im Fernsehprogrammbetrieb besprochen.

I. Abtastverfahren.

In der Kinotechnik werden für die Bildwiedergabe vorzugsweise

1. Projektoren mit ruckartiger Fortbewegung des Filmes im Filmfenster (Malteserkreuzantrieb) oder auch
2. Projektoren mit kontinuierlicher Fortbewegung des Filmes im Filmfenster und mechanisch-optischem Ausgleich benutzt.

Bei einem Filmlaufwerk mit kontinuierlich fortbewegtem Film erfolgt der Wechsel in der Uebertragung von einem auf dem Film aufgezeichneten Bild zum anderen durch Einblenden, so daß eine Schwarzlücke zwischen aufeinanderfolgenden Bildern, während der also kein Bild auf den Schirm geworfen wird, nicht eintritt. Bei der fernsehmäßigen Abtastung eines derartigen, den Verhält-

nissen einer Direktaufnahme gleichkommenden Bildes, können also alle Abtastgeräte verwendet werden, die zur Direktübertragung dienen, z. B. auch die Bildspeicherröhre.

Bei ruckartigem Vorschub des Filmes im Filmfenster werden für die Weiterschaltung des Filmes ca. 25% der Uebertragungszeit eines Filmbildes benötigt. Während dieser Zeit wird durch eine Blende der Lichtaustritt zur Leinwand gesperrt, so daß bei der Bildabtastung eine Schwarzlücke auftritt. Da die im Fernsehbild vorgeschriebene Bildlücke nur 5% der Bilddauer ist, wurden derartige Projektoren in der Fernsehtechnik bisher nicht verwendet.

Bei kontinuierlich durch das Filmfenster bewegtem Film läßt sich der mechanisch-optische Ausgleich vermeiden, wenn das Abtastverfahren die Aufgabe dieses Ausgleiches übernimmt. Voraus-

setzung ist hierbei, daß die Abtastung und der Filmvorschub synchron zueinander erfolgen.

Die Bildaufnahme auf dem Film erfolgt mit 24 Bildern in der Sekunde; bei Fernsehübertragungen werden die Filme jedoch wegen des netzsynchronen Antriebes (50 Hertz) mit 25 Bildern je Sekunde übertragen. Die dadurch entstehenden Fehler im Ablauf der Bewegungen bzw. bei der Wiedergabe des Tones werden wegen ihrer Geringfügigkeit in Kauf genommen. Das Zwischenzeilen-

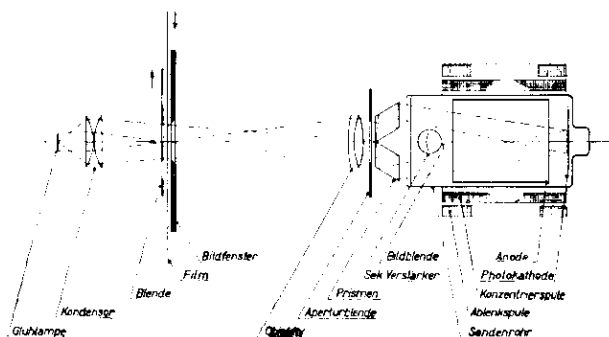


Abb. 1: Filmabtaster mit Sondenröhre.

verfahren schreibt zwecks Vermeidung des Flimmerns eine Abtastung in zwei Halbbildern je $\frac{1}{25}$ Sekunde vor; aus einem Originalbild auf dem Film müssen also zwei Bilder für die Fernsehübertragung gewonnen werden. Bei kontinuierlicher Fortbewegung des Filmes muß dann die abtastende Blende neben der Querbewegung für die Zeilenabtastung eine derartige Bewegung gegen die Filmlaufrichtung erhalten, daß die Abtastung des einen Halbbildes in der unteren Bildhälfte des Filmfensters, die des anderen Halbbildes in der oberen Bildhälfte des Filmfensters vorgenommen wird. Für die Abtastung sind von der Fernseh G. m. b. H. zwei verschiedene Verfahren entwickelt worden:

1. Elektronenoptisch mittels einer Sondenröhre (Farnsworth) und
2. mechanisch mittels Spirallochscheibe (Nipkow).

1. Der elektronenoptische Bildzerleger (Abb. 1 u. 2).

Als Lichtquelle dient eine 900 W Metallfadenslampe, deren Licht über zwei Kondensoren das Bildfenster, durch das der Film mit konstanter Geschwindigkeit läuft, ausleuchtet. Diese Ausleuchtung muß mit Rücksicht darauf, daß das eine Halbbild in der oberen Filmfensterhälfte, das andere in der unteren Filmfensterhälfte abgetastet wird, sehr sorgfältig durchgeführt werden; Ungleichheiten in der Ausleuchtung zugehöriger Bildteile der oberen und unteren Filmfensterhälfte machen sich als Flimmern unangenehm bemerkbar.

In Abb. 2 stellt das senkrecht angeordnete Dreieck ein Originalbild auf dem Film dar; der Schwarzbalken zwischen den einzelnen Bildern ist der

Übersichtlichkeit halber fortgelassen. Die fortlaufend nummerierten Skizzen zeigen die Lage des Bildes im Filmfenster jeweils nach $\frac{1}{25}$ der für die Übertragung eines Bildes benötigten Zeit. Vor dem Filmfenster bewegt sich gegenläufig zur Filmlaufrichtung eine Blendscheibe mit Filmgeschwindigkeit; sie hat Schlitze und Stege von der Breite des Filmfensters und seiner halben Höhe; sie blendet also jeweils eine Hälfte des Filmfensters ab (Abb. 2b).

