

BERLIN

# FUNK- TECHNIK



5

1967

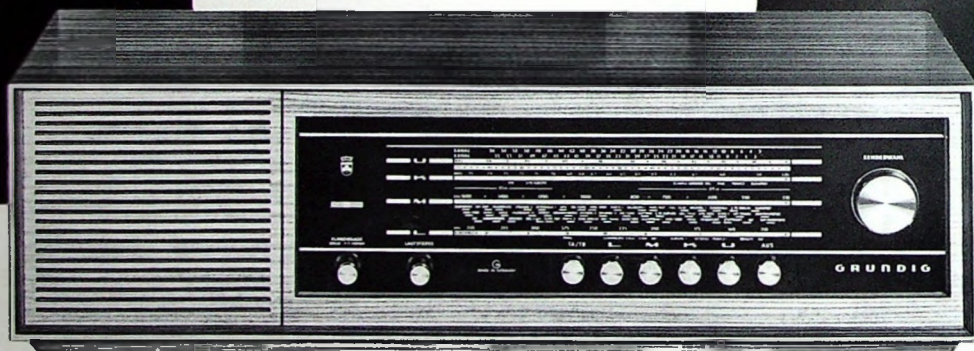
1. MÄRZHEFT



# NEU

und schon  
im  
Gespräch!

(Wenn von Bestsellern  
die Rede ist)



Bei seinem Vorgänger war es nicht anders. Bestseller dieses Schlages (RF 145 war der Vorgänger, RF 245 heißt „der Neue“) brauchen keine Anlaufzeit. Sie sind sofort „da“! Mitten im Markt. Bewährte Technik in neuer Form: flacher, eleganter, noch ansprechender. Maß-

geschneidert für den Markt, für Ihren Umsatz!

- UKW/MW/LW/KW 40-51 m
- 5 Röhren, 2 Dioden
- 3-Watt-Endstufe
- Furniere: md, hell, Teak

**GRUNDIG**

**Mach Dir's leicht —  
verkaufe GRUNDIG!**



## AUS DEM INHALT

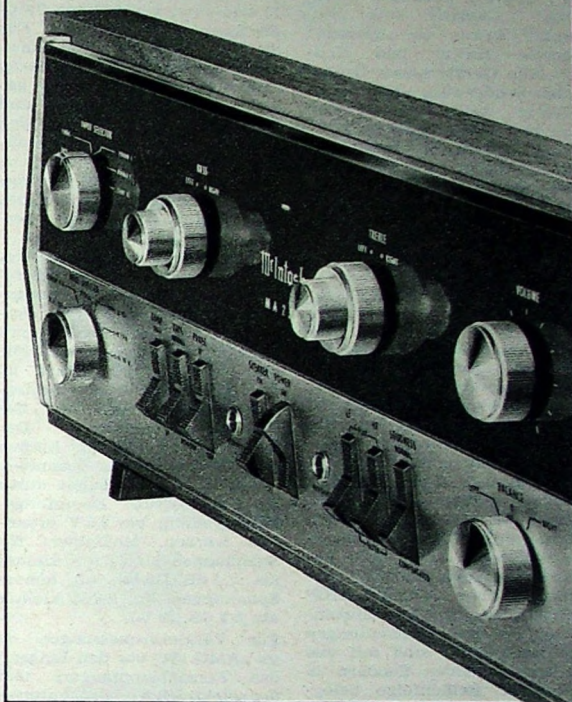
1. Märzheft 1967

gelesen · gehört · gesehen .....	132
FT meldet .....	134
Anwendungen und Technologien elektronischer Geräte.....	137
Neuzeitliche aktive Bauelemente zur Erzeugung höchster Frequenzen .....	138
Persönliches .....	140
Schaltkreise Dickschicht-Hybridschaltungen .....	141
Funknavigation Das Eurocontrol-Versuchszentrum Brétigny .....	143
Farbfernsehen Einführung in die Farbfernsehtechnik .....	F 81
Farbdifferenzsignal-Verstärker mit drei Röhren EF 184.....	145
Neue Elektronik-Baukästen .....	146
Gleichspannungswandler für Elektronenblitzgeräte .....	147
Für Werkstatt und Labor .....	148
Stereophonie Stereo-Endverstärker 2 x 10/15 W mit Planartransistoren ..	149
Fernseh-Service .....	151
Für den KW-Amateur Transistor-Dreifachsuper für das 2-m-Band.....	152
KW-Kurznachrichten .....	156
Memorandum: Empfangsantennenanlagen für den Ton- und Fernseh-Rundfunk .....	157
Aus dem Jahresbericht der Deutschen Bundespost: Fortschreitende Automation .....	158

Unser Titelbild: Blick in den neuen klimatisierten Arbeitssaal der SEL für die Systemfertigung von Bildröhren; dieser Raum ist auch besonders zur Montage der Systeme von Farbbildröhren geeignet  
Aufnahme: SEL

Aufnahmen: Verfassers, Werkaufnahmen. Zeichnungen vom FT-Atelier nach Angaben der Verfassers. Seiten 130, 133, 135, 136, 155, 159 und 160 ohne redaktionellen Teil

# McIntosh



## Der hörbare Unterschied

Ein HiFi Stereo-Verstärker muß umso besser sein, je höher seine Ausgangsleistung ist.  
Ist das auch Ihre Meinung?

Oder beachten Sie zusätzlich auch die Brillanz der Wiedergabe, die noch hörbaren Störgeräusche, wie Rauschen und Brummen?

Einen McIntosh-Verstärker können Sie ruhig und kritisch anhören, Sie werden nichts hören, was Sie stört. Kein Rauschen, Brummen, Verzerren. Und das bei einer Leistung und Wiedergabequalität, die für höchste Ansprüche und für den größten Raum bemessen ist.

Wenn Ihnen technische Daten nicht viel sagen, sollten Sie sich auf Ihre Ohren verlassen — der Unterschied ist hörbar.

Thorens  
High-Fidelity-Geräte von Weltruf  
Paillard-Bolex GmbH., Abt. Thorens  
8000 München 23, Leopoldstraße 19  
Vertretung für die Schweiz:  
Egli, Fischer & Co. AG Zürich  
CH-8022 Zürich, Gotthardstr. 6





## Neue Fernsehempfänger

Metz

Das Fernsehempfängerprogramm 1967/68 von Metz umfaßt sechs Tischgeräte („Santos“, „Java“, „Samo“, „Mal-lorca“, „Capri-S“ und „Pa-nama“) sowie die Schrankmodelle „Hawai“ und „Sizi-lia“. Alle Geräte haben Druck-tasten-Senderwahl mit sechs beliebig belegbaren Tasten oder vier UHF- und vier VHF-Tasten. „Capri-S“ und „Pa-nama“ weisen außerdem eine schwenkbare Bildröhre auf. Für die Tischgeräte stehen Fußgestelle bzw. anschraub-bare Füße zur Verfügung.

### Nordmende

Unter der Bezeichnung „Gol-dene 20“ ist von Nord-mende eine neue Reihe von Fernsehempfängern heraus-gebracht worden. Die drei 59-cm-Tischgeräte „Goldene 20 - 207“, „Goldene 20 - 307“ und „Goldene 20 - 407“ gibt es je-weils in verschiedenen Holz-arten („Goldene 20 - 207“ hat eine graue Kunststofffront-maske). Ergänzt wird die Reihe durch das 59-cm-Standgerät „Goldene 20 - 507“ mit Jalousie-Schiebetür. Alle Geräte ha-ben den neuen „Diatom“-Pro-grammwähler, einen UHF/VHF-Tuner mit Diodenabstim-mung. Die acht Raststellungen des Drehknopfs sind mit den zu empfangenden Sendern in beliebiger Reihenfolge beleg-bar.

### Gemeinschaftsantenne für fast 600 Wohnungen

19 Wohnblöcke mit 595 Wohn-einheiten in Nürnberg-Lang-wasser haben eine Siemens-Großgemeinschaftsantenne für sämtliche Hörfunkbereiche so-wie das I., II. und III. Fernseh-programm erhalten. Die Teil-nehmer werden von der Haupt-verstärkerstelle aus über Ko-axialkabel mit Antennen-energie versorgt. Die Anlage garantiert einen einwandfreien Hörfunk- und Fernsehempfang auch in den Wohnblöcken, die im Sendeschatten höherer Ge-bäude liegen.

### Fernsehantennen-Meßgerät „AMG 134“

Hirschmann hat das Antennen-meßgerät „AMG 134“ in das Vertriebsprogramm aufgenom-men. In dem Gerät sind ein 23-cm-Fernsehempfänger für alle VHF- und UHF-Kanäle nach der CCIR-Norm und Zu-satzeinrichtungen zur Span-nungsmessung nach drei Meß-verfahren vereinigt. Es ist in Voll-Transistortechnik aus-geführt und kann aus dem Wech-selstromnetz (110 oder 220 V, etwa 30 W) oder aus einem Einbauakku (12 V, etwa vier

Stunden Benutzungszeit bei rund 15 W Entnahme) betrie-ben werden.

Der Empfänger ist für die VHF-Bereiche mit einem Kan-alwähler für die Kanäle 2 bis 12 und einer zusätzlichen Fein-abstimmung ausgestattet. Für die UHF-Bereiche hat er einen kontinuierlich einstellbaren Tuner mit in Frequenzen ge-eichter Anzeigetrommel und Feintrieb. Es wird auf den Höchstwert der Spannung ab-gestimmt, die von dem ein-gebauten Spannungsmesser an-gezeigt wird. Dann ist zugleich die beste Bildschärfe ein-gestellt.

Für die selektive Messung der Kanalspannung 20  $\mu$ V ... 2,6 mV an 60 Ohm hat der Spannung-messer drei durch einen Um-schalter wählbare Bereiche mit einzeln geeichten Skalen. Für die Messung maßgebend ist der Effektivwert der Hochfre-quenzspannung während des Synchronisierimpulses. Der Bildinhalt hat keinen Einfluß auf die angezeigte Spannung. Die Meßbereiche können durch die eingebaute Dämpfungs-leitung stetig bis 2,6 V erwei-tert werden. Meßfehler: für Spannungen bis 2,6 mV kleiner als  $\pm 1$  dB (10 %), für höhere Spannungen bis 2,6 V kleiner als  $\pm 2$  dB (20 %).

Für Vergleichsmessungen ist im „AMG 134“ vor den Eingang des Fernsehempfängers und des selektiven Kanalspannungs-messers eine Dämpfungseitung eingeschaltet. Mit einem Dreh-knopf können auf einer Skala



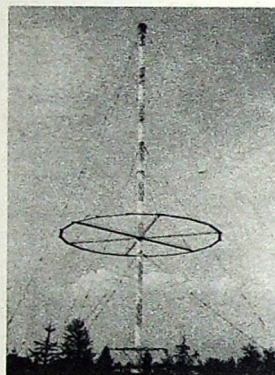
angezeigte Dämpfungen zwis-chen Null und 60 dB stetig eingestellt werden. Meßfehler der Präzisionsdämpfungslei-tung: kleiner als  $\pm 1$  dB.

Zur frequenzunabhängigen Spannungsmessung (Breitband-messung) dient eine eingebaute Meßdiode mit eigenem 60-Ohm-Eingang. Sie ermöglicht im Bereich 0,1 ... 830 MHz fre-quenzunabhängige Spannungs-messungen zwischen 0,1 und 6 V an 60 Ohm in zwei Meß-bereichen. Mit diesem Dioden-voльтmeter kann man zum Beispiel sehr schnell nachprü-fen, ob die höchstzulässigen Aus-gangsspannungen von An-

tennenverstärkern eingehalten sind. Das ist besonders wich-tig für das zukünftige Farb-fernsehen.

### Größte Reusenantenne der Deutschen Bundespost

Eine Reusenantenne für den Mittelwellenbetrieb steht seit Mitte November 1966 im Dienst der Deutschen Bundespost in Mainflingen/Hessen. Sie hat eine maximale Leistungsauf-nahme von 500 kW effektiv. Die Antennenhöhe (144 m bei einem Reusendurchmesser von 60 m) bestimmt die untere Grenzfrequenz mit 530 kHz, die obere ist 5 MHz.



Statik und Stahlbauarbeiten führte die Firma Hein, Leh-mann & Co. aus, für das elek-trische Konzept zeichnete Rohde & Schwarz verantwort-lich. Der gesamte Reusenkör-per liegt statisch über eine dem Fußisolator parallel lie-gende Spule auf Erdpotential. Als elektrisches Gegengewicht dient ein aus 100 radial ver-legten Bändern bestehendes Erdnetz.

### „Selbond“-Bildröhren mit 41-, 47- und 65-cm-Bildschirm

Das große Interesse, das die von SEL herausgebrachte „Sel-bond“-Röhre mit 59-cm-Bild-diagonale (s. FUNK-TECHNIK Nr. 18/1966, S. 636) fand, ver-anlaßte SEL, weitere Typen in dieser neuen Technik zu fer-tigen. Das Verkaufsprogramm an „Selbond“-Bildröhren um-faßt jetzt die Typen A 41-10 W (41-cm-Röhre), A 47-27 W (47-cm-Röhre), A 59-22 W (Inter-imsbezeichnung A 59/12 W/S, 59-cm-Röhre) und A 65-13 W (65-cm-Röhre).

### Halbleiter-Meßautomat

Bei der Frankfurter Firma Telefonbau und Normalzeit hat vor kurzem ein von Rohde & Schwarz gelieferter Halbleiter-Meßautomat „BMA“ die auto-matische Prüfung von Halblei-terbauelementen übernommen.

Die Anlage prüft bis zu 20 Parameter je Bauelement mit einer Meßfolge von 0,1 s je Parameter. Das mit Karten eingegebene Programm läuft automatisch ab; die Meßwerte erscheinen einzeln oder als summarische Gut-Schlecht-Bewertung. Mit Zusatzbausteinen lassen sich die erfaßten Werte digital weiterverarbeiten und klassieren.

