

BERLIN

FUNK- TECHNIK

FERNSEHEN · ELEKTRONIK

4 | 1959 +

2. FEBRUARHEFT

Gutes Geschäftsjahr 1958 in der Phonoindustrie

Die Schallplattenindustrie konnte 1958 ihre Produktion, die im Vorjahre mit 57 Mill. Stück beziffert wurde, auf etwa 58 Mill. Stück erhöhen. Der Export ist mit rd. 10 Mill. Stück gleich groß wie im Vorjahre. Die Stereo-Schallplatten spielen bei der Betrachtung des gesamten Geschäftsjahres noch keine Rolle.

Die Hersteller von Plattenspielern und -wechslern haben im Hinblick auf die zu erwartende Einführung der Stereo-Schallplatten im Sommer 1958 eine einschneidende Produktionsumstellung vornehmen müssen, die sie mit Geschick gemeistert haben, denn die zahlenmäßige Produktion der Geräte hat mit knapp 2 Mill. Stück die gleiche Höhe wie 1957. Der Export betrug etwa 28% der Produktion. Heute produzieren alle Hersteller in der Hauptsache Stereo-Plattenspieler und -wechsler, die für die Käufer insofern günstig sind, als man mit ihnen sowohl die gebräuchlichen monauralen Schallplatten als auch die Stereo-Platten abspielen kann. Die Aufwärtsentwicklung, die man in den letzten Jahren bei den Magnetongeräten beobachten konnte, hat sich auch im Jahre 1958 fortgesetzt. Die Produktion der Magnettonbandgeräte liegt mit über 1,1 Mill. Stück um 43% höher als im Vorjahre. Ganz besonders gut entwickelt haben sich auf Grund der verfeinerten Technik und der erhöhten Qualität der Tonbänder die Magnetongeräte mit niedrigen Geschwindigkeiten. So sind z. B. die Geräte mit zwei Geschwindigkeiten von 25 000 auf mehr als 110 000 Stück gestiegen. Auch die Tongeräte, die sich als Tonträger nicht des Tonbandes, sondern der Magnetplatte, der Manschette, des Drahtes oder des Schallbandes bedienen, haben eine sehr günstige Entwicklung genommen. Sie liegen in der Produktion mit etwa 175 000 Stück etwas über doppelt so hoch wie im Vorjahre. Der Export der Tonbandgeräte beträgt 50% der Produktion und hat gegenüber dem Vorjahre eine Steigerung um 80 000 Stück erfahren.

Zum Thema Pd2H

Im Heft 3/1959, S. 66, meldeten wir, daß 101 Firmen die Preisbindung gekündigt haben. Inzwischen haben die dort genannten Firmen die Preisbindung wieder eingeführt. Andere Firmen sind bei der Preisbindung geblieben, haben aber ebenso wie die genannten 101 Firmen die Brutto-Preise gesenkt und eine neue Rabattordnung eingeführt. Damit sind die Geräte nachstehender Firmen preisgebunden: AEG, Akkord-Radio, Blaupunkt, Braun, Graetz, Grundig, Loewe Opta, Metz, Nordmende, Philips, Saba, Schaub-Lorenz, Siemens und Telefunken. Die Preisenkungen liegen im Durchschnitt zwischen 8% und 15%. Ohne Preisbindung arbeiten zur Zeit u. a. die Firmen Emud, Imperial, Kaiser, Körting, Kuba, Tonfunk und Wege.

Die neuen Reise-Empfänger

Nach bisher vorliegenden Informationen kommen in der neuen Saison unter anderem folgende Reise-Empfänger auf den Markt:

Loewe Opta
„Terry“: 6 Transistoren + 1 Ge-Diode, Batteriebetrieb, M, Ausgangsleistung 200 mW, Lautsprecher 6 cm Ø, Kopfhöreranschluß, Ferritstabantenne, Abmessungen 7,2 X 11,4 X 3,2 cm, Gewicht etwa 290 g o. B.

„Lord“: 6 Transistoren + 2 Ge-Dioden, Batteriebetrieb, ML, 3 Drucktasten, Gegentakt-Endstufe, Ausgangsleistung 400 mW, Lautsprecher 10 cm Ø, Ferritstabantenne, Abmessungen 26 X 18 X 7,5 cm, Gewicht 2,2 kg o. B.

Ferner die dem Namen nach schon bekannten Empfänger für Netz/Batterie-Betrieb „Tilly“ und „Lissy“.

Schaub-Lorenz
An Neuheiten erscheinen:
„Golf T 200“: 7 Transistoren + 3 Ge-Dioden, Batteriebetrieb, ML, Gegentakt-Endstufe, Ausgangsleistung 0,7 W, Lautsprecher 12 cm Ø, Ferritstabantenne, Abmessungen 28 X 18,3 X 8,7 cm, Gewicht 2,2 kg.

„Amigo U 300“: 7 Rö + 2 Ge-Dioden + Tgl., Netz/Batteriebetrieb, UKML, Lautsprecher 12 cm Ø, Ferritstabantenne, Teleskop-Antenne, Abmes-

sungen 31,5 X 21,5 X 11,5 cm, Gewicht 4,3 kg.

Ein drittes Gerät folgt noch.

Tonfunk
„trans 59“: 7 Transistoren + 2 Ge-Dioden, Batteriebetrieb, ML, Ferritstabantenne, Gewicht 2 kg o. B.

Akkord-Radio
s. FUNK-TECHNIK Bd. 13 (1958), Nr. 22, S. 742.

Druckschriften

Dual Gebr. Steidinger
Schallplatten-Stereophonie DIN A 4, 20 S. „Schallplatten-Stereophonie, Prinzip und praktische Anwendung“, so lautet der Titel einer neuen technischen Information. Diese sehr verständlich gehaltenen Erläuterungen über das aktuelle Problem der Stereophonie dienen zur Unterrichtung des Verkaufspersonals der Fachgeschäfte. Die neue Druckschrift kann unter der Bezeichnung „W 36“ von Dual Gebrüder Steidinger, St. Georgen/Schwarzwald, angefordert werden.

Grundig
Technische Informationen Nr. 1/1959

DIN A 4, 28 S. Ausführlich wird über die „Magnetomatic“, die neue magnetische Scharfabstimmungs-Automatik für Grundig-Fernsehempfänger, berichtet. Weitere Aufsätze behandeln den nachträglichen Einbau eines UHF-Vorstufen-Tuners in Fernsehgeräte und die Arbeitsweise des Stationstabulators für Rundfunkempfänger. Der neue Tonbandkoffer „TK 50“, der neben Mono-Aufnahme und -Wiedergabe auch das Abspielen von Stereo-Tonbändern erlaubt, wird ferner mit ausführlichen technischen Angaben vorgestellt. Ebenso werden Schaltung und Handhabung des neuen Universal-Röhrenvoltmeters „RV 2“ beschrieben. Reparatur-Anweisungen für polyesterbeschichtete Gehäuse-Oberflächen und Hinweise für die richtige Aufstellung von Stereo-Konzertschränken runden den Inhalt des Heftes ab.

Radio Fern
Transistor-Baubest
DIN A 5, 52 S. „Transistor-Empfänger-Schaltungen und Bauteile“ ist der Titel dieser neuen Broschüre. Sie enthält im ersten Teil Angaben für den Bau verschiedenster Transistor-Empfänger sowie NF-Verstärker, Lichtschranken, Fotoblitzzgerät, Gleichspannungswandler, Multivibrator, NF-Generatoren, Strahlungsmeßgerät usw. Der anschließende Teil der Druckschrift führt vielerlei Einzelteile auf. Schutzgebühr für das Heft: 0,70 DM.

Rafena
Informationen für den Fern-sehkundendienst Nr. 3/1958

DIN A 5, 16 S. Die Hauptbeiträge behandeln technische Einzelheiten des neuen Fernsehgerätes „Favorit“ und Impulsabtrennschaltungen in Rafena-Fernsehgeräten.

AUS DEM INHALT

2. FEBRUARHEFT 1959

FT-Kurznachrichten	98
Forschungsergebnisse des Geophysikalischen Jahres	99
Magnetische Bildaufzeichnung nach dem Ampex-Verfahren	100
Ergebnisse einer Stereo-Demonstration im Rundfunk	102
Elektrische Analogrechner — Technische Grundlagen	104
Drehmelder und ihre Anwendungen (8)	106
Schweizer Fernsehnetz im Tessin eröffnet	109
Für den KW-Amateur	
Umschaltfeld für KW-Antennen	110
Beilagen	
Schaltungstechnik	
Transistor-Schaltungstechnik (7)	111
Der Oszillograf als Meßgerät	
Oszillografische Meßbeispiele (26)	113
Einbau-Magnetron für den Selbstbau	115
Persönliches	118
Strom- und Spannungsmessungen in Stromkreisen mit Röhren und Transistoren	119
Grundlagen und Praxis der Strahlungsmeßtechnik (3) Fortsetzung	121
Aus Zeitschriften und Büchern	
Ein neuartiges Gerät zum Messen von Hochfrequenzenergie	123
FT-Briefkasten	
Hyperbolische Funktionen	126

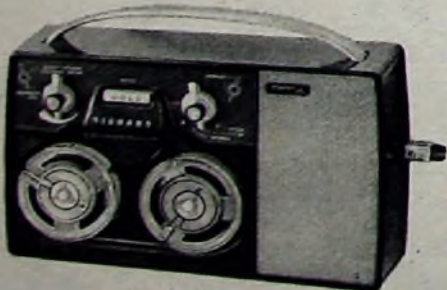
Unser Titelbild: Die Richtstrahl-Parabol-Empfangsantenne auf dem San Salvatore im Tessin wurde so aufgestellt, daß sie das Landschaftsbild so weit wie möglich stört (s. S. 109). Aufnahme: PTT

Zeichnungen vom FT-Labor (Bartsch, Baumelburg, Rehberg, Schmidtke, Schmah, Straube) nach Angaben der Verfasser. Seiten 124, 127 und 128 ohne redaktionellen Teil

VERLAG FÜR RADIO-FOTO-KINOTECHNIK GMBH, Berlin-Borsigwalde, Eichborndamm 141—147. Telefon: Sammel-Nr. 492331. Telegrammanschrift: Funktechnik Berlin. Fernschreib-Anschluß: 0184352. Fachverlage bin. Chefredakteur: Wilhelm Rath, Berlin-Frohnau; Stellvertreter: Albert Jänicke, Berlin-Haselhorst; Chefkorrespondent: Werner W. Diefenbach, Berlin und Kempen/Allgäu. Postfach 229, Telefon: 6402. Anzeigenleitung: Walter Bartsch, Berlin. Postcheckkonto: FUNK-TECHNIK, Postcheckamt Berlin West Nr. 2493. Bestellungen beim Verlag, bei der Post und beim Buch- und Zeitschriftenhandel. FUNK-TECHNIK erscheint zweimal monatlich; sie darf nicht in Lesezirkel aufgenommen werden. Nachdruck — auch in fremden Sprachen — und Vervielfältigungen (Fotokopie, Mikrokopie, Mikrafilm usw.) von Beiträgen oder einzelnen Teilen daraus sind nicht gestattet. Satz: Druckhaus Tempelhof, Berlin; Druck: Eisnerdruck, Berlin SW 68.

„Niki“ Tonband-Box mit Transistoren

Ein batteriebetriebenes preisgünstiges Tonbandgerät wurde jetzt von Grundig vorgestellt. Die neue Tonband-Box „Niki“ kann mit einem Batteriesatz 10...15 Stunden betrieben werden und ist auch an einer 6-V. Autobatterie anschließbar. Das Gerät ist mit 4 Transistoren bestückt. Technische Daten: 150...6000 Hz; Doppelspur; 9,5 cm/s (regelbar ± 20%); 8-cm-Spulen; 2 X 15 min Spieldauer; eingebauter Mikrofonverstärker; Aussteuerungsregler; Lautstärkeregl.; Gegentakt-Endstufe. Ovallautsprecher; Kunststoffgehäuse 28 X 17 X 9 cm; 2,5 kg ohne Batt. (Preis 158 DM ohne Batterie, Mikrofon 19,50 DM, Spule 5,60 DM)





Chefredakteur: WILHELM ROTH · Chefkorrespondent: WERNER W. DIEFENBACH

Forschungsergebnisse des Geophysikalischen Jahres

Denkt man an die Anfänge der drahtlosen Technik, dann taucht die Erinnerung an viele klangvolle Namen bekannter Pioniere auf, die im heutigen Physikunterricht zu den Berühmtheiten zählen. Die Forscher von damals improvisierten und experimentierten, während die Forscher von heute systematisch arbeitende Wissenschaftler geworden sind. Ihrer Arbeit kann im internationalen Rahmen ein bedeutend größerer Wirkungsgrad geboten werden, denn hier lösen routinierte Teams Forschungsaufgaben in kollegialem Zusammenwirken binnen kürzester Zeit, also nicht mehr in Zeiträumen von Jahrzehnten.

Ein Beispiel moderner Forschungsarbeit ist das „Unternehmen IGJ“, als Internationales Geophysikalisches Jahr auch in der Öffentlichkeit bekannt. Während eines Abschnittes von achtzehn Monaten arbeiteten vom 1. Juli 1957 bis zum 31. Dezember 1958 mehr als 30000 Wissenschaftler und Techniker aus 66 Ländern auf rund 4000 über die ganze Erde verteilten Hauptstationen und etwa der gleichen Anzahl kleinerer Beobachtungsstationen zusammen, um den grandiosen Aufbau und Organismus der Natur und die in ihr sich vollziehenden Vorgänge zu studieren. Wissenschaftlichen Forschungsaufgaben auf funktechnischem Sektor und dessen Randgebieten bot sich eine einmalige Chance, bisher ungeklärte Zusammenhänge zu ergründen. Der Untersuchungszeitraum fiel in ein Sonnenfleckenmaximum mit den damit verbundenen günstigen Ausbreitungsbedingungen der hohen Frequenzen. Als ob die Sonne selbst zum Gelingen des Unternehmens beitragen wollte, setzten gerade zwei Tage vor dem offiziellen Beginn des IGJ heftige Eruptionen ein, die von einem großartigen Feuerwerk am nächtlichen Himmel begleitet waren.

Besonders interessant für den Sektor Funktechnik sind die Magnetstürme. Sobald die bei starken Sonnenausbrüchen auftretende Strahlung nach 1,5 bis 2 Stunden die Erde erreicht, sinkt die unterste elektrisch geladene D-Schicht der Atmosphäre — sie reflektiert Radiowellen — von 80 auf 62 km Höhe ab. Gleichzeitig tritt eine starke Ionisierung der unmittelbar darüberliegenden Zone ein. Dieses Phänomen gilt als eine Ursache für mehr oder weniger starke Störungen des KW- und des UKW-Funkverkehrs. Die gleichzeitig von der Sonne ausgestoßenen Partikelströme — es sind vorwiegend Protonen, schwere Partikel und Elektronen — gelangen erst nach ein bis zwei Tagen in Erdnähe. Sie verursachen dann Polarlichter, Magnetstürme und Gewitter, die gleichfalls den Funkbetrieb vorübergehend stark beeinträchtigen und sogar völlig lahmlegen können. Dem Studium dieser Phänomene widmeten sich 129 Beobachtungsstationen in 30 am IGJ beteiligten Ländern. Ein Sonderprojekt war in diesem Zusammenhang die Erforschung der sogenannten elektrischen Ringströme. Diese umkreisen hoch in der Atmosphäre in Stärke von mehreren hunderttausend Ampere die Erde. Die Theorie von der Existenz eines dichten, verhältnismäßig abgegrenzten Stroms über dem erdmagnetischen Äquator und zweier weniger dichter, breiter ausgezogener Ströme über den beiden Polen konnte weiter erhärtet werden. Man nimmt nun an, daß diese Ströme viele der magnetischen Effekte während der magnetischen Gewitter verursachen. Die Magnetstürme setzen nach neuester Auffassung der Wissenschaftler ein, sobald die Strahlung und die Partikelströme von Sonneneruptionen in den Bereich des erdmagnetischen Feldes gelangen.

An der Beobachtung von Polarlichtern und anderen Leuchteffekten beteiligten sich in den IGJ-Ländern 49 Stationen. Was als Polarlicht bezeichnet wird, spielt sich vorwiegend in Höhen zwischen 70 und 150 km ab. In denen die Atmosphäre ständig ultraviolette, sichtbare und Infrarot Strahlen aussendet. Mit Ballonsonden beobachtete man während des IGJ darüber hinaus Röntgenstrahlung. Sie tritt im Zusammenhang mit Polarlichtern auf und stößt bis in „Tiefen“ von 24 km vor.

Viele Untersuchungen galt während des IGJ der Ionosphäre. Zu ihrer Erforschung — sie beginnt in etwa 80 km Höhe und erstreckt sich in noch unbekannt Weiten des Raums — sind Raketen ein wertvolles Hilfsmittel. Abgesehen von den Erdsatelliten, setzten die beteiligten Länder Hunderte von Forschungsraketen auf ihren Stationen in der Arktis, Antarktis, auf den Kontinenten und im Pazifik ein. Mit dieser Art Höhensonden ergänzte man die Auslastung der Ionosphäre durch Funkmessungen. Zum ersten Male gelang es, auch die ionosphärischen Vorgänge über dem Südpolargebiet zu klären. Von der Beobachtungsstation Amundsen-Scott am Südpol wurde durch aufgezeichnete Echos von Radiosignalen — eine 220-cm-Antenne strahlte alle 15 Minuten Impulse senkrecht nach oben — die überraschende Tatsache festgestellt, daß auch im Winter, in dem Sonnenstrahlen als Energieträger niemals bis in die tieferen Ionosphärenschichten am Pol vordringen, trotzdem eine relativ starke Ionisierung erhalten bleibt. Diesen Umstand bringt man jetzt mit dem erdmagnetischen Feld in Zusammenhang.

Ein ergiebiges Forschungsfeld bildete die Untersuchung der durch Gewitterblitze in der Atmosphäre ausgelösten Funksignale. Diese folgen dem Verlauf der erdmagnetischen Kraftlinien von der einen bis zum Polargebiet der anderen Erdhemisphäre und können auf niedrigen Radiofrequenzen als Pfeifstöne wahrgenommen werden. Sie lassen sich zum Messen der atmosphärischen Dichte auf dem von ihnen zurückgelegten Weg benutzen. Die IGJ-Experimente zeigen, daß für die Ionendichte und Molekülkonzentration in sehr großen Höhen viel höhere Werte angenommen werden müssen als bisher und daß die Atmosphäre offenbar viel weiter in den Raum hinausreicht.

Zu den funktechnisch interessanten Ereignissen gehörte auch die Beobachtung von Satellitensendern, ein weltweites Unternehmen, das von großem Erfolg gekrönt war. Die zur Erde geschickten Signale wurden von 11 offiziellen Minitrack-Stationen laufend registriert. Die schwächeren Signale fingen mit Spezialgeräten fünf sogenannte Microlack-Stationen auf. Zur Ergänzung der Meßstreifen und Magnetbandaufzeichnungen dieser offiziellen IGJ-Empfangszentren erwiesen sich die zahllosen im Rahmen der Programme „Moonwatch“ (Gruppen für Teleskopbeobachtung), „Moonbeam“ (Beobachtungen versierter Funkamateure) usw. von Amateuren in aller Welt gesammelten Daten von unschätzbarem Wert.

Es wäre ein Fehler, wenn man übersehen würde, auf die Rolle hinzuweisen, die die Funktechnik als Hilfsmittel dieses großartigen Forschungsunternehmens spielte. Allein die Nachrichtenübermittlung im Rahmen eines Sonderfunknetzes erreichte ungewöhnliche Ausmaße, und die groß angelegten Forschungsarbeiten in der Antarktis, die Entdeckung neuer Unterwassergebirge im Südpazifik oder im Nördlichen Eismeer wären ohne funktechnische Hilfsmittel undenkbar.

Auf vielen Gebieten der Wissenschaft brachte das IGJ 1958 überraschende Ergebnisse. Es sei nur auf den Anfang 1958 durch Satelliten entdeckten „Van-Allen-Strahlungsgürtel“ hingewiesen, der für die Raumfahrt ein noch ungelöstes Problem bildet. Viele Forschungsergebnisse zeigten hochinteressante neue Entdeckungen oder bedürfen noch weiterer Untersuchungen. Die Teilnehmerländer vereinbarten daher, die Untersuchungen auf vielen Gebieten (u. a. Physik der Ionosphäre, Erdmagnetismus, Sonnenbeobachtung und Antarktisforschung) im Rahmen des neuen Programmes der „Internationalen Geophysikalischen Zusammenarbeit 1959“ fortzuführen. Die vollständige Registrierung und Katalogisierung aller während der vergangenen 18 Monate gesammelten Daten der IGJ-Zentralen dürfte aber kaum vor dem Frühjahr 1960 abgeschlossen sein. Hieran wird sich auf vielen Gebieten erst die gründliche Auswertung anschließen.

Werner W. Diefenbach

Magnetische Bildaufzeichnung nach dem Ampex-Verfahren

Der Wunsch, eine Fernsehsendung festzuhalten, um sie zu gegebener Zeit wieder auf den Bildschirmen erscheinen zu lassen, ist so alt wie das Fernsehen selbst. Dazu wurden auch schon viele Verfahren entwickelt, die den normalen Kinofilm zur Speicherung des Fernsehbildes verwenden. Nach der Entwicklung des Filmes kann das Fernsehbild mit einem Filmabtaster abgetastet und wieder gesendet werden.

Wegen der Schwierigkeiten und Nachteile dieses Verfahrens und wegen des großen Erfolges und der Vorteile der Magnetton-technik bei der Aufnahme von Schallereig-

Diese hohe Geschwindigkeit wird beim Ampex-Verfahren nun tatsächlich angewendet. Das erfolgt aber nicht in der Weise, daß man das Magnetband mit der Geschwindigkeit von 40 m/s am Magnetkopf vorbeilaufen läßt (auch solche Geräte wurden entwickelt), sondern ein Kunstgriff, der den Kernpunkt dieses Verfahrens bildet, ermöglicht es, geringere Bandgeschwindigkeiten zu verwenden: Man läßt das Band nur langsam mit etwa 40 cm/s laufen und schreibt die Magnetspuren quer zum Band. Die Magnetköpfe bewegen sich dementsprechend quer zum Band, und zwar mit der hohen Relativgeschwindigkeit von 40 m/s.

Es sind vier gleiche Köpfe vorhanden, die auf dem Umfang einer mit 250 U/s umlaufenden Scheibe von etwa 50 mm Durchmesser gleichmäßig verteilt sind (Bild 1). Die Scheibe wird von einem Synchronmotor angetrieben; ihre Drehachse ist parallel zur Laufrichtung des Magnetbandes, das man durch eine besondere konkave Führung an der Kopscheibe vorbeiführt. Die magnetischen Querspurten folgen in dichtem Abstand aufeinander (Bild 2). Da die Kopscheibe mit 250 U/s umläuft, werden von den vier Köpfen 1000 Querspurten je Sekunde aufgezeichnet, die die Information von 50 Halbbildern oder 15 625 Fernsehzeilen enthalten. Bei 0,25 mm Spurbreite und 0,4 mm Spurbestand sind dazu 40 cm Magnetband erforderlich (Bandgeschwindigkeit 40 cm/s gegenüber der Aufzeichnungsgeschwindigkeit quer zum Band von 40 m/s). Damit bei der Wiedergabe zur Ablösung eines Kopfes durch den folgenden ein genügend großer Überlappungsbereich vorhanden ist, werden je Magnetzeile etwa 19 Bildzeilen aufgezeichnet, von denen man aber nur 16...17 zur Wiedergabe verwendet.

Auf diese Weise lassen sich zwar die hohen Videofrequenzen aufzeichnen, es ergeben sich aber jetzt Schwierigkeiten, die Signale mit tiefen Frequenzen auf dem Magnetband zu speichern (beim Fernsehen muß sogar noch Gleichstrom übertragen werden). Eine Frequenz von 20 Hz hat bei 40 m/s Aufzeichnungsgeschwindigkeit eine Wellenlänge von 2 m, und man kann sich leicht vorstellen, daß die magnetischen Flußänderungen über eine so große Länge bei der Abtastung zu Spannungen führen würden, die unter dem allgemeinen Störpegel liegen.

Zur Lösung dieses Problems wurde bei dem Ampex-System ein Modulationsverfahren angewendet, das es gestattet, den Bereich der tiefen Frequenzen höher zu legen. Amplitudenmodulation schied aus, weil hierbei die Amplitude des Trägers die Information enthält und unterschiedliche Empfindlichkeit des Magnetbandes zu Pegelschwankungen führen würde. Dadurch würden sich Störsignale ergeben, die nicht zu dem aufgezeichneten Bild gehören und stark in Erscheinung treten würden. Man wählte daher ein Frequenzmodulationssystem, bei dem jedoch die hierfür sonst üblichen Voraussetzungen vollkommen außer acht gelassen wurden. Bei FM soll normalerweise der Träger etwa um den Faktor 10 über der höchsten zu übertragenden Frequenz (Modulationsfrequenz) liegen und der Hub klein gegen die Trägerfrequenz sein. 4 MHz obere Grenzfrequenz erfordern also einen Trä-

ger von 40 MHz, und damit wäre man wieder in Gebiete gekommen, deren Aufzeichnung praktisch unmöglich ist. Man legte daher den Träger nur wenig über die höchste Modulationsfrequenz auf etwa 5 MHz und verwendete einen relativ großen Hub (0,5 MHz). Bei niedrigen Signalfrequenzen ergibt sich dann eine Auswanderung des Trägers von 4,5 bis 5,5 MHz, während bei den hochfrequenten Videosignalen bis 4 MHz zwei Seitenbänder mit dem Frequenzbereich 1 bis 9 MHz entstehen (von den Seitenbändern höherer Ordnung sei hier abgesehen). Das Ampex-Verfahren überträgt von diesem Spektrum nur das Band von etwa 0,5 bis 6 MHz, während das obere Seitenband nicht mehr berücksichtigt wird. Den dadurch bedingten Frequenzgang (Abfall bei höheren Videofrequenzen) gleicht man durch entsprechende Entzerrung vor der Modulation aus.

Der Einwand, daß bei einem derartigen Modulationssystem nichtlineare Verzerrungen entstehen, trifft prinzipiell zu. Diese Verzerrungen treten im Bild jedoch praktisch nicht in Erscheinung, da nur hohe Frequenzen nichtlinear verzerrt wiedergegeben werden, und diese treten im Bild nur an Kanten und Linien in Erscheinung. Das Auge kann aber nicht unterscheiden, ob die steile Schwarz-Weiß-

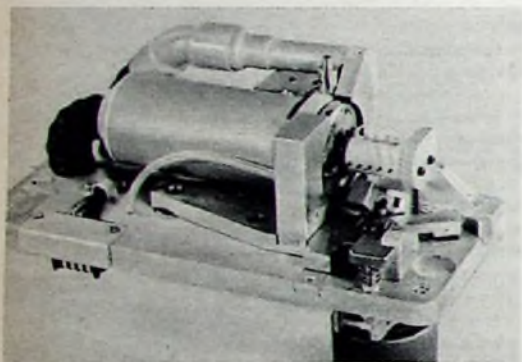
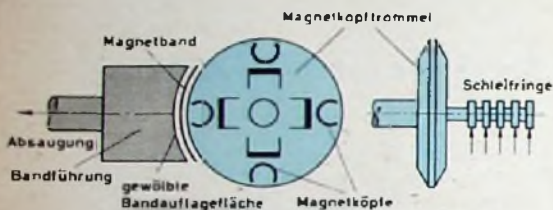


Bild 1. Vier-Magnetkopf-Träger für das Ampex-Bildaufzeichnungsgerät. Darunter: Schematische Darstellung der Magnettrommel mit den vier symmetrisch angeordneten Video-Köpfen und dem Laufwerk

nissen lag es nahe, zu versuchen, auch Fernsehsendungen als zeitliche Folge von elektrischen Signalen auf Magnetband aufzunehmen, um sie dann später bei der Abtastung des Magnetbandes wieder als gleichwertige Signalfolge zur Verfügung zu haben. Es wurden sehr bald schon Versuche unternommen, derartige Video-Magnetbandgeräte zu entwickeln, jedoch hat sich in der Praxis vor allem das von der Firma Ampex in den USA gefertigte Gerät durchsetzen können.