Das so aus dem Filmfenster austretende Bild des durch dieses laufenden Filmes wird durch die Optik auf der Fotokathode der Zerlegerröhre abgebildet. Auf diesem Wege trifft das Licht auf eine Doppelprismenanordnung mit horizontaler Trennfuge, die es in zwei parallele Lichtbündel zerlegt. Ein Helligkeitsausgleich ist durch eine verstellbare Aperturblende vor dem Prismensystem möglich. Die Parallelversetzung der beiden Halbbilder wird so gewählt, daß sich auf der Kathode der Zerlegerröhre die Oberhälfte des einen Bildes und die Unterhälfte des anderen Bildes decken (Abb. 2c). Das

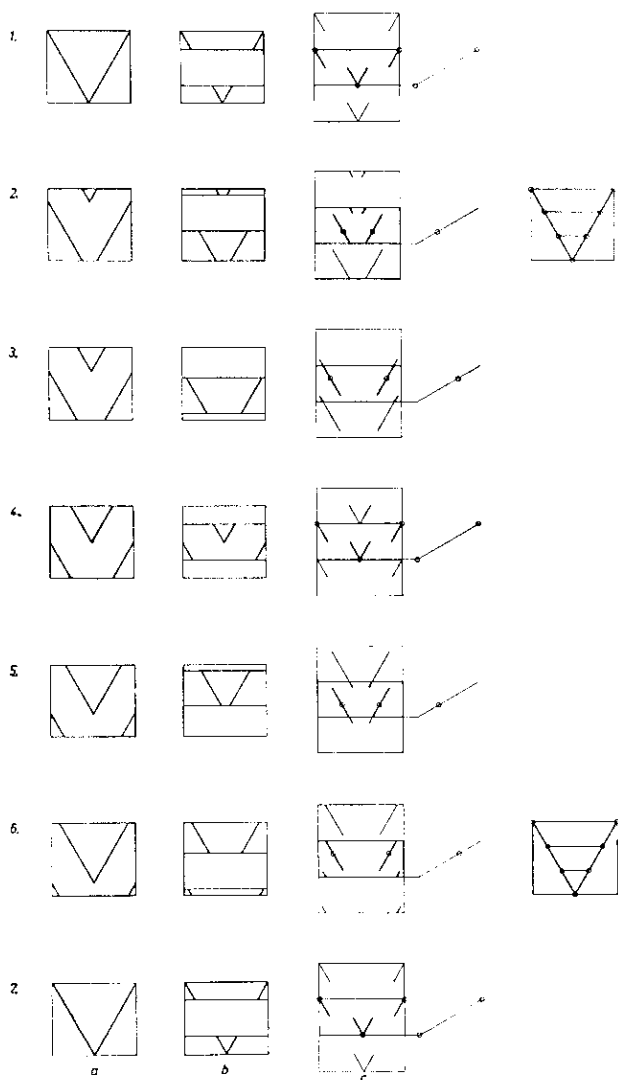


Abb. 2: Film- und Abtastbewegungen beim Elektronenfilmabtaster.

dort einfallende Licht löst Elektronen entsprechend der Helligkeitsverteilung des Bildes aus. Das elektronenoptische Bild wird mittels einer magnetischen Linse in die Ebene der Bildblende abgebildet, die im Finger des Sekundärverstärkers angeordnet ist. Es wird durch eine magnetische Ablenkung in Zeilen- und Bildrichtung vor dieser Blende mittels eines Zwischenzeilenrasters hin- und herbewegt; die Amplitude der Bildablenkung wird hierbei gleich der halben Bildhöhe gemacht und nur der Bildteil abgetastet, auf welchem sich die beiden Halbbilder überdecken. Die Phase der Bildablenkung wird hierbei so gewählt, daß jeweils die mittelste Zeile des von der Blende freigegebenen Bildes abgetastet wird (siehe Abb. 2d). Die durch die Blende fallenden Elektronen entsprechen also der Helligkeitsverteilung des Originalen. Sie fallen in den eingebauten Sekundärverstärker und werden in diesem bis zu einem derartigen Spannungsbetrag verstärkt, daß die nachfolgenden mit normalen Verstärkerröhren ausgerüsteten Verstärkereinheiten keinen zusätzlichen Rauschanteil mehr ergeben.

2. Der mechanische Abtaster mit Nipkowscheibe (Abb. 3).

Als Lichtquelle dient ähnlich wie bei dem Elektronen-Filmabtaster eine Metallfadenlampe Q ungefähr gleicher Leistung. Ein Kondensator Ko 1 ergibt eine gleichmäßige Ausleuchtung des Filmfensters.

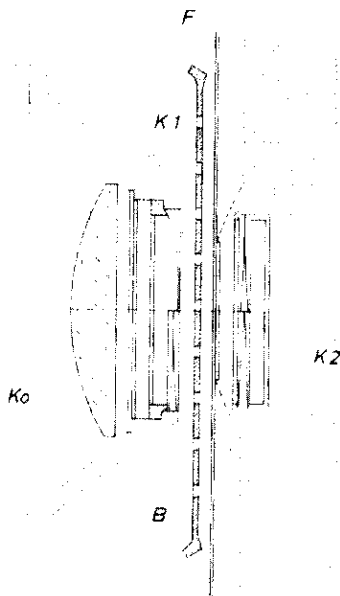


Abb. 3: Mechanischer Filmabtaster mit Nipkowscheibe.

Das Bild des mit konstanter Geschwindigkeit durch das Filmfenster laufenden Filmes wird auf die Spirallochscheibe abgebildet. Die Konstruktion der Abtasteinrichtungen wird wesentlich durch die Größe der Abtastöffnungen bestimmt. Es ist gelungen, Scheiben mit Abtastöffnungen von $\frac{5}{100}$ Milli-

meter Durchmesser herzustellen. Da die Größe der Abtastöffnungen auf der Scheibe gleich der Größe eines Bildpunktes gewählt wird, ist die Bogenlänge der auf der Abtastscheibe unterzubringenden Spirale gegeben. Sie wird also bei 441 Zeilen ungefähr 10 m. Frei sind hierbei noch die Wahl der Zahl der Spiralswindungen, des mittleren Spiraldurchmessers und der Drehzahl der Scheibe. Bei einem mittleren Abtastdurchmesser von 50 cm ergibt sich demnach ungefähr eine Siebenfachspirale; die Scheibe muß dann mit 10 500 Umdrehungen pro Minute laufen. Entsprechend der Abtasteigenart — die abtastende Blende muß sich gegen die Filmlaufrichtung mit halber Geschwindigkeit bewegen — ergibt sich infolge der Bildumkehr durch die Abbildungsoptik eine sich schließende Spirale, deren Steigung gleich $\frac{1}{2}$ der Bildhöhe ist.

Entsprechend dieser Abtastung erhält die vor dem Filmfenster laufende Blende eine derartige Öffnung, daß sie jeweils nur $\frac{1}{2}$ der Bildhöhe freigibt. Sie läuft wie beim Sondenröhrenabtaster mit Filmgeschwindigkeit diesem entgegen.