### Oszillografenröhre D 3-11

Die neue Oszillografenröhre D 3-11 von AEG-Telefunken, ein Paralleltyp zur DG 3-12 A, unterscheidet sich bei gleichen Abmessungen und elektrischen Daten von dieser nur durch den 13stiftigen Allglas-Sockel nach DIN 44 434. Dadurch ist es möglich, für die D 3-11 den preisgünstigsten genormten Sokel nach DIN 44 455 zu ver-wenden. Die neue Röhre wird als D 3-11 GJ mit grünleuch-tendem Schirm mittlerer Nach-leuchtdauer und als D 3-11 BG mit blauleuchtendem Schirm mit mittellanger Nachleucht-dauer (für Registriergeräte) ge-liefert.

### UHF-Leistungstransistor 2N4350

Der neu ins Transistron-Pro-gramm aufgenommene Si-Pla-nartransistor 2N4350 wird in Overlay-Technik (Multi-Emit-ter-Transistor) hergestellt. Er eignet sich besonders für mili-tärische und kommerzielle UHF-Sender kleiner Leistung und hat eine Ausgangsleistung von 1,5 W bei 200 MHz.

### Integrierte Schaltkreise im Spritzgußgehäuse

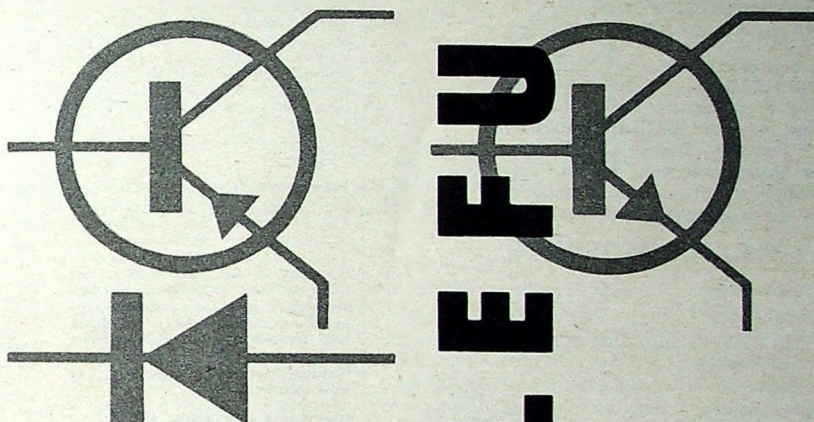
Die digitalen Integrierten Schaltkreise der Serie 930, von Texas Instruments, die 11 Typ-en umfaßt, werden jetzt unter der Serienbezeichnung 15830N auch im Plastik-Spritzgußge-häuse geliefert. Das Spritzguß-gehäuse hat 14 in zwei Reihen angeordnete Steckpins, die eine Bestückung von Hand oder mit Bestückungsmaschinen er-lauben. Die sehr gute Wärmeab-leitung (70 °C/W in freier Luft) wird durch vollen Kontakt des Plastikmaterials rund um das Siliziumplättchen erreicht.

### Klarsichtkassette für Stecker, Buchsen, Kupplungen und Zwischenstücke

Eine neue Klarsichtkassette der Servi - Vertriebsgesellschaft mbH, München, ermöglicht Ra-dio- und Fernsehwerkstätten die komplette Lagerhaltung von insgesamt 193 Steckern, Buchsen, Kupplungen und Zwi-schenstücken (nach DIN 45 315, DIN 45 316, DIN 45 317) auf kleinstem Raum. Jeder Typ ist in einem besonderen Fach untergebracht.



# TELEFUNKEN



## BAUELEMENTE

für Elektronik und Nachrichten-Technik

### Germanium-

Legierungs-Transistoren  
Drift-Transistoren  
Planar-Transistoren

### Silizium-

Planar-Transistoren  
in Metallgehäuse  
und Kunststoffgehäuse

### Germanium-

Spitzen-Dioden  
Flächen-Dioden  
Planar-Dioden  
Dioden-Quartette

### Silizium-

Kapazitäts-Variations-Dioden  
Zener-Dioden  
Universal-Dioden  
Planar-Dioden in DH-Technik  
Dioden-Quartette

### Integrierte Halbleiter Schaltungen

in RTL und DTLZ-Technik

### TELEFUNKEN-Bauelemente

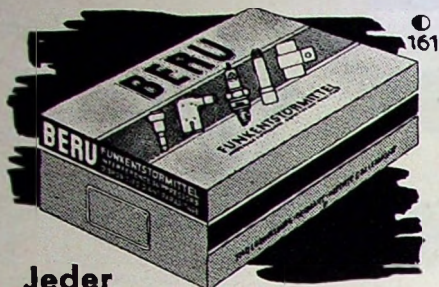
für Elektronik und Nachrichtentechnik  
immer zuverlässig und von hoher Präzision

ALLGEMEINE ELEKTRICITÄTS-GESELLSCHAFT  
AEG-TELEFUNKEN

FACHBEREICH HALBLEITER Vertrieb  
7100 Heilbronn 2 Rosskampfstraße 12

Wir senden Ihnen gern Druckschriften mit technischen Daten





**Jeder BERU-Entstörmittelsatz** ist so zusammengestellt, daß er die für die Entstörung eines bestimmten Fahrzeuges notwendigen Teile und eine **genaue Anleitung mit Bildern und technischen Daten** enthält. Das erleichtert die Arbeit und vermeidet Fehler beim Einbau, da alles maß- und formgerecht zur Hand ist. Verlangen Sie das „ABC der Funkentstörung“ oder die Schrift 433. Sollten Sie eine Einbauanleitung für ein bestimmtes Fahrzeug brauchen, dann fordern Sie diese bitte bei uns an.

**BERU / 7140 LUDWIGSBURG**



## ANTENNENSTECKER UND BUCHSEN

NACH IEC- UND DIN-NORM

**Kein Löten!**

Montage der Stecker durch einfache und zeitsparende Quetschverbindung



**Kein Schrauben!**

Buchse eindrücken und schon fester Sitz im Chassis durch Einrasten von 2 federnden Keilen

*Schnell · Bequem · Fortschrittlich*

**ROBERT KARST · 1 BERLIN 61**  
GNEISENAUSTRASSE 27 · TELEFON 66 56 36 · TELEX 018 3057

**F**meldet... **F**meldet... **F**meldet... **F**

**Brown Boveri Japan Ltd.**

Die japanische Regierung hat die Gründung der Brown Boveri Ltd., Tokio, genehmigt. Die Gesellschaft, deren Aktienkapital 90 Mill. Yen beträgt, befaßt sich mit dem Verkauf der Brown-Boveri-Produkte, betreut die japanischen Lizenznehmer und koordiniert den Einkauf von japanischen Produkten für den gesamten Brown-Boveri-Konzern.

### VDE-Prüfzeichen für Klein-Steckverbindungen

Die kleinen dreipoligen Netzsteckverbindungen mit Schutzkontakt, die von Hirschmann seit zwei Jahren hergestellt werden, dürfen jetzt mit dem VDE-Prüfzeichen versehen werden. Aufbau, Werkstoffe und Anschlußklemmen dieser Steckverbindungen erfüllen die Forderungen der VDE-Vorschrift 0620, die Kriech- und Luftstrecken entsprechen der VDE-Vorschrift 0110 für die Isolationsgruppe C bei 380 V. Werden die Steckverbindungen nicht oder nur in Ausnahmefällen unter Last getrennt, so sind sie bis 380 V mit 10 A Dauerstrom belastbar.

### Funkberater-Tagung 1967

Vom 7. bis zum 17. März findet in Films/Schweiz die diesjährige Internationale Funkberater-Tagung statt. Funkberater aus der Bundesrepublik, Österreich, der Schweiz und Frankreich treffen sich dort mit Delegationen aus anderen europäischen Ländern, um Branchefragen zu erörtern und die neuen Funkberater-Exklusiv-Geräte vorgestellt zu bekommen.

### Elektronik-Lehrgänge der Volkshochschule Hamburg

Die Volkshochschule Hamburg setzt Anfang April 1967 ihre Elektronik-Lehrgänge fort. Die Arbeitskreise „Elektronik A“ und „Elektronik B“ beginnen am Mittwoch, dem 5. April 1967, 17.45 beziehungsweise 19.45 Uhr, im Elektro-Labor, die Anfängerlehrgänge (vom Dienstag und Donnerstag) kommen am Dienstag, dem 4. April 1967, 17.45 Uhr, ausnahmsweise im großen Hörsaal des Pädagogischen Institutes der Universität Hamburg zusammen. Die bisherige Aufteilung in drei Kurse soll beibehalten werden.

### Begriffe, Benennungen

## Normblatt über Funksender

Vom Fachnormenausschuß Elektrotechnik im Deutschen Normenausschuß (DNA) wurde mit Wirkung vom Oktober 1966 das Normblatt DIN 45010 (zu beziehen durch die Beuth-Vertrieb GmbH, Berlin 30 und Köln) herausgegeben. Es enthält folgende Begriffe aus dem Gebiet der Funksender, die auch für den Funkamateure von Interesse sind: Funksender und Geräte, Anwendung der Funksender, Frequenz, Sendearten, Ausstrahlung eines Funksenders, Leistung eines Funksenders. Die vor einigen Jahren von der Union Internationale des Télécommunications (UIT) festgelegten Begriffsbestimmungen über Funksender wurden unverändert übernommen. Weiterhin sind die Festlegungen des Comité Consultatif des Radiocommunications (CCIR) und des Ausschusses für Einheiten und Formelgrößen (AEF) im DNA berücksichtigt. Die Normung der Meßverfahren für Funksender ist jedoch noch unvollständig, da die nationalen und internationalen Arbeiten auf diesem Gebiet noch nicht abgeschlossen sind. Bei einer künftigen Überarbeitung der Norm wird hier noch einiges auszuwerten sein, ebenso wie bei der Festlegung von bestimmten Kennzeichen für die verschiedenen Sendearten, die nach den Richtlinien der UIT in die Norm übernommen wurden. Da die Fortentwicklung auch hier noch weitere Begriffe bringen wird, ist eine Änderung und Ergänzung der Norm DIN 45010 in absehbarer Zeit zu erwarten.

### Tonbildschau Farbfernsehen

Kathrein hat seit längerer Zeit Laboruntersuchungen darüber angestellt, wie Farbfernsehsendungen durch Gemeinschaftsantennen übertragen werden und welche Störungen dabei auftreten können. Dabei wurde die bereits bekannte Tatsache bestätigt, daß Anlagen, die einwandfreie Schwarz-Weiß-Bilder liefern, auch Farbsendungen einwandfrei übertragen. Einzelheiten sind in einer Tonbildschau zusammengefaßt, die vom Kathrein-Werkskundendienst für Unterrichtszwecke eingesetzt wird.

### Lehrgänge über Antennenprobleme beim Farbfernsehen

Die Werkschule von Hirschmann hat im Jahre 1966 elf zweitägige Lehrgänge abgehalten, bei denen die Bedeutung einer guten Antennenanlage für das Farbfernsehen behandelt wurde. Neben theoretischen Ausführungen über die Grundlagen des Farbfernsehens wurde auch der Empfang von Farbfernsehsendungen über fehlerfreie und fehlerbehaftete Antennenanlagen demonstriert. Diese Lehrgänge sollen 1967 weitergeführt werden.

### 134 Mill. DM für Forschung

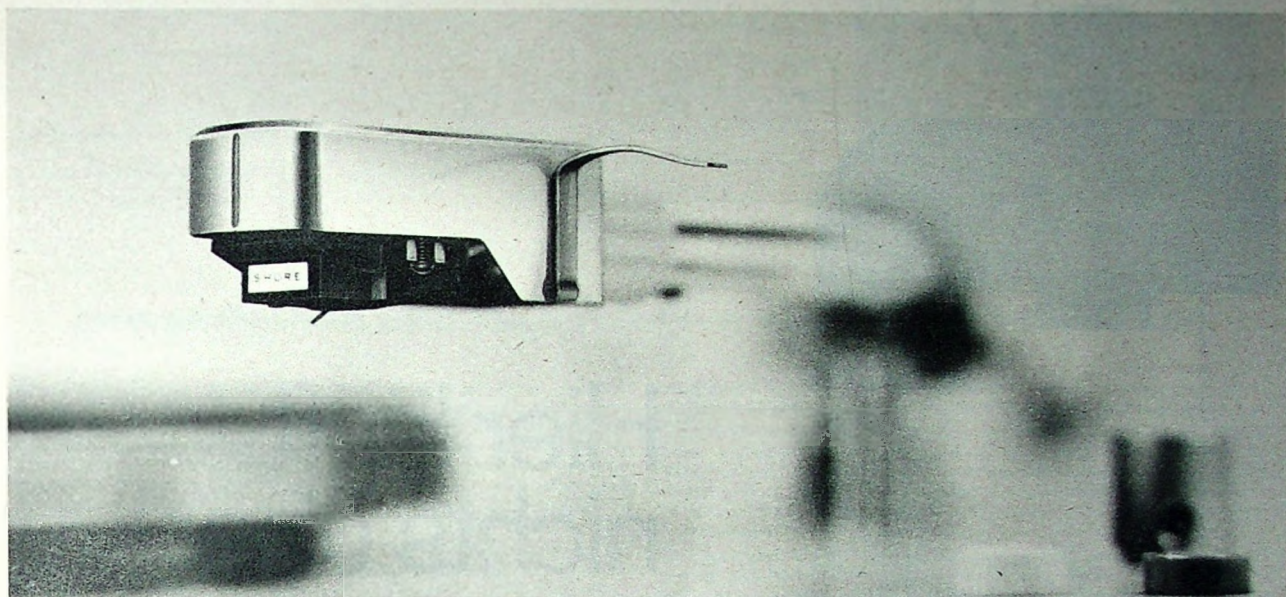
Die Arbeitsgemeinschaft Industrieller Forschungsvereinigungen hat im Jahre 1966 mit den Eigenmitteln der ihr angeschlossenen 65 Forschungsvereinigungen insgesamt rund 112 Mill. DM für die industrielle und gewerbliche Gemeinschaftsforschung und -entwicklung aufgewandt. Bund und Länder waren an der Mehrzahl der Forschungsvorhaben mit einem Zuschuß von rund 22 Mill. DM beteiligt.