Die Schwierigkeiten bei der Entwicklung eines für die Praxis brauchbaren Gerätes sind in erster Linie durch die große Bandbreite des aufzunehmenden Fernsehsignales gegeben. Während man bei Tonaufnahmen mit einem Frequenzumfang von etwa 50...16 000 Hz auskommt, ergibt sich beim Fernsehen ein Bereich von 0...5 MHz, der auf dem Magnetband gespeichert werden muß. Da die kleinste Wellenlänge λ , die sich mit erträglichem Aufwand noch auf dem Band aufzeichnen läßt, in der Größenordnung von 10 μm liegt, gelangt man zu sehr großen Geschwindigkeiten v , mit denen sich das Band relativ zum Magnetkopf bewegen muß, wenn man die hohen Frequenzen des Fernsehsignales aufnehmen will. Aus der Beziehung $v = f \cdot \lambda$ ergibt sich für $f = 4 \text{ MHz}$ und $\lambda = 10 \mu\text{m}$ eine Aufzeichnungsgeschwindigkeit von $v = 40 \text{ m/s}$.

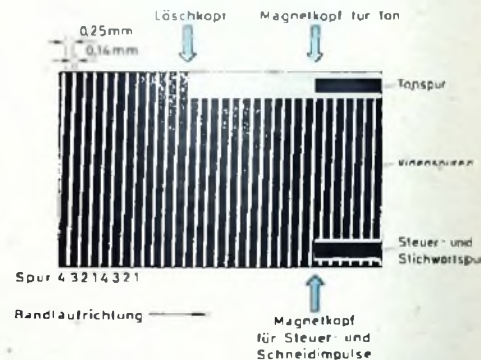


Bild 2. Schematische Darstellung der Magnet Spuren auf dem Band

Anstiegskurve an solchen scharfen Kanten nach einer unverzerrten oder verzerrten Kurvenform erfolgt.

Streng davon zu unterscheiden ist dagegen die Übertragung der Grauwertskala. Da die Informationen für die Grauwerte im tieferen Teil des Frequenzspektrums liegen, werden diese Werte gerade durch das gewählte Frequenzmodulationssystem unverzerrt wiedergegeben, und in diesem Punkt ist das Magnetband dem Film überlegen.

Die Aufzeichnungen auf dem Magnetband bestehen im allgemeinen aus drei getrennten, aber synchronen Magnet Spuren (Bild 2), und zwar aus den quer verlaufenden Videospuren, der Tonspur, die das Bild begleitet und an der oberen Kante des Bandes aufgezeichnet wird, und der Steuerspur an der unteren Bandkante, die die Aufzeichnung eines 250-Hz-Signales enthält.

Das Bandlaufwerk hat einen den normalen Studio-Magnettongeräten ähnlichen Aufbau (Bilder 3a und b). Das 50 mm breite Band wird von einer Spule auf der linken Seite abgewickelt, läuft um eine

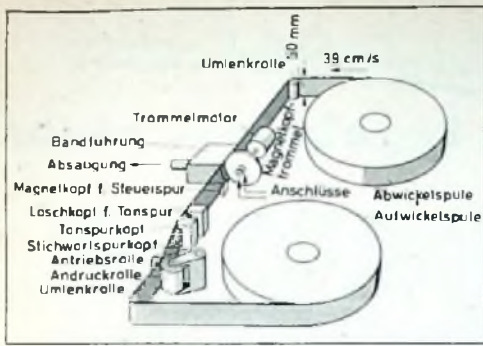


Bild 3a (links). Schema des Bandtransports und der Magnetkopf-Anordnung. Bild 3b (links unten): Bedienungsfeld und Laufwerk der magnetischen Bild-
 ◀ aufzeichnungsanlage nach dem Ampex-Verfahren

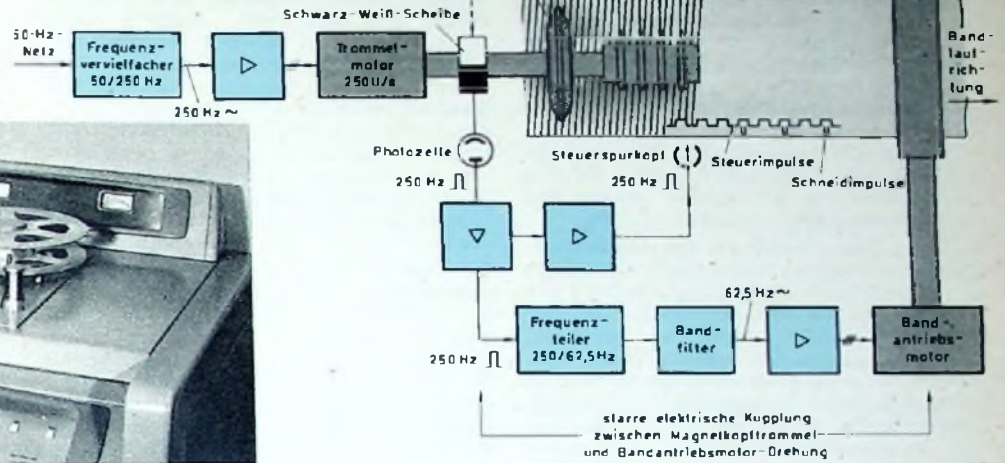


Bild 4. Blackschnitt-
 bild für Aufnahme

Umlenkrolle und dann an der rotierenden Magnetkopftrommel, dem feststehenden Steuerspurkopf und dem Tonkopftträger vorbei. Auf diesem sind der Löschkopf, der einen 2,3 mm breiten Streifen an der oberen Kante des Bandes löst, und der kombinierte Aufnahme-Wiedergabekopf für die Tonaufzeichnung angebracht. Von den Köpfen weg läuft das Band zur Bandantriebsrolle und von dort weiter über einen Wickelzughebel zur rechten Bandaufwickelpule, die von einem Wickelmotor angetrieben wird.

Die Führung des Bandes an den rotierenden Köpfen erfolgt durch ein konkaves Gegenlager, in das das Band durch Kamern mit Unterdruck hineingesaugt wird. Dadurch kann eine sehr exakte Berührung zwischen Band und Köpfen hergestellt werden.

Die beiden Elektromotoren für den Antrieb der Kopfscheibe und des Bandes müssen in bezug auf die Bildwechselfrequenz und den Spurbestand sehr genauen Drehzahlbedingungen genügen. Hierzu sind elektrische Regeleinrichtungen vorhanden, die bei Aufnahme und Wiedergabe verschiedene Funktionen haben.

Bei der Aufnahme (Bild 4) wird die Netzfrequenz oder der Vertikalimpuls des ankommenden Videosignals als Steuerfrequenz (50 Hz) benutzt und daraus ein 250-Hz-Signal erzeugt, das einen Dreh-

strom-Leistungsverstärker aussteuert. Der abgegebene Drehstrom von 250 Hz treibt den Synchronmotor für die Kopfscheibe an. Auf der Welle des Trommelmotors sitzt außer der Magnetkopftrommel noch eine je zur Hälfte schwarz und weiß gefärbte Scheibe. Ein an dieser Scheibe reflektierter Lichtstrahl gelangt zu einer Photozelle, in der so eine 250-Hz-Rechteckspannung entsteht, die verstärkt und in einem Frequenzteiler auf 62,5 Hz herabgesetzt wird. Nach Passieren eines Filters ergibt sich eine reine 62,5-Hz-Sinuswelle, die nach Verstärkung in einem Leistungs-

chronomotor ausgebildeten Bandantriebsmotor antreibt. Dadurch ist bei der Aufnahme ein starrer Zusammenhang zwischen den rotierenden Köpfen und dem Bandantrieb sichergestellt. Die Umsetzung der 50-Hz-Steuerfrequenz in 250 Hz Drehstrom für den Kopfantriebsmotor wird zusätzlich durch eine Rückwärtsregelung von der 250-Hz-Photozellenspannung so beeinflusst, daß die Phasenlage der rotierenden Kopfscheibe relativ zur 50-Hz-Steuerfrequenz sehr genau konstant bleibt.

Während der Aufnahme zeichnet man das von der Photozelle abgenommene 250-Hz-Signal außerdem durch einen Steuerspurkopf in Bandlängsrichtung auf dem unteren Rand des Bandes auf. Diese Steuerspur soll später bei der Wiedergabe den Bandtransport regeln; sie entspricht also der Perforation beim gewöhnlichen Film. Die Video-Signale werden den vier Köp-

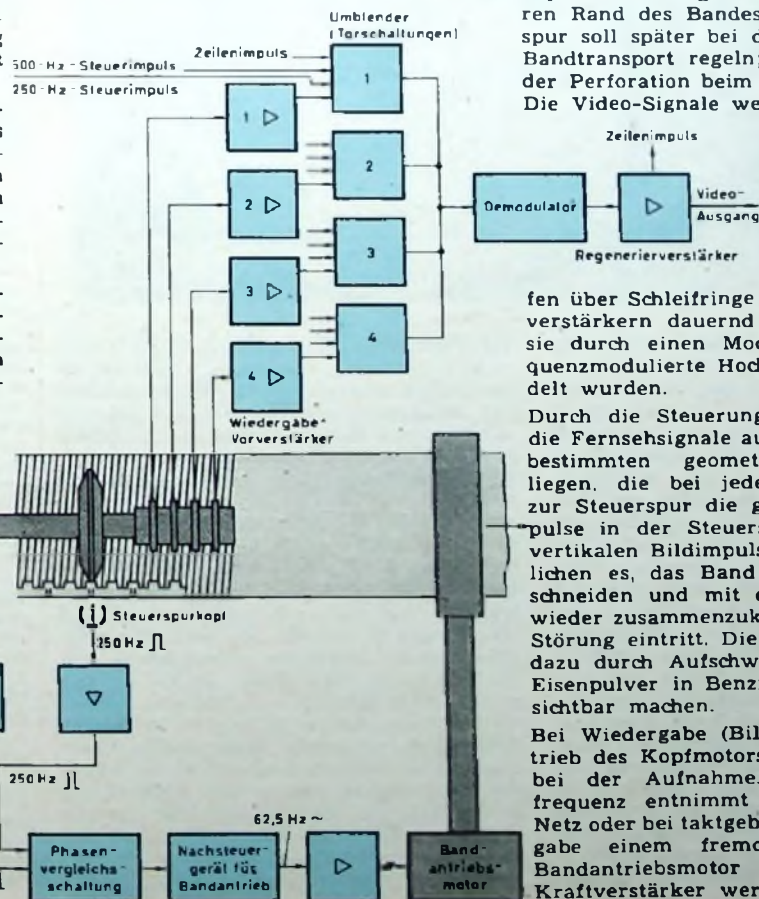


Bild 5. Blackschnitt-
 bild für Wiedergabe

fen über Schleifringe von vier-Aufsprechverstärkern dauernd zugeführt, nachdem sie durch einen Modulator in eine frequenzmodulierte Hochfrequenz umgewandelt wurden.

Durch die Steuerung wird erreicht, daß die Fernsehsignale auf dem Band in einer bestimmten geometrischen Anordnung liegen, die bei jedem Halbbild relativ zur Steuerspur die gleiche ist. Zusatzimpulse in der Steuerspur, die bei jedem vertikalen Bildimpuls erscheinen, ermöglichen es, das Band an dieser Stelle zu schneiden und mit einem anderen Band wieder zusammenzukleben, ohne daß eine Störung eintritt. Die Steuerspur läßt sich dazu durch Aufschwemmen von feinstem Eisenpulver in Benzin „entwickeln“, d. h. sichtbar machen.

Bei Wiedergabe (Bild 5) erfolgt der Antrieb des Kopfmotors in gleicher Art wie bei der Aufnahme. Die 50-Hz-Steuerfrequenz entnimmt man entweder dem Netz oder bei taktgebersynchroner Wiedergabe einem fremden Taktgeber. Der Bandantriebsmotor und der zugehörige Kraftverstärker werden bei der Wieder-

gabe jedoch von einem frei schwingenden Oszillator mit 62,5 Hz gesteuert. Die von der Photozelle gelieferte 250-Hz-Spannung wird jetzt in einer Phasenvergleichsschaltung mit der von der Steuerspur abgenommenen 250-Hz-Spannung verglichen. Durch Phasenunterschiede zwischen beiden Spannungen entsteht an der Phasenbrücke eine Fehlerspannung, die über eine Reaktanzröhre die Frequenz des 62,5-Hz-Oszillators beeinflusst. Dadurch wird der Bandantriebsmotor je nach dem Vorzeichen der Phasenverschiebung beschleunigt oder verzögert, und zwar so lange, bis die richtige Phasenlage der beiden 250-Hz-Signale hergestellt ist. Durch diese Nachregelsteuerung erreicht man, daß die umlaufenden Videoköpfe genau auf den aufgezeichneten Querspuren laufen und diese phasenrichtig abtasten können.

Die von den vier Köpfen über die Schleifringe kommenden Spannungen werden in vier Wiedergabeverstärkern verstärkt und könnten bei Parallelschaltung der vier Ausgänge nach Demodulation schon das Video-Ausgangssignal liefern. Dieses Verfahren hätte aber schwerwiegende Fehler, da von den vier Abtastköpfen nur jeweils einer die Nutzspannung liefert, während die übrigen zur Erhöhung der Rauschspannung beitragen würden. Außerdem würden in den Überlappungszonen beim Ablösen eines Kopfes durch den nächsten starke Pegelschwankungen infolge Interferenz auftreten.

griff sorgt man außerdem dafür, daß die Ablösung unmittelbar nach einem horizontalen Zeilenimpuls erfolgt. Dadurch wird der eventuell noch vorhandene Umschaltstoß an den äußersten linken Bildrand verlegt und durch die Bildbegrenzung unsichtbar gemacht.

Der auf die Torschaltungen folgende Demodulator wandelt das FM-Signal wieder in das normale Video-Signal um, das in einem angeschlossenen Bildgerät schon sichtbar gemacht werden könnte. Man schaltet aber hinter den Modulator noch einen Regenerierverstärker, um das vom Band abgenommene Synchronisierimpulsprogramm mit den horizontalen und vertikalen Austastlücken zu regenerieren. Das am Ausgang dieses Verstärkers erscheinende BAS-Signal kann dann schließlich im Monitor betrachtet sowie im Studio und Sender weiterverwendet werden.

Die 1958 fertiggestellte magnetische Bildaufzeichnungsanlage (Bild 6) ist gegenüber den ersten 1956 in Amerika von der Firma Ampex herausgebrachten Geräten erheblich verbessert. Neben einer Erweiterung des übertragenen Frequenzbandes wurde vor allem die Präzision der Aufzeichnung so gesteigert, daß es jetzt möglich ist, die Aufnahmen auf einer beliebigen anderen Maschine wieder abspielen zu können. Auch die Weiterentwicklung des verwendeten Magnetbandes trug wesentlich dazu bei, die Güte des vom Magnetband abgetasteten Bildes zu steigern und besonders

Ein Erfolg für die Stereophonie

Ergebnisse einer

Der Stereo-Demonstration des SFB am zweiten Weihnachtsfeiertag sah man mit hoffnungsvoller Erwartung, zum Teil aber auch mit abwartender Skepsis entgegen. Hatte ein solcher Versuch überhaupt Sinn? War ein solcher Versuch dem Stereo-Gedanken nicht eher abträglich, um so mehr, als er nur eine Improvisation sein konnte? Nun, der alle Erwartungen übertrafen habende Erfolg spricht für sich. Alle vor der Sendung laut gewordenen warnenden Stimmen sind verstummt, denn die Sendung ist „angekommen“ Stöße von begeistert zustimmenden Briefen konnte der SFB registrieren, und auch die FUNK-TECHNIK erhielt von unerwartet vielen Lesern ausführliche Berichte, zum Teil mehrere Seiten lang und mit ausführlichen Angaben über die benutzten Geräte und sauberen Zeichnungen über den Wiedergaberaum und die Anordnung der Lautsprecher. Allen Lesern sei an dieser Stelle für ihre wertvolle Mitarbeit gedankt.

Was niemand zu hoffen gewagt hatte, ist eingetreten: Unter all den vielen Zuschriften war auch nicht eine, die die Sendung negativ beurteilte. Im Gegenteil, fast alle Stimmen waren des Lobes voll, und viele Briefe gipfelten in dem Wunsch oder gar der Forderung, solche Versuchssendungen häufiger durchzuführen. Aus allen Zuschriften ist zu erkennen, daß der Sinn dieser Sendung richtig erkannt worden ist. Niemand hat diese Sendung als den Beginn regelmäßiger Stereo-Rundfunksendungen betrachtet. Man weiß, daß ein mit zwei Sendern arbeitendes Stereo-Rundfunksystem keine Lösung des Problems ist. Es ist aber das Verdienst des SFB, mit dieser Sendung die Stereophonie in das Heim des Hörers getragen zu haben. Damit war eine bisher einzigartige Gelegenheit geboten, sich in den eigenen vier Wänden ein Urteil über Wert oder Unwert der Stereophonie zu bilden. Diese Versuchssendung ist damit – und das ist ihr bleibendes Verdienst – eine Werbung für den Stereogedanken an sich geworden.

Technische Bemerkungen

Im Heft 24/1958 der FUNK-TECHNIK hatten wir unsere Leser um einige technische Angaben über die benutzte Empfangsanlage und um ihre persönlichen Eindrücke gebeten. Dazu nachstehende Bemerkungen:

1. Empfänger und Lautsprecher

Während in vielen Fällen zwei gleiche oder gleichartige Rundfunkempfänger benutzt wurden, arbeiteten andere Leser mit Empfangsanlagen sehr unterschiedlicher Qualität und Leistung. Bei gleichartigen Empfängern ergaben sich keine besonderen Schwierigkeiten für die Einstellung auf gleiche Lautstärke und gleiche Klangfarbe. Zum Erstaunen vieler Hörer aber war auch mit so ungewöhnlichen Kombinationen wie Musiktube + Kleinempfänger durchaus noch ein guter Stereo-Eindruck zu erreichen, sofern das größere Gerät dem kleineren angeglichen wurde. Daß trotz der dadurch bedingten Beschneidung des Frequenzbandes immer noch ein subjektiv besseres Klangbild als bei Einkanal-Wiedergabe empfinden wird, dürfte darauf zurückzuführen sein, daß – wie Versuche schon vor Jahren gezeigt haben – das Ohr eine Stereo-Wiedergabe mit 8...9 kHz oberer Grenzfrequenz als ebenso gut empfindet wie eine einkanalige HI-FI-Wiedergabe mit 15 kHz. Da die tiefen Frequenzen zum Ortungseffekt kaum beitragen, genügen für nicht allzu hohe Ansprüche die von beiden Lautsprechern abgestrahlten Töne durchaus für einen guten Musikeindruck.

Da die Mehrzahl der Berichte aus Gebieten mit relativ hohen Empfangsfeldstärken kommt, fielen Unterschiede der Empfänger hinsichtlich kT-Wert und Begrenzung nicht sehr ins Gewicht. In größeren Entfernungen vom Sender wurden jedoch Unterschiede wahrgenommen. Hier konnten ähnliche Beobachtungen gemacht werden wie bei der



Bild 6. Die komplette magnetische Bildaufzeichnungsanlage

Man muß daher durch eine elektrische Umschaltvorrichtung dafür sorgen, daß jeweils nur der Kopf in den Wiedergabezug eingeschaltet ist, der gerade das Band berührt. Die Umschaltung muß so schnell erfolgen, daß im abgehenden Signal weder doppelte Impulse noch Lücken entstehen. Außerdem sollen die Schaltstöße der Umschaltstellen im Bilde nicht in Erscheinung treten. Hinter den Wiedergabeverstärkern liegen deshalb Torschaltungen, deren Ausgänge parallelgeschaltet sind und das HF-Signal an den nachgeschalteten Demodulator weiterleiten. Die vier Steuergitter der vier Torschaltungen werden durch je einen Rechteckimpuls mit der Dauer einer Viertelkopfdrehung so gesteuert, daß die entsprechende Torschaltung für das HF-Signal durchlässig wird. Die vier über ein Phasennetzwerk aus der Photozellenspannung abgeleiteten Rechteckimpulse sind daher um je 90° gegeneinander phasenverschoben und lösen sich gegenseitig mit sehr kurzer Anstiegszeit ab. Durch einen zusätzlichen Kunst-

die Störspannungen, die sich durch „Rauschen“ im Bilde bemerkbar machen, zu verringern. Ebenso konnte die Abnutzung der Magnetköpfe durch die Entwicklung von Bändern mit besonders glatter Oberfläche kleingehalten werden.

Die magnetische Bildaufzeichnung ist dem fotografischen Verfahren mit Film vor allem durch die Möglichkeit, das aufgezeichnete Bild unmittelbar nach der Aufnahme wiederzugeben, überlegen. Weiterhin sind die Linearität der Graukeilübertragung und der einwandfreie Bildstand als Vorteil zu nennen. Es tritt auch kein zusätzlicher, störender Stroboskopeffekt bei bewegten Bildern auf, da die an sich schon beim Fernsehen übliche Rasterwechselfrequenz von 50 Hz erhalten bleibt. Schließlich kommen noch betriebstechnische und wirtschaftliche Vorteile hinzu, die hauptsächlich durch den Fortfall der fotochemischen Behandlung des Bandes und durch die Möglichkeit, das Band nach Löschung der Aufzeichnung wieder verwenden zu können, gegeben sind.

Stereo-Demonstration im Rundfunk

Wiedergabe von Stereo-Schallplatten, wenn aus irgendeinem Grunde der eine Kanal stärker rauscht als der andere oder ein Knacken oder Knistern nur aus einem Lautsprecher kommt. Neben handelsüblichen Empfängern wurden in großer Zahl von unseren Lesern zum Teil nach Bauanleitungen der FUNK-TECHNIK selbstgebaute Hi-Fi-Verstärker mit UKW-Vorsatz benutzt. Die Ausgangsleistung der Endstufen (Gegentakt, Ultralinear, PPP) lag zwischen 8 und 35 W je Kanal. Als Lautsprecheranordnungen fanden zum Teil hochwertige Kombinationen Verwendung, darunter auch Hochton-Halbkegel und Tiefton-Lautsprecher mit Baßreflex-Boxen von 100 bis über 200 Liter Volumen.

2. Mitteneindruck und Phasenrichtigkeit der Lautsprecher

Die Einstellung der akustischen Mitte bereitete trotz der etwas knappen Vorbereitungszeit im technischen Teil der Sendung keine Schwierigkeiten. Vereinzelt waren während der Sendung kleine Korrekturen notwendig. Vielfach mußte die Lautstärke herabgeregelt werden, weil der subjektiv stärkere Lautstärkeindruck der Stereo-Wiedergabe beim Einstellen der Empfänger unterschätzt worden war. Der Einfluß des phasenrichtigen Arbeitens der Lautsprecher wurde verschieden beurteilt. Die meisten Hörer stellten beim Umpolen einen deutlichen Unterschied fest. Die akustische Ausfüllung der Mitte war bei richtiger Phase besser. Wenn in vereinzelt Fällen kein oder nur ein geringer Unterschied festzustellen war, so ist das zum Teil darauf zurückzuführen, daß bei eingebauten Lautsprechern nicht alle Lautsprecher, sondern nur der Hauptlautsprecher umgepolt wurde. Durchweg wurde aber auch bei falscher Phase der Lautsprecher die Stereo-Wiedergabe noch als angenehm und als Verbesserung gegenüber der monauralen Wiedergabe empfunden.

3. Stereo-Eindruck

Der Stereo-Eindruck war in jedem Fall eindeutig vorhanden. Durch die Schallaufnahme bedingte Unterschiede wurden von vielen unserer Leser klar erkannt. Neben dem Links-Rechts-Eindruck war auch der Tiefen-Eindruck durchweg gut. Erfreulicherweise kommt in fast allen Berichten zum Ausdruck, daß die Durchsichtigkeit der Wiedergabe als das Entscheidende bei der Stereophonie angesehen wird. Viele Leser brachten auch ihre Überraschung darüber zum Ausdruck, daß der Bereich guter stereophonischer Hörsamkeit größer als erwartet war, so daß auch die seitlich der Mittellinie sitzenden Hörer noch einen guten Stereo-Eindruck hatten. Weiterhin hat diese Sendung klar bewiesen, daß Stereophonie durchaus nicht eine Angelegenheit nur für große Räume ist. Im Gegenteil — es waren zahlreiche Räume darunter mit Grundflächen von 20 m² oder sogar nur von 15 · 16 m², und auch dort ergaben sich gute Stereo-Wirkungen.

4. Was unsere Leser schreiben

Die nachstehenden Auszüge aus einigen Leserbriefen mögen ein Stimmungsbarometer zum Thema Stereophonie sein.

► J. Augustin: Die Zuhörer waren überwiegend auf musikalischem Gebiete tätige Menschen (Konzertmeister, Opernsängerin, Tonmeister), von denen die beiden ersten genannten — ebenso wie die vierte Person — zum ersten Male in ihrem Leben eine stereophonische Übertragung hörten. Der Eindruck war bei allen Beteiligten ein hervorragender. Vor allem der Tiefeneindruck führte bei den zuerst gespielten Orchesterwerken (Feuervogel-Suite und Nußknacker-Suite) zu einer sehr wesentlichen Erhöhung der Durchsichtigkeit und damit zu einer bedeutenden Vertiefung des künstlerischen Erlebnisses, da die Stimmführung der einzelnen Instrumente sehr klar verfolgt werden konnte. Zum ersten Male fand ich bei einer Musikkonserve, daß der diffuse Schall (der Hall-Anteil) in einem angemessenen Verhältnis zum Direktschall stand. Nie war der Eindruck vorhanden, der Hall sei

zugezogen, aufgepöpselt, sondern Raumvorstellung — gebildet aus den beiden Orientierungsmöglichkeiten Rechts-Links und Tiefe — und Hall-Anteil bildeten eine schöne Einheit.

► F. Klug: Sowohl auf meine Gäste wie auf mich persönlich war der Eindruck überwältigend. Bereits der erste Ton des zunächst übertragenen Orchesterwerkes ließ uns alle aufhorchen. Ich betrachte die Versuchssendung als 100%ig gelungen. Es ist mein Wunsch an den Rundfunk für 1959, die Übertragung auf zwei Kanälen so schnell wie möglich einzuführen. Ich bin der Meinung, daß gerade der SFB mit insgesamt vier Sendern hier in Berlin stereophonische Übertragungen verhältnismäßig leicht realisieren könnte. Das Einführen von zweikanaligen Versuchssendungen würde bestimmt von vielen äußerst begrüßt werden. Man sollte m. E. hiermit nicht warten, auch wenn z. B. für später ein Verfahren mit Hilfsträger geplant ist. Schließlich ist die Stereophonie nicht neu, und hier in Berlin hätte man zu deren Verwirklichung eine einmalige Gelegenheit.

► Stud. mus. und stud. ing. E. v. Garnier: Das Klavierspiel (Improplu As-dur) bereitet helle Freude; man konnte bei aufsteigenden Akkorden die Finger des Pianisten förmlich sehen. Bei der Opernszene (Freischütz) war auf der rechten Seite die unterschiedliche Aufstellung von Chor, Sopran und Tenor (Max) deutlich hörbar, der Chorklang selbst war wohl das Beglückendste des ganzen Abends und löste Begeisterung aus. Die später dargebotene Tanzmusik (einkanalgig) wirkte ausgesprochen banal. Besonders gut scheint sich die Stereophonie für Opernübertragungen zu eignen, man möchte solche Werke nicht mehr monaural hören. ... So könnte der Rundfunk durch gelegentliche stereophonische Darbietung wertvoller Musik seiner Erziehungspflicht besser genügen, da der Normalhörer das Empfinden hat, daß ihm in jeder Hinsicht etwas Besonderes geboten wird. Abschließend möchten wir der FUNK-TECHNIK für die gute Information im Heft 24/1958 danken. Ganz besonders gebührt aber unser Dank dem SFB für dieses schöne Weihnachtsgeschenk. Wir hoffen, in naher Zukunft weitere stereophonische Sendungen empfangen zu können.

► H. Rubbert: Da in den Fachzeitschriften die Möglichkeit einer guten Stereo-Wiedergabe in kleineren Wohnräumen zum Teil noch umstritten ist, sah ich dieser Sendung mit gemischten Gefühlen entgegen. Ich muß nun jedoch sagen, daß ich sehr angenehm überrascht worden bin. Vergleichsweise habe ich verschiedene Stereo-Vorführungen im Rahmen der Industrieausstellung zu Erinnerung. Ich persönlich muß sagen, daß eine Stereo-Wiedergabe jeder sonst üblichen Wiedergabe mit den raffinierten Lautsprecheranordnungen weit überlegen ist. Auch die größte Anzahl Lautsprecher kann nicht die Räumlichkeit, Plastik und Bewegung in die Wiedergabe bringen, wie es bei der Stereophonie schon einfach mit zwei Lautsprechern der Fall ist. Aus diesem Grunde halte ich auch den erhöhten Kostenaufwand für gerechtfertigt. Zum Abschluß möchte ich noch der Hoffnung Ausdruck geben, daß derartige Sendungen öfter zu hören sein werden, denn was in England täglich, müßte doch auch in Deutschland einmal in der Woche, z. B. sonntags, möglich sein. Es werden dann bestimmt mehr Zuhörer vorhanden sein.