Die Projektion des Bildes in der unteren und oberen Hälfte des Filmfensters auf die Scheibe ergibt zwei Halbbilder gleicher Größe. Eine Parallelversetzung der beiden Halbbilder, die beim Durchlaufen des Filmes durch die obere und untere Filmfensterhälfte entstehen, wird nicht vorgenommen. Vielmehr werden sie, so wie sie im Filmfenster entstehen, auf die Scheibe projiziert. In dem Schema der Abb. 2b ergibt sich dann eine Bewegung der Abtastöffnung der Scheibe gegen die Filmlaufbewegung, die einer Bildabtastung mittels eines Rasters doppelter Zeilenzahl und halber Bildwechselzahl entspricht. Beim mechanischen Abtaster sitzen die Halbraster nicht ineinander, sondern übereinander und haben jeweils die halbe Größe. Die Abtastung erfolgt im Gegensatz hierzu mit zwei Halbbildern verschiedener Größe, die durch den verschiedenen Abtastdurchmesser gegeben sind; da bei beiden Spiralen dieselbe Größe der Abtastöffnung benutzt wird, fallen außerdem ungleiche Lichtmengen auf die Fotozelle. Diese beiden Fehler sind durch zusätzliche optische Mittel, sogenannte Korrekturoptiken, behoben worden. Sie bestehen aus zwei in der horizontalen Bildmitte aneinanderstoßenden Linsensystemen verschiedener Eigenschaften; die zwischen den beiden Teilen bestehende Stoßfuge ist so schmal, daß sie durch den Trennstrich zwischen zwei Halbbildern verdeckt wird.

Im Strahlengang direkt hinter dem Filmfenster befindet sich das Korrektursystem K 2, das eine verschiedene Verkleinerung der beiden Bildhälften auf der Scheibe und damit einen Ausgleich der verschiedenen Bildgrößen der beiden Halbbilder ergibt; vor dem Filmfenster sitzt die Korrekturoptik K 1, von welcher die eine Hälfte eine zerstreuernde Wirkung, die andere eine sammelnde Wirkung hat; sie ergibt den Ausgleich der Helligkeiten der beiden ungleichen Halbbilder.

Die Einstellung der gesamten optischen Einrichtung muß sehr sorgfältig vorgenommen werden und ist ziemlich umfangreich; es ist jedoch nur eine einmalige Einstellung. Eine Nachstellung tritt nur bei Benutzung von Filmen sehr verschiedener Schrumpfungen auf; normalerweise werden aber auch diese Unterschiede durch den Tiefenschärfenbereich der Abbildungsoptik mit erfaßt, so daß an diesem Teil der gesamten Apparatur im Betrieb keine Nachstellungen erforderlich sind.

II. Betriebsbedingungen beim Einsatz von Filmgebern im Fernsehprogrammtrieb.

Bei der Zusammenstellung eines Fernsehprogramms ist neben der Bildumschaltung eine Einblendung der Bilder verschiedener Geber ineinander notwendig. Dieses gilt für die Studio- wie die Film-sendung. Bei der Benutzung elektronoptischer Abtaster für die Uebertragungen aus dem Studio, also bei stehendem Bild, ist die Uebereinstimmung der Bilder verschiedener Geber durch die Verwendung derselben Gleichlaufsignalfolge für die Steuerung der Abtastorgane und einen damit bei verschieden langen Kabelwegen verbundenen Laufzeitgleich gegeben; der durch die Bild- und die Zeilenaustastung gegebene Bildrahmen ist bei allen Abtastungen der gleiche.

Bei der Filmabtastung muß eine weitere Bedingung erfüllt werden; es muß der auf dem Film zwischen zwei Bildern aufgezeichnete Schwarzbalken mit dem Bildwegtastzeichen des Austastgemisches der Fernseh-sendung zur Deckung gebracht werden; bei Beginn jeder Filmsendung muß also die Lage des Schwarzbalkens bei Ingangsetzen des Filmlaufwerkes durch eine zusätzliche Bewegung des Filmes im Filmfenster von Hand eingestellt werden.

Bei der Abtastung mit kontinuierlichem Filmvorschub und ohne optischen Ausgleich, wie er von der Fernseh G. m. b. H. geübt wird, tritt eine weitere Forderung hinzu. Auch die zur Abdeckung der jeweils nicht zur Abtastung kommenden Bildteile dienende Blende muß synchron zum Bildgleichlaufzeichen des Einkanalgemisches stehen. Da die Blende jedoch nach Inbetriebnahme des Abtasters dauernd laufen kann und ihre Phasenlage zum Bildgleichlaufzeichen infolge der starren Verkopplung der Abtastung und Gleichlaufsignalgabe durch die Scheibe sich nicht ändert, genügt eine einmalige Einstellung bei Sendebeginn; eine Nachstellung der Blendenphase bei Inbetriebnahme des Filmlaufwerkes, also während der eigentlichen Sendung, ist daher nicht erforderlich. Diese Bedingungen müssen erfüllt sein, gleichgültig ob es sich um einen mechanischen Filmabtaster oder um einen elektrischen Filmabtaster mit Sondenröhre handelt. Eine zusätzliche Schwierigkeit ergibt sich, sobald die Bilder mechanischer Abtaster in die Sendung mit einbezogen werden. Bei einem solchen ist der Abtast-rhythmus und damit die zeitliche Lage des Bild- und Zeilenbalkens durch den elektrisch-mechanischen

Antriebsmechanismus der Scheibe gegeben. Die Ungleichmäßigkeiten im Laufe der Scheibe, her-rührend z.B. vom Schlupf der Motoren, können nicht so restlos beseitigt werden, daß die Zeilenphase des Bildes eines Gebers mit der eines zweiten Gebers oder eines netzgesteuerten Taktgebers übereinstimmen. Damit werden also durch die Benutzung mechanischer Abtaster folgende Bedingungen an das Aufnahmesystem gestellt:

1. Zwei mechanische Abtaster können nicht gleichzeitig in dem Uebertragungssystem arbeiten.
2. Der eine im System vorhandene mechanische Abtaster muß die Gleichlaufsignale für das ganze Studio liefern.
3. Sollen mehrere Bilder mechanischer Abtaster benutzt werden, so müssen sie mittels desselben Abtasters gewonnen werden.