### „International Datel“-Dienst

Zwischen Deutschland und den Vereinigten Staaten von Amerika wurde von der ITT World Communications Inc. (ITT Worldcom) in Zusammenarbeit mit der Deutschen Bundespost ein neuer Datenübertragungsdienst eröffnet. Es können jetzt Daten über Fernsprechkabeln mit einer Geschwindigkeit bis zu 1200 bit/s durch den als „International Datel“ bezeichneten Dienst abgewickelt werden.



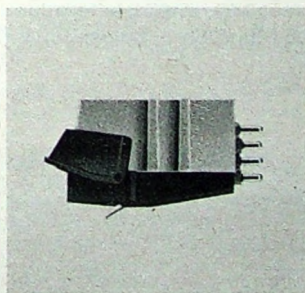
# Drei neue Tonabnehmer von Shure



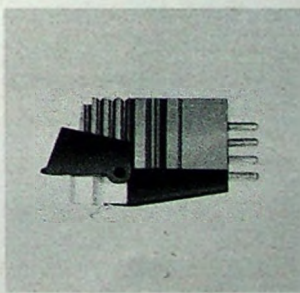
Entwickelt mit Hilfe eines Analog-Rechners, sind sie die wichtigste Weiterentwicklung bei Tonabnehmern. «Trackability» (maximale Abtastfähigkeit) ist der neue Vergleichsmaßstab für die Gesamtleistung. Trotz der hohen Leistungsmerkmale bisheriger Tonabnehmer, konnten kritische Schallplatten mit besonders großer Aussteuerung (mit

«Schnelle» bezeichnet) nicht immer sauber abgetastet werden. Besonders bei kurzzeitigen Impulsen (Klavier, Cembalo etc.) in mittelhohen und hohen Lagen, oder bei stark modulierten Baßlagen entstand ein Kontaktverlust zwischen Abtaststift und Plattenrinne. Die Abtastfähigkeit war begrenzt, Verzerrungen trübten den Musikgenuß. Shure Ingenieure

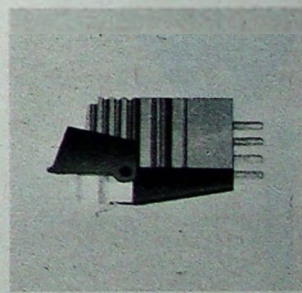
haben hunderte von problematischen Schallplatten untersucht; bei allen war die Normalaussteuerung von 8 cm/s Schnelle überschritten. Anhand der gewonnenen Erkenntnisse haben sie einen Tonabnehmer entwickelt, der absolute «trackability» über das gesamte hörbare Klangspektrum bei maximaler Aussteuerung, sowie bei geringen Auflagekräften sichert.



**Shure Super-Track® V-15 Type II**  
Das Shure Spitzensystem mit einem Frequenzbereich von 20... 25000 Hz. «Trackability» bei  $\frac{3}{4}$  p (im Shure SME-Tonarm montiert) 18 cm/s Schnelle bei 400 Hz, 26 cm/s bei 1000 und 5000 Hz, 18 cm/s bei 10000 Hz! Bi-radial, elliptischer Abtaststift,  $\frac{3}{4}$ -1 $\frac{1}{2}$  p Auflagekraft, vertikaler Spurwinkel von 15°.



**Shure Hi-Track® M 75 E**  
Ein Shure Hochleistungssystem mit Frequenzbereich von 20... 20000 Hz und hervorragender «trackability» (bei 1 p 18 cm/s Schnelle bei 400 Hz, 25 cm/s bei 1000 Hz, 14 cm/s bei 10000 Hz). Bi-radial, elliptischer Abtaststift,  $\frac{3}{4}$ -1 $\frac{1}{2}$  p Auflagekraft, vertikaler Spurwinkel von 15°.



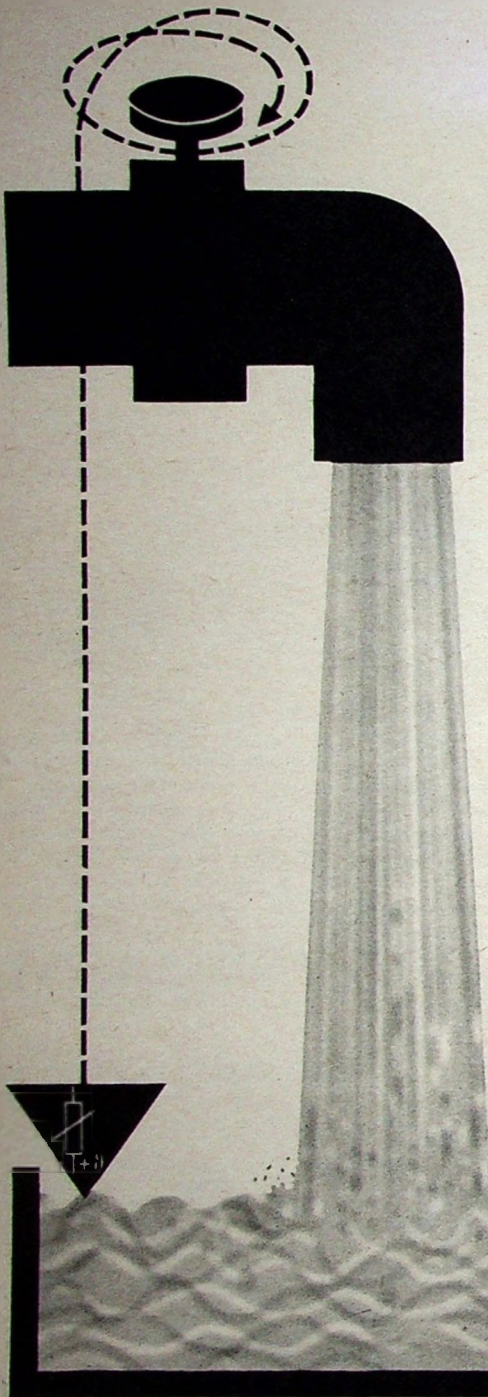
**Shure Hi-Track® M 75-6**  
Gleiche Leistung wie M 75 E, jedoch für Auflagekraft von 1 $\frac{1}{2}$ -3 p und mit konischem Abtaststift von 15  $\mu$  nach DIN. M 75 G für  $\frac{3}{4}$ -1 $\frac{1}{2}$  p Auflagekraft.

Das Programm wird durch die preiswerten Tonabnehmer M 55 E, Serie M 44, vervollständigt.

**SHURE**

Shure Vertretungen: Deutschland: Braun AG, 6 Frankfurt, Rüsselsheimer Str. 22; Schweiz: Telion AG, Zürich, Albisrieder Str. 232; Österreich: H. Lurf, Wien I, Reicherstr. 17, Orchester-Sektor; E. Dematté & Co., Innsbruck, Bozner Platz 1; Niederlande: Tempofon, Tilburg





# Hier läuft nichts über!

dafür sorgt unser Kaltleiterfühler P 430 - E 11.

Er ist das wichtigste Bauteil in Abfüllsicherungen für Heizöl- und Kraftstofftankanlagen.

Ist ein Tank nicht völlig gefüllt, dann ist der Kaltleiter von Luft umgeben. Über das elektronische Schaltgerät nimmt er eine elektrische Leistung auf, die der abgegebenen Wärme entspricht.

Taucht er infolge steigender Tankfüllung in die Flüssigkeit ein, dann wird mehr Wärme abgeführt als in der Luft, und die elektrische Leistungsaufnahme steigt. Die daraus resultierende Stromänderung dient zur Signalgabe, z. B. zum Schließen eines Magnetventils.

Weitere Informationen gibt Ihnen die nächstgelegene Siemens-Geschäftsstelle oder unser Werk für Halbleiter, 8000 München 8, Balanstraße 73

Aus unserem Lieferprogramm: Germanium-HF-Transistoren · Germanium-NF-Transistoren · Germanium-NF-Leistungstransistoren · Silizium-NF-Transistoren · Silizium-HF-Transistoren · Silizium-HF-Leistungstransistoren · Germaniumdioden · Germanium-Tunnelndioden · Germanium-Backwarddioden · Silizium-Kleinflächendioden · Silizium-Miniatur-

dioden · Silizium-Planardioden · Silizium-Z-Dioden · Germanium-Photodioden · Silizium-Photoelemente · Kompensations- und Meßheißleiter · Anlaßheißleiter · Regelheißleiter · Fremdgeheizte Heißleiter · Kaltleiter · Hallgeneratoren · Feldsonden · Ferrit-Hallgeneratoren · Hallmultiplikatoren · Feldplatten





Chefredakteur: WILHELM ROTH

Chefkorrespondent: WERNER W. DIEFENBACH

## Anwendungen und Technologien elektronischer Geräte

Die wissenschaftliche und technische Entwicklung wächst im großen und ganzen streng exponentiell, hat also eine gesetzmäßige Tendenz. Das Wachstum ist mit ein Ergebnis der in gleicher Weise zunehmenden Bevölkerung der Erde. Heute werden viermal so viele Menschen wie im Jahre 1800 gezählt, nämlich etwa 3,5 Milliarden; im Jahre 2000 — also in 33 Jahren — werden es fast doppelt so viele sein. In diesem Rahmen muß man auch die Aufgabenstellung und die Entwicklung der modernen Elektronik betrachten.

Während noch vor 60 Jahren elektronische Geräte fast unbekannt waren, ist das Leben von heute ohne diese „Bausteine für das Nervensystem der Zivilisation“ undenkbar. Die jährliche Zuwachsrates von Erzeugnissen der Elektrotechnik ist an sich eine der höchsten im Vergleich zu anderen Gütern. Dabei wird der künftige Zuwachs der Elektronik nach allen Prognosen am steilsten ansteigen.

Schon die historische Entwicklung läßt die steile Zunahme der Anwendungsgebiete für die Elektronik erkennen. Anfang dieses Jahrhunderts begann das klassische Anwendungsgebiet der Elektronik mit der drahtlosen Telegrafie. Daraus entstanden die umfassenden Gebiete der Nachrichtentechnik, der Unterhaltungselektronik sowie der Meß-, Steuerungs- und Regelungstechnik. Einen zusätzlichen Auftrieb brachten in den letzten Jahrzehnten die elektronischen Rechner. K. Zuse nahm 1934 Vorarbeiten auf, die zum ersten Digitalrechner führten; die IBM baute 1948 einen Rechenautomaten mit 12500 Röhren und 21400 Relais für ein binär codiertes Dezimalsystem. Davon ausgehend, konnte schließlich das heutige große Anwendungsgebiet der digitalen Computer schnell Realität gewinnen.

Die komplexe Verknüpfung der Computer mit anderen elektronischen Systemen ist besonders auch bei der Systemforschung erkennbar, und — um noch ein modernes Beispiel zu nennen — die Verfahren der Radartechnik sind jetzt unentbehrliche Hilfsmittel bei der Bewältigung von Verkehrsproblemen. Selbst Abläufe bei der Atomenergieerzeugung werden nach vorbestimmten Programmen elektronisch gesteuert. Ein zur Starkstromtechnik übergreifendes neues Anwendungsgebiet ist die Leistungselektronik.

Über die zukünftige Entwicklung der praktischen Anwendung von elektronischen Einrichtungen machten unter anderem Gordon und Helmer interessante Voraussagen:

1973: verzehnfachte Investitionen (gegenüber 1963) bei Computern für Prozeßsteuerung;

1974: automatische, vorausschauende und detaillierte Luftverkehrskontrolle — umfangreicher Gebrauch einfacher Lehrautomaten;

1975: Automatisierung der Büroarbeit führt zur Verdrängung von 25% der gegenwärtigen Arbeitskapazität — verbreitete Anwendung komplexer Lehrautomaten;

1979: umfangreiche Anwendung automatischer Entscheidungen für industrielle und nationale Planung höheren Niveaus;

1980: Implantierte künstliche Organe aus Plastik und elektronischen Komponenten.

Die Möglichkeiten elektronischer Anwendungen weiten sich demnach außerordentlich. Dabei werden jedoch auch die Forderungen nach einer „vernünftigen“ Entwicklung immer dringlicher. Diese Frage sollte allerdings nicht allzu pessimistisch beurteilt werden, weil es eine von der Technik ausgehende Rückwirkung auf den Menschen gibt, die ihm neue, zwingende Einsichten erschließt. Insbesondere der Einfluß von Computern veranlaßt den Menschen zu neuen, rationalen Denkanstätzen in bezug auf seine eigenen Zielsetzungen. Trotz aller technischen Fortschritte darf es nicht zu einer Herrschaft der Technik kommen: Der Mensch selbst muß im Vordergrund bleiben. Das setzt vor allem auch

den Dienst an der Gesundheit des Menschen voraus, und hier gewann die Medizinwissenschaft einen kraftvollen Verbündeten in der Elektronik.

In ähnlicher Weise wie bei der Ausweitung der Anwendungsmöglichkeiten läßt sich eine adäquate Entwicklung bei den Technologien für aktive und passive elektronische Bauelemente beobachten. Die Vorherrschaft der Elektronenröhre mit immer kleiner werdenden Bauformen in den Jahren ab etwa 1910 bis Mitte der fünfziger Jahre wird heute von der Halbleitertechnik durchbrochen.

Die Regierungsaufträge für Weltraumprojekte der großen Staaten haben in mancher Hinsicht bedeutende Fortschritte ermöglicht. Neue Technologien wurden dabei auch für den Aufbau ganzer Geräte entwickelt, die viele Gebiete der Technik entscheidend beeinflußt oder gewandelt haben.