► J. Plagstedt: Ich habe die Stereo-Versuchssendung in hervorragender Qualität empfangen. Ich empfand sehr natürlich die räumliche Tiefe und die Durchsichtigkeit des Orchesters. Durch den Links-Rechts-Eindruck konnte ich besonders gut die Sitzanordnung der einzelnen Instrumentengruppen im Orchester wahrnehmen. Bei dem Klavierkonzert von Schubert hatte ich den Eindruck, daß der rechte Kanal eine etwas größere Verstärkung als der linke hatte. Besonders beeindruckt hat mich die Aufnahme aus Webers Freischütz. Die Solisten, der Chor und das Orchester ergaben ein harmonisches Ganzes. ... Ich begrüße sehr die hoffentlich nun rasche Weiterentwicklung des Stereo-Rundfunksystems und warte auf die nächsten Stereo-Sendungen!

► Dipl.-Phys. H. Beyer: Beim Umpolen des Zweitlautsprechers konnte die richtige Phase eindeutig daran erkannt werden, daß der Sprecher nun wirklich, sogar mit etwas Raumaufbau, aus der Mitte zwischen beiden Lautsprechern zu sprechen schien. Bei falscher Phase war dieser Eindruck nicht so vollkommen. Während der Stereo-Sendung war der Raumeindruck bei den Musikdarbietungen noch in einem etwas breiteren Bereich als der Miteneindruck des Sprechers vorhin vorhanden, ja ich möchte sagen, auch ganz außerhalb des Strahlungsfeldes der beiden Lautsprecher (seitlich davon) hatte ich noch deutlich den Eindruck, als befände sich zwischen den beiden Stereo-Lautsprechern ein großes Orchester. Der Stereo-Effekt war wirklich gut zu erkennen, sowohl Rechts-Links-Effekt als auch Tiefenwirkung. Meine Eltern und ich als Zuhörer waren von dieser Darbietung sehr beeindruckt. Die Rundfunkmusik, von vielen leider oft nur als „Berieselung“ hingenom-

men, gewinnt doch sehr durch die Stereophonie! Hoffentlich gelingt es der Technik recht bald, sich für ein geeignetes Verfahren zu entscheiden, so daß regelmäßig Stereo-Sendungen des Rundfunks stattfinden können. Als Zuhörer werde ich dann, sobald geeignete Empfangsgeräte erhältlich sind, bestimmt mit dabei sein!

► H. Schmitt: Bei sechs Zuhörern wurde der Schalleindruck als räumlich empfunden. Besonders wirksam war der Tiefeneindruck des Orchesters. Eine Versuchsperson hatte kein räumliches Empfinden. Die Stereophonie hat bei mir einen tiefen Eindruck hinterlassen. Sie ist es wert, möglichst bald in das Programm des Rundfunks aufgenommen zu werden. Mir ist bekannt, daß auch Laien sich sehr dafür interessieren und den Versuch verfolgt haben. Könnte man nicht ein Übergangsprogramm schaffen, zwecks Popularisierung? Verschiedene Rundfunkprogramme laufen stundenlang parallel. Es ist technisch sicher möglich, öfter Stereo-Sendungen abzustrahlen. Am eindrucksvollsten land ich das Zusammenwirken von Orchester, verschiedenen Chören und Solisten (Gesang). Welche Möglichkeiten stehen da dem Hörspiel noch offen!

► W. Dinger: Sämtliche Teilnehmer (9 Personen) in einem nur etwa 17 m² großen Raum) hatten einen sehr deutlichen Stereo-Eindruck und waren begeistert von der überaus plastischen Wiedergabe, die nach dadurch subjektiv in ihrer Wirkung verstärkt wurde, wenn alle Zuhörer die Augen schlossen, um nicht durch die beiden Empfangsgeräte blickmäßig abgelenkt zu werden.

► G. Roschk: Unterschied zwischen manueller und stereophonischer Wiedergabe wie „Koffergammalon contra Magnetbandgerät“. Es sollten des öfteren regelmäßige Sendungen in der Art der Versuchssendung durchgeführt werden.

► H. Pörs: Ein räumlicher Schalleindruck war trotz der ungenügenden Vorbereitung vorhanden. Während besonders im ersten Musikstück und dann bei den Singstimmen des Opernausschnittes sehr gut der Links-Rechts-Eindruck festgestellbar wurde, war vor allem bei der „Feuervogel-Suite“ der Tiefeneindruck des Orchesters sehr groß. Die volle Tiefe des Bühnenraumes kam auch bei dem Opernausschnitt zur Geltung. Hoffentlich bald wieder eine solche Versuchssendung.

► Stud. ing. P. Schögel: Beim Blumenwalzer war vor allem die Transparenz der Klangwirkung zu empfinden. Und gerade dieser Effekt macht, glaube ich, den stärksten Eindruck und prädestiniert die stereophonische Musikwiedergabe für solche Sendungen. Es ist jedenfalls empfehlenswert und wünschenswert, solche Sendungen zu wiederholen.

► W. Lanze: Bemerkenswert war in beiden Fällen die Durchsichtigkeit des Klangbildes, gleichgültig ob Orchester- oder Klavierdarbietung.

► Dipl.-Ing. G. Ulonska: Eine echte Bereicherung für den Musikfreud, das Wohnzimmer wird wirklich zum Konzertsaal. Sollte öfter gemacht werden!

► W. Bries: Räumlicher Eindruck ladellos. Einwandfreier Links-Rechts-Eindruck, Miteneindruck und auch Tiefeneindruck. Der auf der Industrieausstellung beobachtete Eindruck, daß die Schallereignisse nur aus dem linken und rechten Lautsprecher kämen (fehlender Miteneindruck), war erfreulicherweise nicht zu beobachten. Die Stereophonie könnte dazu beitragen, daß über den UKW-Rundfunk übertragene Musikdarbietungen endlich für den Hörer genießbar werden.

► K. Wolfram: Jedenfalls wünschte man ab sofort nur noch Stereophonie, ein Wunsch, der sehr verständlich wird, wenn man gleich nach Beendigung der Stereo-Sendung auf einen Musik liebenden Sender umschaltete. ... verbleibe ich mit der Bitte, nur noch Stereophonie!

► Dipl.-Ing. K. Eisenzapf: Als wesentlichsten Vorteil der Stereo-Übertragung empfand ich die Erhöhung der Klangfülle sowohl bei Klavier, Orchester und Chor. Der gelegentlich deutlich feststellbare Links-Rechts-Eindruck erscheint mir weniger wichtig.

► Dipl.-Ing. E. Pfäum: Persönlicher Eindruck: Sehr gut, auch auf unvorbereitete Hörer. Warum werden in Deutschland nicht auch regelmäßige Stereo-Versuchssendungen wie in anderen Ländern durchgeführt?

5. Daraus folgt, daß ...

Zieht man das Fazit aus allen diesen Betrachtungen, dann läßt sich mit Befriedigung feststellen: Der Versuch war ein voller Erfolg. Wenn die allgemeine Einführung der Stereophonie auch noch geraume Weile auf sich warten lassen wird, so sollten die Rundfunkanstalten doch ernsthaft die Ausstrahlung solcher Stereo-Demonstrationen in Erwägung ziehen. Das Interesse beim Publikum ist groß! Was heute noch Improvisation, kann morgen schon ausgefeilte Technik sein. Und heute schon eine Lanze für den morgen zu erwartenden technischen Fortschritt zu brechen, auch das sollte Aufgabe des Rundfunks sein.

Elektrische Analogrechner

Technische Grundlagen

Fortsetzung aus FUNK-TECHNIK Bd. 14 (1959) Nr. 3, S. 74

4.5 Einige Anwendungsbeispiele. Wahl des Maßstabes
 Zum besseren Verständnis der bisherigen Ausführungen sollen im folgenden zwei Beispiele besprochen werden. Das erste behandelt die Lösung eines linearen Gleichungssystems mit zwei Unbekannten. Ist zum Beispiel das Gleichungspaar

$$x + y + 1 = 0; \quad 5x + 3y - 1 = 0$$

gegeben, so ergibt sich zu seiner Lösung wohl ohne weiteres das im Bild 17 gezeigte Schaltbild. Um das Wertepaar x_0 und y_0 zu finden, das beide Gleichungen erfüllt, kann man so vorgehen, daß man zunächst willkürlich den gesuchten Wert x zu Null annimmt. Um das an den ersten Rechenverstärker angeschlossene Voltmeter wie erforderlich in die Nullstellung zu bringen, muß dann offensichtlich die Spannung Y gleich -1 V sein. Nun wird das Voltmeter an den Ausgang der zweiten Additionsschaltung gelegt. Behält man den vorher ermittelten Wert der Spannung Y bei, so ist zum Abgleich die Spannung $X = 0,8$ V notwendig. Mit diesem Wert X gleicht man nun wieder die erste Schaltung ab usw., bis durch fortlaufende Verbesserung der Näherungswerte das gesuchte Wertepaar gefunden ist, mit dem beide Schaltungen auf Null abgeglichen werden können.

Eine Übersteuerung der Rechenverstärker ist hier nicht zu befürchten, da die Eingangsspannungen immer so gewählt werden, daß die Ausgangsspannung Null ist.

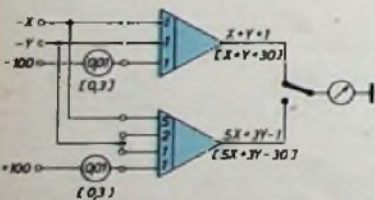


Bild 17. Schaltung zur Lösung zweier linearer Gleichungen: $x + y + 1 = 0$; $5x + 3y - 1 = 0$

Bild 18. Schaltung zur Berechnung einer Gleichung 3. Grades

Tab. I. Näherungswerte bei der Berechnung von $x + y + 1 = 0$; $5x + 3y - 1 = 0$

x	0	0,8	1,28	1,56	1,73	1,83 ... 2
y	-1	-1,8	-2,28	-2,56	-2,73	-2,83 ... -3

In Tab. I sind die sich nacheinander ergebenden Näherungswerte angegeben. Die gesuchten Werte sind $x_0 = 2$ und $y_0 = -3$. Die Additionsschaltungen werden also mit relativ niedrigen Spannungen angesteuert, und die erreichbare Genauigkeit des Abgleichs ist nicht sehr groß. Vergrößert man die Spannungen, die die Zahlen x und y darstellen, um den Faktor 30, setzt man also

$$x \cdot 30 = X; \quad x = \frac{X}{30} \quad \text{und} \quad y \cdot 30 = Y; \quad y = \frac{Y}{30}$$

so sind die nunmehr notwendigen Spannungen immer noch durch Potentiometer aus den zur Verfügung stehenden Span-

nungen ± 100 V zu gewinnen. Mit den angegebenen Werten für x und y ergeben sich die „Maschinen-Gleichungen“

$$X + Y + 30 = 0 \\ 5X + 3Y - 30 = 0$$

Die dazu notwendigen Änderungen der Potentiometer-Einstellungen sind im Bild 17 in Klammern angegeben. Die wesentlich erhöhten Eingangsspannungen ermöglichen nunmehr einen genaueren Abgleich. Nicht immer ist die Wahl eines einheitlichen Maßstabes für alle Rechengrößen von Vorteil. Das soll das zweite Beispiel, eine Anordnung zur Berechnung der Gleichung

$$y = x^3 - 2x^2 - 5x + 6,$$

zeigen. Eine Übersicht über die im Intervall $x = -2,5$ bis $x = 3,5$ zu erwartenden Werte von y gibt Tab. II.

Im angegebenen Intervall bleibt also die Spannung Y auch dann noch in den Grenzen zwischen $+100$ V und -100 V, wenn man den Maßstab

$$y \cdot 10 = Y; \quad y = Y/10$$

wählt. Andererseits läßt sich x ohne weiteres mit dem Faktor 20 multiplizieren, also $x = X/20$ setzen. Damit ergibt sich die Maschinen-Gleichung

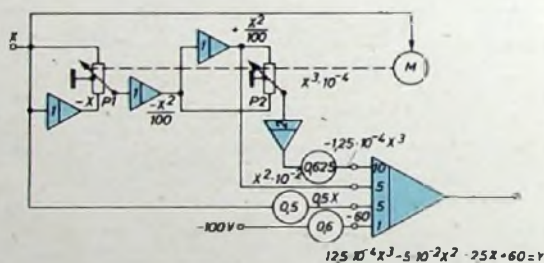
$$Y = 12,5 \cdot 10^{-4} X^3 - 5 \cdot 10^{-2} X^2 - 2,5 X + 60$$

Die im Bild 18 eingetragenen Werte der Koeffizienten-Potentiometer entsprechen dieser Gleichung.

Tab. II. Lösungen der Gleichung

$$y = x^3 - 2x^2 - 5x + 6 \quad \text{für} \quad -2,5 \leq x \leq 3,5$$

x	-2,5	-2,0	-1,0	0	1,0	2,0	3,0	3,5
y	-9,63	0	8	6	0	-1	0	6,28



Die Bildung der einzelnen Potenzen von X erfolgt durch hintereinandergeschaltete Potentiometer. Liegt sowohl am Eingang des ersten Potentiometers als auch am Eingang der Servosteuerung die Spannung X , so steht am Abgriff des ersten Potentiometers die Spannung $X^2/100$ V zur Verfügung, wenn das Nachlaufpotentiometer wie üblich an 100 V liegt (s. a. Bild 15). Damit das erste servogesteuerte Rechenpotentiometer $P1$ nicht in unzulässiger Weise durch das nachfolgende Potentiometer $P2$ belastet wird, sind $P1$ und $P2$ über eine als Trennverstärker wirkende Additionsschaltung verbunden. Zur Vorzeichenumkehr ist außerdem für jedes Potentiometer ein eigener Verstärker vorhanden.

4.6 Zeitabhängige Vorgänge

Von großer Bedeutung ist in der Technik die Beschreibung von Vorgängen, bei denen die daran beteiligten physikalischen

Größen zeitabhängig sind. Als leicht verständliches Beispiel sei hier die Bewegung eines Kraftfahrzeuges betrachtet. Führt es während der Zeit t mit der konstanten Geschwindigkeit v , so ist die dabei zurückgelegte Strecke

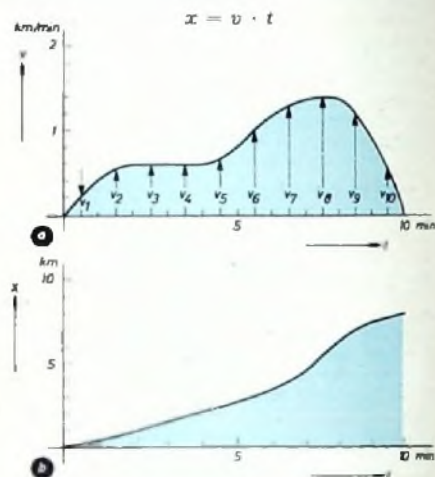


Bild 19. Ermittlung des zurückgelegten Weges aus dem Verlauf der Geschwindigkeit

Bei nicht konstanter, sondern zeitabhängiger Geschwindigkeit des Fahrzeuges (Bild 19a) läßt sich der zurückgelegte Weg durch Addition der Teilstrecken Δx , die jeweils während eines sehr kurzen Zeitraums Δt durchfahren werden, ermitteln. Der Betrag einer Teilstrecke Δx berechnet sich zu

$$\Delta x = v_n \cdot \Delta t$$

Dabei setzt man für v_n die mittlere Geschwindigkeit innerhalb des betrachteten Zeitraums Δt ein. Die gesamte innerhalb der Zeit t zurückgelegte Strecke x ergibt sich dann zu

$$x = v_1 \cdot \Delta t + v_2 \cdot \Delta t + \dots + v_n \cdot \Delta t \\ = (v_1 + v_2 + \dots + v_n) \Delta t = \sum_{k=1}^n v_k \cdot \Delta t$$

Das Ergebnis einer solchen Berechnung zeigt Bild 19b. Das Verfahren ist um so genauer, je kleiner Δt gewählt wird. Bei unendlich kleinem Zeitraum schreibt man für Δt das Symbol dt , und aus der vorstehenden Summe wird das Integral

$$x = \int_0^t v \cdot dt$$

Zur Nachbildung dieses Rechenvorganges mit elektrischen Mitteln kann von der

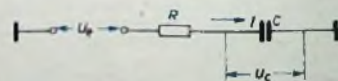


Bild 20. Widerstands-Kondensator-Schaltung

Schaltung nach Bild 20 ausgegangen werden. Die Spannung U_c am Kondensator ist

$$U_c = Q/C$$

Fließt während der sehr kurzen Zeit dt der augenblickliche Strom I in den Kon-

densator, so erhöht sich die Ladung während dieses Zeitraums um

$$\Delta Q = I \cdot \Delta t$$

Die durch ΔQ bewirkte Spannungserhöhung am Kondensator ist dann

$$\Delta U_c = \frac{1}{C} \cdot I \cdot \Delta t$$

Wird der Kondensator während eines längeren Zeitraums geladen, so errechnet sich die an ihm liegende Spannung U_c aus der Summe der durch die einzelnen Teilladungen erfolgten Spannungsanstiege, also nach der Gleichung

$$U_c = \frac{1}{C} \cdot \sum_{k=1}^{k=n} I_k \cdot \Delta t_k$$

die bei unendlich kleinem Δt in die Integraldarstellung

$$U_c = \frac{1}{C} \cdot \int_0^t I \cdot dt$$

übergeht. Ein Vergleich mit den Formeln zur Berechnung des Weges x als Funktion der Geschwindigkeit v zeigt, daß die elektrische Nachbildung dann mit dem Rechenvorgang übereinstimmt, wenn es gelingt, den Strom I proportional der Geschwindigkeit v zu machen.

Der Augenblickswert des Stromes I errechnet sich bei der Schaltung nach Bild 20 zu

$$I = \frac{U_e - U_c}{R}$$

Stellt daher die Spannung U_e die Geschwindigkeit v dar, dann ist I nur so lange v annähernd proportional, als die Spannung U_c am Kondensator vernachlässigbar klein ist. Diese Gegenspannung fällt jedoch schon nach kurzer Ladezeit ins Gewicht, und der tatsächliche Verlauf der Spannung am Kondensator weicht beträchtlich von der geforderten Kurve ab. Wäre I stets proportional U_e , so müßte die Spannung U_c bei konstantem U_e (zum Beispiel bei $U_e = 1 \text{ V}$) entsprechend der Kurve *a* im Bild 21 ansteigen. Den wirklichen Spannungsverlauf, der durch die Gegenwirkung von U_c erzwungen wird, zeigt die Kurve *b*.

Durch einen gegengekoppelten Gleichspannungsverstärker läßt sich der Verlauf der Ladespannung linearisieren. Bei der Schaltung nach Bild 22 liegt der Kondensator C im Gegenkopplungsweg. Auch

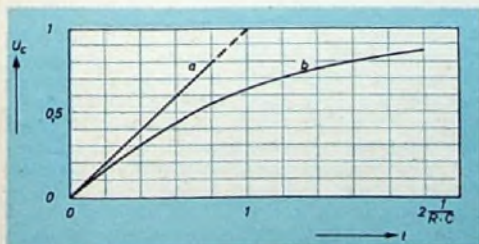


Bild 21. Verlauf der Ladespannung bei $U_e = 1 = \text{const}$

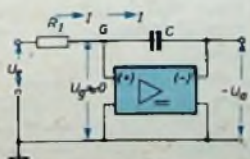


Bild 22. Kondensator-Ladeschaltung mit linearisierendem, gegengekoppeltem Gleichspannungsverstärker

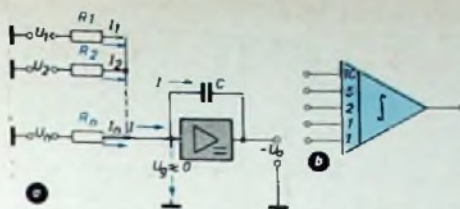


Bild 23. Integrationsschaltung (a), Schaltsymbol (b)

hier gilt wieder, daß die Ausgangsspannung stets der Eingangsspannung entgegenwirkt, so daß also der Punkt G praktisch Erdpotential hat. Der Eingangsstrom I berechnet sich daher mit genügender Genauigkeit zu

$$I = U_e / R_1$$

Da außerdem angenommen wird, daß der Verstärker gitterstromfrei ist und einen praktisch unendlich großen Eingangswiderstand hat, entspricht der durch den Widerstand R_1 zufließende Strom dem durch den Kondensator abfließenden. Der Ladestrom des Kondensators ist daher der Eingangsspannung U_e stets verhältnismäßig, und die Spannung am Kondensator U_c wird dann

$$U_c = -\frac{1}{C} \cdot \int I \cdot dt = -\frac{1}{C} \cdot \int \frac{U_e}{R_1} \cdot dt$$

$$= -\frac{1}{R_1 \cdot C} \cdot \int U_e \cdot dt$$

Da man die Spannung an G vernachlässigen kann, ist $U_c = U_a$, d. h.

$$-U_a = \frac{1}{R_1 \cdot C} \cdot \int U_e \cdot dt$$

Die Ausgangsspannung wird also bei der hier beschriebenen Integrationsschaltung mit einem konstanten Faktor multipliziert, dessen Größe durch die Zeitkonstante $R_1 \cdot C$ bestimmt wird. Soll der Faktor vor dem Integral gleich 1 sein, dann verwendet man häufig das Wertepaar $R_1 = 1 \text{ MOhm}$ und $C = 1 \mu\text{F}$.

Ähnlich wie die Additionsschaltung, kann auch die Integrationschaltung mit mehreren, u. U. verschiedenwertigen Eingängen versehen werden (Bild 23a). Die Ausgangsspannung ergibt sich dann, wie leicht abgeleitet werden kann, zu

$$-U_a = \frac{1}{R_1 \cdot C} \cdot \int U_1 \cdot dt + \frac{1}{R_2 \cdot C} \cdot \int U_2 \cdot dt + \dots + \frac{1}{R_n \cdot C} \cdot \int U_n \cdot dt$$

Das Schaltsymbol für eine derartige fest verdrahtete Verstärkeranordnung zeigt Bild 23b.

4.7 Ein- und Ausgabevorrichtungen, Funktionsgeneratoren

Soll mit einem Analogrechner der innerhalb der Zeit t zurückgelegte Weg ermittelt werden, wenn der Geschwindigkeitsverlauf (zum Beispiel nach Bild 19a) gegeben ist, dann benötigt man eine Vorrichtung, die eine Eingabespannung entsprechend der vorgegebenen Funktion erzeugt. Sehr genau gelingt das, wenn ein blanker Draht längs der gezeichneten Kurve festgeklebt und dann mit der Zeichnungsunterlage auf einer drehbaren Trommel befestigt wird (Bild 24). Der blanken Draht, der mit der Welle der Trommel leitend verbunden ist, schleift während der Drehung längs einer Widerstandsbahn W und greift dort die dem Verlauf der Funktion entsprechenden Spannungen ab.

Eine für manche Zwecke genügend genaue Funktionsnachbildung ist auch mit einem mehrfach angezapften Potentiometer möglich. Liegen an den Anzapfungen des Potentiometers im Bild 25a die im Bild 25b angegebenen Spannungen U_0, U_1, \dots, U_n , so wird die Spannung an dem von dem Stellmotor M zeitproportional angetriebenen Schleifer S den im Bild 25b gestrichelt eingetragenen Verlauf haben.

In manchen Fällen ist es auch möglich, die Potentiometer so zu wickeln, daß die abgegriffene Spannung unmittelbar der vor-

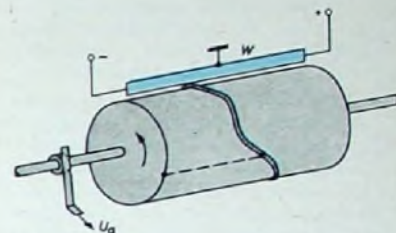


Bild 24. Eingabe-Vorrichtung mit Schleifdraht-Potentiometer als Funktionsgenerator

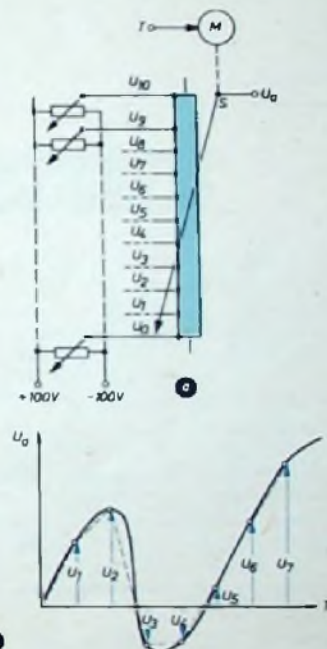


Bild 25. Potentiometer mit gespeisten Anzapfungen (a), Nachbildung einer vorgegebenen Funktion (b)

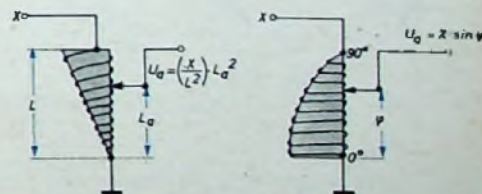


Bild 26 (links). Quadratisch geteiltes Potentiometer

Bild 27 (rechts). Darstellung der Sinusfunktion

gegebenen Funktion entspricht (Bilder 26 und 27). Sind die Wicklungsträger gleichmäßig bewickelt, so nimmt die Ausgangsspannung im Bild 26 in Abhängigkeit von der Schleiferstellung L_a quadratisch zu und im Bild 27 entsprechend der Sinusfunktion. Derartige Funktionsgeneratoren haben auch als Rechenelemente Bedeutung.

Aus mechanischen Gründen ist die mit den bisher besprochenen Vorrichtungen erreichbare Geschwindigkeit nicht sehr groß. In dieser Hinsicht genügen photoelektrische Anordnungen allen Anforderun-

gen. Beispielsweise kann man den auf durchscheinendem Material aufgezeichneten Funktionsverlauf auf einer von innen beleuchteten Trommel anbringen und durch eine Photozelle abtasten (Bild 28). Auch mit Katodenstrahlröhren arbeitende Abtasteinrichtungen werden in der Technik der Analogrechner verwendet.

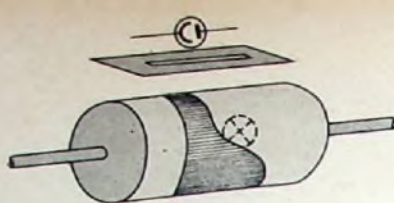


Bild 28. Photoelektrische Abtastung

Katodenstrahlröhren eignen sich auch zur Darstellung des Verlaufs der Ausgangsspannung eines Analogrechners, wenn die Rechengeschwindigkeit so hoch gewählt werden kann, daß die Lösung auf dem Schirm der Röhre etwa 5-...10mal je Sekunde nacheinander aufgezeichnet wird. Analogrechner, die den Rechengang in der Sekunde mehrmals wiederholen, nennt man repetierende Analogrechner.

Zur Aufzeichnung der Ausgangsspannung bei wesentlich längeren Rechenzeiten werden häufig schreibende Registriegeräte benutzt. Das Prinzip eines Schreibers mit ebener Zeichenfläche ist im Bild 29 dargestellt. Die Lage des Schreibstiftes wird koordinatenabhängig von zwei Stellmotoren bestimmt.

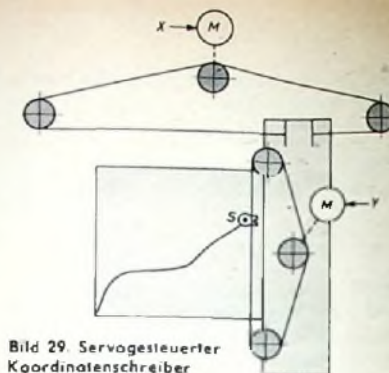


Bild 29. Servogesteuerter Koordinatenschreiber

4.8 Zeitliche Transformation

Zeitabhängige Vorgänge brauchen im Analogrechner nicht mit der wirklichen Geschwindigkeit behandelt zu werden. Soll beispielsweise der innerhalb von 10 min zurückgelegte Weg eines Fahrzeuges ermittelt werden, dessen Geschwindigkeit nach Bild 19a gegeben ist, so muß nicht notwendigerweise auch der Eingabevorgang 10 min dauern; er kann zum Beispiel schon nach einer Minute beendet sein. Die Vorgänge im Rechnergerät laufen dann 10mal schneller als in Wirklichkeit ab. Soll trotz der auf $1/10$ verkürzten Rechenzeit die Spannung am Ausgang der Integrationsschaltung, die hier zur Berechnung des Weges x aus der gegebenen Geschwindigkeit v notwendig ist, die gleiche

sein wie bei einem zeitlichen Abbildungsmaßstab von 1:1, dann muß man dem Faktor $1/R \cdot C$ einen zehnmal größeren Wert geben als bei Anwendung des Maßstabes 1:1. Natürlich ist auch die umgekehrte Möglichkeit der langsamen Berechnung eines sehr schnellen Vorganges gegeben. Die zeitliche Transformation gestattet es, die Rechengeschwindigkeit der Arbeitsgeschwindigkeit der verwendeten Rechenelemente anzupassen.