III. Beschreibung ausgeführter Anlagen.

Der mechanische Aufbau eines Sondenrohr-Filmabtasters, bei dem neben dem Filmwerk keine

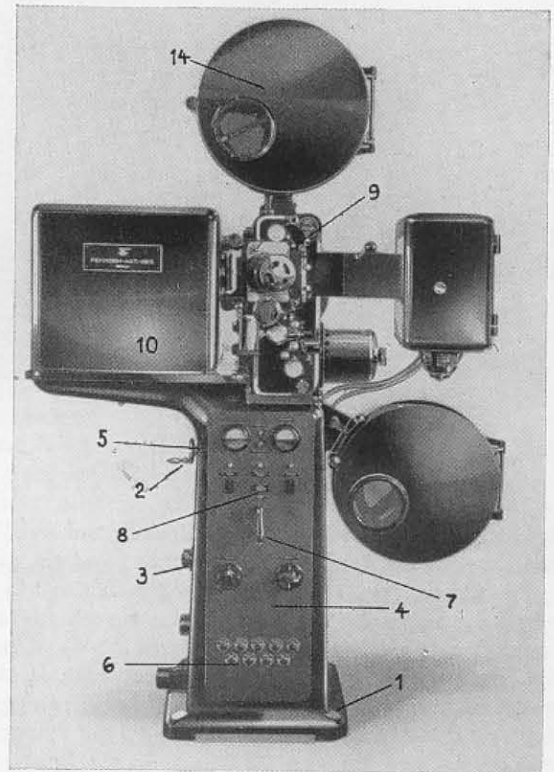


Abb. 4: Filmabtaster mit Sondenröhre.

bewegten mechanischen Massen, wie Antriebsmotoren, Scheiben usw. vorhanden sind, ist bedeutend leichter als der eines Lochscheiben-Abtasters mit Frequenzumformer, Vakuumpumpen usw. Er eignet sich daher für sämtliche Betriebsformen, sei es für stationäre wie für tragbare Anordnungen, während der Lochscheiben-Abtaster nur für stationäre An-

lagen in Frage kommt. Dieser wird z. B. im Fernsehsender Berlin benutzt. Der Sondenröhren-Filmabtaster ist in den Fernsehaufnahmeeinrichtungen des Fernsehsenders Berlin und des Fernsehsenders Rom in Betrieb; er ist dort ebenso erfolgreich eingesetzt worden, wie auf Wanderausstellungen der Deutschen Reichspost.

Filmgeber mit Sondenröhre (Abb. 4 und 5).

Der Abtaster mit Sondenröhre hat in den letzten Jahren keine grundsätzlichen Aufbauänderungen mehr erfahren; jedoch sind Verbesserungen

für das Filmlaufwerk, mit dem ein Anlasser für die Projektionslampe und den Ventilator für die Kühlung der Lampe mechanisch festgekuppelt sind; ein Einschalten der Lampe bei stehendem Filmlaufwerk, das zu einer Beschädigung des Filmes im Filmfenster führen würde, ist damit ebenso ausgeschlossen, wie eine verringerte Lebensdauer der Projektionslampen durch Fehlen des kühlenden Luftstromes. Durch Betätigen des über dem Schalthebel angeordneten Druckknopfes 8 können das Filmlaufwerk und die Lichtquelle außer Gang gesetzt werden.

Der Fuß trägt als wesentliche Konstruktionsteile das Filmlaufwerk 9 und die Sondenröhre, die

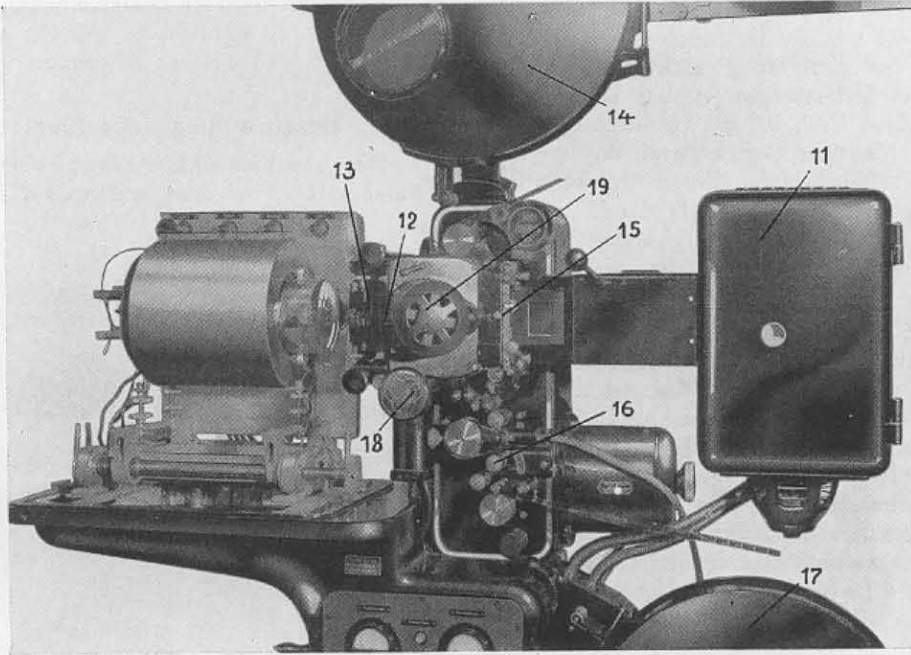


Abb. 5:
Zerlegereinrichtung des Filmabtasters mit Sondenröhre.

der optischen und elektronenoptischen Schärfe, des Flimmereffektes und des Bildstandes möglich gewesen. Abb. 4 zeigt einen derartigen Abtaster, wie er von der Fernseh G. m. b. H. für die verschiedensten Anwendungszwecke geliefert wurde. Als Grundkörper dient ein Leichtmetallfuß 1, er enthält einen Transformator für die Anpassung der Brennspannung der Projektionslampe an die Netzspannung und eine zusätzliche Regelmöglichkeit dieser Spannung, die mittels des seitlich herausgeführten Kurbelgriffes 2 betätigt werden kann. Der Einbau eines Drehsinnschalters 3 für den Filmantriebsmotor, mittels dessen die Filmlaufrichtung vor Inbetriebnahme festgelegt werden kann, hat sich besonders bei den beweglichen Einrichtungen sehr angenehm bemerkbar gemacht. Eine von vorn in den Fuß einschiebbare Schaltplatte 4 trägt die Sicherungen 6, Kontrolleinrichtungen und -lampen 5 und die Bedienungseinrichtungen. In der Mitte befindet sich der Anlasser 7

mit ihrem Zubehör in einem lichtdichten Kasten 10 untergebracht ist. Die Sondenröhre selbst mit den Ablenkspulen und der Spule der magnetischen Linse ist auf einer Dreipunktlagerung aufgebaut und kann zusätzlich in Richtung des einfallenden Lichtes bewegt werden.