Aus speziellen Anwendungen der Elektronik ergeben sich ganz bestimmte Anforderungen an die einzelnen elektronischen Baugruppen. Die allgemeingültigen Forderungen sind: mehr Funktionen je Volumeneinheit, Verbesserung der Zuverlässigkeit, Verminderung des Leistungsbedarfs, Verminderung der Störstrahlung und schließlich eine stets gewünschte Senkung der Fertigungskosten. Mit Hilfe der Integration und Miniaturisierung lassen sich diese Forderungen je nach der angewandten Technologie mehr oder weniger weitgehend erfüllen.

Eine erste Stufe der Integration in elektronischen Geräten stellt schon die gedruckte Schaltung dar. In der noch anhaltenden weiteren Entwicklung werden miniaturisierte Bauelemente zusammengefügt, Widerstände und Induktivitäten gedruckt ausgeführt, Kapazitäten im Maskierungsverfahren auf Dünnschicht hergestellt und mit Halbleiterkristallen verbunden. Die oft umfangreiche Anzahl der Funktionen zwingt dabei auch zu neuen Lösungen von Kontaktierungs-, Verbindungs- und Anschlußproblemen.

Den Anstoß zur Baugruppen-Miniaturisierung gaben Mikromodule, Anordnungen aus vielen diskreten Miniaturbauteilen auf einer gemeinsamen Isolierplatte von einigen Quadratzentimetern Größe.

Die moderne Dickschichtschaltung ist eine Weiterentwicklung der geätzten Leiterplatte mit Miniaturleiterbahnen und -widerständen, die in Pastenform auf den Keramikträger aufgetragen und dann eingebrannt werden. Aktive Bauelemente und Kondensatoren müssen allerdings noch nachträglich eingelötet werden. Die Packungsdichte ist etwa 10...15 Elemente/cm<sup>2</sup>.

Bei der Dünnschichtschaltung werden auf einem Glasträger dünne Schichten aus leitenden und nichtleitenden Substanzen für Leiterbahnen, Widerstände und Kondensatoren durch Aufdampfen über Masken aufgetragen. Aktive Bauelemente müssen meistens auch hier nachträglich eingelötet werden, jedoch sind voraussichtlich Dünnschichttransistoren auch in Serienfertigung realisierbar.

Festkörperschaltkreise entstehen durch aufeinanderfolgende Diffusionsprozesse in einem Halbleiter-Einkristallblock (monolithische Technik). Diese Technik bildet den bisher höchsten Grad der Miniaturisierung und erlaubt gemeinsame Montage von aktiven und passiven Elementen in hermetisch verschlossenen Kleinstgehäusen. Die Packungsdichte erreicht 1000 Elemente/cm<sup>2</sup>.

Als Beispiel für das bisher bei Mikrokonstruktionen elektronischer Geräte Erreichte sei abschließend auf ein Gerät für die Ausrüstung von Raumfahrzeugen hingewiesen, das bei einem Bauelementeinheit, der demjenigen von 400 Fernsehgeräten entspricht, eine Größe von nur 34 cm × 17 cm × 13 cm hat.

Dem Trend zu Mikrokonstruktionen sind außer aus technologischen Gründen auch andere Grenzen gesetzt; so müssen Armaturen und Anzeigevorrichtungen der vom Menschen zu handhabenden Geräte zur Bedienung und Ablesung ausreichende Mindestgrößen haben. E. Fendler



# Neuzeitliche aktive Bauelemente zur Erzeugung höchster Frequenzen

DK 621.373:621.3.029.64/.65

Die Quantenelektronik ist momentan damit beschäftigt, den Boden für einige im Prinzip vollkommen neue Höchstfrequenzgeneratoren zu ebnen. Zu den interessantesten Oszillatoren zählen die, die vom Josephson-Effekt und vom Gunn-Effekt Gebrauch machen. Auch auf dem Gebiet der Dioden- und Transistoroszillatoren für höchste Frequenzen sind Fortschritte zu verzeichnen. Ganz neue Perspektiven haben sich auf dem Gebiet der Maser eröffnet. Der kosmische Maser ist nun im Gespräch, und der Elektronenstrahl-Maser wird nicht mehr lange auf sich warten lassen.

## 1. Josephson-Oszillator

Mit Hilfe von Josephson-Übergängen (zwei Supraleiter, die durch eine sehr dünne Isolierschicht voneinander getrennt sind) lassen sich prinzipiell Generatoren kohärenter elektromagnetischer Strahlung für den gesamten Frequenzbereich von fünf bis tausend Gigahertz verwirklichen. Das physikalische Verhalten solcher Übergänge wurde 1962 von Brian D. Josephson (University of Cambridge, England) vorhergesagt. Experimentell nachgewiesen wurden die Josephson-Effekte (es gibt zwei) erst vor kurzem. Heute gehören diese Effekte zu dem Modernsten, was die Physik aufzuweisen hat. Sie liefern einen neuen Schlüssel zum tieferen Verständnis einer Reihe bisher dunkel gebliebener Supraleitfähigkeitseffekte und geben damit der Grundlagenforschung einen neuen Impuls. Der Josephson-Oszillator selbst befindet sich zur Zeit noch im Experimentierstadium. Er wurde jedoch schon für verschiedene Mikrowellenbereiche verwirklicht [1].

### 1.1. Physik der Josephson-Effekte

Das physikalische Wesen der Josephson-Effekte kann man sich klarmachen, wenn man die Vorgänge an einem Supraleiter betrachtet, der von einem Strom durchflossen wird. Bild 1 zeigt vier verschiedene

nen Widerstand aufweist. Was geschieht, wenn man den Supraleiter in zwei Hälften zerteilt? Im Meßkreis von Bild 1b sind die beiden Hälften ziemlich weit voneinander entfernt, zum Beispiel 1 cm, und es passiert nichts Überraschendes. Da die beiden Teile keine Verbindung haben, fließt auch kein Strom, und das Voltmeter zeigt die Leerlaufspannung der Batterie an. Rückt man nun aber die beiden Supraleiter sehr nahe zusammen, zum Beispiel bis auf einen Abstand von  $10 \text{ \AA}$  ( $= 1 \text{ nm}$ ), dann kann eins von zwei unerwarteten Phänomenen auftreten. Die erste Möglichkeit ist im Bild 1c dargestellt: Obwohl keine mechanische Verbindung zwischen den beiden Supraleitern besteht, fließt ein Gleichstrom aus der Batterie durch die Supraleiter. Dieses Phänomen wird Gleichstrom-Josephson-Effekt genannt. Die andere Alternative veranschaulicht Bild 1d. Hier fließt ebenfalls ein Gleichstrom; es wird aber auch eine Spannung gemessen, und gleichzeitig strahlt der zwischen den beiden Supraleitern frei gelassene schmale Spalt hochfrequente elektromagnetische Wellen ab, die auf das Vorhandensein eines hochfrequenten Wechselstroms im Spalt hinweisen. Diese Erscheinung wird als Wechselstrom-Josephson-Effekt bezeichnet. Beide Josephson-Effekte hängen unmittelbar mit der Supraleitung zusammen.

### 1.2. Allgemeines über Supraleitfähigkeit

Es gibt mehrere hundert metallische Elemente, Metallegierungen und Halbleiter, die keinen elektrischen Widerstand mehr zeigen, wenn man sie sehr tief kühlt (mindestens unter  $20^\circ \text{K}$ , gewöhnlich unter  $5^\circ \text{K}$ ). Hat man ein Stück eines solchen Materials bei einer hohen Temperatur (so daß es einen normalen Leiter darstellt), bringt man es in ein magnetisches Feld und vermindert die Temperatur dann, bis sich das Stück in einen Supraleiter verwandelt, dann wird das Feld abgestoßen. Mit anderen Worten, ein eigener Strom beginnt dann im Supraleiter zu

das Metallgitter bewegt, zieht die positiv geladenen Ionen an. Dadurch wird die Gitterformation gestört, und es entsteht ein schwacher Überschuss an positiver Ladung, durch den ein anderes Elektron angezogen werden kann. Zu den normalen abstoßenden Kräften zwischen den Elektronen gesellen sich dann Anziehungskräfte. Ein Metall wird ein Supraleiter, wenn die Anziehungskräfte überwiegen. Supraleitfähigkeit wird nicht in guten Leitern, wie Kupfer oder Silber, sondern in ziemlich schlechten Leitern, wie Blei oder Zinn, beobachtet. In guten Leitern besteht nämlich nur eine schwache Wechselwirkung zwischen den Elektronen und dem Gitter.

Durch die Anziehungskräfte werden jeweils immer zwei Elektronen zusammengetrieben, eins mit negativem Drehimpuls und ein anderes mit positivem Drehimpuls. Die Bindung dieser Elektronen aneinander ist äußerst schwach. Im Durchschnitt halten die beiden Elektronen einen Abstand ein, der rund tausendmal größer ist als der Abstand zwischen den an ihren Gitterplätzen angeordneten Ionen. Jedes Ion hat gewöhnlich mehrere Elektronen, so daß jedes Elektronenpaar in einem Bereich existiert, in dem noch Millionen von anderen Elektronen vorhanden sind. Dieses merkwürdige Verhalten der Elektronen ist eine Folge der quantenmechanischen Gesetzmäßigkeit, daß sich nie mehr als zwei Elektronen (und dann nur solche mit entgegengesetztem Drehimpuls) am gleichen Ort aufhalten können. Weil dieses Ausschließungsprinzip gilt, müssen die Bewegungen aller Elektronenpaare korreliert sein. Theoretische Überlegungen zeigen, daß letzteres nur dann der Fall ist, wenn sich die Schwerpunkte aller Elektronenpaare mit dem gleichen Impuls bewegen. Umgekehrt kann man sagen, daß der Zusammenhalt der Elektronenpaare durch die Gleichheit aller Schwerpunktimpulse bewirkt wird. Ein Elektronenpaar zerstören, heißt alle zerstören, da alles Hand in Hand arbeitet.

Supraleitfähigkeit ist also ein typischer quantenmechanischer Vorgang. Beschreibt man die Gleichschaltung der Schwerpunktimpulse der Elektronenpaare mit Mitteln der Quantenmechanik, so hat man den Wellencharakter der Elektronen in Erwägung zu ziehen. Ein Elektronenpaar mit dem Schwerpunktimпульs  $p$  läßt sich durch eine Welle der Wellenlänge  $\lambda = h/p$  beschreiben, worin  $h$  die Plancksche Konstante bedeutet. Im Fall der Supraleitfähigkeit haben also alle Elektronenpaar-Wellen gleiche Wellenlänge. Das Ausschließungsprinzip verlangt, daß die durchschnittliche Bindung der Elektronenpaare optimal ist. Es zeigt sich rechnerisch, daß die Bindungsenergie nur dann optimal ist, wenn alle Elektronenpaar-Wellen gleiche Phase haben. Hierin liegt das Typische der Josephson-Effekte. Die Gleichphasigkeit der Elektronenpaar-Wellen in Supraleitern ist ein quantenmechanischer Effekt, der sich im makroskopischen Bereich offenbart.

Die Periode einer Elektronenpaar-Welle hängt von der Energie des Elektronenpaars ab. Die Phase ist daher nicht nur

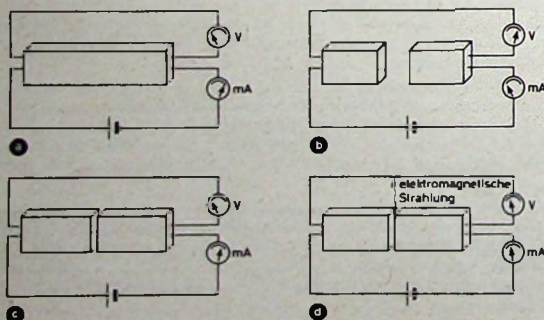


Bild 1. Vier Meßkreise, die einen stromdurchflossenen Supraleiter enthalten (siehe Text)

Meßkreise, die einen stromdurchflossenen Supraleiter enthalten. Die entsprechenden Ausschläge des Voltmeters und des Amperemeters sind eingezeichnet. Im Meßkreis nach Bild 1a wird kein Spannungsabfall registriert, obwohl ein Gleichstrom fließt. Der Spannungsabfall muß selbstverständlich Null sein, da ein Supraleiter kei-

nen Widerstand aufweist. Dies ist als Ohmsche-Meissner-Effekt bekannt [2].

Supraleitfähigkeit ist eine Folge der zwischen den Elektronen eines Metalls bestehenden Anziehungskräfte. Obwohl sich die Elektronen im freien Raum abstoßen, braucht dies in einem Metall nicht der Fall zu sein. Ein Elektron, das sich durch



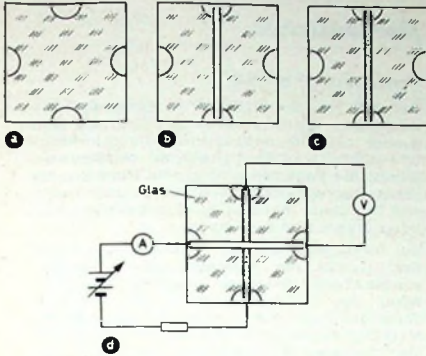


Bild 2. Herstellungsprozedur für einen Josephson-Übergang: a) Aufdampfen von vier Elektroden; b) Aufdampfen eines supraleitenden Streifens; c) Aufbringen einer Oxidschicht; d) Aufdampfen des zweiten supraleitenden Streifens

mit dem Impuls, sondern auch mit der Energie des Elektronenpaares verknüpft. Würde zwischen den Enden des Supraleiters im Bild 1a ein Spannungsabfall  $U$  existieren, dann wäre die Energie eines Elektronenpaares an einem Ende um den Betrag  $2eU$  größer als am anderen Ende, wenn  $e$  die Ladung eines Elektrons bedeutet. Mit der Zeit würde sich eine Phasenverschiebung zwischen den Elektronenpaaren an den beiden Enden einstellen, was gleichbedeutend mit dem Zusammenbruch der Phasengleichheit aller Elektronenpaare wäre. Anstatt in den Zustand höherer Energie überzugehen, der diesen Zusammenbruch nach sich ziehen würde, leitet der Supraleiter den Strom so, daß sich über ihm kein Spannungsabfall aufbaut. Dieses Verhalten des Supraleiters ist also eine Folge der fernwirkenden Anziehungskräfte zwischen den Elektronen, der großen Anzahl der beteiligten gebundenen Elektronenpaare, des quantenmechanischen Ausschließungsprinzips und der daraus folgenden Gleichphasigkeit der Elektronenpaare.