(Wird fortgesetzt)

Drehmelder und ihre Anwendungen

Eine weitere trigonometrische Rechenaufgabe ist die Bestimmung des Winkels und einer Kathete, wenn die Hypotenuse und die andere Kathete gegeben sind. Es bestehe zum Beispiel die Aufgabe, die Werte x und θ aus r und y zu bestimmen.

Mathematisch ergibt sich $x = \sqrt{r^2 - y^2}$ und $\theta = \arcsin y/r$. Mit dem Koordinatenwandler läßt sich die Aufgabe nach der Schaltung Bild 41 lösen. Die Eingangsspannung E_r wird an eine Statorspule geführt. Dann entsteht in einer Rotorspule die Spannung $E_1 = k E_r \sin \beta$. In Reihe mit dieser Spannung wird nun die zweite Rechengröße y als Wechselspannung mit

Bei dem praktischen Einsatz von Koordinatenwandlern sind noch einige Schaltungshinweise zu beachten, wenn die an sich recht gute Genauigkeit der Drehmelder erhalten bleiben soll. So ist es erforderlich, daß alle Eingangsspannungen, durch deren Amplituden die Rechenwerte x , y und r dargestellt werden, zeitlich genau phasengleich verlaufen. Sonst würde beispielsweise bei der Subtraktion im Bild 41 eine nicht abgleichbare Restspannung und damit ein Rechenfehler entstehen. Die von den Rotorklemmen in den Drehmelder hineingemessene Impedanz ändert sich mit dem Drehwinkel β . Um Fehler zu vermeiden, muß der Koordinatenwandler deshalb hochohmig abgeschlossen werden. Die Rechen- spannungen selbst sollen aus einer niederohmigen Quelle gespeist werden, so daß im allgemeinen Trennverstärker zur Impedanzwandlung erforderlich sind. Wicklungen, die in einer bestimmten Schaltung nicht benötigt werden, sind wie in den Bildern 39 und 41 kurzzuschließen.

Die Koordinatenwandler haben etwa 0,2% Abweichung von dem idealen Sinusverlauf nach Gl. (16). Besonders wichtig ist die Einhaltung einer genau 90° großen räumlichen Phasenverschiebung zwischen den beiden Stator- und Rotorwicklungen. Dieser Wert wird mit einem Fehler von etwa 5' eingehalten.

Koordinatenwandler werden in großem Umfang in Rechnergeräten eingesetzt, so etwa in Rechnern für Navigations- und Peilzwecke. Die hier gegebenen Beispiele sind jedoch typisch für die mit diesen Bauelementen zu lösenden Aufgaben. Für einfache Rechnungen kann man jedoch auch völlig auf spezielle Koordinatenwandler verzichten und normale Drehmelder verwenden. Zur Umwandlung von Polarkoordinaten in kartesischen Koordinaten läßt sich beispielsweise ein Drehmelder-Geber mit drei Statorspulenpaaren in Verbindung mit zwei Transfor-

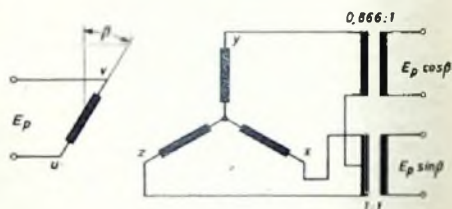


Bild 42. Ersatz eines Koordinatenwandlers durch einen Drehmelder-Geber mit drei Statorspulenpaaren in Verbindung mit Scott-Transformatoren

matoren in Scott-Schaltung nach Bild 42 einsetzen. Die Genauigkeit derartiger Anordnungen ist allerdings etwas geringer als die spezieller Koordinatenwandler.

5.2 Phasendreher

Verbindet man die drei Statorspulen x , y und z eines normalen Drehmellers mit den drei Phasen R, S und T eines Drehstromnetzes, so ergibt sich eine von der bisherigen Funktion abweichende Wirkungsweise. Im Stator des Drehmellers entsteht dann wie bei einem Asynchronmotor ein Drehfeld (d. h. ein Magnetfeldvektor, der mit der Winkelgeschwindigkeit $\omega = 2\pi f$ umläuft), das in der Rotorwicklung eine Wechselspannung induziert (In allen anderen Anwendungen der Drehmelder treten dagegen immer nur stationäre Wechselfelder auf.) Aus Symmetriegründen hängt die Amplitude dieser Spannung nicht von der Lage der Wicklung und damit vom Drehwinkel des Rotors ab. Der Zeitpunkt der Nulldurchgänge, d. h. die Phasenlage, ist jedoch von der Lage der Rotorwicklung zu den Statorspulen abhängig.

Mit einem Drehmelder in der Schaltung nach Bild 43 läßt sich auf sehr einfache Weise die Phasenlage einer Wechselspannung gegenüber einer Bezugsspannung kontinuierlich verändern. Eine einfache Rechnung zeigt, daß die Amplitude der

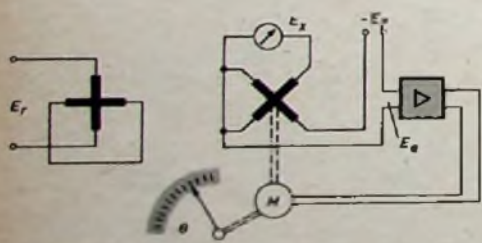


Bild 41. Koordinatenwandler als Dreiecksrechner zur Bestimmung von x und θ aus r und y

der Amplitude E_y und zeitlicher Gegenphase gelegt, so daß sich beide Spannungen subtrahieren und am Verstärkereingang die Spannung $E_\theta = E_x \sin \beta - E_y$ auftritt, wenn $k = 1$ gesetzt werden soll. Der Verstärker steuert wieder einen Servomotor aus, der den Rotor des Koordinatenwandlers verdreht, bis E_θ gleich Null ist. Es wird also $E_x \sin \beta - E_y = 0$ oder $\beta = \arcsin E_y/E_x = \theta$. Der Winkel θ kann somit direkt aus der Rotardrehung abgelesen werden. An der zweiten Rotorwicklung entsteht nach diesem Abgleich die Spannung $E_2 = E_x \cos \theta$. Diese Spannung ist gleich der gesuchten x -Komponente.

Ausgangsspannung tatsächlich nicht vom Drehwinkel des Rotors abhängt und daß darüber hinaus die elektrische Phasenverschiebung der Rotorspannung gleich dem mechanischen Drehwinkel des Rotors ist. Im Handel sind einige Drehmeldertypen erhältlich, die speziell für diesen Anwendungszweck gebaut werden¹¹⁾; häufig kann man jedoch auch normale Drehmelder für die Signalübertragung zu diesem Zweck einsetzen. Einige Besonderheiten sind allerdings zu beachten: Wie schon erwähnt, liegen auf der Statorseite die gleichen Verhältnisse wie bei einem Drehstrom-Asynchronmotor vor. Können sich im Rotorkreis geschlossene Strombahnen ausbilden (die beim Asynchronmotor durch den Käfig oder die Wicklungen absichtlich erzeugt werden), dann zeigt auch der Drehmelder Motorverhalten und gerät in Rotation. Man muß deshalb Drehmelder verwenden, die keine Dämpfungswicklung haben, oder diese leicht erkennbare Kurzschlußwicklung vorher auftrennen. Der Lastwiderstand im Rotorkreis muß hochohmig sein, um Rotationsneigung zu verhindern. Polfeldsysteme, bei denen die dreiphasige Wicklung auf dem Rotor untergebracht ist, verhalten sich in dieser Beziehung günstiger und zeigen keine Tendenz, in Rotation zu geraten. Normale Drehmelder zeigen, auch wenn sie keine Kurzschlußwicklungen oder -käfige aufweisen, infolge der Wirbelströme im Rotoreisen dagegen meistens geringe Drehmomente in Richtung des statorseitigen Drehfeldes.

Die Linearität der Phasendrehung in Abhängigkeit vom Drehwinkel und die Konstanz der Amplitude reichen für technische Zwecke im allgemeinen aus. Man kann Amplitudenschwankungen von etwa 1...2 % und Phasenabweichungen von 0,5...1° erwarten, wenn man aus einer Anzahl normaler Drehmelder die am besten geeigneten Exemplare aussucht. Die angegebenen Werte gelten aber nur unter der Bedingung, daß die drei Statorspeisespannungen nach Phasenlage und Amplitude völlig starr sind. Bei rotierenden Drehstromgeneratoren ist die Phasenlage unveränderlich; zusätzlich muß aber noch der Quellwiderstand des Generators niederohmig sein. Die Ströme, die von den drei Statorspulen aufgenommen werden, sind nämlich, besonders bei Drehmeldern mit Doppel-T-Anker, nicht konstant, sondern schwanken u. U. in sehr weiten Grenzen, wenn man den Rotor durchdreht. Bei größeren Widerständen

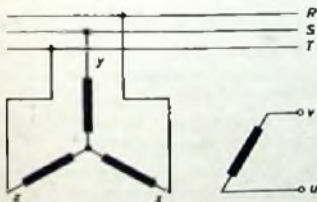


Bild 43. Drehmelder als induktiver Phasendreher

in den Speisestromkreisen schwanken dadurch auch die Speisespannungen an den Statorspulen, und das hat Amplituden- und Phasenfehler der Ausgangsspannung zur Folge.

Eine weitere Schwierigkeit tritt auf, wenn die Speisespannungen nicht rein sinusförmig sind, sondern Oberwellen enthalten. Die Drehfelder mit den Kreisfrequenzen der Oberwellen laufen dann mit höherer Geschwindigkeit um, und es

¹¹⁾ Spezielle induktive Phasendreher sind unter den Namen „Goniometer“ oder „magnisilp“ bekannt.

ergibt sich eine andere Phasenverschiebung für diese Frequenzen als für die Grundwelle. Praktisch wird dadurch auch die Kurvenform der Ausgangsspannung verändert, wenn man den Rotor des Phasendrehers durchdreht. Der Effektivwert der Ausgangsspannung bleibt zwar konstant, normale Gleichrichterinstrumente oder Röhrenvoltmeter zeigen jedoch eine Schwankung der Ausgangsamplitude an. Der gleiche Nachteil ergibt sich auch in Kompensationsschaltungen, bei denen mit der Bezugsspannung verglichen wird. Abhilfe schafft natürlich eine gute Siebung der Wechselspannung. Dabei wäre es zweckmäßig, die Siebglieder in die Erregerleitungen zu legen. Da dadurch aber der Widerstand der Erregerstromkreise vergrößert wird, ist das meistens nicht möglich, so daß man zur Siebung der Ausgangsspannung übergehen muß.

Induktive Phasendreher, die bei vielen Problemen der Meß- und Rechentechnik angewandt werden, haben gegenüber anderen Methoden der Phasenverschiebung, zum Beispiel Phasenbrücken, den Vorteil, daß die Phasenverschiebung der Ausgangsspannung nur vom Drehwinkel des Rotors abhängt und in weiten Grenzen unabhängig von der Frequenz ist. Darüber hinaus kann eine kontinuierliche Phasenverschiebung bis zu beliebigen Winkeln erfolgen.

5.3 Induktive Potentiometer

Induktive Potentiometer sind Anordnungen, deren Ausgangsspannung (in einem bestimmten Bereich) linear von einer mechanischen Eingangsgröße abhängt. Sie haben einige Vorzüge gegenüber gewöhnlichen Widerstandspotentiometern, da sie keine Schleifkontakte benötigen. Das bietet in Betrieben mit starkem Schmutz- oder Staubanfall oder bei Anwesenheit aggressiver Medien große Vorteile. Ebenso kann die Explosionsgefahr dadurch verringert werden. Kontaktlose Anordnungen haben ferner eine höhere Lebensdauer und erfordern meistens auch weniger Wartung. Außerdem ist ihr Innenwiderstand geringer als der von Widerstandspotentiometern, ohne daß dadurch eine größere Verlustleistung im Potentiometer auftritt. Nachteilig ist, daß induktive Anordnungen naturgemäß nur mit Wechselspannung betrieben werden können und daß ihr Frequenzumfang nicht sehr groß ist.

Induktive Potentiometer lassen sich auf verschiedene Weise ausführen; hier sollen jedoch nur die nach dem Drehmelderprinzip arbeitenden Typen zur Umwandlung von Drehbewegungen in elektrische Spannungen besprochen werden. Grundsätzlich kann man dazu einen normalen Drehmelder, etwa einen Steuerempfänger, in der Schaltung nach Bild 44 verwenden. Diese Schaltung ähnelt in ihrer Wirkungsweise der nach Bild 21. Die drei Statorspulen des Steuerempfängers werden mit einer bestimmten Spannung erregt, die durch die konstante Speisespannung gegeben ist (im Bild 21 wurden die Statorspannungen von einem Drehmelder-Geber geliefert). Im Stator des

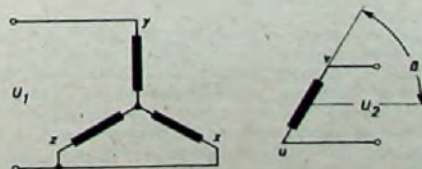


Bild 44. Die Verwendung eines Drehmelders als induktives Potentiometer

Drehmelders entsteht ein Magnetfeld, dessen Achse hier immer mit der Achse der γ -Spule zusammenfällt und dessen Amplitude durch die Eingangsspannung U_1 bestimmt wird. Die Rotorspannung hängt nach Gl. (12) nach einem Sinusgesetz vom Drehwinkel $\gamma = \beta + 90^\circ$ ab (Bild 22c). Diese Sinusabhängigkeit läßt sich aber nur durch ziemlich schwierige konstruktive Maßnahmen annähern.

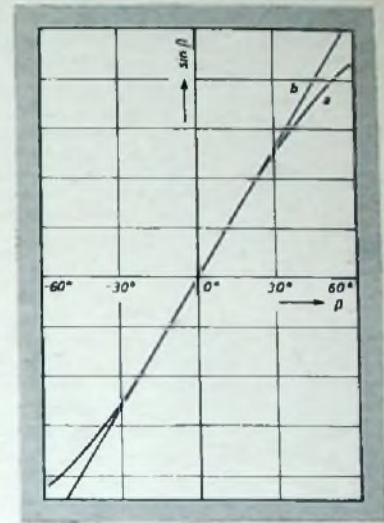


Bild 45. Der Verlauf der Winkelfunktion $\sin \beta$ für kleine Winkel: a) Sinusfunktion, b) Näherungsgerade



Bild 46. Aufbau eines induktiven Potentiometers

Im Bild 45 ist der Verlauf der Sinusfunktion in der Nähe des Nullpunktes vergrößert dargestellt. Man erkennt, daß die Abweichungen von dem gewünschten linearen Verlauf bei kleinen Drehwinkeln sehr gering sind. Die Rechnung ergibt einen Fehler $< 1\%$, wenn der Drehwinkel $\pm 14^\circ$ nicht übersteigt. Bei einem zulässigen Fehler von 5% darf der Drehwinkel bis zu $\pm 32^\circ$ betragen. Für größere Drehwinkel wachsen die Fehler rasch; man begrenzt daher in handelsüblichen induktiven Potentiometern (induktiven Gebern), die nach diesem Prinzip arbeiten, die Drehung durch Anschläge und kann dann die Stromzuführung zum Rotor durch Metallbänder an Stelle von Schleifringen und -bürsten vornehmen. Wie Bild 44 zeigt, sind immer zwei Statorspulen miteinander verbunden und führen den gleichen Strom. Man kann sie daher auch in einer einzigen Spule zusammenfassen, die dann in der Richtung der γ -Spule liegt und auch noch mit dieser vereinigt werden kann. Die Statorwicklung besteht dann also nur noch aus einer einzigen Spulengruppe mit zwei Anschlüssen (Bild 46). Man kann die Wirkungsrichtung der Bauelemente natürlich auch umkehren und die Primärspannung in den Rotor einspeisen.

Häufig verlangt man von den induktiven Potentiometern auch die Abgabe eines gewissen Stromes. Ein einfacher Drehmelder in der Schaltung nach Bild 44 oder der daraus abgewandelte Typ mit nur einer Erregerspulen-Gruppe eignet sich für diese Aufgabe jedoch schlecht, da er eine verhältnismäßig große Streuinduktivität und daher einen hohen inneren Spannungsabfall hat. Diese Erscheinung läßt sich folgendermaßen erklären: Der Belastungsstrom I_s bewirkt in der Sekun-

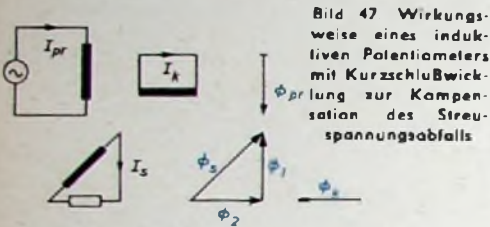


Bild 47 Wirkungsweise eines induktiven Potentiometers mit Kurzschlußwicklung zur Kompensation des Streuabfalls.

därspule ein Magnetfeld Φ_a , das in Richtung der Spulenachse liegt. Fallen die Richtungen von Primär- und Sekundärspule nicht zusammen, dann muß man dieses Magnetfeld in zwei Komponenten zerlegen. Eine Komponente (Φ_1) hat die Richtung der Primärspule. Dieser Anteil Φ_1 schwächt wie bei einem Transformator den Primärfluß Φ_{pr} und bewirkt bei konstanter Speisespannung eine Erhöhung der Stromaufnahme aus dem Netz. Die zweite Komponente des Sekundärflusses (Φ_2) ist aber um 90° gegenüber der Primärspule verschoben und kann daher nicht mit dem Erregerfluß zusammenwirken und kompensiert werden. Gemäß $U_s = w \cdot \omega \cdot \Phi$ ruft dieser Flußanteil einen inneren Spannungsabfall hervor, um den die Leerlaufspannung des Potentiometers vermindert wird. Diesen Spannungsabfall kann man verkleinern, indem man auch die um 90° versetzte Komponente Φ_2 des Sekundärflusses aufhebt oder verringert. Das erfolgt durch eine Kurzschlußspule, die um 90° gegenüber der Achse der Primärspule versetzt ist. Diese Anordnung kann man sich als sekundärseitig kurzgeschlossenen Transformator vorstellen, bei dem auf der Primärseite ebenfalls keine (oder nur eine geringe) Spannung auftritt (Bild 47).

Für viele Zwecke sind induktive Potentiometer erwünscht, die einen größeren Winkelbereich als $\pm 30^\circ$ bei ausreichender Linearität überstreichen. Das kann man beispielsweise durch besondere Formgebung des Eisenkerns in Verbindung mit einer entsprechenden Wicklungsaufteilung erreichen. Allerdings sind solche Anordnungen im Entwurf und in der Herstellung ziemlich schwierig zu behandeln. Man geht deshalb oft von Koordinatenwandlern aus und erhält dann durch Kombination der einzelnen Sinus- und Kosinuswicklungen Drehwinkel bis zu 80° bei guter Linearität. Handelsübliche induktive Potentiometer zeigen im Winkelbereich $0 \dots 60^\circ$ nur $0,4\%$ Abweichung von der Linearität, im Winkelbereich $60 \dots 75^\circ$ ist der Fehler $0,5\%$.

Induktive Potentiometer werden hauptsächlich in der industriellen Meß- und Regelungstechnik verwendet, wenn man Wege oder Drehbewegungen in elektrische Spannungen umformen und elektrisch weiterverarbeiten muß. Auf der Empfängerseite sind dann entweder anzeigende oder schreibende Meßgeräte vorhanden, oder die induktiven Potentiometer, die man häufig auch induktive Geber nennt, arbeiten mit elektronischen Regelverstärkern zusammen, die Servomotoren speisen.

5.4 Gleichstrom-Drehmelder

Alle bisher untersuchten Drehmelder benutzen Wechselstrom von $50 \dots 500$ Hz als Signalträger und Hilfsenergie. Drehmelder lassen sich jedoch auch mit Gleichstrom betreiben. Dabei ergeben sich auf der Empfängerseite fast die gleichen Verhältnisse wie bei Wechselstromsystemen. Drehmelder-Empfänger für Gleichstrom können daher den gleichen Statoraufbau mit drei um 120° versetzten Wicklungsgruppen wie Wechselstrom-Drehmelder haben. Der Rotor kann ebenfalls als Doppel-T-Anker oder Trommelanker mit einer einzigen Wicklungsgruppe ausgeführt sein; es genügt jedoch auch die Verwendung eines radial magnetisierten Dauermagnetkörpers.

Das Prinzip einer Winkelübertragung mit einem Gleichstrom-Drehmelder-Empfänger ist im Bild 48 dargestellt. Als Geber muß ein Ringpotentiometer mit drei Anzapfungen verwendet werden, da induktive Geberanordnungen naturgemäß nicht brauchbar sind. Entsprechend der Stellung des Doppelschleifers liegen an den drei Anzapfungen des Potentiometers drei Gleichspannungen, deren Amplituden und Vorzeichen den eingestellten Winkel eindeutig kennzeichnen. Dreht man den Schleifer von $0 \dots 360^\circ$ durch, dann erhält man an den drei Anzapfungen Spannungsverläufe, die etwa den im Bild 6 dargestellten Verläufen bei Wechselstrom-Drehmeldern entsprechen. Die drei Statorspulen des Drehmelders sind mit den Anzapfungen des Ringpotentiometers verbunden. In den Statorspulen fließen daher Gleichströme, deren Magnetfelder sich zu einem Gesamtfeld addieren, das die Stellung des Potentiometerschleifers wiedergibt. Im Gegensatz zu den Wechselstromsystemen handelt es sich hier jedoch um ein statisches Feld. Im Stator entstehen also ein ruhender Nord- und Südpol, und der permanentmagnetische Rotor stellt sich in die Richtung dieses Magnetfeldes ein. Trägt der Rotor eine Erregerwicklung, dann wird diese mit einer Gleichstromquelle verbunden und entwickelt dann ebenfalls zwei Magnetpole, die mit denen des Statorfeldes in Wechselwirkung treten. Die Wirkung ist also ähnlich wie bei Wechselstrom-Drehmeldern, wenn auch die Verhältnisse hier leichter zu übersehen sind.

Das statische und dynamische Verhalten der Gleichstrom-Drehmelder ähnelt dem der Wechselstromsysteme. So besteht beispielsweise zwischen dem Lastmoment und der Winkelabweichung eine ähnliche Beziehung wie die durch Gl. (5) ausgedrückte. Allerdings kann hier das Lastmoment des Empfängers nicht auf die Geberseite zurückwirken. Daher ermöglicht die Anordnung nach Bild 48 eine echte Momentenverstärkung, da das empfängerseitig verfügbare Drehmoment erheblich größer als das zur Verstellung des Geberpotentiometers benötigte sein kann. Bei Wechselstrom-Drehmeldern in der Schaltung nach Bild 8 ist dagegen keine Momentenverstärkung durch Entnahme von Hilfsenergie aus dem Speisetz möglich¹²⁾.

¹²⁾ Der physikalische Grund für die Tatsache der Momentenverstärkung liegt nicht in der Verwendung von Gleichstrom, sondern darin, daß der Potentiometer-Geber rückwirkungsfrei arbeitet; Änderungen des Belastungsstroms können also kein Drehmoment am Schleifer des Potentiometers erzeugen. Betreibt man Wechselstrom-Drehmelder mit einem Potentiometer-Geber, dann erhält man ebenfalls ein rückwirkungsfreies System mit Momentenverstärkung.

Für das dynamische Verhalten der Gleichstromsysteme gelten die Betrachtungen für Wechselstrom-Drehmelder analog. Zur Verbesserung des dynamischen Verhaltens rüstet man die Systeme häufig mit besonderen Kurzschlußglocken aus, die eine Wirbelstromdämpfung der Schwingungen bewirken.

Bei vielen Anordnungen ist es nicht erforderlich, daß der Winkelbereich $0 \dots 360^\circ$ stetig überstrichen wird. Für Fernsteuer- und Kommandoanlagen genügt es oft, wenn der Empfänger nur bestimmte Winkelstellungen einnehmen kann. In solchen Fällen kann man auf den geberseitigen Ringwiderstand verzichten und

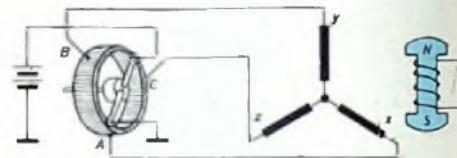


Bild 48 Gleichstrom-Drehmelder mit Potentiometergeber

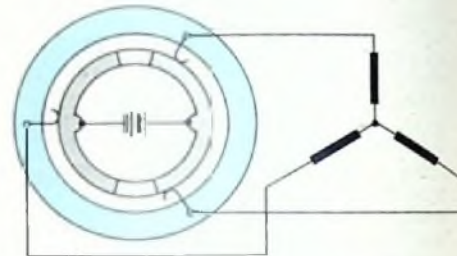


Bild 49 Unstetiger Geber für Winkelwerte $0^\circ, 30^\circ, 60^\circ$ usw.

einen unstetigen Geber verwenden. Bild 49 zeigt einen unstetigen Geber in Form einer Kontaktwalze, der es gestattet, den Empfänger in 12 verschiedene Stellungen einzudrehen. Derartige Geber arbeiten außerordentlich betriebssicher und ermöglichen so den Aufbau von sehr einfachen und kostensparenden Fernsteueranlagen und Maschinentelegraphen.

ELEKTRONISCHE RUNDSCHAU

bringt im Februarheft 1959 unter anderem folgende Beiträge:

- Neue Anwendungen von Germaniumdioden im Fernsehempfänger
- Betrachtungen zur Stabilität von Oszillatoren
- Die Viersticht-Diode — ein bistabiler Halbleiter-Zweipol
- Der selbsttätige Kompensator als Gleichspannungsverstärker
- Ein Zeitrelais mit geschwindigkeitsabhängiger Verzögerung
- Der Wirkungsgrad moderner Trocken-gleichrichterarten
- Beitrag zur Motorensteuerung bei kleinen Leistungen

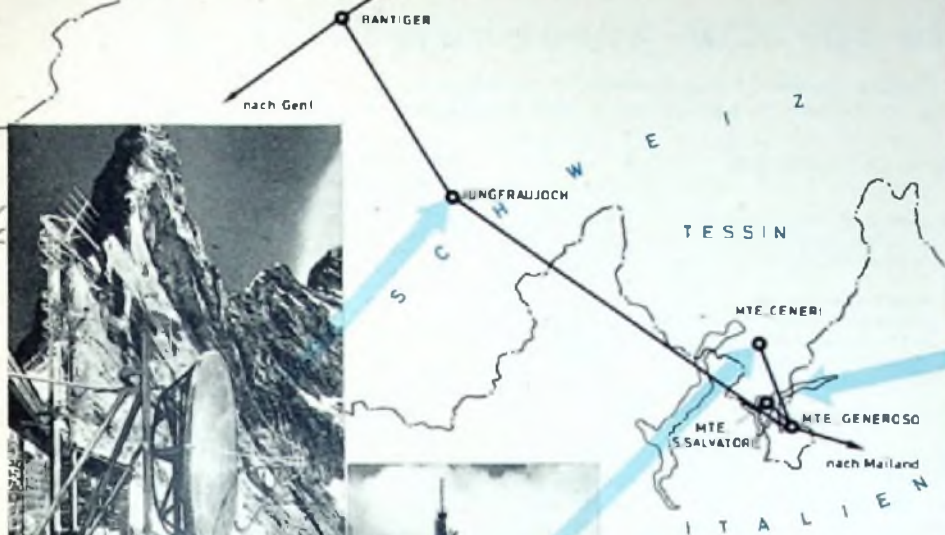
Neue Bücher • Angewandte Elektronik • Aus Industrie und Wirtschaft • Neue Erzeugnisse • Industrie-Druckschriften

Format DIN A4 • monatlich ein Heft • Preis 3,- DM

Zu beziehen durch jede Buchhandlung im In- und Ausland, durch die Post oder direkt vom Verlag

VERLAG FÜR RADIO-FOTO-KINOTECHNIK GMBH BERLIN-BORSIGWALDE

Schweizer Fernsehnetz im Tessin eröffnet



Die Parabolantenne in Richtung Süden der transalpinen Fernseh-Richtstrahlverbindung auf der Station Jungfrauoch, der mit 3700 m ü. M. höchsten Relaisstation Europas.
Aufnahmen: PTT



Antennenmasten auf dem Monte Ceneri. Der vordere Turm trägt ganz oben eine UKW-Antenne und darunter die FS-Antenne. Die schräg stehende Platte oben rechts ist ein Reflektorspiegel, der die vom Monte Generoso her kommenden Richtstrahlen nach der am Boden befindlichen Empfangsantenne reflektiert.