Um den Schaft der Sondenröhre herum sind von innen nach außen Zeilenablenkspulen, Bildablenkspulen und die Spule der magnetischen Linse konzentrisch zueinander angeordnet. Sie erstrecken sich von dem den Sekundärverstärker enthaltenden Zylinder bis hinter die Kathode; es ist damit gelungen, ein auch in den Ecken scharfes Bild mit sauberen geometrischen Verhältnissen zu erreichen.

Das Filmwerk ist eine Maschine vom Typ Erne-mann VII B, bei welcher zusätzlich ein Gleichlaufgetriebe eingebaut ist, um einen sauberen Lauf des Filmes zu gewährleisten; es ist Träger der gesamten

optischen Einrichtung (siehe Abb. 5). Auf Führungsstangen ist rechts am Werk das Lampenhaus 11, das die Projektionslampe mit den Kondensoren und dem Ventilator enthält, angeordnet; eine ähnliche Einrichtung dient auf der linken Seite als Träger der Abbildungsoptik 12 und der Prismenanordnung 13. Der Film läuft von der Vorrattrommel 14 über Antriebsrollen zum Filmfenster 15, dann zur Tonabnahme 16 und wird auf der unteren Aufwickeltrommel 17 aufgespult. (In der Abbildung ist für Versuchszwecke eine endlose Filmschleife eingelegt worden, die nicht über die Vorrattrommel und Aufwickeltrommel läuft.) Er kann durch Drehen des Einstellknopfes 18 im Filmfenster zusätzlich bewegt werden, so daß der Trennbalken zwischen aufeinanderfolgenden Bildern auf dem Film bei der Abtastung mit dem Wegastbalken des Fernsehbildes zur Deckung gebracht werden kann. Neben dem Filmfenster ist weiterhin in einem Gehäuse der Blendenmotor 19 untergebracht, dessen Phase durch die das Gehäuse abschließende Ringmutter einmalig bei Inbetriebnahme eingestellt wird.

Zur Steuerung des Abtastorganes dienen die von der Signalzentrale des Studios angelieferten Impulse der Gleichaufolge, z. B. der Synchronanteil des in der Fernschnorm festgelegten Amplitudengemisches zwischen 0—30%. Aus ihm werden die Ablenkströme und die Sperrimpulse für die Erzeugung der Schwarzlücken zwischen aufeinanderfolgenden Zeilen und Halbbildern gewonnen. Da

Sperrimpuls von 11 Zeilen Dauer abgeleitet, der nach Mischung mit der Zeilenimpulsfolge als Austastgemisch dient. Diese Austastung kann grundsätzlich an jeder beliebigen Stelle des Verstärkers erfolgen; es hat sich als zweckmäßig erwiesen, sie direkt in der Sondenöhre derart vorzunehmen, daß der Spiegelplatte während der Schwarzlücken ein pos. Potential gegenüber dem ersten Gitter des Sekundärverstärkers erteilt wird und somit Elektronen in diesen nicht eintreten können.

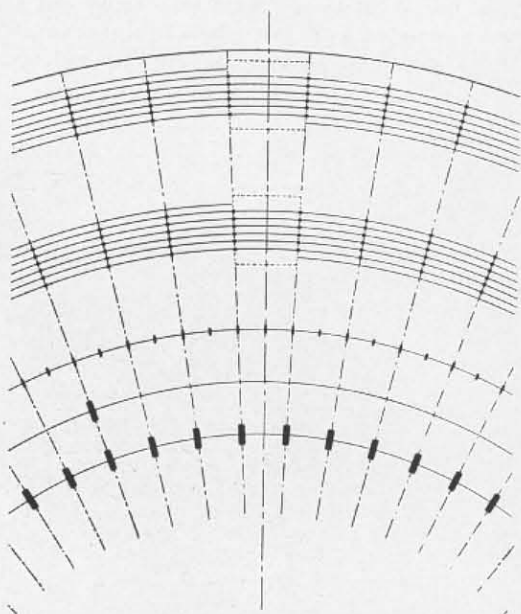


Abb. 7: Scheibe des Abtasters für die Zwillingmaschine.

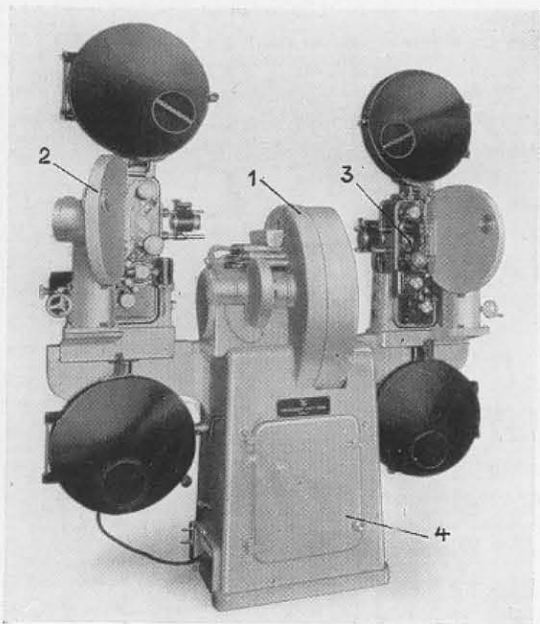


Abb. 6: Mechanischer Abtaster, Zwillingmaschine.

diese Gleichlaufimpulse im Interesse einer guten Zwischenzeilensynchronisierung des Rasters einen Bildwechselimpuls, der kleiner als eine halbe Zeile ist, enthalten, wird aus diesem durch elektrische Impulsverlängerung am Ende jedes Halbbildes ein