### 1.3. Josephson'scher Tunnelprozeß

Die Elektronenpaare können sich frei im Supraleiter bewegen, und die Bewegung erfolgt gleichphasig. Josephson kam nun die Idee, daß es möglich sein müsse, diese Gleichphasigkeit zu ändern und auf diese Weise ihre Physik zu studieren. Er betrachtete die Vorgänge an zwei sich gegenüberliegenden Supraleitern (Bild 1). Sind die beiden Stücke gut voneinander getrennt, so daß keine Elektronenpaare zwischen ihnen ausgetauscht werden können, dann braucht keine besondere Phasenbeziehung zwischen den Elektronenpaaren der beiden Supraleiter zu bestehen. Können die beiden Stücke aber nahe genug zusammengerückt werden, dann wird sich ein Mittel einstellen, bei dem ein gewisser Elektronenpaar-Austausch auf Grund des quantenmechanischen Tunnelprozesses stattfindet. Ist dies der Fall, dann kann das Gesamtsystem einen Zustand geringster Energie einnehmen, in dem zwischen den Elektronenpaaren der beiden Supraleiter eine einheitliche Phasendifferenz besteht. Diese Phasendifferenz müßte sich durch Steuerung der je Zeiteinheit vom einen zum anderen Supraleiter überwechselnden Elektronenpaare kontrollieren lassen. Der Abstand, den die beiden Supraleiter haben müssen, wenn diese Zwischensituation auftreten soll, liegt in der Größenordnung von  $10 \text{ \AA}$ .

### 1.4. Praktische Verwirklichung von Josephson-Übergängen

Einen Abstand von  $10 \text{ \AA}$  einzustellen, bietet große Schwierigkeiten. In der Praxis trennt man die beiden Supraleiter daher mit Hilfe einer dünnen isolierenden Oxidschicht. Im Bild 2 sind die einzelnen Stufen des Herstellungsangs angedeutet. Die Prozedur beginnt mit dem Aufdampfen von vier Metallschicht-Elektroden auf eine Glasscheibe. Zwei der Elektroden werden durch einen etwa  $1 \text{ mm}$  breiten und  $2000 \text{ \AA}$  dicken Streifen aus einem supraleitenden Material, beispielsweise Zinn, miteinander verbunden. Man läßt dann den Supraleiter bis zu einem bestimmten Grad oxidieren, so daß auf ihm eine etwa  $10 \text{ \AA}$  dicke Oxidschicht entsteht. Dies wird dadurch erreicht, daß der Vakuumkammer, in der der Herstellungsprozeß erfolgt, eine sorgfältig bemessene Menge Luft oder reinen Sauerstoffs zugeführt wird. Anschließend wird eine zweite supraleitende Schicht aufgebracht, die die anderen beiden Elektroden verbindet. Gewöhnlich schneidet dieser Streifen den zuerst aufgetragenen Streifen unter einem rechten Winkel. Der eigentliche Josephson-Übergang befindet sich an der Kreuzungsstelle. Das Verhalten eines solchen Übergangs mit isolierender Zwischenschicht ist dem Verhalten eines Supraleiter-Paares, bei dem die Isolation durch den leeren Raum erfolgt, äquivalent. Das Überwechseln von Elektronenpaaren vom einen Supraleiter zum anderen führt zu einer Kopplung der Paarphasen auf den beiden Seiten, die mittels elektrischer oder magnetischer Felder beeinflusst werden kann.

### 1.5. Zusammenhang zwischen Josephson-Strom und Phasendifferenz

Wenn irgendeine Phasendifferenz zwischen den beiden Supraleitern erzeugt wird, müssen die Paare vorzugsweise in eine Richtung transportiert werden, so daß ein Strom zwischen den Supraleitern fließt. In der Praxis läßt man einen Strom durch den Übergang fließen und erzeugt die Phasendifferenz auf diese Weise. Was der Experimentator unter direkter Kontrolle hat, ist der Strom, nicht die Phasendifferenz. Den Mechanismus des Josephson-Übergangs kann man sich jedoch etwas leichter vorstellen, wenn man sich die Phasendifferenz als die kontrollierbare Größe denkt und nach dem Strom fragt, der dieser Phasendifferenz entspricht.

Zwischen der Tunnelstromdichte  $j$  (Strom je Flächeneinheit) und der Phasendifferenz

$\varphi$  besteht der Zusammenhang

$$j = j_1 \cdot \sin \varphi,$$

worin  $j_1$  eine Konstante (von der Dimension einer Stromdichte) bedeutet, die vor allem ein Maß für die Übergangswahrscheinlichkeit darstellt und für unterschiedliche Josephson-Übergänge verschieden ist. Die Stromdichte in einem Josephson-Übergang ist also eine Sinusfunktion der Elektronenpaar-Phasen in den beiden Supraleitern. Die Stromdichte hat einen Maximalwert von  $j_1$ , wenn die Phasendifferenz ein ungeradzahliges Vielfaches von  $\pi/2$  ist. Null ist die Stromdichte dann, wenn die Phasendifferenz ein geradzahliges Vielfaches von  $\pi$  ist.

Diesen sinusförmigen Zusammenhang zwischen Josephson-Strom und Phasendifferenz kann man verstehen, wenn man bedenkt, daß die Phase eines Elektronenpaares von dessen Bewegung abhängt. Paare, die in die Vorzugsrichtung übertragen werden, ändern ihre Phase einfach gerade um den Betrag, der zur Anpassung an die Phase der Seite, zu der sie sich hinbewegen, erforderlich ist. Paare, die versuchen, in entgegengesetzte Richtung zu wandern, werden ihre Phase um den gleichen Betrag ändern. Wenn die resultierende Phase die Anpassung an die Phase der Seite, zu der sich die Paare hinbewegen, herbeiführt, dann sind die Paare in der Lage, den Übergang zu vollziehen; die Anzahl der in beide Richtungen wandernden Paare ist die gleiche, und der Gesamtstrom ist Null. Wenn die resultierende Phase keine Anpassung ermöglicht, dann werden die Paare zu der Seite reflektiert, von der sie kamen; die Übertragung der Paare in die Vorzugsrichtung führt dann zu einem Stromfluß. Es fließt dann ein Gleichstrom, ohne daß zwischen den Supraleitern ein Spannungsabfall entsteht; in diesem Fall verhält sich der Josephson-Übergang wie ein einzelner Supraleiter. Dieses Verhalten bezeichnet man, wie schon erwähnt, als den Gleichstrom-Josephson-Effekt.

In Tab. I sind die Phasenbeziehungen für fünf verschiedene Fälle angedeutet. Die Buchstaben A und B stehen für die beiden Supraleiter, die durch eine dünne Oxidschicht voneinander getrennt sind. Aus der Tabelle ist ersichtlich, in welcher Weise die Übertragung von Elektronenpaaren von A nach B und von B nach A mit der Differenz der Paarphasen in den beiden Supraleitern in Beziehung steht. In der Tabelle ist auch der Gesamtstrom für diese relative Paarphase eingetragen. In der ersten Zeile der Tabelle ist der Fall

Tab. I. Zum Mechanismus der Josephson-Effekte

Paarphase in A	Paarphase in B	Phasenänderung beim Durchqueren der Oxidschicht	Phase des Paares nach dem Übergang von		Josephson-strom
			A nach B	B nach A	
0	0	0	0	0	0
0	$\frac{\pi}{4}$	$\frac{\pi}{4}$	$\frac{\pi}{4}$	$\frac{\pi}{2}$	$\frac{j_1}{\sqrt{2}}$
0	$\frac{\pi}{2}$	$\frac{\pi}{2}$	$\frac{\pi}{2}$	$\pi$	$j_1$
0	$\frac{3\pi}{4}$	$\frac{3\pi}{4}$	$\frac{3\pi}{4}$	$\frac{3\pi}{2}$	$\frac{j_1}{\sqrt{2}}$
0	$\pi$	$\pi$	$\pi$	$2\pi$	0



dargestellt, daß die Phase in B ebenfalls Null ist. Die Übertragung von Elektronenpaaren ist dann für beide Richtungen gleich wahrscheinlich, und der Gesamt-Tunnelstrom ist Null.

Die zweite Zeile von Tabelle I veranschaulicht den Fall, in dem der Supraleiter B eine Paarseite von  $\pi/4$  aufweist. Die Phasendrehung eines Paares, das die Oxidschicht durchquert, beträgt  $\pi/4$ . Die Phase eines Paares, das von A nach B wandert, ändert sich daher von Null bis  $\pi/4$ . Wenn das Paar den Supraleiter B erreicht, dann ist genaue Anpassung an die dort vorhandene Phase gegeben. Das Paar kann sich daher gut in die in B bereits vorhandenen Elektronenpaare eingliedern, und ein solcher Vorgang ist deshalb verhältnismäßig wahrscheinlich. Die Phase eines Paares, das von B nach A wandert, ändert sich jedoch von  $\pi/4$  bis  $\pi/2$ ; es besteht hierfür keine gute Anpassung an die Phase Null der Elektronenpaare auf der Seite A. Die Übertragung von Paaren von B nach A ist daher nicht so wahrscheinlich wie die Übertragung in umgekehrter Richtung. Im Durchschnitt werden mehr Elektronenpaare von A nach B wandern, und in diese Richtung wird daher ein Strom fließen.

In der dritten Zeile besteht eine Phasendifferenz von  $\pi/2$ . Hier besteht ebenfalls eine schlechte Anpassung für Elektronenpaare, die von B nach A wandern; die Anzahl der von B nach A wandernden Paare ist in diesem Fall ebenfalls kleiner. Der Gesamtstrom von A nach B ist größer. In den Zeilen vier und fünf ist die Situation für noch größere relative Paarseiten dargestellt. Die Fehlanpassung vermindert sich hier, und der Strom von A nach B sinkt wieder. Tab. I schildert die Verhältnisse für die erste Halbperiode der Funktion  $j = j_1 \cdot \sin \varphi$ .

#### 1.6. Einfluß der Zeitabhängigkeit der Phasendifferenz

Bisher wurden nur Fälle geschildert, in denen sich die zwischen den Elektronenpaaren in den beiden Supraleitern bestehende Phasendifferenz mit der Zeit nicht ändert. Wenn aber ein Spannungsunterschied und damit eine Potentialenergie-Differenz zwischen den Supraleitern besteht, dann wird die Phasendifferenz zeitabhängig sein. Die zeitunabhängige Phasendifferenz besteht, wenn ein Gleichstrom durch den Josephson-Übergang fließt. Sie wird tatsächlich zu Beginn durch eine momentane Spannungs-Differenz hervorgerufen, die auftritt, wenn der Josephson-Übergang mit einer äußeren Stromquelle in Verbindung gebracht wird. Der Spannungsabfall veranlaßt die Phase, sich mit der Zeit zu ändern. Sobald die Phasendifferenz den Wert erreicht, der einem Strom von der Stärke der Stromquelle entspricht, verschwindet der Spannungsabfall, und die relative Paarseite bleibt zeitkonstant. Dieser Vorgang spielt sich innerhalb von etwa  $0,1 \text{ ns}$  ab. Treibt die äußere Stromquelle einen Strom durch den Übergang, der stärker ist als der Josephson-Gleichstrom, dann wird jedoch ein Spannungsabfall über dem Josephson-Übergang aufgebaut, und die relative Phase vergrößert sich dauernd mit der Zeit. Wegen des Zusammenhangs  $j = j_1 \sin \varphi$  zwischen Josephson-Strom und Phase, ändert der Strom zwischen den beiden Supraleitern dauernd seine Richtung. Er schwingt mit einer Frequenz, die der Spannung über dem Josephson-Übergang proportional ist. Diesen Vorgang bezeichnet man als den

Wechselstrom-Josephson-Effekt. Die Frequenz des Josephson-Stroms ist

$$f = \frac{2e}{h} U,$$

worin  $e$  die Elementarladung,  $h$  die Plancksche Konstante und  $U$  den Spannungsabfall über dem Josephson-Übergang bedeutet. Der Bruch  $2e/h$  hat den Wert  $483,6 \text{ MHz}/\mu\text{V}$ , so daß eine Spannung von wenigen Mikrovolt bereits Gigahertz-Ströme hervorruft.

#### 1.7. Praktische Josephson-Oszillatoren

Der Josephson-Oszillator macht vom Wechselstrom-Josephson-Effekt Gebrauch. Ein Strom, der ständig seine Richtung verändert, strahlt elektromagnetische Wellen ab. Zwischen den beiden Supraleitern können sich daher elektromagnetische Wellen ausbreiten. Für diese Wellen wirkt der Spalt ähnlich wie ein gewöhnlicher offener Resonator, das heißt, es sind verschiedene elektromagnetische Resonanzmoden möglich. Ein relativ starkes elektromagnetisches Höchstfrequenzfeld kann daher zwischen den Supraleitern angelegt werden, wenn die Frequenz und die Wellenlänge des Suprastroms auf die Frequenz und die Wellenlänge einer dieser Moden abgestimmt werden.

Der elektrische Feldvektor des Höchstfrequenzfeldes verläuft parallel zur Richtung des Josephson-Stroms, also senkrecht zu den beiden Stirnflächen der Supraleiter. Die Feldverteilung ist ohne Vorhandensein eines äußeren magnetischen Feldes rechteckig. Aus quantenmechanischen Gründen ist es möglich, diese rechteckförmige räumliche Feldverteilung durch Aufbau eines magnetischen Feldes parallel zur Oxidschicht in eine sinusförmige umzuwandeln. Durch Steigern des äußeren magnetischen Feldes lassen sich räumliche Moden höherer Ordnung einstellen.