Flugaufnahme des neuen kombinierten Sende- und Blitzableitermastes auf dem San Salvatore; im Hintergrund das Monte Rose Massiv



dort aus wird das vom Jungfrauoch empfangene Fernsehsignal nach dem Monte Ceneri und dem San Salvatore weitergeleitet. Das Betriebsgebäude auf dem Generoso konnte im letzten Jahr wesentlich vergrößert und technisch ausgebaut werden. Damit war es möglich, die neuen Geräte für die Richtstrahl-Verbindung sowie für die Fernsteuerung und die Fernüberwachung aufzunehmen.

In technischer Hinsicht ist der Fernsehsender auf dem Monte San Salvatore besonders interessant. Er arbeitet mit einer Bildstrahlungsleistung von 10 kW und einem Antennensystem, das aus einem 70 m hohen Stahlurm befestigt ist. Die Antennenanlage besteht aus vier Strahlergruppen, die in zwei verschiedene Richtungen orientiert sind. Jede Strahlergruppe hat acht Dipole. Der Fernsehsender wird ergänzt durch einen UKW-FM-Sender zur Ausstrahlung des Zweiten schweizerischen Programmes in italienischer Sprache (93 MHz). Es ist beabsichtigt, die Sendeanlagen auf dem San Salvatore fernzusteuern, so daß man ohne Personal auskommt. Die Betriebserfahrungen werden zeigen, ob dieses Verfahren auf längere Zeit hin anwendbar sein wird.

Es sind Maßnahmen getroffen, um dem Tessiner Fernsehen eigene Bildprogrammquellen zu erschließen. So befindet sich ein Reportagewagen-Troß für Fernsehübertragungen in Konstruktion, der dem Studio Lugano Anfang 1960 zur Verfügung stehen wird. Um solche Direktsendungen aus möglichst zahlreichen Orten des Tessins zu ermöglichen, sind die technischen und personellen Voraussetzungen geschaffen worden. Gestützt auf mobile Richtstrahlverbindungen, werden diese Übertragungen auf dem Monte Generoso in das schweizerische Fernsehnetz eingespeist. Von dort aus gelangen sie zu den Fernsehsendern in der deutschen, französischen und italienischen Schweiz.

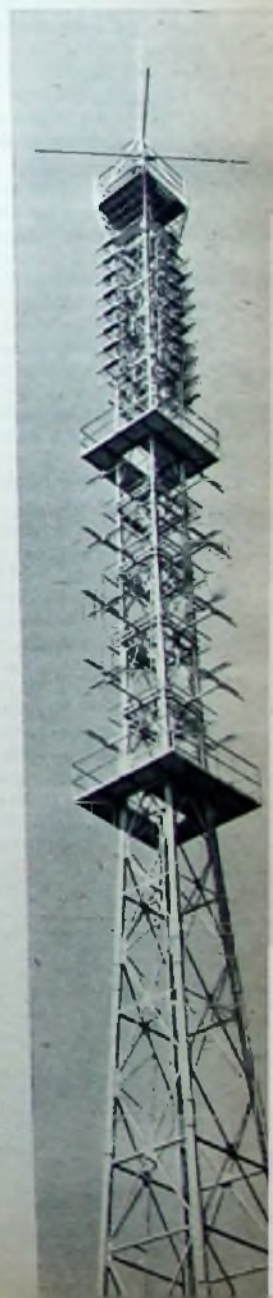
In seiner Eröffnungsansprache wies Herr Dipl.-Ing. A. Wettstein, Direktor der Telephon- und Telegraphenabteilung der Generaldirektion der schweizerischen PTT darauf hin, daß trotz der späten Inbetriebnahme des Fernsehens das Tessin die relativ größte Fernsehichte in der Schweiz erreicht hat. Dieser Umstand erklärt sich aus der Empfangsmöglichkeit italienischer Fernsehsender in diesem Gebiet, die allerdings jetzt durch die Tessiner Fernsehstationen in den Kanälen 5 (Monte Ceneri) und 10 (Monte San Salvatore) nicht mehr ungestört sein kann.

Ende 1958 wurde das schweizerische Fernsehen im Tessin offiziell eröffnet. Seit diesem Zeitpunkt verbreiten zwei Fernsehstationen die schweizerischen Fernsehprogramme in Sopraceneri und Sottoceneri. Die erste Fernsehanlage auf dem Monte Ceneri begann mit ihren Versuchen bereits im Juni 1958. Die zweite Station auf dem Monte San Salvatore arbeitet seit Ende November 1958. Über beide Sender können wahlweise die Fernsehprogramme der Studios in Zürich und Gené übertragen werden.

Für die Schweizer Fernsehschiene im Tessin lautete die Aufgabe, die Fernsehsendungen der deutschen und italienischen Schweiz von jenseits des Gotthards nach dem Süden zu transportieren. Die technischen Voraussetzungen sind im Rahmen der Eurovision schon seit 1954 erfüllt. Seit vier Jahren besteht die Richtfunkstrecke vom Bantiger aus über das Jungfrauoch und den Monte Generoso nach Mailand. Der Bantiger seinerseits ist durch Richtstrahler mit der französischen und deutschen Schweiz verbunden. Im Auftrage der Schweizerischen Rundfunkgesellschaft wird nun die Fernsehschiene nach dem Süden auf dem Bantiger mit dem einen oder anderen schweizerischen Fernsehprogramm verbunden. Im gegenwärtigen Zeitpunkt besteht noch kein eigenes Fernsehstudio in der italienischen Schweiz. Während die Bildsendungen auf den Frequenzen 2000 MHz und 1728 MHz zu den Tessiner Fernsehsendern übertragen werden, gelangt der Ton über Rundfunkkabel zu den Sendeanlagen.

Zentraler Senderüberwachungsort und Video-Verteilungspunkt im Tessin ist der Monte Generoso. Von

Die Fernsehantenne (oben) und die UKW-FM-Antenne (unten) auf der Spitze des neuen Sendeturms San Salvatore. Die kreuzförmige Anordnung ganz oben dient als Blitzfänger für eine Forschungsstation



Umschaltfeld für KW-Antennen

5 Antenneneingänge (z. B. 3 Dipole, 1 Langdrahtantenne, 1 Zeppelin-Antenne) • Umschaltbar auf 2 Ausgänge • Erdungsmöglichkeit für alle Antennen • Schalterstellungen leicht kontrollierbar

Im Amateur-Versuchsfunkbetrieb sind für die verschiedenen Bänder und Richtungen mehrere KW-Antennen vorteilhaft. Außerdem kommt es auch vor, daß in mehreren Räumen eine bequeme Anschlußmöglichkeit sämtlicher Antennen vorhanden sein soll. Aus diesen Überlegungen wurde ein Antennen-Umschaltfeld für fünf verschiedene Antennen und zwei Verzweigungen entwickelt. Auf elektrische Umschaltung der Antennen durch Relais wurde aus Gründen der Betriebssicherheit (und um die Kosten niedrigzuhalten) verzichtet. Die Umschaltung wird von Hand durch Umlegen handelsüblicher Antennenschalter vorgenommen. Ein weiterer Vorteil dieses Verfahrens ist die leichte Erdungsmöglichkeit der gerade nicht benötigten Antennen.

Umschaltprinzip

Sämtliche Antennen (einschließlich der Dipole) werden zuerst über die Erdungsschalter geführt (S 1 bis S 5b), die eine einwandfreie Erdung gestatten. Werden zum Beispiel die Schalter S 1a und S 1b in Stellung „Antenne“ gebracht, dann ist der Dipol für 10 m an eine der beiden Ausgangsleitungen geschaltet. Mit Hilfe der Buchsen Bu 1 oder Bu 2 kann die betreffende Ausgangsleitung gewählt werden. Dieses Verfahren gilt auch für die anderen Dipole.

In gleicher Weise läßt sich die Feederleitung der Zeppelin-Antenne umschalten. Die Antenne wird zuerst durch die Schalter S 5a und S 5b von Erde getrennt. Dann wählt man den Anschlußraum mit Hilfe der Buchsen Bu 3 oder Bu 4. Die Langdrahtantenne ist als reine Empfangsantenne gedacht und kann ohne Umschaltung in beide vorhandenen Räume geführt werden. Um aber auch hier den Blitzschutzanforderungen zu genügen, ist Schalter S 4 für die Erdung vorhanden.

Konstruktive Einzelheiten des Antennen-Schaltkastens

Sämtliche Buchsen und Schalter sind auf einer 445 x 245 mm großen Hartpapierplatte befestigt. Da die Platte 5 mm dick ist, lassen sich die Schalter einwandfrei anschrauben. Nachdem die Montageplatte vorverdrahtet ist, wird sie in das wasserdichte Stahlblechgehäuse eingesetzt. Für das Gehäuse darf nur eine in jeder Beziehung stabile Konstruktion verwendet werden. In mehrjährigem Betrieb bewährte sich ein wasserdichtes, für Schaltanlagen listenmäßig lieferbares Stahlblechgehäuse, dessen Deckel nach Lösen von zwei Schrauben aufklappbar ist. Die Seitenwände lassen sich leicht abschrauben, ein großer

Liste der Spezialteile

- 9 Blitzschutzschalter „311“ (Kathrein)
- 2 Doppelbuchsen „6205“ (Kathrein)
- 1 Bandleitungs-Doppelstecker Nr. 6207 (Kathrein)
- 6 Stütz-Isolatoren Z.-Nr. 300/079 (RIG)
- 1 Stahlgehäuse Nr. „809“, Größe Ey, mit Scharnierdeckel (Elek GmbH, Düsseldorf)
- 11 Einführungsstüben „115“ (Zehnder)
- 6 Telefonbuchsen „100“ (Zehnder)

Vorzug für die Montage. Die Ein- und Ausführungen der Antennenleitungen sind Isolationstüben, wie sie für Feuchtraum-Installationen benutzt werden. Nach dem Einziehen der Antennendrähte sind die Tüllen noch mit Feuchtraumkitt wasserdicht zu machen. In den Boden des Stahlblechgehäuses sind einige kleinere Löcher zu bohren, durch die etwa auftretendes Kondenswasser abfließen kann. Außerdem erhält der Deckel noch einen 7,6 x 39,8 mm großen Durchblick, der nachträglich eingearbeitet werden muß; man kann dann leicht die Schaltstellungen der Antennenschalter kontrollieren. Dieses Fenster aus Plexiglas ist ebenfalls wasserdicht einzusetzen (beispielsweise mit Hilfe eines Gummistreifens).

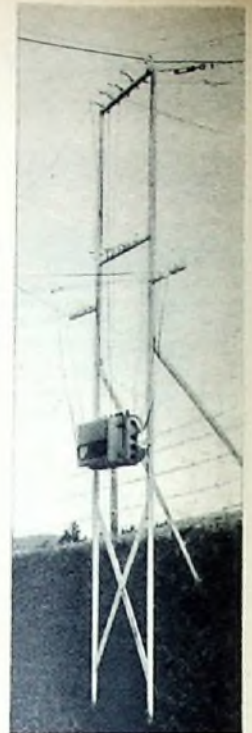
Gestellmontage

Die Befestigung des Antennen-Schaltkastens an einem 4,75 m hohen Stahlgerüst von 75 cm Breite hat sich bewährt. Das Gerüst wird im Erdboden an einem Winkelisen (80 x 80 x 10 mm) verankert und durch Quer- und Längs-Flacheisen gut versteift. Ferner sind an den Punkten a Stützen anzuschweißen, die das Stahlgerüst rückwärts im Erdboden abstützen. Die gleichfalls angeschweißten Enden b sind für die Montage von Antennen-Isolatoren bestimmt, wie sie auch am oberen Gestänge Platz finden.

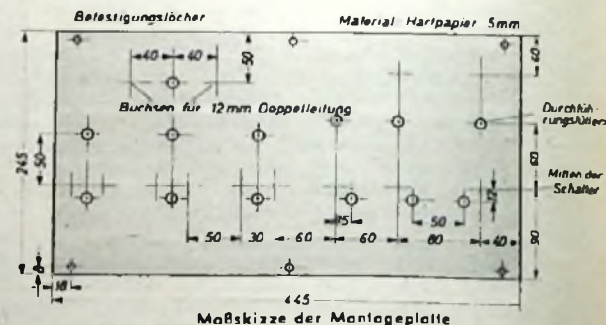
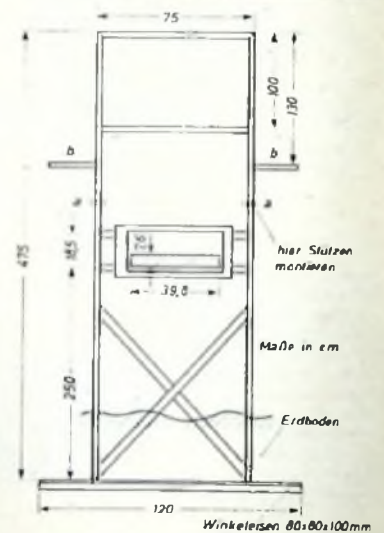
In der Mitte des Gerüsts ist der Schaltkasten montiert. Er ist leicht zugänglich, ohne eine Leiter benutzen zu müssen. Die Höhe des Gestelles erklärt sich aus der Verwendung des oberen Teiles zur Abspannung der Antennen und der zu den Räumen wegführenden Leitungen.

Nach den einschlägigen VDE-Vorschriften soll das Stahlgerüst, obwohl es an einer im Erdboden liegenden Eisenschiene befestigt ist, über eine besondere Leitung mit ausreichendem Querschnitt geerdet werden.

Die Gesamtsicht des Stahlgerüsts mit geschlossenem Antennen-Schaltkasten

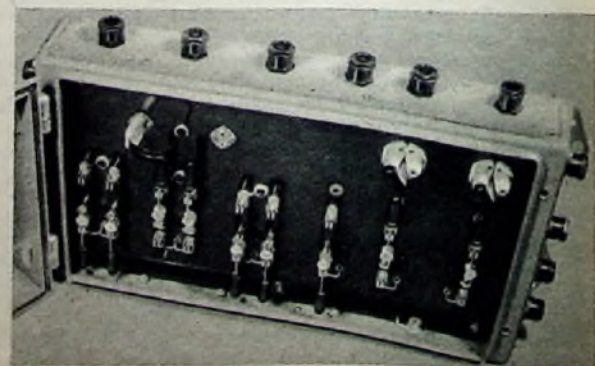


Montagebeispiel eines Antennen-Schaltkastens an einem Stahlgerüst

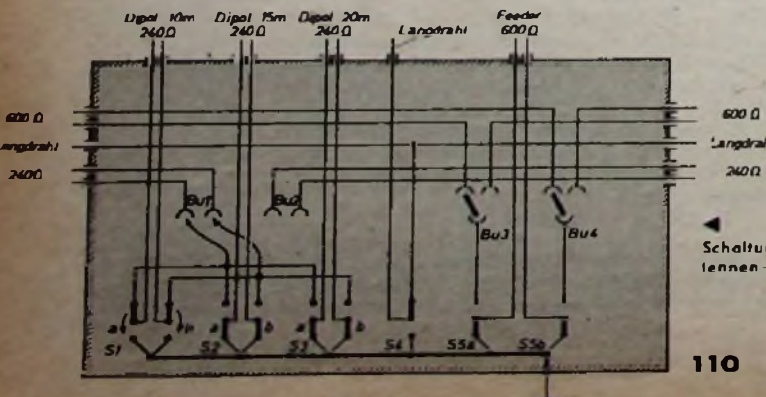


Maßskizze der Montageplatte

Blick in den geöffneten Antennen-Schaltkasten



Schaltung des Antennen-Schaltfeldes



Einbau-Magnetongerät für den Selbstbau

Fortsetzung aus FUNK-TECHNIK Bd. 14 (1959) Nr. 3, S. 85

Die technischen Daten und allgemeine Angaben für das Einbau-Magnetongerät zum Selbstbau wurden im Heft 3/1959 aufgeführt. Ebenso wurden dort der Aufbau und die Schaltung des elektrischen Teiles besprochen. Die für den elektrischen Teil notwendigen Spezialteile gehen aus der untenstehenden Liste der Spezialteile hervor.

Mechanischer Aufbau

Zunächst sei die Funktion des Gerätes kurz erklärt (Bild 8). Die Tonrolle wird über ein auf der Tonmotor-Welle verschiebbares Reibrad, das mit der Schwung-

anordnung hat den Vorzug, daß auf dem Gerät trotz hoher Umspulggeschwindigkeit und kurzer Stoppzeit auch Lang- und Doppelspielbänder ohne Verziehen verwendet werden können. Außerdem ist die Verwendung zweier unterschiedlich großer Spulen ohne weiteres möglich.

Zuerst beginnt man mit der Anfertigung sämtlicher mechanischen Teile; Einzelheiten sind aus den Einzelteilzeichnungen ersichtlich. Wenn nicht besonders angegeben, ist jeweils nur ein Stück erforderlich. Kleinteile, wie Bolzen, Schrauben usw., wurden nicht gezeichnet; es dürfte aber keine Schwierigkeiten bereiten, hier das

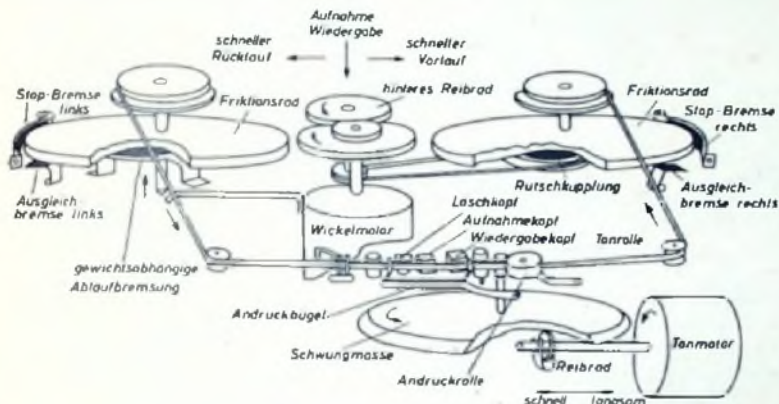


Bild 8. Übersichtsskizze zur Erläuterung der Funktion des Gerätes

masse in Verbindung steht, angetrieben. Außerdem läßt sich der Tonmotor elektrisch auf zwei Geschwindigkeiten umschalten. In den Endstellungen des Reibrades sind dann die Normgeschwindigkeiten 19 beziehungsweise 9,5 cm/s und 9,5 beziehungsweise 4,75 cm/s einzustellen. Andruckrolle und Band werden mechanisch mittels Hebels angedrückt oder abgehoben. Bei Aufnahme und Wiedergabe wird das Band vom Wickelmotor über das hintere Reibrad, das Seil und die rechte Rutschkupplung aufgewickelt. Die Ablaufbremsung erfolgt gewichtsabhängig, d. h., das Gewicht der mehr oder weniger vollen Spule bestimmt die Härte der Bremsung. Die Bremsung kann so eingestellt werden, daß sich bei allen üblichen Kunststoffspulen annähernd gleicher Bandzug ergibt.

Beim schnellen Rücklauf drückt ein Zugmagnet den drehbar gelagerten Wickelmotor an das linke Friktionsrad, das ein Hebel gleichzeitig von der Filzbremse abhebt. Das hintere Reibrad wird festgelegt, so daß die rechte Rutschkupplung als Ablaufbremse wirkt und so für einen festen Bandwickel sorgt. Beim schnellen Vorlauf treibt der Wickelmotor das rechte Friktionsrad an (die Seilrollen laufen dann leer mit). In diesem Fall gewährleistet die bei Aufnahme und Wiedergabe wirkende gewichtsabhängige Ablaufbremsung den festen Bandwickel.

Stoppt man aus dem Schnellauf, so werden zwei große, mit Filz belegte Bremsen durch Zugmagnete an die Stirnflächen der Friktionsräder gelegt. Außerdem tritt eine Ausgleichbremse in Tätigkeit, die die jeweils ablaufende Spule stärker bremst, so daß das Band keine Schlaufen bilden kann. Diese etwas aufwendige Bremsen-

Richtige zu finden. Für die drehbaren Hebelverbindungen verwende man entsprechende Ansatzschrauben. Es ist jedoch darauf zu achten, daß bei allen drehbaren Verbindungen möglichst wenig Luft vorhanden ist, da sonst nicht nur die Funktion in Frage gestellt würde, sondern auch unangenehme Schnarrgeräusche auftreten können. Das Gerät arbeitet, wenn alles gut paßt, fast geräuschlos.

Die Grundplatte 1 A¹⁾ besteht aus 3 mm dickem Eisenblech. Anderes Material ist nicht zu empfehlen, da die Grundplatte

1) Die vorliegende Fortsetzung enthält auf S. 116-117 nur die Einzelteilzeichnungen 1-5, die Zeichnungen 6-10 folgen im nächsten Heft.

Liste der Spezialteile

Anz.	Bezeichnung	Bestell.-Nr.	Hersteller
1	Tonmotor	KM 20.65 - 4/8 - 640 D	Papet Motoren KG, St. Georgen/Schwarzwald
1	Wickelmotor	KLM 20.65 - 4 - 180 D	
1	Löschkopf, Ferrit	LF 4	Tech.-phys. Labor. Digl.-Ing. B. Woelke, München
1	Aufnahmekopf	AM 6 mit Abschirmhaube Nr. 1	
1	Wiedergabekopf	WH 3 mit Abschirmhaube Nr. 2	
1	HF-Generatorspele	BV 208	Siemens
3	Ferrit-Schalenkerne	56 T 6 N - 25 1100 N 22 AL 250 dazu passend	
6	Kunststoffspulenkörper		
8	Tastensätze T 1/2/3	2 x L 17,5 J beige 4 u / links 1 x EE 4 u	R. Schadow, Berlin-Borsigwalde
	T 4/5/6	3 x L 17,5 J beige 4 u	
	T 7/8	2 x L 17,5 J beige 4 u/2 u	
	T 9/10	2 x L 17,5 J beige 2 u/3 u	
	T 11	1 x L 17,5 - EE 2 u	
	Sinterlager	Maße lt. Zeichnungen	Lunke und Sohn, Witten/Ruhr

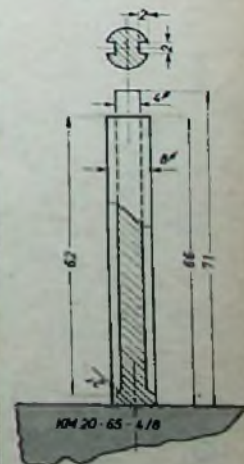
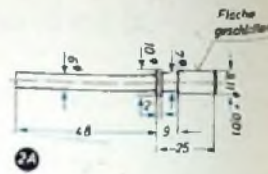
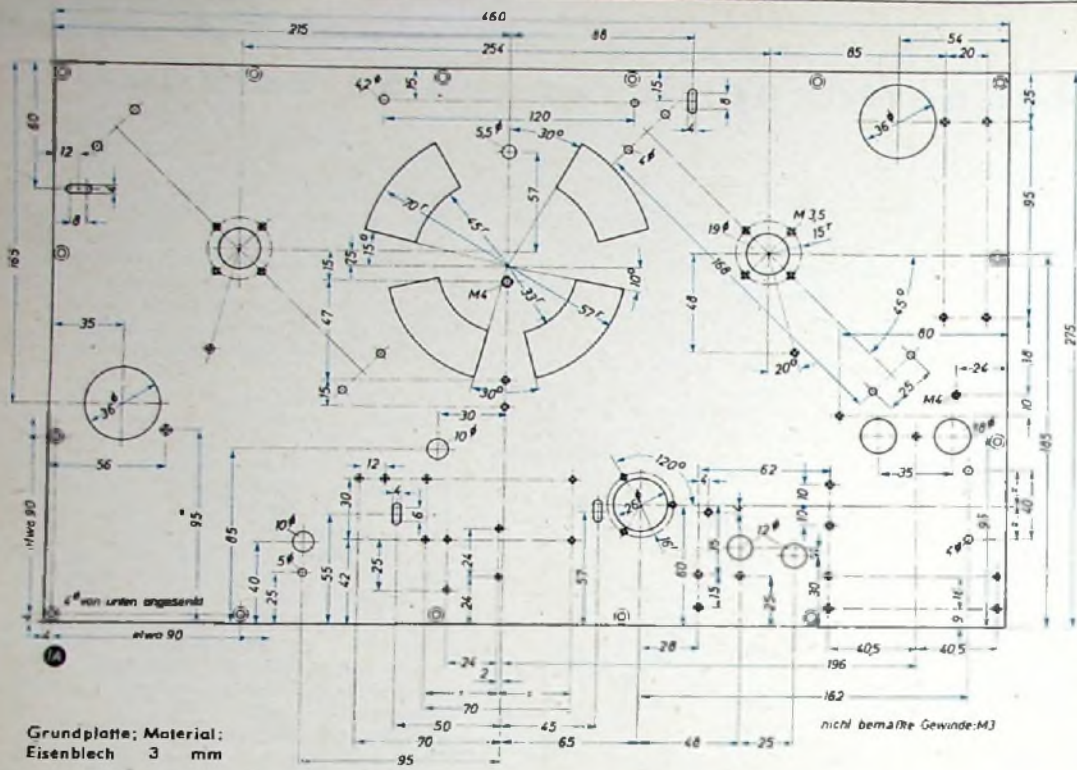
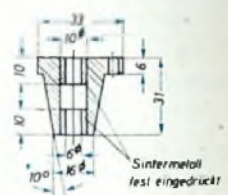


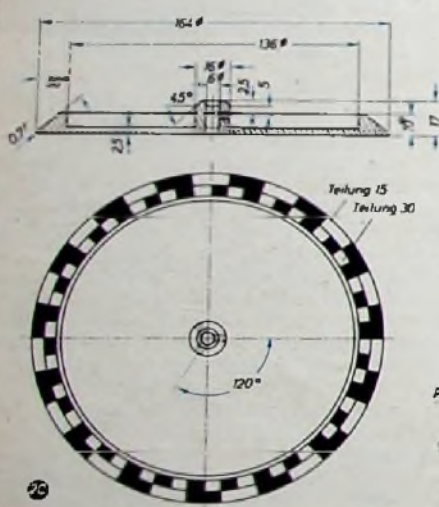
Bild 9. Die Sonderwelle des Tonmotors (Papet)



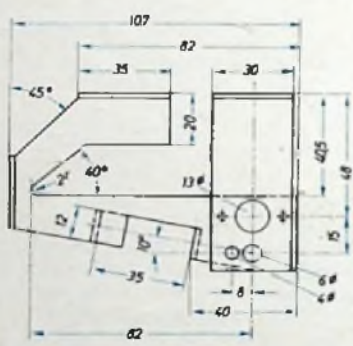
Tonrolle mit Achse; Material: Silberstahl



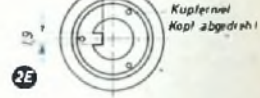
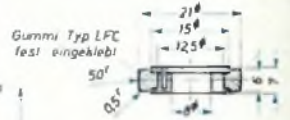
Tonrollenlager; Material: Messing



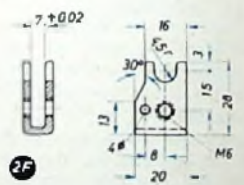
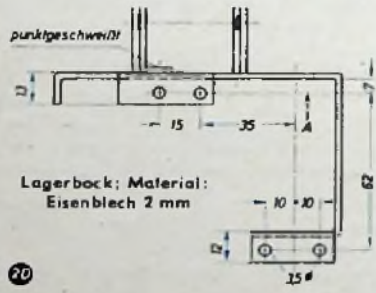
Schwungmasse mit Stroboskop; Material: Aluminium



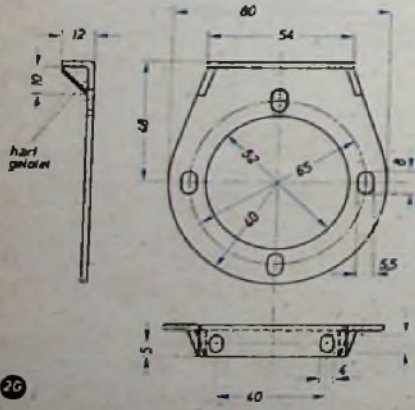
Lagerbock; Material: Eisenblech 2 mm



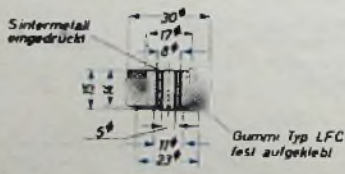
Reibrad; Material: Bronze



Schlitten; Material: Eisenblech 2,5 mm



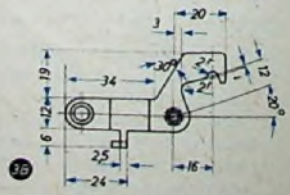
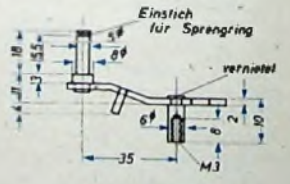
Haltebügel für Tonmotor; Material: Eisenblech 3 mm