Die Abtastung des elektronenoptischen Bildes erfolgt also derart, daß in die Sonde Elektronen entsprechend dem Bildhelligkeitsgemisch und den gewünschten Schwarzastungen hineinfallen. Der Strom des Sekundärverstärkers stellt also das Amplitudengemisch der Deutschen Fernschnorm zwischen dem Pegel 30 und 100% dar. Am Ausgang des 21stufigen Sekundärverstärkers, der bei einer Gesamtspannung von ca. 3 kV eine 3×10^5 -fache Verstärkung hat, erhält man ein negatives Bild mit einer Spannung von nahezu 1 Volt. Eine einmalige Bildumkehr liefert das pos. Gemisch, das zur Steuerung eines NF-Kraftverstärkers mit Kontrollempfänger oder eines Modulationsgerätes für die Fortleitung über längere Kabel dienen kann. Dem Abtaster ist ein Verstärkerspeisegestell zugeordnet. Es enthält die Kippgeräte, die Austastgeräte sowie die für die Kontrolle des Bildes erforderlichen Schaltelemente. In ihm sind weiterhin die betriebsmäßig zu bedienenden Regeleinrichtungen wie die Verstärkung, die Größe und Lage der Kippspannungen usw. untergebracht; Speisegestell und die an der Sondenöhre untergebrachten Schaltelemente — Ablenkspulen, Schärfespulen, Spannungsteiler für den Sekundärverstärker usw. — sind über ein Mehrfachkabel miteinander verbunden.

Mechanischer Abtaster.

Abb. 6 zeigt den neuesten mechanischen Abtaster, der von der Fernseh G. m. b. H. für die Fernsehaufnahmeräume des Fernsehsenders Berlin gebaut wurde. Es ist ein sogen. Zwillingstabtaster; er ermöglicht die gleichzeitige, unabhängige Abtastung von zwei Filmbildern mittels Nipkowscheibenanordnung. Auf einem Leichtmetallfuß 4, der Anlaßvorrichtungen, Vakuumpumpen usw. für den Betrieb des Abtasters enthält, ist der wassergekühlte Scheibenmotor, auf dem das Vakuumgehäuse 1 aufgebaut ist, gelagert. Das Scheibengehäuse ist Träger der Fotozellenanordnungen und der Beleuchtungseinrichtungen für die Gleichlaufimpuls-gabe; die Filmlaufwerke 2

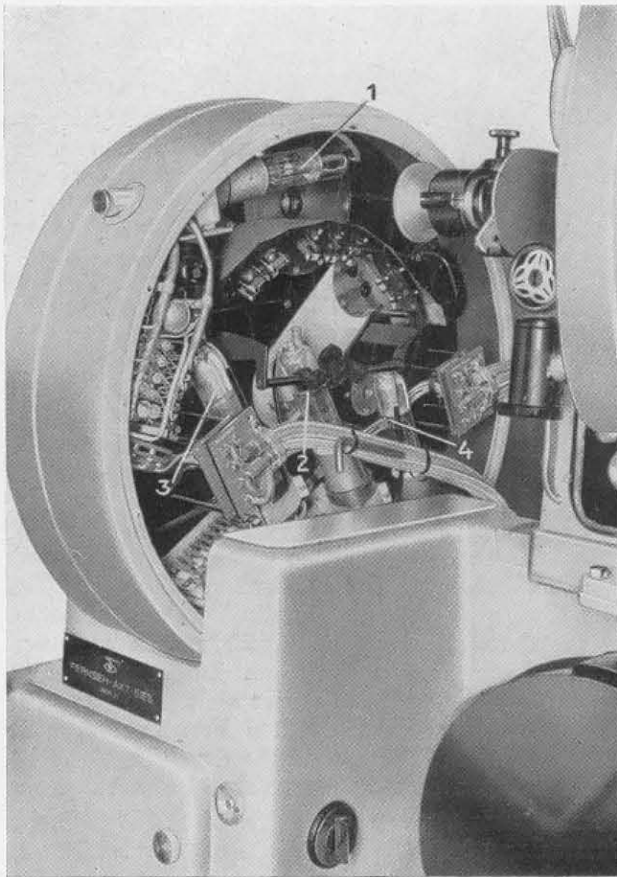


Abb. 8: Photozellenanordnung am Vakuumgehäuse des Abtasters für die Zwillingmaschine.

und 3 sind Träger der optischen Einrichtungen. Sie sind spiegelbildlich zu der im Vakuumgehäuse 1 laufenden Nipkowscheibe auf dem Fuß 4 der Maschine aufgebaut worden und gleichen denen des Elektronenfilmabtasters. Unterschiedlich voneinander sind die bereits beschriebenen optischen Einrichtungen sowie die Blendscheibe, die in einem türartigen Gehäuse untergebracht ist. Die Projektion der Bilder auf die Abtastscheibe wird einmal von rechts nach links und das andere Mal von links nach rechts vorgenommen. Die Filmfenster liegen hierbei

direkt übereinander, so daß sich die Abtastspiralen nur durch den verschiedenen mittleren Durchmesser unterscheiden.

Zur Erzielung kleiner Stanzöffnungen bis zu $\frac{5}{100}$ mm Durchmesser wird die Stanzung nicht direkt in der Scheibe vorgenommen, vielmehr werden in diese Blätter einer Metallfolie von 1- bis 200stel Millimeter Stärke eingelegt und in diese dann die Löcher gestanzt. Die Scheibe trägt eine Siebenfachspirale, deren mittlerer Durchmesser 500 Millimeter für das eine Bild und 600 Millimeter für das andere Bild ist; sie läuft mit 10 500 Umdrehungen pro Minute und erreicht an ihrem äußeren Rand Geschwindigkeiten in der Größenordnung der Schallgeschwindigkeit; diese hohe Geschwindigkeit und der Wunsch nach einem kleinen Antriebsmotor zwingt dazu, Abtastscheibe und Motor im Vakuum laufen zu lassen. Der Antrieb der Scheibe erfolgt über einen netzgetriebenen Periodenumformer, der eine Dreiphasenspannung von 175 Hz an den Scheibenmotor liefert. Der durch diese Frequenzumformung gegebene größere Schlupf der Scheibe gegenüber der Wechselfrequenz des Netzes ergibt noch keine Störungen im Bild, zumal ja die Gleichlaufimpulse von derselben Scheibe abgenommen werden. Er vergrößert jedoch zusätzlich die bei dem Versuch des Ueberblendbetriebes von Bildern zweier mechanischer Abtaster auftretenden Schwierigkeiten.