Einen Josephson-Oszillator erhält man, wenn man einen Josephson-Übergang in einen Hohlleiter einbaut. Der Josephson-Übergang muß so weit gekühlt werden, daß sich Supraleitung einstellt. Für die Kühlung läßt sich flüssiges Helium verwenden. Es bereitet heute noch Schwierigkeiten, die volle verfügbare Höchstfrequenzleistung aus dem Josephson-Übergang auszukoppeln. Das Problem ist die Widerstandsanpassung. Man erwartet von einem einzelnen Josephson-Übergang eine verfügbare Ausgangsleistung von etwa  $1 \mu\text{W}$ . Bisher konnten aber nur bedeutend kleinere Leistungen ausgekoppelt werden. Die gelieferte elektromagnetische Strahlung ist kohärent, aber im allgemeinen nicht monochromatisch. Der Josephson-Oszillator ist spannungsabstimmbare; die Ausgangsfrequenz hängt nur von der Vorspannung ab und wird von allen anderen Parametern der Anordnung nicht beeinflußt. Das Rauschen eines Josephson-Oszillators wird sehr gering sein. Anwendungen wird der Josephson-Oszillator wohl besonders dort finden, wo in einem experimentellen Aufbau oder einem Gerät Kühlmittel für sehr tiefe Temperaturen bereits aus anderen Gründen vorhanden sind. (Fortsetzung folgt)

#### Schrifttum

- [1] Langenberg, D. N., Scalapino, D. J., u. Taylor, B. N.: Josephson-type superconducting tunnel junctions as generators of microwave and submillimeter wave radiation. Proc. IEEE Bd. 54 (1966) Nr. 4, S. 560-575
- [2] Lynton, E. A.: Superconductivity. New York 1962, Wiley

## Persönliches

### Ernennungen bei SEL

Bei SEL wurden ernannt zu Generalvollmächtigten die Direktoren Dr. Siegfried Hinz (Leiter des Geschäftsbereichs Datentechnik), Dr. Martin Knobloch (Zentrale betriebswirtschaftliche Fabrikleitung), Dr. Hans Stracke (Zentralbereichsleiter Wirtschaft und Recht) und Dr. Elmar Windthorst (Geschäftsbereichsleiter Kabel und Leitungen)

Zu Direktoren wurden ernannt Dr. Helmut Carl (Leiter des Erzeugnisgebiets Übertragungstechnik), Siegfried Grammel (Fabrikleiter des Geschäftsbereichs Datentechnik), Kurt Jekelius (Leiter des Erzeugnisgebiets Navigation), Heinrich Kürten (Stellvertreter des zentralen Exportleiters) und Dr. Klaus Letzsch (Leiter des Zentralbereichs Finanzen; Treasurer).

### Erweiterung des Aufsichtsrates der Siemens AG

Im Hinblick auf die Neuorganisation des Hauses Siemens werden der am 21.3.1967 stattfindenden Hauptversammlung der Siemens AG zur Erweiterung des Aufsichtsrates als neue Mitglieder zur Neuwahl vorgeschlagen: Prof. Dr. Adolf Butenandt (München), Dr. rer. pol. Egon Overbeck (Düsseldorff), Alexander von Seidel (Düsseldorff), Dr. rer. pol. Peter von Siemens (München), Bergassessor a. D. Dr.-Ing. E. h. Hans-Günther Sohl (Duisburg-Hamborn) und Franz Heinrich Ulrich (Düsseldorff). Die Herren gehören derzeit noch dem Aufsichtsrat der Siemens-Schuckertwerke AG an und legen ihr Amt zum Ende der diesjährigen ordentlichen Hauptversammlung der Siemens-Schuckertwerke AG nieder.

### H. Mayer 70 Jahre

Dipl.-Ing. Heinrich Mayer, ehemaliges Vorstandsmitglied der Brown, Boveri & Cie AG, Mannheim, vollendete am 14. Januar 1967 sein 70. Lebensjahr. Bei seinem Eintritt in den Ruhestand Ende 1963 war er mehr als 42 Jahre erfolgreich für BBC tätig. Die Technische Hochschule Darmstadt verlieh H. Mayer 1964 in Anerkennung seiner hervorragenden Leistungen auf dem Gebiet des Turbomaschinenbaus und für die Förderung von Forschung und Lehre die Würde des Ehrensenators.

### G. Lauterbach 60 Jahre

Am 5. Januar 1967 wurde Prokurist Georg Lauterbach, Leiter der Saba-Serviceorganisation und des Geschäftsführungsreferates „Marktforschung“, 60 Jahre. Georg Lauterbach, der seit 1930 der Firma Saba angehört, hat auch innerhalb des Fachverbandes 14 im ZVEI verschiedene Ämter inne; er ist Leiter der Kommission „Kundendienst“ und Mitglied der Kommission „Marktforschung“.



### Siemens übernimmt Mehrheit bei Zuse

Die Siemens AG, Berlin-München, und die Brown, Boveri & Cie AG (BBC), Mannheim, haben die Verhandlungen über eine Beteiligung der Siemens AG an der Zuse KG, Bad Hersfeld, abgeschlossen. Die Siemens AG tritt als Kommanditist in die Zuse KG ein und übernimmt 70 Prozent des Kommanditkapitals, während 30 Prozent bei der Brown, Boveri & Cie AG, Mannheim, verbleiben. Für die Kunden der Zuse KG werden sich hieraus keine Veränderungen ergeben, da die Gesellschaft ihre bisherigen Arbeitsgebiete weiterpflegt.



# Dickschicht-Hybridschaltungen

DK 621.3.049

Der große Vorteil von in Baugruppen zusammengefaßten Schaltkreisen liegt für den Anwender darin, daß die Anzahl der Verbindungen von der Baugruppe nach außen ein Minimum wird; die Prüfungen der Baugruppe lassen sich dadurch vereinfachen und können beim Anwender sogar entfallen.

Solche Schaltkreise sind mit Dickschicht-Hybriden einfach und preisgünstig zu erfüllen. Dabei versteht man unter Dickschicht-Hybriden eine Zusammenfassung von Dickschicht-Widerstandskombinationen mit Halbleitern, Kondensatoren und sonstigen Bauelementen.

## 1. Allgemeiner Aufbau

Der optimale Aufbau einer Schaltung in Dickschicht erfordert gegenüber der bisherigen Technik eine gewisse Umstellung der Schaltungsanlegung. Die Dickschicht-Technik kann als Weiterentwicklung der gedruckten Schaltung aufgefaßt werden. Da jedoch außer den Leiterbahnen auch die Widerstände gedruckt werden, entfällt damit die Möglichkeit, mit Widerständen Kreuzungen durchzuführen.

Die Grundlage der Dickschicht-Technologie bilden die wirtschaftlich aufgetragenen Verbindungen und Widerstände. Bei den Hybridschaltungen stellen sie einen wesentlichen Bestandteil der Schaltung dar.

## 2. Leiterbahnen

Die Leiterbahnen mit rund 0,5 mm Breite werden auf das Keramiksubstrat gedruckt. Das Metall der Druckpaste ist meistens entweder Gold/Platin oder Silber/Palladium. Es wird nach dem Einbrennen mit einer Zinnlegierung verstärkt. Bei den Verbindungen erreicht man dadurch einen Widerstand von weit unter 1 Ohm.

Kreuzungen der Leiterbahnen auf einer Substratfläche sind zwar möglich, jedoch ist das Verfahren bei kleinen Substraten noch zu zeitraubend und daher teuer. Sind

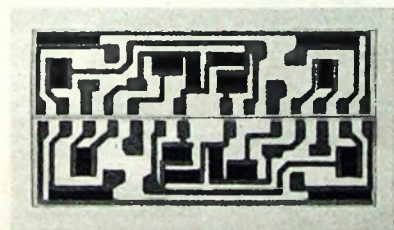


Bild 1. Kontaktierung auf Vorder- und Rückseite von Dickschichtschaltungen mit Metallisierung der Kanten zur Vermeidung von Kreuzungen

Kreuzungen im Aufbau unvermeidbar, dann bedruckt man vorzugsweise auch die Substratrückseite und metallisiert die Kanten an den notwendigen Übergangsstellen (Bild 1).

## 3. Widerstände

Mit Rücksicht auf die anderen Bauelemente können die Widerstände bei Hybridschaltungen nicht sehr gleichmäßig auf die

Dr. rer. nat. Egon Thiel ist Angehöriger der Entwicklungsabteilung der Firma Ernst Roederstein, Landshut

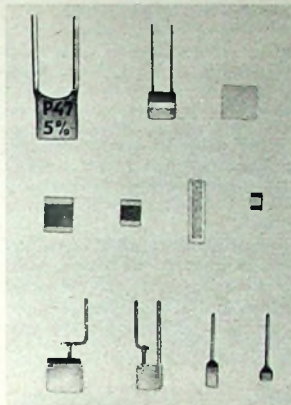


Bild 2. Ausführungsformen von zum Einbau in Dickschicht-Hybridschaltungen geeigneten Tantal- und Keramik-Kondensatoren

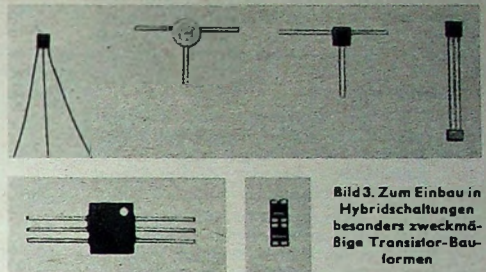


Bild 3. Zum Einbau in Hybridschaltungen besonders zweckmäßige Transistor-Bauformen

vor allem Keramik-Kondensatoren (insbesondere in Vielschichttechnik) und Tantal-Kondensatoren. Die nach der Bestückung vorgenommene Umhüllung der gesamten Schaltung (s. Abschnitt 6.) bietet dabei auch den Kondensatoren ausreichenden Schutz gegen klimatische Einflüsse. Es können jedoch auch Folien-Kondensatoren aller Art mit der Dickschichtschaltung

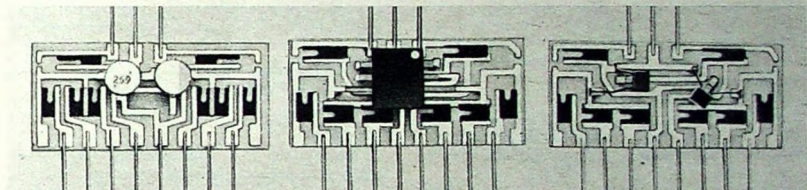


Bild 4. Gleiche mit unterschiedlichen Transistoren bestückte Dickschicht-Hybridschaltung; Abmessungen der Plättchen: 12 mm x 25 mm

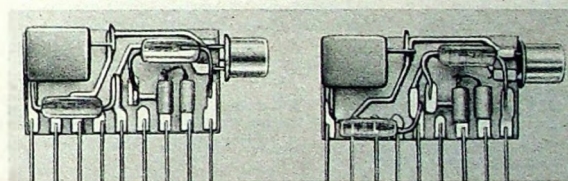


Bild 5. Mit verhältnismäßig vielen hinzugefügten Bauelementen bestückte Dickschicht-Hybridschaltung

Substratoberfläche verteilt werden. Gegenüber normalen gedruckten Schaltungen auf Hartpapierunterlage besteht jedoch ein Vorteil in der weit günstigeren Temperaturverteilung durch das sehr viel besser Wärme ableitende Substrat.

## 4. Kondensatoren

Mittels zwei weiterer Druckvorgänge lassen sich auch Dickfilm-Kondensatoren herstellen. Die Qualität der hierfür zur Verfügung stehenden Pasten ist jedoch noch nicht voll zufriedenstellend.

Eine preisgünstige Methode zum Aufbringen von Kondensatoren besteht darin, daß man das Substrat als Dielektrikum benutzt.  $AlO_3$ -Keramik hat jedoch nur eine relativ geringe Dielektrizitätskonstante ( $\epsilon = 9$ ). Die Verwendung von Keramik mit höherer Dielektrizitätskonstante bringt einen Kapazitätsgewinn, wobei dann allerdings Verminderungen in der Qualität der Widerstände und in den mechanischen Eigenschaften der Baugruppe in Kauf genommen werden müssen. Außerdem können die auftretenden parasitären Kapazitäten störend sein.

Keine Schwierigkeiten in der Verarbeitung bereiten Kondensatoren, die als Halbfabrikate aufgebracht werden. Dazu zählen

kombiniert werden. Entscheidend für die Wahl eines bestimmten Kondensatortyps sind letztlich der Preis, die elektrischen Eigenschaften des Kondensators und die Größe. Eine Zusammenstellung von für Dickschicht-Hybridschaltungen verwendbaren Kondensatoren zeigt Bild 2.

## 5. Halbleiter

Obwohl es möglich ist, Halbleiter aus Germanium einzusetzen, wird doch nach Möglichkeit davon Abstand genommen. Silizium-Halbleiter sind wesentlich temperaturfester. Sie können deshalb mit kürzeren Anschlüssen eingelötet werden und eignen sich daher auch für eine automatische Bestückung.

Das Angebot an Mikrohalbleitern steigt ständig. Trotzdem bestehen zum Teil noch Schwierigkeiten bei der Beschaffung geeigneter Halbleiter, wenn man aus wirtschaftlichen Gründen noch zusätzlich den Preis in Betracht zieht. Das gilt insbesondere für Dioden.