Andruckrolle; Material: Messing

Konstruktionskizzen zum Magnetongerät

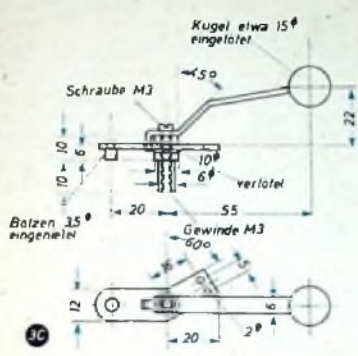
Andruckrollenlager; Material: Eisenblech 2 mm. Rollenlager: Silberstahl



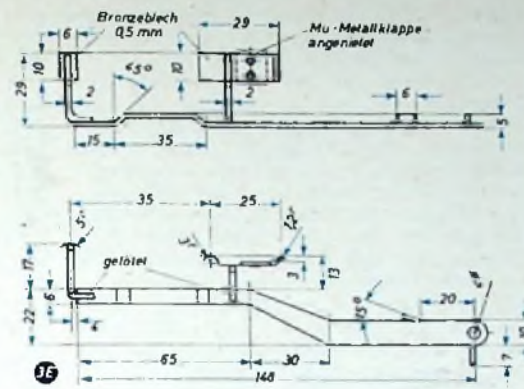
Zulässige Toleranzen der Drehteile

Nenn-durchmesser [mm]	Abmaße [mm]	
	Achsen	Lager
5	0	+ 0,01
	- 0,03	+ 0,03
8	0	+ 0,01
	- 0,03	+ 0,05
8	0	+ 0,02
	- 0,035	+ 0,06

zulässiger Höhen- und Seitenschlag maximal 0,02 mm, bei der Tonrolle 0; allgemeine Toleranzen ± 0,1 mm



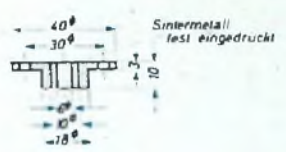
Schalthebel mit Arm; Material: Messingblech 2 mm, Messing



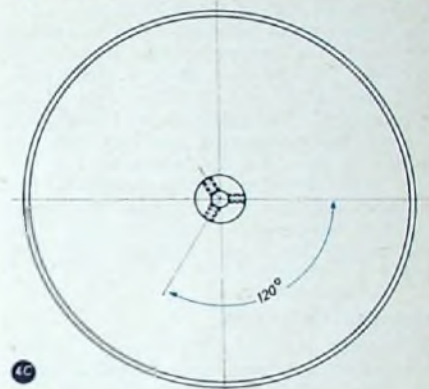
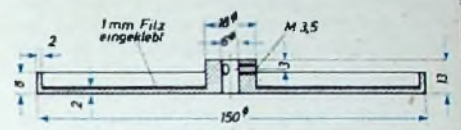
Andruckhebel; Material: Messingblech 2 mm



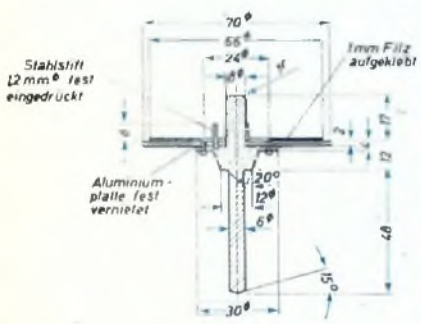
Bolzenlager (3 Stück); Material: Messing



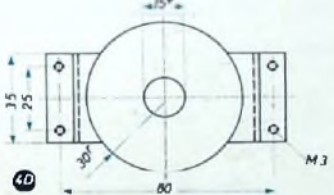
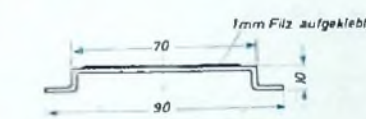
Oberes Achslager (2 Stück); Material: Messing, Sintermetall



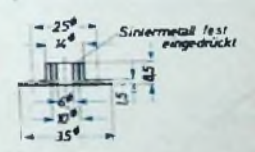
Friktionsrad (2 Stück); Material: Aluminium



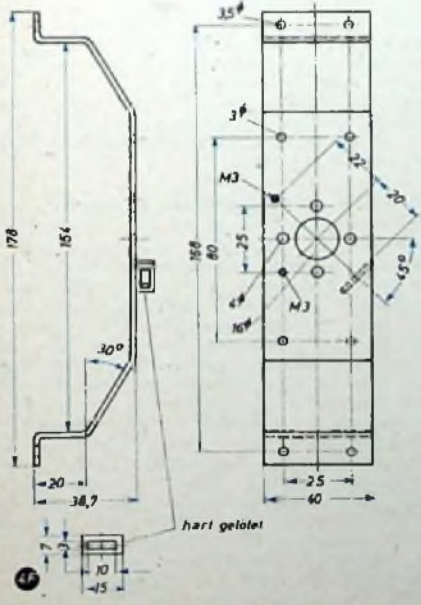
Spulenteller mit Achse (2 Stück); Material: Silberstahl, Aluminium



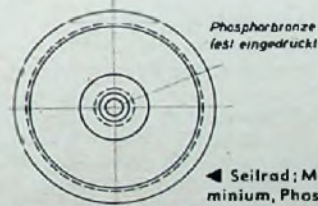
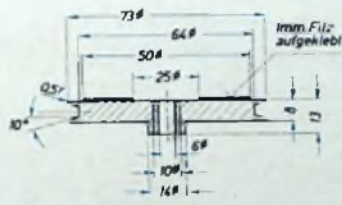
◀ Bremsteller; Material: Eisenblech 2 mm



Unteres Achslager (2 Stück); Material: Messing, Sintermetall

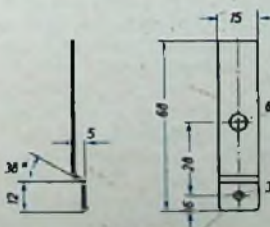


Linker Lagerbock; Material: Eisenblech 2 mm

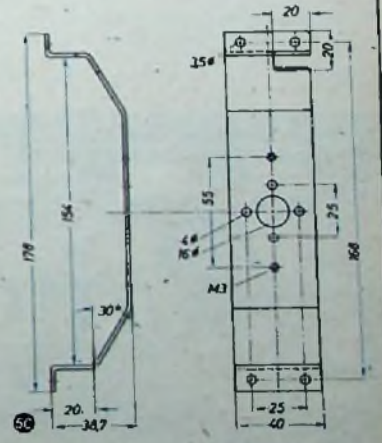


◀ Seilrad; Material: Aluminium, Phosphorbronze

◀ Feder; Material: Bronzefederblech 1 mm



Spitzen nach unten abgebogen



Rechter Lagerbock; Material: Eisenblech 2 mm

rades 4 C klebt man mit Alleskleber 1 mm dicken Filz ein, um ein „Singen“ bei hohen Geschwindigkeiten zu vermeiden. Für die Bremsbeläge der Rutschkupplungen und Bremsen darf nur erstklassiger, fester Filz verwendet werden.

Das Motor-Reibrad 6 C und die Reibrolle 7 A sind mit einem nicht zu harten, abriebfesten Gummi zu versehen. Die Gummi-Reibbeläge aller Reibräder werden mit dem Spezial-Klebstoff „Terokal Zement B“ fest aufgeklebt und auf den genauen Durchmesser abgeschliffen. Der Tonmotor hat eine Sonderwelle (Bild 9), die der Lieferant gegen Mehrpreis anfertigt.

Will man auf die Bandgeschwindigkeit 4,75 cm/s und die stufenlose Geschwindigkeitsregelung verzichten, dann läßt sich das Gerät auch mit einem Tonmotor mit Tonrolle für direkten Bandantrieb bauen. In diesem Fall entfallen die Teile 2 A bis 2 G. Als Motor ist dann Typ „KM 20.80-8/12“ zu empfehlen, der mit entsprechenden Distanzrollen fest mit der Grundplatte verschraubt wird. Der Durchmesser der Andruckrolle 3 A ist dann 35 mm.

Nach Anfertigung sämtlicher mechanischen Teile kann der Zusammenbau erfolgen. In einer 330×600×10 mm großen Sperrholzplatte, die durch einen seitlich und hinten umlaufenden Hartholzrahmen verstärkt ist, wird ein Ausschnitt von 255×440 mm angebracht und die Grundplatte 1 A von unten mit Senkkopf-Holzschrauben fest mit der Holzplatte verschraubt. Die Holzschrauben bestreicht man dabei mit „UHU-hart“, um ein Lockern zu vermeiden.

Wickelmotor-Mechanik

Man beginnt mit dem Einbau der beiden Spulenteller 4 A und der dazugehörigen Teile. Nach Befestigung des Achslagers 4 B von oben auf der Grundplatte 1 A wird der Spulenteller eingesetzt und das Friktionsrad 4 C von unten auf der Achse von 4 A fest verschraubt. Dabei ist zu beachten, daß der linke Spulenteller in Achsrichtung etwa 0,5 mm Spiel hat. Beim

rechten Spulenteller darf dieses Spiel nicht vorhanden sein beziehungsweise 0,1 mm nicht überschreiten. Auf der rechten Seite liegt also die Nabe des Friktionsrades 4 C am Lager 4 B an.

Danach wird auf der linken Seite der Lagerbock 4 F (mit Bremsteller 4 D und unterem Lager 4 E) an die Grundplatte geschraubt. Der Teller 4 D ist mit vier M 3-Schrauben am Lagerbock 4 F höhenverstellbar angebracht. Auf die Schrauben, also zwischen 4 F und 4 D, kommen starke Druckfedern, die den Teller nach oben drücken. Mit den Schrauben kann später die Ablaufbremsung einjustiert werden.

Auf der rechten Seite sitzt auf der Achse von 4 A das Seilrad 5 A mit der Filz-Rutschkupplung. Nach Befestigung der Feder 5 B am Lagerbock 5 C wird dieser mit der Grundplatte verschraubt. Man vergesse nicht, vorher das Gummi- oder Kunststoffseil für die Verbindung von 7 A und 5 A einzulegen. Die Feder 5 B soll das Seilrad 5 A gegen das Friktionsrad 4 C drücken. Man beachte aber, daß eine Vorspannung nach unten vorhanden ist. Durch eine gegenüber der Federbefestigung angebrachte M 3-Schraube mit Feststellmutter läßt sich der Federdruck und damit die Härte der Filz-Rutschkupplung einstellen.

Das rechte untere Lager 4 E wird ebenso wie das linke von unten gegen den Lagerbock 5 C geschraubt. Hierbei kann es sich durch Toleranzen ergeben, daß die Achse von 4 A klemmt. Man legt daher zwischen 5 C und 4 E (auf der linken Seite zwischen 4 F und 4 E) 0,5...1 mm dicke Unterlegscheiben aus weicher Pappe und zieht die vier Befestigungsschrauben mehr oder weniger fest an. Sämtliche Drehteile sollen spielend leicht laufen. Alle Verschraubungen müssen nach der Montage mit einem Tropfen Lack gegen Lösen gesichert werden. Die Sinter- und Bronzelager sind beim Zusammenbau gut mit dem Spezialöl „Tersso 43“ zu ölen.

Die Montage des Wickelmotors (Bild 10) beginnt mit der Befestigung der drehbaren

und 7 A muß so justiert werden, daß sie gelöst wird, wenn 6 C und 4 C bei Rechts- und Linksdrehung der Motorplatte 6 A etwa 2 mm Abstand haben.

Hinter der Wickelmotor-Mechanik sind die zwei Zugmagnete 10 F auf dem Magnetbock 10 H angeordnet. Die Magnetkerne 10 G werden mit dem an 6 B geschraubten Bügel 6 E drehbar verbunden. Dabei ist zu beachten, daß die Kerne 10 G nicht die M 3-Messingschrauben der Zugmagnete 10 F berühren, wenn das Reibrad 6 C am Friktionsrad 4 C anliegt.

Der Hubhebel 6 F, der am Bügel 6 E drehbar befestigt ist und in dem Ansatz des Lagerbockes 4 F geführt wird, dient zum Anheben einer Bronzefeder, auf der die Spitze der Achse von 4 A läuft (Bild 11, a). In der Stellung „Schneller Rücklauf“ muß dadurch das Friktionsrad 4 C vom Bremssteller 4 D abgehoben sein. Es ist möglich, daß man am Lagerbock etwas Filz unter den Hubhebel 6 F kleben muß, da er in den anderen Stellungen leicht Geräusche verursachen kann (Bild 11, b). Auf dem rechten Lagerbock 5 C befestigt man dann noch den Bremsbügel 6 G für die Bremsung des Wickelmotors (Bild 11, c), der später über ein Stahlseil mit der Bremsmechanik verbunden wird. Beim Stoppen bremsst die Filzfläche von 6 G den Wickelmotor am Außenkäfig ab. (Wird fortgesetzt)

Persönliches

F. Spennrath †

Am 22. Januar 1959 verstarb Regierungsbaur a. D. Dr.-Ing. E. h. F. Spennrath im 71. Lebensjahr. Nach längerer Tätigkeit bei der Deutschen Reichsbahn kam er 1931 zur AEG und übernahm dort als Vorstandsmitglied die Leitung der Bahnabteilung. Von 1949 bis 1955 war er Vorsitzender des Vorstandes der AEG. Besondere Verdienste erwarb sich der jetzt Verstorbene insbesondere auch nach dem Kriege bei dem Wiederaufbau der Berliner Wirtschaft, die ihre Anerkennung in vielen Ehrungen fanden.

G. Engels, Leiter der Glasfabrik Weißwasser, Aachen

Dr.-Ing. G. Engels wurde in die Geschäftsführung der Glasfabrik Weißwasser GmbH, Aachen, berufen, nachdem Geschäftsführer I. E. Dobbenka wegen Erreichung der Altersgrenze in den Ruhestand getreten ist. Dr. G. Engels war nach Abschluß seines Studiums zunächst in Stahl- und Walzwerken tätig und arbeitete später in der Glasindustrie. 1951 trat er als stellvertretender technischer Leiter in die zur Philips-Gruppe gehörende Glasfabrik Weißwasser GmbH ein, leitete dort zunächst die Kolben- und Rohglas-Fertigung und übernahm 1957 die gesamte technische Leitung des Werkes, in dem auch Kolben für die Fernsehbildröhren hergestellt werden.

Firma W. Conrad besteht 35 Jahre

Am 30. Januar 1959 konnte die Firma Conrad (Werco) das Jubiläum des 35jährigen Bestehens begehen. Gleichzeitig feierte Herr Werner Conrad sein 35jähriges Berufsjubiläum. Durch unermüdelichen Fleiß, Energie und Tatkraft des Inhabers konnte der Betrieb aus kleinsten Anfängen heraus zu einer der bekanntesten Fachgroßhandlungen auf dem Rundfunkgebiet entwickelt werden. 1939 wurden in Berlin bereits 50 Mitarbeiter beschäftigt. Ende des Krieges wurde das Unternehmen jedoch total ausgebombt. Ab 1946 errichtete W. Conrad den Betrieb neu in Hirschau/Oberpfalz. Das Sortiment, das zunächst nur Rundfunkgeräte, Röhren und Bauelemente umfaßte, konnte auf sämtliche Elektrogeräte und Zubehör erweitert werden. Auf betriebseigenem Gelände mit jetzt 4000 m² Büro- und Lagerräumen sind heute über 130 Mitarbeiter beschäftigt. Niederlassungen werden in Nürnberg und Düsseldorf unterhalten.

Bild 10. Aufbau der Wickelmotor-Mechanik

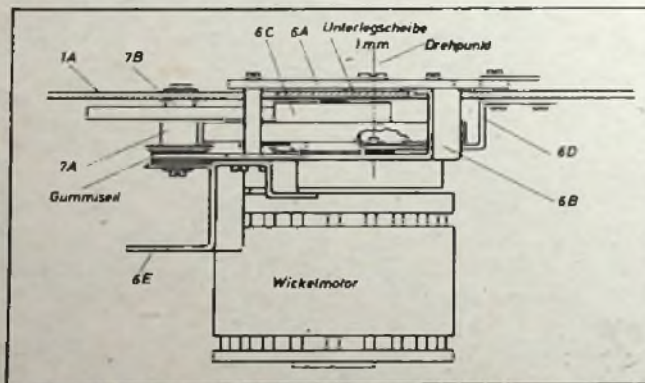
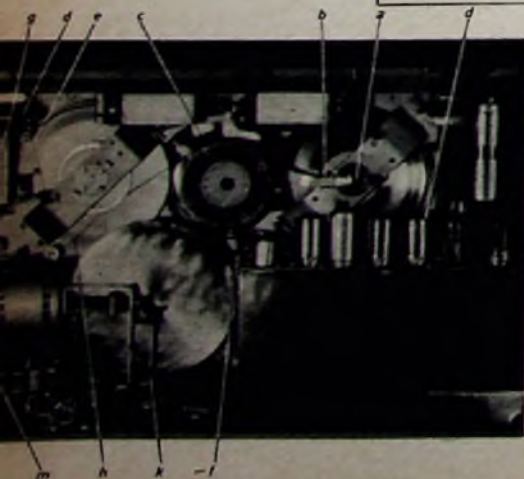


Bild 11 (unten). Blick von unten auf die Montageplatte des mechanischen Teiles



Motorplatte 6 A. Die Platte wird mit einer 6 mm langen Ansatzschraube M 4 so befestigt, daß sie sich, obwohl kein Spiel vorhanden sein darf, noch leicht drehen läßt. Die 1 mm dicke Unterlegscheibe muß gut mit Wälzlagerfett gefettet werden. Nach der Verschraubung des Wickelmotors mit dem Motorbock 6 B und der Befestigung von Reibrad 6 C auf der Motorwelle schraubt man den Bock 6 B von unten gegen die Platte 6 A. Der Lagerwinkel 6 D stützt den Wickelmotor nochmals ab. Nun befestigt man die Reibrolle 7 A mit dem Rollenlager 7 B an der Grundplatte. Das dafür vorhandene Loch ist größer als der Gewindeansatz von 7 B, so daß eine Verschiebung des Lagers möglich ist. Die Reibradverbindung von 6 C

Strom- und Spannungsmessungen in Stromkreisen mit Röhren und Transistoren

Die Notwendigkeit, sich über Fehlermöglichkeiten bei Strom- und Spannungsmessungen in elektronischen Geräten klar zu werden, besteht sowohl bei der Fehlersuche als auch bei Messungen zur Einstellung des Arbeitspunktes der aktiven Verstärkerelemente (Röhren und Transistoren). Während im ersten Fall Fehler von 10...20% zulässig sind, muß man im zweiten höhere Genauigkeitsforderungen stellen. Im folgenden soll untersucht werden, wie und in welchen Grenzen man die leicht übersehbaren Regeln für Stromkreise, die nur ohmsche Widerstände enthalten, auf Kreise mit Röhren und Transistoren anwenden kann.

Spannungsmessungen

In der elektronischen Technik ist die Spannungsmessung die beliebteste Meßmethode, weil sie ohne Auftrennung des Stromkreises nur durch einfaches Anlegen eines Voltmeters an bestimmte Punkte der Schaltung in vielen Fällen bereits ausreichende Aufschlüsse über deren Funktionsfähigkeit gibt. Zunächst seien die Spannungsmessung und ihre Fehlermöglichkeiten in einem Stromkreis, der nur ohmsche Widerstände enthält, betrachtet. Bild 1 zeigt eine Reihenschaltung.

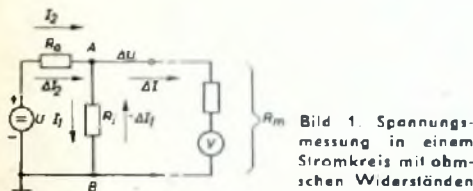


Bild 1. Spannungsmessung in einem Stromkreis mit ohmschen Widerständen

die aus der Spannungsquelle U , dem Innenwiderstand R_i und dem Außenwiderstand R_a besteht. Solange das Voltmeter nicht anliegt, ist $I_1 = I_2$. Wird jedoch bei der Spannungsmessung zwischen den Punkten A und B der Strom ΔI an R_i vorbeigeleitet, dann verringert sich die Spannung zwischen diesen beiden Punkten um ΔU . Dadurch erhöht sich der Strom durch R_a um ΔI_2 , und der Strom durch R_i wird um ΔI_1 kleiner. Nach dem Ohmschen Gesetz und dem Gesetz der ungestörten Überlagerung ist

$$\Delta U = \Delta I_2 \cdot R_a; \quad \Delta U = -\Delta I_1 \cdot R_i \quad (1)$$

Außerdem gilt das Kirchhoffsche Gesetz

$$\Delta I_2 = \Delta I + \Delta I_1 \quad (2)$$

Aus Gl. (1) und Gl. (2) ergibt sich

$$\frac{\Delta U}{R_a} = \Delta I + \frac{\Delta U}{R_i}$$

$$\Delta U \left(\frac{1}{R_a} + \frac{1}{R_i} \right) = \Delta I \quad (3)$$

$$\frac{\Delta U}{\Delta I} = \frac{R_a \cdot R_i}{R_a + R_i} = R_i'$$

Das heißt: Eine Spannungsquelle mit dem Innenwiderstand R_i , die mit einem äußeren Widerstand R_a belastet ist, wirkt für weitere hinzukommende Stromverbraucher wie eine Spannungsquelle mit einem Innenwiderstand R_i' , der gleich der Parallelschaltung von R_a und R_i ist (Bild 2). Die EMK oder Ursprungsspannung dieser Ersatzspannungsquelle ist gleich der Klemmen-

Tab. I. Meßfehler bei der Spannungsmessung in Abhängigkeit von R_m/R_i'

$\frac{R_{in}}{R_i'}$	$\frac{U_{gem}}{U_{AB}}$	Meßfehler [%]
1	0,5	-60
3	0,75	-25
4	0,8	-20
9	0,9	-10
19	0,95	-5
99	0,99	-1
199	0,995	-0,5

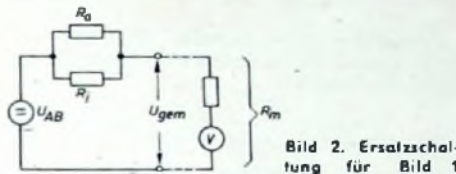


Bild 2. Ersatzschaltung für Bild 1

spannung an R_i ohne Belastung durch den Instrumentenwiderstand R_m

$$U_{AB} = U \cdot \frac{R_i}{R_a + R_i} \quad (4)$$

$$\left(I_1 = I_2 = \frac{U}{R_a + R_i} \right)$$

Beide Regeln wird man sich leicht einprägen können, um daraus, wenn in der täglichen Praxis die Notwendigkeit dazu auftritt, die Folgerung zu ziehen, daß nach Bild 2 die von einem Voltmeter mit dem Eigenwiderstand R_m angezeigte Spannung

$$U_{gem} = U_{AB} \cdot \frac{R_m}{R_i' + R_m} \quad (5)$$

ist. Tab. I enthält das Verhältnis $\frac{U_{gem}}{U_{AB}}$ für verschiedene Widerstandsverhältnisse $\frac{R_m}{R_i'}$

und den dabei auftretenden Meßfehler in Prozent.

Im Bild 1 fällt auf, daß gegenüber der sonst üblichen Darstellung R_a und R_i vertauscht sind. Das ist jedoch belanglos und erfolgte hier nur mit Rücksicht auf die bessere Verständlichkeit der folgenden Ausführungen, in denen die oben abgeleiteten Regeln auf Stromkreise mit Röhren und Transistoren angewendet werden sollen. Es wurde angenommen, daß das Anlegen des Spannungsmessers eine Änderung der Spannung (ΔU) und der Ströme (ΔI , ΔI_1 , ΔI_2) zur Folge hat. Wenn man voraussetzt, daß zum Beispiel bei der Messung der Anodenspannung einer Röhre die Änderungen der Anodenspannung und des Anodenstromes durch die Spannungsmessung ebenfalls klein bleiben (Bild 3), dann lassen sich dieselben Formeln benutzen, man muß jedoch bedenken, daß für die Änderung der Stromverteilung bei kleinen Strom- und Spannungssprüngen nicht der Gleichstromwiderstand $R_{i0} = \frac{U_{a0}}{I_{a0}}$, sondern der Wechselstromwiderstand $R_{i\omega} = \frac{\Delta U_a}{\Delta I_a} = \frac{U_a}{I_a}$ maßgebend ist.

Ferner muß man beachten, daß während des Meßvorganges der meistens vorhandene Katodenkondensator unwirksam ist und sich daher der Innenwiderstand durch

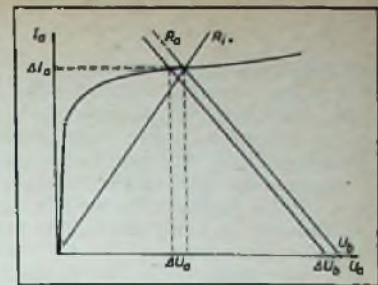


Bild 3. Auswirkung der Spannungsmessung im Kennlinienfeld einer Pentode

Stromgegenkopplung erhöht. In den abgeleiteten Formeln ist dann für R_i

$$R_i = R_i \text{ Röhre} + R_k (1 + \mu) \quad (6)$$

einzusetzen. Dieser Wert wird jedoch auch im ungünstigsten Fall (Widerstandsverstärker mit Pentoden) stets so groß sein, daß man ihn in der Parallelschaltung (Bild 2) gegenüber R_a vernachlässigen darf. In der ersten Spalte von Tab. I ist also für R_i' der Wert von R_a (maximal 0,3 MOhm) in Ansatz zu bringen. Damit ergibt sich die Forderung, daß für genauere Messungen (Meßfehler etwa 1%) R_m rund 30 MOhm sein sollte. Für orientierende Messungen bei der Fehlersuche ließe sich gegebenenfalls auch ein Voltmeter mit $R_m = 5 \cdot 0,3 = 1,5$ MOhm verwenden. Bei der Messung der Schirmgitterspannung und der Anodenspannung von Trioden mit ohmschem Lastwiderstand sind die Anforderungen in bezug auf geringen Stromverbrauch des Meßgerätes auch nicht geringer. Kleinere Ersatzwiderstände treten lediglich bei der Messung der Katodenspannung auf, da die Röhre in der Katode mit dem Widerstand $\frac{1}{S}$ wirksam ist.

Bei der Messung der Kollektorspannung in Widerstandsverstärkerstufen mit Transistoren (Bild 4) liegen ähnliche Verhältnisse wie bei Röhren vor. Da man in derartigen Schaltungen den im Kollektorkreis wirksamen Widerstand (Ausgangswiderstand) von Transistoren ($\approx \frac{1}{h_{22e}}$) mit 50 bis

300 kOhm ansetzen kann, bestimmt im wesentlichen der Widerstand R_1 (Bild 4) die Größe des Innenwiderstandes der Ersatzquelle. R_1 kann maximal 10 kOhm sein. Für genauere Messungen mit etwa 1% Fehler ist nach Tabelle I ein Instrumentenwiderstand $R_m \approx 1$ MOhm erforderlich,

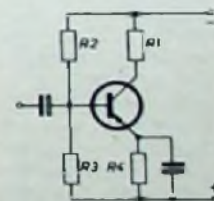


Bild 4. Transistorschaltung

während bei 17% Fehler $R_{in} = 50$ kOhm ausreicht. Zur Messung der Spannung zwischen Basis und Masse würde der Innenwiderstand R_i' der Ersatzstromquelle nach Bild 2 aus der Parallelschaltung von R_2 , R_3 und dem Eingangswiderstand des Transistors für kleine Wechselströme ($\approx h_{11e}$) bestehen. Im ungünstigsten Falle wäre er mit 5 kOhm anzusetzen, so daß bei einem zugelassenen Fehler von 1% $R_m = 500$ kOhm und bei 17% Fehler $R_m = 25$ kOhm zu fordern ist. Die Messung der Spannung zwischen Emitter und Masse ist analog den Verhältnissen bei Röhren verhältnismäßig unkritisch.

Bei diesen Überlegungen darf man jedoch nicht vergessen, daß im Bild 2 für R_1 nur dann der Wechselstromwiderstand der Röhre beziehungsweise der Ausgangswiderstand des Transistors einzusetzen ist, wenn die Spannungsänderung beim Anlegen des Voltmeters so klein bleibt, daß sich der Arbeitspunkt nicht auf den steileren Kennlinienteil unterhalb des Kennlinienknicks verschiebt. Diese Gefahr besteht besonders bei Messungen an Vorstufen von transistorbestückten Hörgeräten, die man häufig mit Kollektorströmen von etwa 200 μ A betreibt, um Batterieleistung einzusparen. Wenn der Stufe gleichzeitig ein Signal zugeführt wird, erkennt man in der Praxis diesen unerwünschten Vorgang sehr leicht am Ausbleiben des Signals auf der Kollektorseite.