Die Scheibe enthält dementsprechend eine größere Anzahl von Oeffnungen, die auf Abb. 7 zusammengestellt sind. Die beiden Siebenfachspiralen für die Bildabtastung sind auf den äußersten Teilen der Scheibe untergebracht; auf kleineren Radien sind die Schlitz für die Erzeugung der Gleichlaufimpulse angeordnet, die, da sie bedeutend größer als die Abtastöffnungen sind, direkt in die Scheibe gestanzt werden können. Für die Erzeugung des Synchronisierimpulses wird das Verfahren mit Hilfssignal benutzt: Es wird eine Reihe der doppelten Zeilenfrequenz mit großer Genauigkeit erzeugt und durch elektrische Austastverfahren mittels von der Scheibe angelieferter Hilfssignale aus dieser Impulsreihe jeder zweite bzw. jeder 441. Impuls herausgehoben und so die Zeilen- und Bildfolge gewonnen. Entsprechend trägt die Scheibe einen Kranz mit Löchern der doppelten Zeilenfrequenz, der Zeilenfrequenz und der Bildfrequenz. Die auf der Zeichnung erkennbare Versetzung des Bildhilfsschlitzes gegenüber dem Schlitz doppelter Zeilenfrequenz ist durch eine Versetzung der Abtastblende im Scheibengehäuse wieder ausgeglichen worden. Zur Gewinnung der Impulsfolge doppelter Zeilenfrequenz wird außerdem von einem Summationsverfahren Gebrauch gemacht, um die bei der Scheibenherstellung nicht restlos vermeidbaren Stanzfehler auszugleichen. An Stelle eines Schlitzes werden sieben Schlitz gleichzeitig durchleuchtet und das durchfallende Licht in eine Fotozelle gesammelt. Durch amplitudenmäßiges Beschneiden des so gewonnenen Impulses ergibt sich ein resultierender Impuls, des-

sen Teilungsfehler vernachlässigt werden kann. Entsprechend den verschiedenen Abtastvorgängen sind Beleuchtungseinrichtungen und Fotozellenanordnungen in mehrfacher Ausführung angebracht worden. Abb. 8 zeigt die Anordnungen auf der dem Motor gegenüberliegenden Seite des Vakuumgehäuses; die Sekundärfotозelle 1 dient der Abnahme der Lichtimpulse des Linkswerkes; die entsprechende Fotozelle des Rechtswerkes ist auf der Rückseite des Gehäuses angebracht worden. Die Fotozelle 2 liefert den Doppelzeilenimpuls; durch die Spiegelanordnungen über der Zelle werden die von den verschiedenen Impulsanordnungen durch die Schlitze der Scheibe fallenden Lichtbündel über der Fotozelle gesammelt. Fotozelle 3 und 4 dienen der Abnahme der Hilfssignale. Die Sekundärfotозellen sind untereinander gleich: sie haben 21 Gitter und liefern bei einer Gesamtspannung von ca. 3000 Volt eine 10^5 - bis 10^6 -fache Verstärkung; sie sind gesockelt und können mittels einer Abdruckschraube leicht aus dem Gehäuse entfernt werden.

Die Spannungsteiler für die Sekundärverstärker dieser Fotozellen sowie ein einstufiger Verstärker für die Bildfotozellen sind an dem Vakuumdeckel mitangebracht. Die weiteren Verstärker sind in einem getrennten Verstärkergerüst angeordnet worden, welchem die Impulse über abgeschirmte Kabel zugeführt werden.

Da der Lochscheibenabtaster als Gleichlaufimpulsgeber für die gesamte Studioeinrichtung benutzt wird, ist er durch Gleichlaufsignalverteiler und Kontrollen zu ergänzen, die die weiteren, im Studio aufgestellten Verstärkeranlagen steuern. Um unabhängig von den im Studio laufenden Aufnahmen und Proben eine Fernsehsendung z. B. für die Industrie durchzuführen, ist außerdem eine niederfrequente Mischeinrichtung mit einem trägerfrequenten Einkanal-Modulator vorgesehen, welcher über ein konzentrisches Kabel den drahtlosen Sender unter Umgehung der Misch-Einrichtung beliefern kann. Diese Geräte, die also nicht zur Erzeugung des Bildes direkt dienen, sind an getrenntem Ort untergebracht (siehe Abb. 9).

Zusammenfassung.

Für die Abtastung von Filmen sind von der Fernseh G. m. b. H. zwei Verfahren entwickelt worden:

1. Die elektronenoptische Abtastung mittels einer Sondenröhre nach Farnsworth und
2. die mechanische Abtastung mit Spiralloch-scheibe nach Nipkow.

Der Filmabtaster mit Sondenröhre ist in einer Gesamtanordnung einfacher als der mechanische Abtaster. Das Bild des kontinuierlich im Filmfenster laufenden Filmes wird durch ein Prismensystem in zwei, um die halbe Bildhöhe versetzte Bilder zerlegt, die auf die Kathode der Zerlegerröhre abgebildet werden; von diesen beiden Halbbildern wird jeweils eins durch eine synchron zur

Abtastung laufenden Blende vor dem Filmfenster abgedeckt. Das Bildfeld auf der Zerlegerröhre, in welchem sich die beiden Bilder überlappen, wird abgetastet. Das elektronenoptische Bild wird durch eine magnetische Linse in die Ebene einer Sonde abgebildet und durch ein magnetisches Ablenkfeld vor dieser hin- und herbewegt. Die durch die Sonde fallenden Elektronen werden in einem Sekundärverstärker vervielfacht, dessen Ausgang eine Spannung von ca. 1 Volt liefert.

Der von der Fernseh G. m. b. H. für den Fernsehsender Berlin gelieferte mechanische Abtaster ist ein Zwillingabtaster; er ermöglicht die gleichzeitige und unabhängige Uebertragung von zwei Filmbildern. Dafür trägt die Abtastscheibe, die mit 10 500 Umdrehungen pro Minute im Vakuum läuft, zwei Siebenfachspiralen; die optischen Einrichtun-

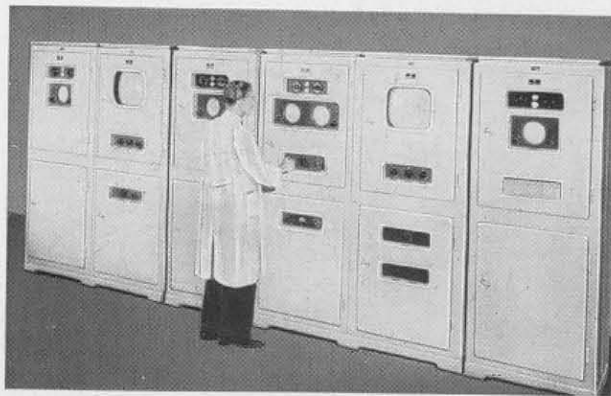


Abb. 9: Verstärkerfeld für Gleichlaufsignalerzeugung und Einkanalmodulation im Fernsehsender Berlin.