Mikrohalbleiter nach Bild 3 sind für Dickschicht-Hybridschaltungen besonders geeignet. Mit unterschiedlichen Transistoren bestückte Schaltungen sind im Bild 4 wiedergegeben. Es können aber auch, nimmt man das größere Volumen in Kauf, Tran-



sistoren in TO-18-Gehäusen oder in vergleichbaren Kunststoffgehäusen sowie Dioden in DO-7-Gehäusen eingelötet werden (Bild 5). Da sich die Situation im Angebot an Halbleitern ständig ändert, sollte ein enger Kontakt zwischen dem Entwickler der Schaltung – also im Normalfall dem Anwender – und dem Hersteller von Dickschicht-Hybridschaltungen bereits in einem frühen Stadium gepflegt werden.

## 6. Ausführung

Die Größe der Baugruppe wird in erster Linie durch die Abmessungen des Keramiksubstrats und in zweiter Linie durch die Umhüllung und die hinzugefügten Bauelemente bestimmt.

Die Größe der Oberfläche der Substrate ist selten durch die notwendige Abführung der entstehenden Wärme bedingt, sondern meistens durch die Menge der aufzubringenden Bauelemente. Die Länge der Plättchen ergibt sich einerseits durch die erforderliche Fläche, andererseits auch durch die Anzahl der Zuleitungen für die betriebsmäßigen Anschlüsse und für zum Abgleich gewünschte Meßpunkte.

Die Mindestbreite der Substratplättchen hängt von der Art der Schaltung ab. R-Kombinationen einfachster Art (wie zum Beispiel mehrere gleiche Widerstände mit einem gemeinsamen Knotenpunkt) benötigen nur eine Keramikbreite von etwa 6 bis 7 mm. Bei einer etwas komplizierteren Verknüpfung von Widerständen und einfachen Bauelementen kommt man auf eine Breite von etwa 10 mm. Lineare und digitale Schaltungen brauchen wegen der Versorgungs- und Gegenkopplungsleitungen zum Teil sogar 12 mm Plättchenbreite und mehr.

Für die Umhüllung sind hauptsächlich zwei Verfahren im Gebrauch (Bild 6). Beim Tauchverfahren entsteht als Umhüllung

ten. Wie viele Versuche bestätigen, kann für beide Arten von Umhüllungen eine Temperaturwechsel-Beständigkeit zwischen  $-40$  und  $+85^{\circ}\text{C}$  (in Sonderfällen sogar von  $-55$  bis  $+125^{\circ}\text{C}$ ) gewährleistet werden.

## 7. Vergleich gegenüber Schaltungen mit herkömmlichen Bauelementen

Die Dickschicht-Technologie ist noch relativ neu und deshalb noch nicht am Ende der Entwicklung. Es sind daher größere Preisreduzierungen zu erwarten als zum Beispiel bei normalen Bauelementen. Trotzdem ist bereits heute die Dickschicht-Schaltungstechnik gegenüber der Technik mit einzelnen Bauelementen konkurrenzfähig und bietet außerdem manche technischen Vorteile.

Verglichen werden dürfen aber nicht nur die Preise der Dickschicht-Baugruppen mit den Preisen herkömmlicher Bauelemente an sich, sondern es muß bei einem Preisvergleich der Schaltungen mindestens auch noch die Lötung und die Prüfung herkömmlicher Bauelemente hinzugerechnet werden.

Weitere Vorteile von Dickschicht-Hybridschaltungen sind:

Platzersparnis auf der gedruckten Schaltung;

größere Zuverlässigkeit wegen der Umhüllung und Verminderung der Lötstellenanzahl;

Erleichterung von Reparaturen durch Austausch ganzer Baugruppen;

Vereinfachung bei Einkauf und Lagerhaltung;

Einsparung von Bestückungseinrichtungen und somit Investitionskosten;

Baugruppen geben Standardschaltungen ein größeres Gewicht und ersparen dadurch unnötige Entwicklungsarbeiten.

Die Verarbeitung auf der gedruckten Schaltung ist einfacher, da die Wahl der Anschlußfolge möglich ist.

Nachteilig kann sich unter Umständen die Größe auswirken.

## 9. Entwicklungstendenzen

Nimmt man an, daß die amerikanischen Erfahrungen richtungweisend auch für europäische Verhältnisse sind, dann muß mit einem starken Ansteigen der integrierten Filmschaltungen (Dickschicht und Dünnschicht) gerechnet werden. Im zweiten Halbjahr 1966 wurden in den USA 25,2 Millionen integrierte Schaltungen (Filmschaltungen und Halbleiterbaugruppen) im Werte von 27,2 Millionen Dollar für den zivilen Bedarf gefertigt [1]. Davon waren 21,3 Millionen Schaltungen im Werte von 9,3 Millionen Dollar reine Filmschaltungen, und 3,9 Millionen Schaltungen im Werte von 17,9 Millionen Dollar waren Halbleiterbaugruppen. Das entspricht also bei Filmschaltungen einem Durchschnittspreis von etwa 23 Cents und bei Halbleiterbaugruppen einem Durchschnittspreis von 4,6 Dollar.

Da sich die Angaben über die Filmschaltungen nur auf passive Kreise beziehen, ergibt sich allerdings kein echter Preisvergleich. Dennoch kann behauptet werden, daß noch einige Zeit vergehen wird, bis ein vergleichbares Preisniveau auch für Halbleiterschaltungen besteht. Auf keinen Fall schließen die Halbleiterkreise

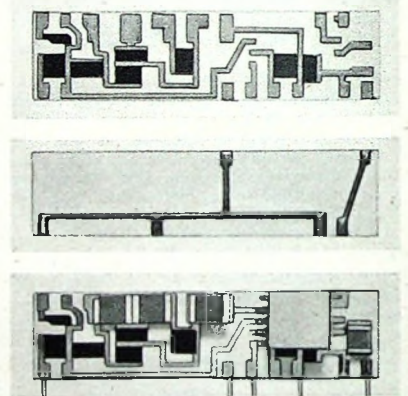


Bild 6. Gelackte Umhüllung (links) und Kunststoffbecherumhüllung (rechts) von Dickschicht-Hybridschaltungen

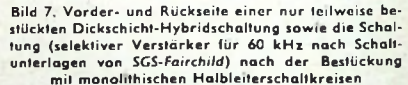


Bild 7. Vorder- und Rückseite einer nur teilweise bestückten Dickschicht-Hybridschaltung sowie die Schaltung (selektiver Verstärker für 60 kHz nach Schaltungsunterlagen von SGS-Fairchild) nach der Bestückung mit monolithischen Halbleiterschaltkreisen

eine 0,5 bis 1 mm dicke Schicht aus gehärtetem Harz. Diese Methode ist zwar billig und gut, ist aber nur für einseitige Ausführung zweckmäßig und ergibt keine genauen Außenabmessungen. Außerdem können wegen der Wärmeeinwirkung mit diesem Verfahren keine temperaturempfindlichen Bauelemente – wie Styroflexkondensatoren und Halbleiter auf Germaniumbasis – umhüllt werden.

Beim zweiten, heute mehr in den Vordergrund gerückten Verfahren, bildet ein Kunststoffbecher, der mit Epoxylharz vergossen wird, die Umhüllung. Der Verguß gibt für Bauelemente und Anschlußdrähte einen guten mechanischen und klimatischen Schutz. Für spezielle Abmessungen fallen dabei wohl Formkosten für den Becher an, die sich jedoch bei entsprechenden Stückzahlen schnell amortisieren. Für Musterausführungen und für kleine Stückzahlen ist mit Gießharz auch ein Verguß in Formen aus Silikonkautschuk möglich. Für größere Stückzahlen sind jedoch derartige Formen unwirtschaftlich. Die mittlere Dicke der Kunststoffbecherumhüllung ist etwa 1 mm.

Die erforderliche Temperaturwechsel-Beständigkeit bereite bei der Entwicklung der Umhüllungen besondere Schwierigkei-

Nicht zuletzt kommen dem Anwender die Erfahrungen des Bauelementeherstellers zugute, der zwangsläufig die technisch und preislich günstigste Lösung wählt.

## 8. Vergleich gegenüber Halbleiterbaugruppen auf monolithischer Basis

Als Vorteile gegenüber Halbleiterschaltungen auf monolithischer Basis gelten:

Die Streukapazitäten der Dickschicht-Hybridschaltungen sind geringer.

Schaltungen können mit konventionellen Bauelementen erprobt werden; erst anschließend ist ein Aufbau in Dickschicht erforderlich.

Die Temperaturabhängigkeit der Bauelemente ist geringer.

Das Angebot der verfügbaren Elemente ist größer.

Die Toleranzen sind geringer und ermöglichen dadurch einfachere Schaltungen.

Neue Schaltungen können wesentlich schneller und leichter verwirklicht werden.

Die Kosten für geringe Stückzahlen sind weitaus niedriger; größere Leistungen dürfen auftreten.

die Verwendung von Filmschaltungen aus, also auch nicht von Dickschichtschaltungen. Jede Technik bietet gewisse Vorteile, und bei richtiger Wahl werden sich beide in Zukunft durchsetzen und wahrscheinlich sogar ergänzen. Beispielsweise zeigt Bild 7, daß sich integrierte Halbleiter-Schaltkreise auf monolithischer Basis durchaus auch als Bestandteil einer Dickschicht-Hybridschaltung verwenden lassen.

Dickschicht-Hybride werden bei voller Ausnutzung ihrer Möglichkeiten (wie zum Beispiel Abgleich von gesamten Schaltungen einschließlich von Halbleitern auf bestimmte Ströme oder Potentiale und damit Einsparung von Potentiometern) noch weit mehr Anwendung finden, als man bisher angenommen hat.

## Schrifttum

[1] Electronic News, Dez. 1966, S. 46



# Das Eurocontrol-Versuchszentrum Brétigny

DK 621.396. 933.527.8

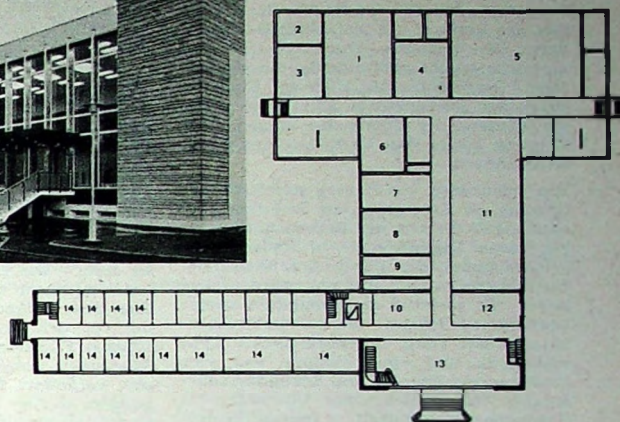
Die zunehmende Verdichtung des Luftverkehrs und der vermehrte Einsatz von schnellen strahlgetriebenen Verkehrsflugzeugen bringt für die Sicherung des Flugverkehrs erschwerte Aufgaben. Während sich der bisherige Flugsicherungsdienst hauptsächlich auf Höhen bis zu etwa 7500 m erstreckte, müssen Düsenstrahlflugzeuge aus wirtschaftlichen Gründen in wesentlich größeren Höhen operieren. Die dabei sehr kurzen Überflugzeiten über einzelne Länder zwingen zur Ausdehnung der Flugsicherungsbezirke auf größere Räume. Bereits 1960 wurde deshalb von den Partnerstaaten Belgien, Deutschland, Frankreich, Großbritannien, Luxemburg und den Niederlanden die europäische Flugsicherungsbehörde Eurocontrol<sup>1)</sup> gegründet, der am 1. 1. 1965 auch Irland beitrug. Auf Grund des Übereinkommens wird dieser internationalen Organisation die Luftverkehrskontrolle für den oberen Luftraum oberhalb einer Höhe von etwa 6000 m übertragen<sup>2)</sup>; die Verantwortung für diese Sicherung hat die Eurocontrol am 1. 3. 1964 übernommen. Bevor eigene Anlagen der Eurocontrol fertiggestellt sind, ist die praktische Ausübung der vereinbarten Flugsicherungsdienste jedoch auf die Mitbenutzung vorhandener nationaler Einrichtungen angewiesen. Die Grundsteinlegung für eine erste eigene neue Kontrollzentrale für den oberen Luftraum Norddeutschlands, Belgiens und der Niederlande ist am 4. 10. 1966 auf einem Gelände bei Maastricht (Niederlande) erfolgt. Diese Zentrale soll noch vor 1970 ihren Betrieb aufnehmen. Sie wird – wie alle noch zu erstellenden Anlagen der Eurocontrol – mit allermodernsten Verfahren arbeiten. Außer den für die Luftlageorientierung notwendigen Primärradar-Informationen sind dabei durch Sekundärradargeräte erhältliche zusätzliche Informationen wie Höhe und Kennung der Flugzeuge notwendig, um unter anderem auch eine dreidimensionale Übersicht zu erhalten. Eine weitgehende Automatisierung der Flugsicherung ist außerdem angestrebt. Sie erfordert stets die Verwendung umfangreicher elektronischer Rechenanlagen, mit deren Hilfe jederzeit schnell aus den anfallenden Daten die tatsächliche Luftlage berechnen und anschließend darstellen läßt. Voraussetzung hierzu ist eine vorzunehmende Digitalisierung der Primärradar- und Sekundärradar-Informationen.