Aus Tab. II bis IV geht hervor, welche Forderungen an die Spannungsmesser in Werkstatt und Labor zu stellen sind, wenn man auch Messungen an Transistorgeräten ausführen will. Für Service-

Tab. II. Erforderlicher Instrumentenwiderstand bei der Messung der Anodenspannung von Röhren

Meßfehler [%]	R_m	Instrumentenwiderstand	
		100-V. Bereich	300-V. Bereich
1	30 MOhm	300 kOhm/V	100 kOhm/V
17	1,5 MOhm	15 kOhm/V	5 kOhm/V

Tab. III. Erforderlicher Instrumentenwiderstand bei der Messung der Kollektorspannung von Transistoren

Meßfehler [%]	R_m	Instrumentenwiderstand	
		2-V. Bereich	5-V. Bereich
1	1 MOhm	500 kOhm/V	200 kOhm/V
17	50 kOhm	25 kOhm/V	10 kOhm/V

Tab. IV. Erforderlicher Instrumentenwiderstand bei der Messung der Basisspannung von Transistoren

Meßfehler [%]	R_m	Instrumentenwiderstand	
		0,5-V. Bereich	1-V. Bereich
1	500 kOhm	1 MOhm/V	500 kOhm/V
17	25 kOhm	60 kOhm/V	25 kOhm/V

zwecke genügt noch ein Meßwerk mit 40 μ A (besser 20 μ A) Vollausschlag, entsprechend einem Eigenwiderstand von 25 beziehungsweise 50 kOhm/V. Ein Röhrenvoltmeter mit 20 ... 30 MOhm Eingangswiderstand und einem kleinsten Meßbereich von 0,5 V ist jedoch sehr viel günstiger, weil es ein erheblich schnelleres Arbeiten zuläßt. Bei der Untersuchung von Transistor-schaltungen sollte man ferner beachten, daß kleine Stromstöße in den Vorstufen mit dem Produkt der Stromverstärkung multipliziert in die Endstufe gelangen, an deren induktivem Widerstand im Kollektorkreis (Ausgangstransformator) dann erhebliche Induktionsspannungen auftreten können, die u. U. zu einer Beschädigung der Endstufen-Transistoren führen. Auch aus diesem Grund ist ein Röhrenvoltmeter, das der Schaltung nur einen minimalen Strom entnimmt, vorzuziehen.

Strommessungen

Es wurde bereits darauf hingewiesen, daß Strommessungen in der Funkwerkstatt unbeliebt sind und nur selten ausgeführt werden, weil sie die Auftrennung des Stromkreises erfordern. Oft zieht man es

vor, zwei Spannungsmessungen mit dem Röhrenvoltmeter auszuführen (zum Beispiel am „heißen“ und „kalten“ Ende des Außenwiderstandes) und aus der Spannungsdifferenz und dem Widerstandswert den Strom zu berechnen. In einigen Fällen jedoch, beispielsweise bei der Einstellung des Arbeitspunktes von Endstufen-Röhren und -Transistoren, sind Strommessungen unvermeidlich. Um auch die dabei auftretenden Fehlermöglichkeiten übersehen zu können, soll zunächst wieder ein Stromkreis mit ohmschen Widerständen

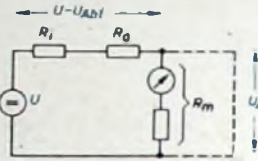


Bild 5. Strommessung in einem Kreis mit ohmschen Widerständen

untersucht werden (Bild 5). Bei Einschaltung eines Strommessers in den Kreis fließt der Strom

$$I_{gem} = \frac{U}{R_a + R_1 + R_m} \quad (7)$$

während im ungestörten Zustand (Strommesser durch die gestrichelte Verbindung im Bild 5 kurzgeschlossen) der Strom

$$I = \frac{U}{R_a + R_1} \quad (8)$$

fließt. Aus Gl. (7) und Gl. (8) ergibt sich

$$\frac{I}{I_{gem}} = \frac{U(R_a + R_1 + R_m)}{U(R_a + R_1)} = \frac{R_a + R_1 + R_m}{R_a + R_1} = 1 + \frac{R_m}{R_a + R_1} \quad (9)$$

Gl. (9) zeigt, daß für $R_m / (R_a + R_1) = 1/100$ ein Meßfehler von 1% auftritt.

Bei Röhrenkreisen gilt Gl. (9) unter der Voraussetzung, daß der Arbeitspunkt durch den Spannungsabfall am Strommesser nicht nennenswert verschoben wird. Dann kann man beispielsweise bei Messungen im Anodenkreis für R_1 wieder den inneren Widerstand bei kleinen Aussteuerungen einsetzen. Bei Pentoden und Trioden sowie bei Strommessungen im Schirmgitterkreis wird die Summe $R_a + R_1$ immer erheblich größer sein als der Widerstand des Strommessers im empfindlichsten Meßbereich.

Im Bild 6 sind die Verhältnisse an Hand des $I_a - U_a$ -Kennlinienfeld erläutert. Wie man sieht, ist die Voraussetzung, daß die Arbeitspunktverschiebung durch den Spannungsabfall am Strommesser (U_{abf}) unerheblich sein soll, bei den üblichen Spannungen der Anodenstromquellen stets gut erfüllt. Daher haben viele für die Funkwerkstatt bestimmten Universal-Meßgeräte verhältnismäßig hochohmige Drehspulen. Dadurch erreicht man in den Spannungsmeßbereichen - wie gewünscht - einen hohen Eigenwiderstand. Der Spannungsabfall von 250 ... 500 mV bei Strommessungen ist, solange es sich um Messungen in

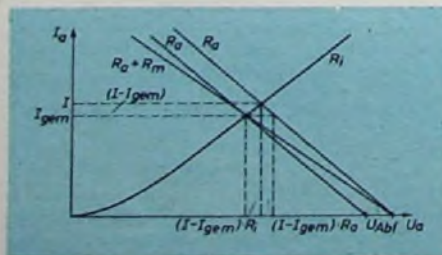


Bild 6. Auswirkung der Strommessung im Kennlinienfeld einer Triode

Kreisen mit Elektronenröhren handelt, belanglos, wenn man von der Messung des Katodenstromes absieht.

Obwohl bei der Messung des Kollektorstromes in Transistor-schaltungen ähnliche Verhältnisse vorliegen wie bei der Messung des Anodenstromes von Röhren und man an Stelle von R_1 mit dem relativ

großen Ausgangswiderstand ($= \frac{1}{h_{22e}}$) des

Transistors rechnen kann, ist die Gefahr, daß der Arbeitspunkt durch den Meßspannungsabfall in die Nähe der Kniespannung verschoben wird, wegen der kleinen Betriebsspannungen der Transistoren sehr viel größer. Bei Strommessungen an Transistorgeräten (zum Beispiel bei der Einstellung des Arbeitspunktes von Hörhilfen-Endstufen) ist es daher zweckmäßig, ein „älteres“ Meßgerät mit niedrigem Eigenwiderstand (beispielsweise ein „Multizel“ mit 333 Ohm/V) zu verwenden und einen hohen Strom-Meßbereich zu wählen.

Bei der Messung des Emitterstromes ergeben sich ähnlich ungünstige Verhältnisse wie bei der Messung des Katodenstromes von Röhren. Die durch das Einfügen des Instrumentes hervorgerufene Spannungsänderung $-dU_B$ zwischen Basis- und Emittierelektrode hat wegen des relativ kleinen (Wechselstrom-)Eingangswiderstandes des Transistors ($\approx h_{11e}$, minimal etwa 500 Ohm, wenn R_1 im Bild 4 für Gleichstrom, wie beispielsweise bei Endstufen, nahezu Null ist) eine entsprechend große Änderung des Basisstromes $-dI_B$ zur Folge, die um die Stromverstärkung ($= h_{21e}$) vergrößert im Emitter- und Kollektorkreis auftritt. Die Einfügung eines Instrumentes zur Messung des gegenüber dem Emitterstrom etwa 20 ... 100mal kleineren Basisstromes wirkt sich in ähnlicher Weise aus, da man aus Gründen der Temperaturstabilisierung bestrebt sein muß, den Spannungsteiler R_2, R_3 möglichst niederohmig zu machen.

Die Abwägung der rechnerischen Abschätzung und der praktischen Erfordernisse lassen so - wenigstens für Laborzwecke - den Wunsch nach hochempfindlichen Strommessern mit höchstens 10 mV Spannungsabfall bei Vollausschlag entstehen. Die Fortschritte beim Bau von Meßinstrumenten durch die Anwendung neuer Magnetwerkstoffe und die Spannbandaufhängung erlauben es, diese Forderung zu erfüllen.

Der Praktiker wird vorläufig bei der Fehlersuche zum Beispiel den Emitterstrom aus der Größe des Emitterwiderstandes und der an ihm abfallenden, leicht meßbaren Spannung überschläglich berechnen. Der Basisstrom kann - falls nötig - auf ähnliche Weise ermittelt werden. Man mißt dazu die Spannung am Abgriff des Basisspannungsteilers ohne und mit Belastung

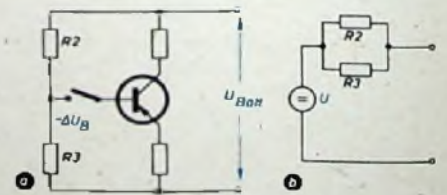


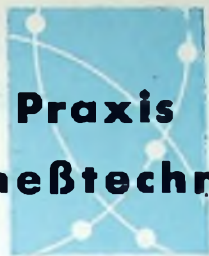
Bild 7. Bestimmung des Basisstromes durch Spannungsmessungen; a) Schaltung, b) Ersatzschaltbild

durch den Transistor (Bild 7a). Aus der Ersatzschaltung (Bild 7b) ergibt sich, daß die ermittelte Spannungsdifferenz

$$\Delta U_B = I_B \frac{R_2 \cdot R_3}{R_2 + R_3} \quad (10)$$

ist. Daraus läßt sich I_B leicht berechnen.

-tk-



Grundlagen und Praxis der Strahlungsmeßtechnik

① Fortsetzung

3.4 Meßeinrichtungen für den Impulsraten-Mittelwert

Bei fast allen kernphysikalischen Untersuchungen und Messungen interessiert besonders die Aktivität eines Präparates. Wie im Beitrag 1 gezeigt wurde, ist die je Zeiteinheit von dem Strahlungsindikator abgegebene Impulsanzahl, die sogenannte Impulsrate, ein eindeutiges Maß für die Aktivität. Man muß daher mit elektronischen Mitteln diese Impulsrate so genau wie möglich bestimmen können. Dabei unterscheidet man zwischen zwei grundsätzlich verschiedenen Meßmethoden. Die erste gestattet die unmittelbare Ablesung des Impulsraten-Mittelwertes an einem Zeigerinstrument und beruht auf der Integration der Impulse. Das zweite Verfahren arbeitet mit unmittelbarer Zählung der Impulse innerhalb einer bestimmten Zeit. Die Impulsrate ergibt sich dann als Quotient aus der am Zähler abgelesenen Impulsanzahl und der Zähldauer. Dieses Verfahren ist etwas umständlicher als das integrierende; es arbeitet jedoch sehr genau und eignet sich auch zur Bestimmung sehr kleiner Werte der Impulsrate.

Bild 3.8 zeigt das Blockbild einer Meßeinrichtung für den Impulsraten-Mittelwert, auch kurz als „Ratemeter“ bezeichnet, die aus verschiedenen Geräten besteht. Der Strahlungsindikator *Z* (zum Beispiel ein Zählrohr) speist den Verstärker *V*, der nach den Richtlinien des Abschnittes 3.3 bemessen sein muß. Daran schließt sich ein Impulsformer *IF* an, der die vom Verstärker abgegebenen Impulse so verformt, daß sie sich zum Betrieb des folgenden Systems *FM* gut eignen. *FM* ist das Kernstück der Einrichtung und besteht aus einem integrierenden Frequenzmesser, der das Anzeigeelement *A* betreibt. Sein Ausschlag ist der gemessenen Frequenz, hier also der Impulsrate, proportional. Sämtliche Einzelgeräte werden von einem gut stabilisierten Netzgerät *NG* mit Betriebsspannung versorgt.

Im Bild 3.9 ist eine gebräuchliche Frequenzmesserschaltung dargestellt, die eine Speisung mit Rechteckimpulsen konstanter Amplitude erfordert. Liegt ein derartiger Impuls am Eingang der Schaltung und hat seine Amplitude den Wert U_1 , dann lädt sich der Kondensator *C* 2 über den Innenwiderstand *R* 1 des Impulsgenerators sowie über *C* 1 und *D* 1 auf. Ist *C* 2 groß gegen *C* 1, so ist nach Ablauf eines Impulses *C* 1 praktisch geladen, während *C* 2 nur einen geringen Ladungszuwachs zeigt. In der folgenden Impulspause entlädt sich *C* 1 über *R* 1, *D* 2 und die Hilfsbatterie mit der Spannung *U*. Beim nächsten Impuls kann der Vorgang von neuem beginnen; dabei erhöht sich dann wieder die Ladung von *C* 2. Während der Impulspause entlädt sich jedoch *C* 2 über *R* 2. An *R* 2 bildet sich eine mittlere Spannung U_2 , aus, die von der Impuls-Grundfrequenz, also von der Impulsrate, abhängt. Je häufiger nämlich *C* 2 in der Zeiteinheit einen Ladungszuwachs erfährt, um so größer wird U_2 . Diese Spannung kann beispielsweise mit einem hochohmigen Röhrenvoltmeter *RV* gemessen werden. Man kann zeigen, daß U_2 den Wert

$$U_2 = n \cdot U_1 \cdot C_1 \cdot R_2 \quad [V] \quad (3.3)$$

hat (darin bedeutet *n* die Impulsrate). U_2 ist also *n* direkt proportional, wenn U_1 , *C* 1 und *R* 2 konstant sind. Dabei erhöht sich mit zunehmendem U_1 , *C* 1 und *R* 2 die Empfindlichkeit, d. h., der Ausschlag des Instrumentes wird größer. Für eine lineare Anzeige muß $1/n \gg T$ sein, wenn *T* die Impulsdauer bedeutet. Ferner soll $T \ll R_1 \cdot C_1$ und $C_2 \gg C_1$ sein.

Wie später noch gezeigt wird, hat die statistische Verteilung der Impulse einen Anzeigefehler zur Folge, der sich bei der Schaltung

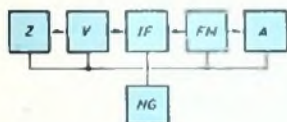


Bild 3.8 (links). Blockschema für die Messung des Impulsraten-Mittelwertes. Bild 3.9 (rechts). Eine einfache, mit Dioden arbeitende Meßschaltung für die Impulsrate



Klein-Thyratrons und Röhren mit kalter Kathode für elektronische Regel- und Steueraufgaben.

TELEFUNKEN

Entwicklungsstellen der Industrie erhalten auf Anforderung Druckschriften mit genauen technischen Angaben.

TELEFUNKEN
RÖHREN-VERTRIEB
U L M · DONAU

nach Bild 3.9 zu

$$\frac{\Delta U}{U_1} = \frac{1}{\sqrt{2\pi \cdot R_2 \cdot C_2}} \quad (-) \quad (3.4)$$

ergibt. Er ist also um so kleiner, je größer R_2 , C_2 und π sind. Große Aktivitäten lassen sich also mit entsprechend hoher Genauigkeit messen. Bei kleineren Aktivitäten macht sich die statistische Verteilung der Impulse durch erhebliches Schwanken des Ausschlags am Röhrenvoltmeter bemerkbar, so daß eine genaue Ablesung nicht mehr möglich ist. Hier liegt also die Grenze des Integrationsverfahrens. Man kann zwar auch bei kleinen Impulsraten durch Erhöhen von $R_2 \cdot C_2$ den Ausschlag beruhigen, das bedeutet jedoch keine grundsätzliche Erhöhung der Meßgenauigkeit, weil der Mittelwert wegen der jetzt erfolgenden, allerdings wesentlich langsameren Schwankungen ebenso schwierig abzulesen ist. Wie schon erwähnt, werden den Frequenzmessern Impulsformerstufen vorgeschaltet, die möglichst saubere Rechteckimpulse von gleichbleibender Breite liefern sollen. Als Impulsformer kann man Schmitt-Trigger, bistabile oder monostabile Multivibratoren u. ä. verwenden.

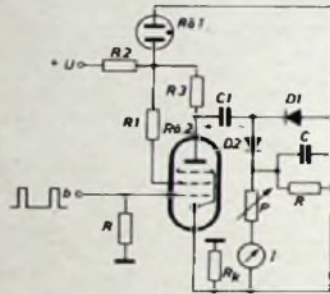


Bild 3.10 Impulsraten-Meßschaltung mit Röhren und Diodeschaltung (nach Siemens-Angaben)

Eine weitere recht interessante Frequenzmesserschaltung zeigt Bild 3.10. Hier wird das Gitter der Röhre R_02 mit positiven Rechteckimpulsen angesteuert, die eine Impulsformerstufe liefert. Die Anodenspannung von R_02 ist mit der Stabilisatorröhre R_01 stabilisiert, der man die Gleichspannung über R_2 zuführt. Die stabilisierte Spannung dient auch zur Versorgung des Schirmgitters von R_02 (über R_1). Der Strom der Stabilisatorröhre läßt an R_k eine so hohe Spannung abfallen, daß der Ruhestrom von R_02 Null ist. Bei fehlenden Impulsen ist R_02 also vollkommen gesperrt. Dann kann sich C_1 über R_3 , D_2 , P , I und R_k positiv aufladen. Trifft ein positiver Impuls auf das Steuergitter von R_02 , so wird diese Röhre geöffnet, und C_1 kann sich über R_02 und D_1 bis auf Null entladen. Nach Beendigung des Impulses lädt sich C_1 wieder auf. D_1 und D_2 wirken hier also in Verbindung mit R_02 als Umschalter. Bei hoher Impulsfrequenz wird C_1 sehr häufig aufgeladen, so daß das Instrument I entsprechend weit ausschlägt. Bei passender Bemessung ist der Ausschlag des Meßgerätes der Impulsrate proportional. Für die Anzeige gelten ebenfalls grundsätzlich Gl. (3.3) und Gl. (3.4). Dagegen benötigt diese Schaltung kein Röhrenvoltmeter, da I unmittelbar den Kondensatorstrom mißt. Diese Anordnung arbeitet außerordentlich zuverlässig.

Bei sehr bescheidenen Ansprüchen kann man auch unmittelbar den von einem Zählrohr gelieferten mittleren Gleichstrom zur Anzeige heranziehen. Sein Wert ist ebenfalls der Impulsrate proportional. Allerdings benötigt man dann ein sehr empfindliches Anzeigeelement, wenn man nicht eine einfache Gleichstromverstärkung, z. B. mit Transistoren, vorzieht. Bei Verzicht auf große Genauigkeit ergeben sich damit recht einfache und handliche Geräte. Bild 3.11 zeigt ein derartiges Strahlungsmeßgerät von Philips, das in Röntgen-Einheiten geeicht und mit einem



Bild 3.11. Eintragbares Strahlungsmeßgerät mit Geiger-Müller-Zählrohr und Kopfhörer (Philips)

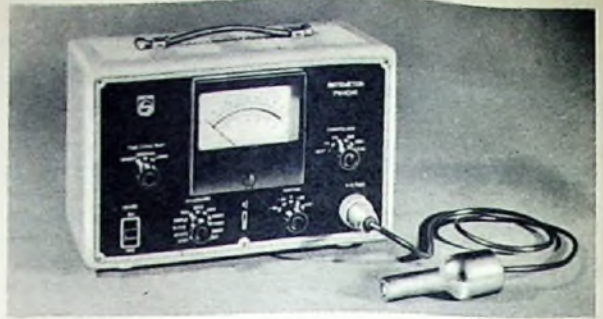


Bild 3.12. Ratemeter in Labor-Ausführung zur Bestimmung der Impulsrate (Philips)

Kopfhörer ausgestattet ist. Man kann also unmittelbar den Wert ablesen, sich aber auch mit einer akustischen Kontrolle begnügen.

Bei hohen Ansprüchen an die Genauigkeit des Ratemeters wird der Aufwand entsprechend größer. Im Bild 3.12 ist ein Labor-Meßgerät von Philips dargestellt, dessen Präzisionsinstrument eine entsprechend genaue Ablesung der Impulsrate erlaubt. Mit Umschaltern lassen sich verschiedene Meßbereiche und Empfindlichkeiten einstellen.

Ratemeter sind immer dann am Platz, wenn man auf möglichst schnelle und eindeutige Ablesung des Meßergebnisses Wert legt und wenn die Aktivitäten nicht zu klein sind. Unterschreitet die Impulsrate einen Wert von etwa 100 Impulsen je Minute, so wird die Ablesung ungenau, und man muß zu den im nächsten Abschnitt besprochenen direkten Zählverfahren übergehen.

3.5 Geräte zur Impuls-Einzelzählung

Das prinzipiell gültige Blockbild ist im Bild 3.13 dargestellt. Auch hier steuert ein Strahlungsindikator Z , beispielsweise ein Zählrohr, einen Verstärker V , der einen Impulsformer IF speist. Die passend geformten Ausgangsimpulse gelangen zu dem elektronischen Zähler ZG , und das Ergebnis wird an einem geeigneten Anzeigeelement A abgelesen. Sämtliche Einheiten werden aus einem stabilisierten Netzgerät NG versorgt.

Der elektronische Zähler zählt jeden Impuls einzeln. Dabei ist die Genauigkeit der Zählung um so größer, je größer die Gesamtanzahl der gezählten Einheiten ist. Das bedeutet, daß man

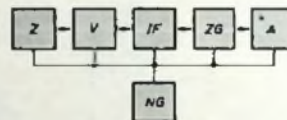
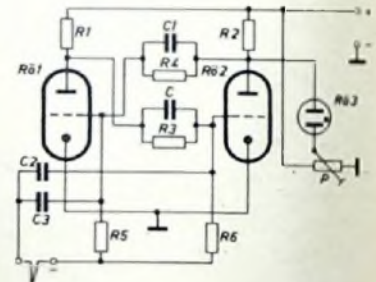


Bild 3.13. Blockschaltung zur unmittelbaren Zählung der Impulse

Bild 3.14. Grundschiung eines bistabilen Multivibrators, wie er als Einheit in Binärzählern verwendet wird



bei großen Aktivitäten, bei denen in kurzer Zeit eine hohe Anzahl von Zählimpulsen eintrifft, mit kurzen Meßzeiten auskommen. Will man bei schwachen Aktivitäten die gleiche Genauigkeit erreichen, so muß man entsprechend länger messen, bis die gleiche Impulsanzahl registriert ist. Zur Ermittlung der Impulsrate muß das Zählergebnis durch die Zähldauer dividiert werden. Dieser Nachteil tritt jedoch gegenüber dem Vorteil der außerordentlich hohen Genauigkeit in den Hintergrund. Außerdem lassen sich beliebig kleine Aktivitäten bestimmen, wenn man nur lange genug mißt. Der Fehler des elektronischen Zählers (± 1 Impuls) kann bei der meistens registrierten großen Impulsanzahl vernachlässigt werden.

Bei sehr kleinen Impulsraten genügt zur Zählung u. U. ein elektromechanischer Zähler. Zähler dieser Art werden heute mit relativ großem Auflösungsvermögen geliefert. Es muß jedoch grundsätzlich größer sein als das Auflösungsvermögen bei der Zählung periodisch wiederkehrender Impulse, da es wegen der statistischen Verteilung bei einer mittleren Zählrate, die der Zähler bei periodischen Impulsen noch einwandfrei verarbeiten würde, durchaus möglich ist, daß der reziproke Wert des zeitlichen Abstandes zwischen zwei aufeinanderfolgenden Impulsen einen höheren Wert hat, als der Grenzfrequenz des Zählers für periodische Impulse entspricht. Dann werden diese kurz aufeinanderfolgenden Impulse nicht mehr registriert. Da dieser Fall jederzeit auch bei sehr kleinen Impulsraten eintreten kann, verwendet man in den ersten Zählerdekaden fast ausschließlich elektronische Systeme. Es ist prinzipiell gleichgültig,

ob man mit Binärzählern oder Dekadenzählern, mit geheizten Röhren oder Kaltkathodenröhren arbeitet.

Da die Technik der elektronischen Zähler hinreichend bekannt sein dürfte, seien hier nur zwei Grundschaltungen beschrieben. Bild 3.14 zeigt einen bistabilen Multivibrator mit den Röhren R01 und R02 sowie der Anzeigeröhre R03. Dieser bistabile Multivibrator, der wegen der galvanischen Kopplung über R3 und R4 zwei eindeutig definierte stabile Gleichgewichtslagen einnehmen kann, ist das Grundelement der Binärzähler. Bezeichnet man mit n_0 die gesamte mit m Zählereinheiten registrierbare Impulsanzahl, so gilt der Zusammenhang

$$n_0 = 2^m \quad (-) \quad (3.4)$$

Die Zählung größerer Impulszahlen erfordert also relativ viele hintereinandergeschaltete bistabile Multivibratoren und Anzeigeröhren. Daher verwendet man oft Kunstschaltungen, in denen die Multivibratoren so angeordnet sind, daß sich je Stufe ein Dekadenzähler ergibt. Da für diesen

$$n_0 = 10^m \quad (-) \quad (3.5)$$

gilt, läßt sich bereits mit 4 Einheiten eine Impulszahl von 10^4 registrieren. Die Zählgeschwindigkeit am Ausgang der letzten Dekade ist dann auch bei sehr großen Aktivitäten so klein, daß man

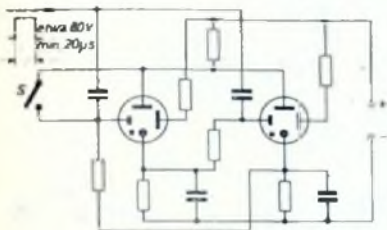


Bild 3.15. Grundschaltung einer Stufe eines Ringzählers mit Kaltkathodenröhren (Elesta)

ohne weiteres noch einen mehrstufigen elektromechanischen Zähler nachschalten kann. Nach den Gesetzen der Wahrscheinlichkeit nimmt nämlich die Gleichmäßigkeit der zeitlichen Aufeinanderfolge der Ausgangsimpulse mit wachsender Zähluntersetzung zu, so daß die Impulse nahezu in periodischen Abständen dem elektromechanischen Zähler zugeführt werden.

Im Bild 3.15 ist ein mit Relaisröhren arbeitender Ringzähler dargestellt. Durch die Anwendung von Kaltkathodenröhren ergeben sich erhebliche Schaltungsvereinfachungen. Das Auflösungsvermögen ist allerdings beschränkt. In letzter Zeit wurden jedoch Spezial-Zählröhren mit Kaltkathoden entwickelt, an denen das Zählergebnis unmittelbar abgelesen werden kann und die ohne großen Aufwand den Aufbau einer dekadischen Einheit ermöglichen. Auch die Zählfrequenzen wurden erhöht; beispielsweise kann man die von der Firma Elesta gelieferte Zählrohre EZ 10 in verbesserter Ausführung bis zu etwa 0,1 MHz verwenden. Sehr leistungsfähig sind auch Zählaltungen mit der Valvo-Zählrohre E1T, die sich weitgehend in die Praxis einführen konnten.

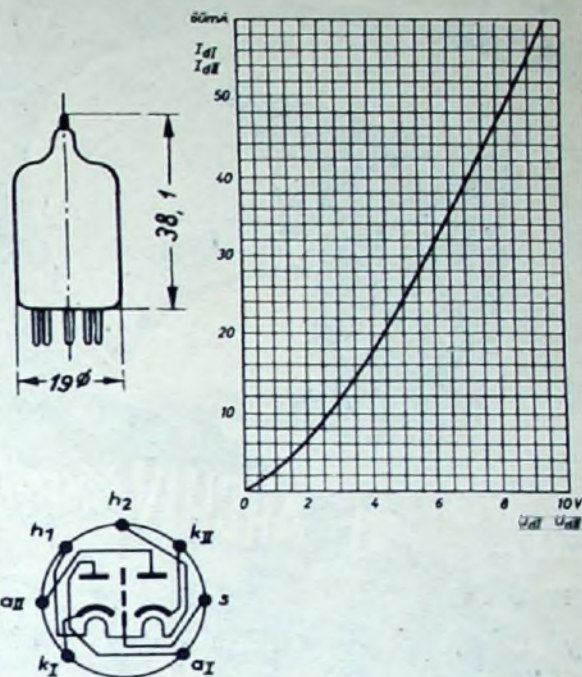
Bild 3.16 zeigt einen Philips-Strahlungsmeßplatz, der alle für radioaktive Messungen erforderlichen Geräte enthält. In der Mitte erkennt man die Zählereinheiten mit den E1T-Röhren und



Bild 3.16. Ansicht eines Strahlungsmeßplatzes nach dem Bausteinprinzip mit Zählereinrichtung und Ratemeter (Philips)

darunter ein Ratemeter mit Netzteil. Die Industrie liefert auch Einheiten in Form von Bausteinen, so daß sich beliebige Meßgeräte zusammensetzen lassen. Die unmittelbare Ablesung des Zählergebnisses an den Zählröhren selbst setzt sich mehr und mehr durch; man findet jedoch auch Anordnungen mit Glühlampenablesung. (Wird fortgesetzt)

Diodenstrom als Funktion der Diodenspannung



LORENZ-

Doppeldiode EAA 901 (= 5726)

stoß- und schüttelfeste Spezialröhre für Geräte der Nachrichtentechnik. Wegen ihrer kleinen Kapazität zwischen den Anoden vielseitig verwendbar als Einzeldiode, in Parallel- oder Gegentaktschaltungen. Geeignet für Abschneide- und Pegelhaltungsstufen in Fernseh-Vorverstärkern und -Modulationsverstärkern, für Demodulationsstufen wie auch als Gleichrichter für kleine Leistungen.