gen sind spiegelbildlich zur Scheibe angeordnet, so daß die Projektion des Lichts einmal von rechts nach links, das andere Mal von links nach rechts durch die Scheibe erfolgt. Die Umwandlung der Lichtimpulse in elektrische Impulse wird durch Fotozellen mit eingebautem Sekundärverstärker vorgenommen; diese liefern eine Ausgangsspannung von ca. 1 Volt. Der Abtaster dient gleichzeitig als Gleichlaufimpulsgeber; mittels des Hilfssignalverfahrens werden durch Heraustastung einzelner Impulse aus einer Folge von Impulsen doppelter Zeilenfrequenz phasenstarre Impulse für Bild- und Zeilenfolge erzeugt. Zur Verringerung der durch die mechanische Herstellung der Abtastöffnungen der Gleichlaufimpulse möglichen Teilfehler wird durch eine Mittelwertbildung über sieben Impulse der Restfehler auf einen nichtstörenden Betrag zurückgebracht.

Der mechanische Abtaster stellt, da der Schlupf einer mechanisch angetriebenen Scheibe gegenüber der Frequenz des Netzes die bei der Abtastung eines Fernsehbildes zulässige Größe überschreitet, an den Aufbau eines Fernsehsystems zusätzliche Betriebs-erfordernisse:

1. Zwei mechanische Abtaster können nicht gleichzeitig in dem Uebertragungssystem arbeiten.
2. Der eine im System vorhandene mechanische Abtaster muß die Gleichlaufimpulse für das ganze Studio liefern.
3. Sollen mehrere Bilder mechanischer Abtaster benutzt werden, so müssen sie mittels desselben Abtasters gewonnen werden.

SUMMARY.

About Television Film Scanners.

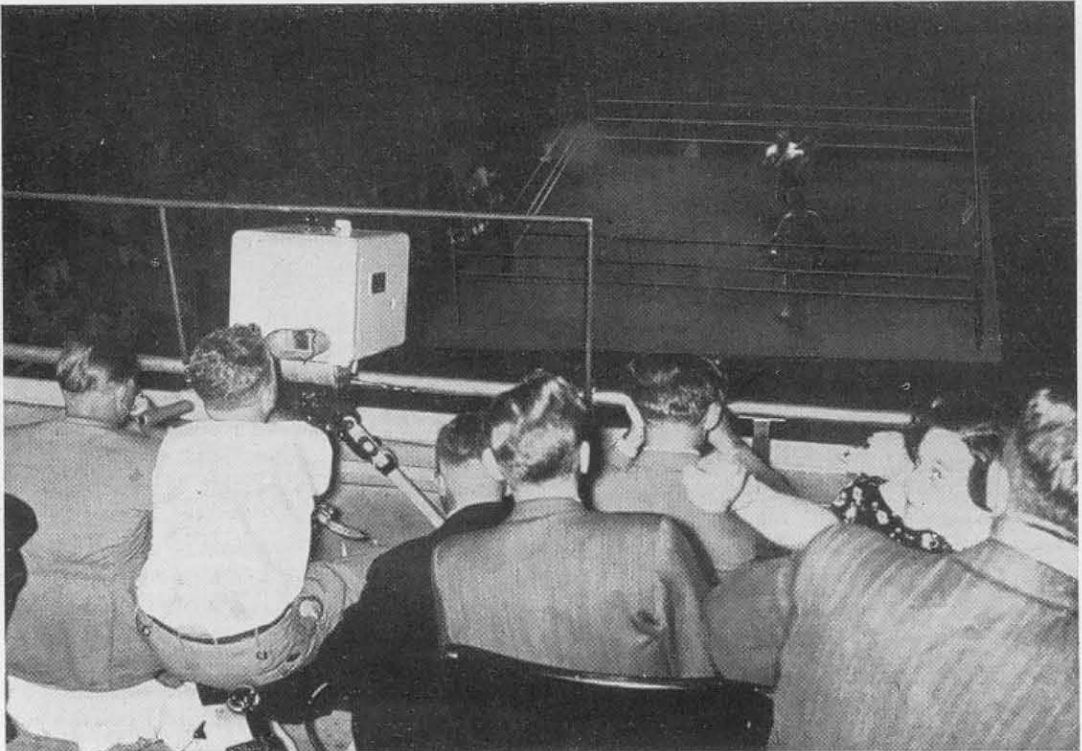
Two types of film scanning devices have been developed by Fernseh G. m. b. H. The dissector tube scanner operates with a continuously moving film and a

prism arrangement producing two partly overlapping optical images upon the photoelectric cathode for producing the interlace pattern. The second type of film scanner makes use of a Nipkow-disk having two spirals of holes with 7 turns each so that two different films may be scanned simultaneously or successively by one and the same disk. In a combined studio equipment the synchronizing impulses are derived from the mechanical scanner.

Schrifttum.

Fernseh G. m. b. H. Hausmitteilungen:

- | | |
|------------------------------|------------------------------|
| (1) 1. Band, Heft 1, S. 24. | (2) 1. Band, Heft 2, S. 6. |
| (3) 1. Band, Heft 3, S. 102. | (4) 1. Band, Heft 3, S. 98. |
| (5) 1. Band, Heft 4, S. 130. | (6) 1. Band, Heft 6, S. 226. |
| (7) 2. Band, Heft 1, S. 36. | |



Fernseh-Uebertragung eines Boxkampfes aus dem Berliner Sportpalast.

Die technischen und örtlichen Bedingungen, unter denen die Uebertragung von Ereignissen außerhalb des Studios stattfinden, sind nicht immer günstig und es steht meist nur wenig Zeit für die Vorbereitung zur Verfügung.

Die Fernseh-Reportage-Kamera erfüllt die mannigfaltigen Forderungen durch hohe Bildgüte, große Empfindlichkeit, geringes Gewicht und geringe Abmessungen, bequeme Bedienung, leichte Transportfähigkeit und die Möglichkeit getrennter Aufstellung von Kamera und Verstärkeranlage.