Betriebsdaten

$U_h = 6,3 \text{ V}$	$U_d = 2,5 \text{ V}$
$I_h = 0,3 \text{ A}$	$I_d = 9 \text{ mA}$
$U_{fk} = 360 \text{ V max.}$	$U_{dsp} = 360 \text{ V max.}$
$f_{res} = 700 \text{ MHz}$	$I_{dsp} = 60 \text{ mA max.}$

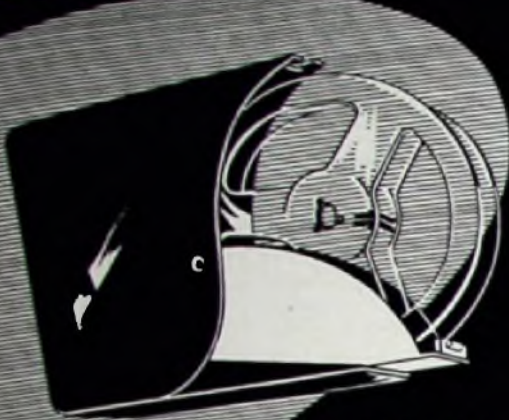
$C_a (k+a)$	$3,2 \pm 0,8 \text{ pF}$	C_{hk}	2 pF
$C_k (a+s)$	$3,9 \pm 0,8 \text{ pF}$	C_{aII}	$< 26 \text{ m pF}$



STANDARD ELEKTRIK LORENZ AG

Lorenz-Werke Stuttgart

für Tonband- u. Filmfreunde ...



Schneider ARCHIV Kasette

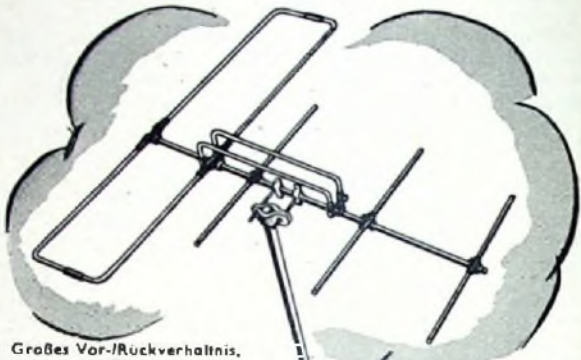
- Ein leichter Druck auf die Kasette und die gewünschte Spule ist griffbereit.
- Die zur Kasette gehörenden Fußleisten ermöglichen eine leichte Verbindung zu einem festgefügtten Archiv.
- geschmackvoll, staubdicht, abriebfest, möbelschonend und transporticher

CARL SCHNEIDER, Spezialfabrik für Tonband- u. Filmspulen
Rohrbach, Darmstadt 2, Tel. Ober-Ramstadt 238 u. 310, FS. 0419-204

Hervorragender Empfang mit den neuen Antennen...

A.T.L.

ein vergleichender Versuch lohnt sich!



- Großes Vor-/Rückverhältnis, Echounterdrückung
 - Sehr große Bandbreite, eine einzige Antenne für mehrere Kanäle
 - Einfachste Montage: keine Mutter — keine Schraube
- A.T.L. 5 Elemente — 8 Elemente YAGI
A.T.L. 7 Elemente — 11 Elemente YAGI
A.T.L. 10 Elemente — 14 Elemente YAGI

LAMBERT

13, RUE VERSIGNY, PARIS (18^e) — ORN. 42-53 — FRANKREICH

FS - BANDKABEL

- Transparent, Adern blank ... 50 m 7.20
- Transparent, Adern versilbert ... 50 m 9.45
- Wetterfest, hellgrau, Adern versilb. 50 m 9.80

Alle Europa- und USA-Röhren

HACKER WILHELM HACKER KG

BERLIN-NEUKÖLLN
Am S- und U-Bahnhof Neukölln
Silbersteinstraße 5-7 - Tel.: 62 12 12
Geschäftszeit: 8-17 Uhr, sonnabends 8-12 Uhr



WZ-KLEINELYT

Nieder- und Hochvolt

Elektrolyt-Kondensatoren

- kleine Abmessungen
- höchstmas an Qualität
- gleichbleibende Güte

WILHELM ZEH KG

FRANKFURT I. M.



Erfolg ist kein Geheimnis

Es gibt kein Geheimnis um den beruflichen Erfolg. Das Rezept heißt einfach: Mehr wissen, mehr können als andere. Nur wer mehr weiß und mehr kann, erhält die bessere Stelle. Facharbeiter, die zu ihrer Werkstattpraxis auch theoretische Kenntnisse besitzen, haben die besten Chancen, heute schneller in eine angesehenere und besser bezahlte Stellung aufzusteigen als je zuvor. Wie Sie das höhere technische Fachwissen innerhalb zwei Jahren ohne Berufsunterbrechung in Ihrer Freizeit erwerben, erfahren Sie aus dem interessantesten Taschenbuch DER WEG AUFWÄRTS. Sie erhalten dieses Buch gratis mit den Lehrplänen Maschinenbau, Elektrotechnik, Radiotechnik, Bautechnik, Stabrechnen und Mathematik. Schreiben Sie heute noch eine 10 Pf.-Postkarte an das Technische Lehrinstitut Dr.-Ing. Christiani Konstanz Postfach 1457

Für Fernsehempfang aus Nah und Fern



Kontaktsicher
Leistungsstark
Preiswert
Dauerhaft

Dr. Th. Dumke KG
RHEYDT, Postf. 75

Kaufgesuche

Rundfunk- u. Spezialröhren aller Art in großen und kleinen Posten werden laufend angekauft.
Dr. Hans Bürklin - Spezialgroßhandel MÜNCHEN 15, SCHILLERSTR. 27, 55 03 40

HANS HERMANN PROMM bittet um Angebot kleiner u. großer Sonderposten in Empfangs-, Send- und Spezialröhren aller Art. Berlin-Wilmersdorf, Peßbeller Platz 3, Tel. 87 33 95 / 96

Radioröhren, Spezialröhren, Senderöhren gegen Kasse zu kaufen gesucht. Szebehelyi, Hamburg-Gr. Plottbek, Grottenstraße 24, Tel.: 82 71 37

Labor-Instr., Kathographen, Charlottenburger Motoren, Berlin W 35

Radioröhren, Spezialröhren zu kaufen gesucht. Intraco GmbH München 2, Dachauer Str. 112

Röhren aller Art kauft: Röhren-Müller, Frankfurt/M., Kaufinger Str. 24

Verkäufe

Tonbandgerät zur Aufnahme von Sprache und Musik. Bausatz ab 50,- DM. Prospekt freil. P auf der Lake & Co. Mühlheim/Ruhr

Zählrohre - Gelgerzähler Einzelteile

Liste kostenlos
SIEBERT-ELEKTRONIK - Bayreuth, Leuchnerstr.

METALL-GEHÄUSE

für Industrie und Bastler



PAUL LEISTNER HAMBURG
HAMBURG-ALTONA-CLAUSSTR. 4-8

Ein neuartiges Gerät zum Messen von Hochfrequenzenergie

Ein von der amerikanischen Firma The Hewlett-Packard Company entwickeltes Meßgerät, das die unmittelbare und automatische Bestimmung von Hochfrequenzleistungen innerhalb eines in sieben Meßbereiche aufgeteilten Gebietes zwischen 10 mW und 10 W mit einer Genauigkeit von $\pm 5\%$ gestattet, fällt wegen der in ihm angewendeten kalorimetrischen Meßmethode auf. Die zu messende Hochfrequenz gelangt von der Eingangsbuchse des Gerätes über eine konzentrische Leitung zu einem Präzisionswiderstand von 50 Ohm, der die Belastung für die Hochfrequenz darstellt und dessen Erwärmung als Maß für die in ihm verbrauchte Hochfrequenzenergie dient. Auf diese Weise kann die mittlere Leistung von unmodulierter, amplitudenmodulierter oder impulsförmiger Hochfrequenz ermittelt werden. Das Gerät ist für alle Frequenzen zwischen 0 Hz (Gleichstrom) und 12 400 MHz geeignet.

Die automatische Arbeitsweise des neuen Gerätes geht aus der schematischen Darstellung im Bild 1 hervor. Der Belastungswiderstand von 50 Ohm, in dem die zu messende Hochfrequenzleistung absorbiert wird, befindet sich in einem Kanal, der von einem dünnflüssigen Silikonöl durchströmt wird, und erwärmt das an ihm vorbeiströmende Öl. Unmittelbar hinter dem Belastungswiderstand ist ein Temperaturfühler angeordnet, der die Form eines temperaturabhängigen Widerstandes hat. Der Widerstand des Temperaturfühlers nimmt mit steigender Temperatur zu, erhöht sich also, wenn ihn das von dem Belastungswiderstand erwärmte Öl umströmt.

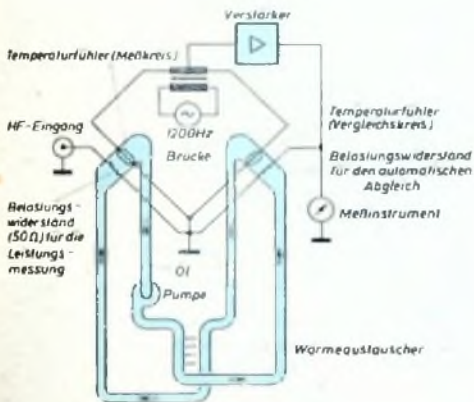


Bild 1. Schematische Darstellung der kalorimetrischen Leistungsmessung durch Erwärmung eines Belastungswiderstandes und Übertragung der Wärme auf einen Temperaturfühler mittels einer Ölströmung

Der Temperaturfühler bildet einen Arm einer Wechselstrombrücke, in deren zweitem Arm ein gleicher Temperaturfühler liegt, der zu einem Vergleichskreis gehört. Die beiden restlichen Arme der Brücke sind die beiden Wicklungshälften der Sekundärseite eines Transformators, dessen Primärseite mit einer Wechselspannung von 1200 Hz gespeist wird. Die Brücke ist symmetrisch aufgebaut und befindet sich im Gleichgewicht, solange die beiden Temperaturfühler die gleiche Temperatur, nämlich die Umgebungstemperatur, haben. In diesem Fall tritt zwischen den Diagonalpunkten der Brücke keine Wechselspannung auf, und der an diesen Diagonalpunkten angeschlossene Eingang eines Verstärkers erhält keine Signalspannung. Sobald eine Hochfrequenz an den Eingang des Gerätes gelegt und der Temperaturfühler im Meßkreis von dem vorbeiströmenden Öl erwärmt wird, ist das Gleichgewicht der Brücke gestört, und an den Verstärker gelangt eine Signalspannung, die ihn zur Abgabe einer Gleichstromleistung veranlaßt. Diese Leistung wird von einem zweiten Belastungswiderstand aufgenommen, der ebenfalls zusammen mit dem Temperaturfühler des Vergleichskreises in einem Öl führen-

den Kanal untergebracht ist und mittels des vorbeiströmenden Öles den Temperaturfühler des Vergleichskreises erwärmt. Diese Erwärmung dauert so lange an, bis das Gleichgewicht der Brücke wieder hergestellt ist. In diesem neuen Gleichgewichtszustand haben beide Temperaturfühler die gleiche erhöhte Temperatur, und die in den beiden Belastungswiderständen verbrauchten Leistungen müssen gleich groß sein. Voraussetzung hierfür ist allerdings, daß Meß- und Vergleichskreis vollkommen identisch ausgebildet sind und daß das Öl die gleiche Temperatur (nämlich die Umgebungstemperatur) hat, wenn es die Belastungswiderstände erreicht. Um diese Anfangstemperatur des Öles im Meßkreis und im Vergleichskreis auf gleiche Werte zu bringen, ist der Ölkreislauf so eingerichtet, daß das Öl nach dem Vorbeiströmen an den Temperaturfühlern einen Wärmeaustauscher passiert.

Die im Belastungswiderstand des Vergleichskreises im Gleichgewichtszustand verbrauchte Leistung ist gleich der zu messenden Hochfrequenzleistung und wird an einem Meßinstrument abgelesen, das die Ausgangsspannung des Verstärkers mißt. Der Gleichgewichtszustand stellt sich vollkommen selbsttätig ein und wird in 1...5 s nach dem Anlegen der zu messenden Hochfrequenz erreicht. Für die Durchführung einer Messung braucht also nach dem Einschalten des Gerätes nur der richtige Meßbereich eingeschaltet und die Brücke auf Null abgeglichen zu werden, bevor die zu messende Hochfrequenz angelegt wird; das Meßinstrument zeigt dann nach 1...5 s unmittelbar den Leistungswert an. Eichungen oder Justierungen sind nicht erforderlich.

Infolge des symmetrischen Aufbaus des Ölkreislaufs mit den völlig gleichartig ausgebildeten Meß- und Vergleichskreisen gehen Strömungsgeschwindigkeit und sonstige Eigenschaften des Öles nicht in die Messung ein, da es nur darauf ankommt, daß das Öl die Wärme von dem Belastungswiderstand zum Temperaturfühler in beiden Kreisen unter den gleichen Bedingungen transportiert.

Bild 2 zeigt in etwas vereinfachter Darstellung die konstruktive Gestaltung von Belastungswiderstand und Temperaturfühler sowie die Anordnung dieser Teile in dem Ölumlauflauf des Meß- und des Vergleichskreises. Der Belastungswiderstand des Meßkreises ist mit der Eingangsbuchse des Gerätes über eine starre Koaxialleitung verbunden; der Innenleiter ist ein mit einer sehr dünnen Verallberung

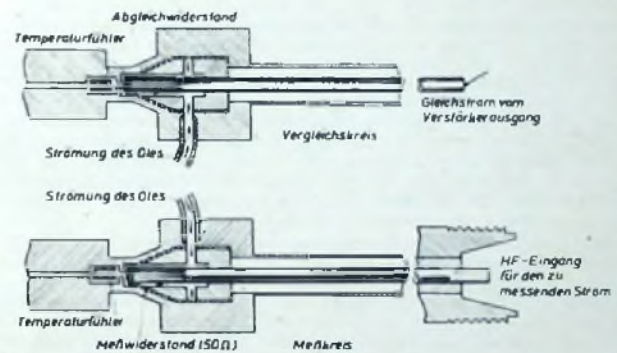


Bild 2. Konstruktive Ausbildung von Meß- und Vergleichskreis mit Belastungswiderstand und Temperaturfühler

versehener Glasstab, um die Wärmeableitung von dem Belastungswiderstand kleinzuhalten. Der Belastungswiderstand ist ein auf dem Ende des Glasstabes aufgebracht dünner Metallfilm, der die Koaxialleitung mit 50 Ohm kurzschließt. Von dem Meßkreis unterscheidet sich der Vergleichskreis nur dadurch, daß sein Belastungswiderstand einen höheren Ohmwert hat, um eine bessere Anpassung an den Ausgang des Verstärkers zu erhalten.

Das von den Temperaturfühlern des Meß- und des Vergleichskreises fortströmende Öl gelangt in Kühler, in denen es wieder auf die Umgebungstemperatur abgekühlt wird. Darüber hinaus sind die beiden Abschnitte des Ölumlauflaufes, die unmittelbar vor den Belastungswider-



betriebs sicher



VALVO Fernseh bildröhren

ständen liegen, zu einem Gleichstrom-Wärmeaustauscher ausgebildet, der das Öl in diesen beiden Abschnitten auf genau die gleichen Temperaturen bringt.

Schließlich sei noch im Bild 3 der elektrische Aufbau des Meßgerätes in Form einer Blockschaltung wiedergegeben. Die Wechselstrombrücke, die die beiden Temperaturfühler von Meß- und Vergleichskreis enthält, wird von einem 1200-Hz-Oszillator gespeist, und zwar über ein umschaltbares Dämpfungsglied, mit dem die sieben Meßbereiche eingestellt werden können. Die Brückendiagonale ist mit dem Eingang eines Wechselstromverstärkers verbunden. Ein Diskriminator vergleicht die Phase der Spannung am Ausgang des

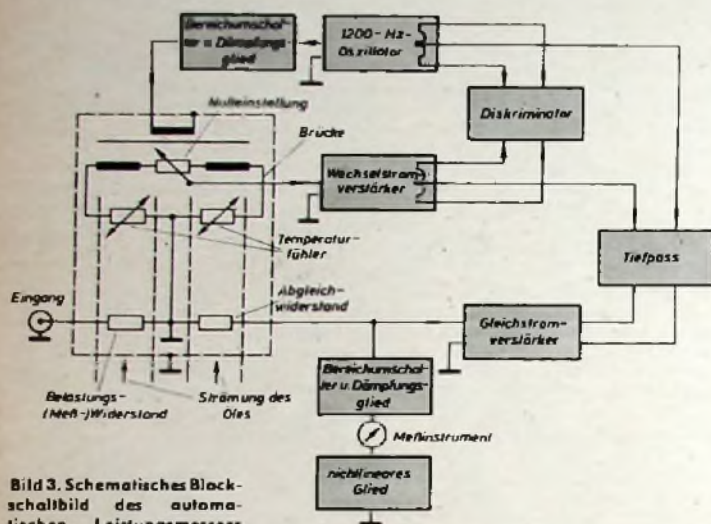


Bild 3. Schematisches Blockschaltbild des automatischen Leistungsmessers

Wechselstromverstärkers mit derjenigen der Oszillatorspannung und stellt auf diese Weise fest, in welchem Sinne das Gleichgewicht der Brücke gestört ist. Der Diskriminator sorgt dafür, daß dem Belastungswiderstand des Vergleichskreises nur dann Energie zugeführt wird, wenn der Temperaturfühler im Meßkreis eine höhere Temperatur als der Vergleichskreis hat. In diesem Fall steuert der Diskriminator über einen Tiefpaß einen Gleichstromverstärker, der den Belastungswiderstand im Vergleichskreis auf die gleiche Temperatur aufheizt, die der Belastungswiderstand im Meßkreis hat. Je höher diese Temperatur ist, um so größer muß die zur Aufheizung dienende Gleichspannung sein.

Das Meßinstrument gibt an sich einen Ausschlag, der der Gleichspannung am Ausgang des Gleichstromverstärkers proportional ist. Da aber die Leistung bei konstantem Widerstand dem Quadrat der Spannung proportional ist, würde die Skala des Meßinstrumentes bei einer Eichung in Watt oder Milliwatt eine quadratische Teilung haben. Aus diesem Grund ist in dem Kreis des Meßinstrumentes ein nichtlineares Glied vorhanden, das aus einer Anzahl individuell vorgespannter Dioden besteht und die Kennlinie des Meßinstrumentes so verändert, daß eine lineare Anzeige der Leistung entsteht. In dem Instrumentenkreis liegt noch ein umschaltbares Dämpfungsglied, das mit dem Dämpfungsglied zwischen Oszillator und Brücke sowie mit dem Bereichumschalter mechanisch gekuppelt ist. Dr. F. (Hand, B. P.: An automatic dc to x-band power meter for the medium power range. Hewlett-Packard Journ. Bd. 9 (1958) Nr. 12, S. 1)

Fernsehen erobert die Welt

Von H. Köppen. Berlin 1957, VEB Verlag Technik. 136 S. mit 142 Bildern. DIN A 5. Preis in Halbt. 4,80 DM.

Das Buch liest sich schnell; es bringt keine Schaltungen, kein sehr tiefes Eingehen in die Technik des Fernsehens, ist aber keineswegs nur eine leichte Plauderei, die an der Oberfläche plätschert. In guter Systematik wird aus der Geschichte des Fernsehens erzählt, und es wird beschrieben, wie heute ein Fernseh-Sendernetz aufgebaut ist, wie der Weg vom Studio bis zur Sendeantenne verläuft. Auf der Empfangsseite sind prinzipiell die Ausführungen der Antennen behandelt und einige Ausführungsformen beschrieben. Die Arbeitsweise des Fernsehempfängers, Band- und Kanaleinteilung, Großprojektion, Störungen des Fernsehempfangs, Behandlung der verschiedenen Farbfernsehensysteme, plastisches Fernsehen, Fernsehen im Fernsprechnetz, industrielles Fernsehen, Radartechnik - das sind einige Stichwörter der mal etwas ausführlicher, mal nur andeutungsweise behandelten Gebiete. Das gut gedruckte Buch ist reichhaltig mit Skizzen und Fotos bebildert. jü.

Guide to Broadcasting Stations 1958-59

London 1958, Iliffe & Sons Ltd. 80 S. 12 x 18 cm. Preis brosch. 2 s 6 d.

Diese neueste Ausgabe der vom Verlag der englischen Zeitschrift „Wireless World“ herausgegebenen Senderliste enthält wieder Angaben (sowohl nach Frequenzen als auch nach Ländern geordnet) für etwa 750 europäische Mittel- und Langwellensender, von denen zur Zeit über 470 auf Frequenzen arbeiten, die ihnen nicht nach dem Kopenhagener Wellerplan zugewiesen wurden. Von den Kurzwellenfrenden dürften besonders die Angaben über etwa 2000 Kurzwellensender in aller Welt begrüßt werden. Auch diese Angaben sind einmal nach Frequenzen (Frequenz, Wellenlänge, Leistung, Rufzeichen, Station und Land) und zum anderen geographisch (Land, Station, Frequenz) geordnet. j.

Hyperbolische Funktionen

Der Aufsatz „Filter und Frequenzweichen für Antennen“ in den Heften 24/1958, 1/1959 und 2/1959 interessierte mich sehr. Übungshalber habe ich eine ganze Reihe der gebrachten Beispiele durchgerechnet. Mit der Berechnung der Dämpfung komme ich aber gar nicht zu recht. Wie kommt man zum Beispiel von Gl. (21) im Heft 24, S. 820, auf die errechnete Kurve des Bildes 4a? Das gleiche gilt auch für die Dämpfungsberechnung in den anderen Abschnitten. Dabei muß ich zugeben, daß ich mit hyperbolischen Funktionen noch nicht gerechnet habe. Gibt es einen einfachen Lösungsweg? M. F., B.

Keine Angst vor hyperbolischen Funktionen. Es läßt sich alles mit dem Einmaleins machen, denn schließlich gibt es ebenso wie für die Kreisfunktionen auch Tabellen für hyperbolische Funktionen. Die Ableitung der hyperbolischen Funktion kann nicht mit wenigen Worten erläutert werden, sie interessiert aber beim Rechnen mit gegebenen Formeln auch gar nicht mehr.

Nehmen Sie doch einmal beispielsweise das Handbuch für Hochfrequenz- und Elektro-Techniker Bd. I zur Hand. Auf den Seiten 9-13 finden Sie Tafeln für Kreis-, Exponential- und Hyperbelfunktionen.

Die von Ihnen genannte Gleichung lautet

$$\cosh b/2 = \omega/\omega_g \quad (21)$$

Gesucht ist die Dämpfung b . Die Größe b ist mathematisch das „Argument“ der Funktion. Es entspricht in den Tabellen auf Seiten 9-13 des Handbuches den Werten der ersten Spalte, nämlich dem dort ganz allgemein mit x bezeichneten „Argument in Bogenmaß“. In der Schreibweise der hyperbolischen Funktion sind seit Erscheinen des Handbuches gewisse Änderungen (nach DIN 1302) eingetreten. Während man früher hyperbolische Funktionen in Frakturbuchstaben (deutsche Buchstaben) schrieb (beispielsweise $\cosh x$ in der achten Spalte der genannten Tabelle), kennzeichnet man sie heute in der üblichen lateinischen Schrift durch ein angehängtes „h“ und schreibt an Stelle $\cosh x$ jetzt $\cosh x$.

Nun ein Rechenbeispiel. Es soll für die Frequenz $f = 200$ MHz die Dämpfung eines Tiefpasses mit der Grenzfrequenz $f_g = 140$ MHz errechnet werden. Wir setzen nach Gl. (21)

$$\cosh \frac{b}{2} = \frac{\omega}{\omega_g} = \frac{2 \cdot \pi \cdot f}{2 \cdot \pi \cdot f_g} = \frac{f}{f_g} = \frac{200}{140} = 1,43$$

Auf Seite 11 des Handbuches sucht man diesen Wert ($1,43 \approx 1,43309$)

in der achten Spalte ($\cosh x \approx \cosh \frac{h}{2}$) und findet dann in der ersten Spalte als zugehöriges Argument x ($\approx \frac{b}{2}$)

$$\frac{b}{2} = 0,90$$

$$b = 1,80$$

Dieser Wert ist bereits das Dämpfungsmaß b in der Einheit Neper (s. FUNK-TECHNIK 24/1958, S. 819, 2. Spalte). Die Rechnung wäre also damit bereits durchgeführt. Nun wird aber vielfach an Stelle der logarithmischen Einheit Neper die logarithmische Einheit Dezibel benutzt, wie es auch der Verfasser in seinen Kurven getan hat. Die Umrechnung von Neper in Dezibel ist (s. S. 201 des genannten Handbuches)

$$1 \text{ N} = 8,686 \text{ dB}$$

Statt $b = 1,8 \text{ N}$ läßt sich also auch schreiben

$$b = 1,8 \cdot 8,686 \approx 15,6 \text{ dB}$$

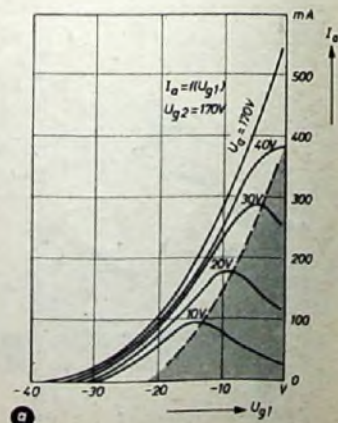
Geht man im Bild 4a auf S. 820 der FUNK-TECHNIK 24/1958 bei 200 MHz in die errechnete Kurve hinein, dann findet man diesen Wert auf der linken dB-Skala.

Versuchen Sie es einmal so auch mit anderen Frequenzwerten oder mit Beispielen der anderen Abschnitte des von Ihnen genannten Aufsatzes. Sie werden merken, daß es viel einfacher ist, als man anfangs glaubt. j.

Berichtigung

Barkhausen - Kurz - Schwingungen in Elektronenröhren. FUNK-TECHNIK Bd. 14 (1959) Nr. 2, S. 36-39

In der Unterschrift zu Bild 10 heißt es u. a.: „Im grau getönten Bereich tritt eine virtuelle Kathode in der Röhre auf.“ Dieser grau getönte Bereich ist jedoch im Bild 10a auf Seite 38 im ausgedruckten Heft nicht klar erkennbar; er ist deshalb im nebenstehenden Bild nochmals deutlicher markiert.



R-F-T



Die große neue Export-Serie der RFT-Rundfunk- und Fernsehgeräte zeigen wir anlässlich der Leipziger Frühjahrsmesse 1959 im „Haus der Rundfunk- und Fernsehgeräte“ (Städt. Kaufhaus), Leipzig C 1, Neumarkt 9–19, Fernsprecher 2 20 22
Fernschreiber: 051 347 ertele radio

VVB R-F-T Rundfunk und Fernsehen, Berlin O17, Ehrenbergstr. 11-14
Deutsche Demokratische Republik



Stereo-Geräte seit langem bewährt



Die einzige tragbare
Vollstereo-Anlage
PE Musical 99 V Stereo

Diese tragbare PE Vollstereo-Anlage hat in 128
Ländern der Erde zur Einführung der neuen, natur-
echten Schallplattenwiedergabe überzeugend bei-
getragen.

Fordern Sie bitte ausführliche Prospekte und
Preislisten von uns an.



Perpetuum-Ebner St. Georgen/Schwarzwald