In bezug auf betriebliche Fragen und die richtige Auslegung der Planung hieß es schon in FUNK-TECHNIK Bd. 19 (1964) Nr. 24, S. 883: „Ihre Beantwortung kann unmöglich am grünen Tisch erfolgen, und es liegt in der Natur des Luftverkehrs, daß klärende Versuche auch nicht in der täglichen Praxis durchgeführt werden können. Deshalb bedient sich die Flugsicherung schon lange mit großem Erfolg der Simulationstechnik“. ... „In Zukunft müssen sol-



Bild 1. Eingang des Eurocontrol-Versuchszentrums in Brétigny

Bild 2. Grundriß des Erdgeschosses des Versuchszentrums



1 Pilotenraum, 2 Raum für die Vorbereitung der Studien, 3 Schulungsraum, 4 Überwachungsraum, 5 Kontrollraum, 6 Rechneraum, 7 Wartungsraum für den Rechner, 8 Programmierungsraum, 9 Lagerräume, 10 Ersatzteillager, 11 Räume für die Wartung der Anzeigeräte und für die Bilderzeugung, 12 Konferenzräume, 13 Empfangshalle, 14 Büros und Laboratorien

che Untersuchungen noch durch Systemstudien im weitesten Sinne ergänzt werden, um ständig Sicherungsdienste mit höchster Leistungsfähigkeit zu gewährleisten. Um dieser Verpflichtung gerecht zu werden, hat die Agentur im Jahre 1964 einen großen Flugsicherungssimulator in Auftrag gegeben, der in etwa zwei Jahren in Eurocontrol's Versuchszentrum in Brétigny (40 km südlich von Paris) betriebsbereit sein soll.“

## Das Versuchszentrum

Die Einweihung dieses Versuchszentrums ist pünktlich nach zwei Jahren jetzt am 17. Januar 1967 erfolgt. Als Außenstelle von Eurocontrol ist es zur Erfüllung seiner Aufgaben in vier Abteilungen „Versuche“, „Simulation“, „Technischer Dienst“ sowie „Verwaltung und Finanzen“ gegliedert. Die Anlage in Brétigny (Bilder 1 und 2) besteht aus drei zusammenhängenden Gebäudeteilen, und zwar einem 6 m hohen Parterrebau mit den Betriebsräumen (Kontrollraum: 375 m<sup>2</sup>; Überwachungsraum: 150 m<sup>2</sup>; Pilotenraum: 290 m<sup>2</sup>), einem sich T-förmig anschließenden 3,5 m hohen Gebäudeteil des „Technischen Dienstes“ (für den Rechner samt Programmierungsräumen sind in diesem Gebäudeteil etwa 300 m<sup>2</sup> vorhanden) und einem hiervon ab-

gewinkelten zweistöckigen Gebäudeteil für Laboratorien und Büros.

## Der Flugsicherungssimulator

Unter den im Versuchszentrum aufgestellten Anlagen steht der Flugsicherungssimulator mit an erster Stelle. Er wurde in Gemeinschaftsarbeit mit etwa gleicher Beteiligung von den Firmen CSF, Frankreich (Nachbildung der gesamten Anlagen zum Nachrichtenaustausch Boden/Bord und Boden/Boden einschließlich derjenigen innerhalb des Versuchszentrums), Plessey Radar Ltd., England (Radardarstellung) und AEG-Telefunken, Deutschland (Rechnerkomplex und Programmierung) erstellt. Der Wert dieser elektronischen Geräte beträgt etwa 20 Mill. DM.

Der Flugsicherungssimulator besteht aus dem eigentlichen Luftverkehrssimulator und einem konventionell aufgebauten Flugsicherungssystem. Mit Hilfe des Simulators lassen sich Verkehrssituationen nachbilden, die aus einer größeren Anzahl von Flugzeugen (maximal 300) bestehen. Diese Flugzeuge können verschiedenen Typs sein und unterschiedliche Navigationseinrichtungen verwenden.

Herzstück des Simulators ist das mit einer Digital-Rechenanlage „TR 4“ von AEG-Telefunken ausgerüstete Rechenzentrum



Bild 3. Blick in den Rechneraum mit Schnelldrucker (ganz links), „TR 4“-Rechner von Telefunken mit Kontrollpult (Mitte), Überwachungsgerät von Plessey und Lacharteneinheit (rechts)

<sup>1)</sup> EUROCONTROL – Europäische Flugsicherung. Funk-Techn. Bd. 19 (1964) Nr. 24, S. 881 bis 883

<sup>2)</sup> In der Bundesrepublik Deutschland gilt ab 1. 6. 1967 für die Eurocontrol-Aufgaben als Ausnahme eine untere Grenze von 7500 m. Unterhalb der angegebenen Grenzen sind (in Zusammenarbeit mit Eurocontrol) die jeweiligen nationalen Flugsicherungsbehörden zuständig.



(Bild 3). Es kann rund 100 000 Rechen- beziehungsweise Datenverarbeitungsoperationen in der Sekunde durchführen. In dem Rechner werden digitalisierte Daten der für die jeweilige Übung angenommenen Flugpläne der Flugzeuge und des programmäßig geplanten Ablaufs gespeichert. Die Stelle der Flugzeugpiloten wird im Versuchszentrum von 20 Pilotenplätzen (Bild 4) eingenommen, die je bis zu 15 Flugzeuge „führen“. Zu Beginn der Übung gibt der Rechner die planmäßigen Grunddaten der einzelnen Flugzeuge (für eine alphanumerische elektronische Anzeige) an diese Pilotenplätze. Mit Hilfe von Eingabetasten zur Rechenanlage können die Piloten während der Übung den vorgeplanten Flugweg sowie das Verhalten der Flugzeuge ändern.

Eine besondere, von Plessey gelieferte Einrichtung zur Erzeugung von Radarsignalen verwandelt die von der Rechenanlage ausgegebenen Digitalsignale in Radarsignale (Videosignale), die sich auf Bildschirmen im Kontrollraum (Bild 5) wiedergeben lassen. Sie gestattet die Simulation zweier kombinierter Primär- und Sekundärradaranlagen mit völlig unterschiedlicher Charakteristik und einer Gruppe von vier kombinierten Primär- und Sekundärradaranlagen mit gemeinsamer Charakteristik (Umlaufgeschwindigkeit, Impulsfolgefrequenz und Impulsbreite). Der angenommene Standort der Radaranlagen ist frei wählbar.

Auf den Radarkonsolen (acht mit vertikalem Bildschirm und drei mit horizontalem Bildschirm) des Kontrollraumes kann nun jeder Flugsicherungslotse unter diesen sechs verfügbaren Radarbildern das geeignetste wählen. Jedes Radarbild hat sämtliche Merkmale einer wirklichen Radaranzeige (zum Beispiel Abtastung, Fest- und Bewegtziele, elektronische Karteneinblendung). Eine Vorrichtung zur Erzeugung synthetischer Information gestattet



Bild 4. Die Pilotenplätze mit elektronischem Sichtgerät für alphanumerische Anzeige sowie mit Eingabetastenfeld und mit Nachrichtenanlage sind teilweise auch mit weiblichen „Piloten“ besetzt

ferner die Darstellung eines Panorama-bildes (Bild 6), das aus Symbolen und alphanumerischen Zeichen besteht.

Alle drei Sekunden werden vom Rechner die Flugzeugpositionen entsprechend dem vor der Übung festgelegten Flugplan neu berechnet. Die am Rechner angeschlossenen Radarsimulatoren erzeugen anschließend wieder die zur neuen Radarbildanzeige benötigten Videosignale. Die digitalen Daten für das synthetische Luftlagebild stellt der Rechner alle zehn Sekunden neu zusammen.

Die Pilotenplätze sind mit den Lotsenplätzen des Kontrollraumes durch ein Fernmeldesystem (Bord/Boden-Verbindung) verbunden. Sie können also Weisungen



Bild 5. Blick in den Kontrollraum

vom Kontrollraum entgegennehmen, die sie dann – wie erwähnt – über Tastaturen für Funktionen und alphanumerische Zeichen dem Rechner eingeben. Die Eingaben der von den einzelnen Pilotenplätzen geführten Flugzeuge wertet der Rechner in Abständen von weniger als eine Sekunde aus, verändert die simulierten Flugbewegungen in der gewünschten Weise und berichtet die alphanumerische Anzeige an den Pilotenplätzen.

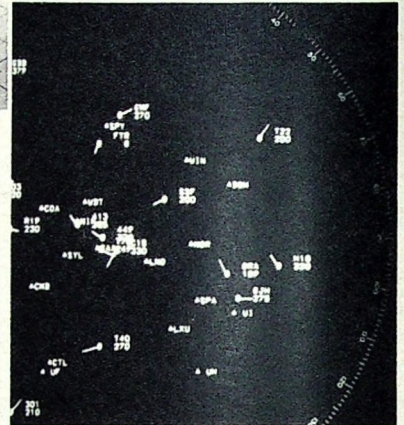
Alle zwanzig Sekunden werden weiterhin Zwischenfragen über den Augenblicksstand der jeweiligen Übung auf Magnetband gespeichert. Die Flugsicherungsübung kann daher zwecks Analyse jederzeit angehalten oder auch zu einem späteren Zeitpunkt mit einem Sonderprogramm wiederholt werden.

Erwähnt sei noch, daß (neben den Daten für die Radarkontrolle) Kontrollstreifen für das auch heute noch übliche, mit Kontrollstreifen arbeitende Flugsicherungsverfahren ausgedruckt werden. Für die Durchführung dieses Verfahrens sind im Kontrollraum 20 Streifenhalterpulte vorhanden. Sie haben Schaltfelder für Bord/Boden-Verbindungen zu den Pilotenplätzen und für Boden/Boden-Verbindungen für den Verkehr zwischen Flugsicherungsstellen von mehreren simulierten Zentralen sowie für interne Wechselsprechverbindung zwischen Lotsen derselben Zentrale.

Die Hauptaufgaben des Simulators während der Realzeitphase der jeweiligen Simulationsstudie lassen sich etwa wie folgt zusammenfassen:

1. Berechnung der Standorte der Flugzeuge in Form von geografischen Koordinaten und (bei Standortermittlungen durch Radar) in Form von  $\rho$ - $\theta$ -Werten; Erzeugung geeigneter Ausgabemeldungen für die simulierten Radarstationen (einschließlich Sekundärradardaten und Angabe der Helligkeit der Bildpunkte).
2. Erzeugung eines synthetischen Luftlagebildes, in dem sämtliche Bewegungen in dem gesamten Kontrollbereich oder in einem Teil desselben oder aber einer ausgewählten Gruppe von Flugzeugen mit Hilfe zusätzlicher Informationen (Vektoren, eingeblendete Daten) dargestellt werden. Bis zu 600 synthetische Daten sind auf den Radarschirmen darstellbar.
3. Verarbeitung der Eingabemeldungen und automatische Erzeugung der Ausgabemeldungen. Dieser Vorgang stellt die Hauptverbindung zwischen simulierter Maschine und ihrem Bedienungspersonal (Pilotenplatz) dar.

Bild 6 (unten). Synthetisches Luftlagebild auf einem Radar-Anzeigegerät; es werden Meldepunkte, Flugziele, Geschwindigkeitsvektoren, abgekürzte Rufzeichen und Flughöhe zur Anzeige gebracht



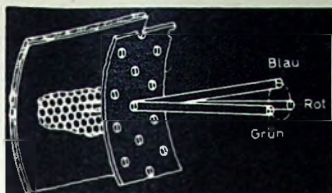
Die Gesamtprogrammierung, die zum Betrieb des Flugsicherungssimulators notwendig war, führte AEG-Telefunken durch. Während die für normalen Rechenzentrumsbetrieb des Rechners notwendigen Grund- und Dienstprogramme Bestandteil der allgemein verfügbaren „TR 4“-Programm-bibliothek sind, mußten die eigentlichen Anwendungsprogramme für den Simulatorbetrieb in rund 2½-jähriger Arbeit speziell entwickelt und bis zur vollständigen Funktionstüchtigkeit ausgetestet werden. Diese Betriebsprogramme umfassen rund 50 000 Rechen- beziehungsweise Datenverarbeitungsbefehle. Den Hauptteil der Anwendungsprogramme nimmt mit 20 000 Befehlen das Programm zur Abwicklung der eigentlichen Flugsicherungsübung (das sogenannte Übungsprogramm) ein.

Durch Nachbildung jetziger und zukünftiger Luftverkehrsverhältnisse (auch mit Überschall-Linienvverkehr) können in dem Versuchszentrum die Leistungsgrenzen der heute noch üblichen konventionellen Flugsicherungssysteme ermittelt und die notwendigen Verbesserungen gefunden werden. Auf Grund der so gewonnenen Forschungsergebnisse will Eurocontrol in wenigen Jahren an Stelle des konventionellen Flugsicherungssystems ein modernes, mit Hilfe einer elektronischen Rechenanlage bereits weitgehend automatisiertes Flugsicherungssystem an den Luftverkehrssimulator anschließen und erproben. Damit soll dann erreicht werden, daß für die im Bau befindliche erste Betriebszentrale in Maastricht etwa ab 1972 ein den neuesten Erkenntnissen entsprechendes automatisiertes Flugsicherungssystem zur Verfügung steht.

jä.

(Nach Unterlagen von Eurocontrol und AEG-Telefunken)





# Einführung in die Farbfernsehtechnik\*)

Fortsetzung von FUNK-TECHNIK Bd. 22 (1967) Nr. 4, S. F 80

Die in diesem Schaltungsteil vorhandenen Potentiometer sind zur Einstellung der Weiß- und Grauwiedergabe bestimmt. Mit den Potentiometern R 609 (Bild 232), R 647 und R 667 werden zunächst die Arbeitspunkte der Video-Endröhren eingestellt und damit die Katodenpotentiale der drei Elektronenstrahlerzeugungssysteme der Farbbildröhre auf einen bestimmten, gleichen Wert (etwa 215 V) festgelegt. Das erfolgt bei eingeschaltetem Serviceschalter S 601, S 602, S 603 in der Weise, daß mit R 609 der Kanal für das Farbwertsignal  $E_R'$  eingestellt wird und dann mit R 647 und R 667 die Kanäle für  $E_B'$  beziehungsweise  $E_G'$  abgeglichen werden. Dann kann durch Einstellung der Bildröhren-Schirmgitterspannungen mit den Potentiometern R 511, R 512 und R 513 (siehe Bild 237 im folgenden Abschnitt 9.7.) der Abgleich für die Minimal-Leuchtdichte erfolgen, wobei die

koppelt an den Anoden der Video-Endröhren. Die drei Steuergitter sind zusammen an einen Spannungsteiler gelegt. Über Anschluß V, R 517 und C 518 erhalten sie zur vertikalfrequenten Austastung, das heißt zur Dunkelastung der Bildröhre während des Vertikalrücklaufs, V-Impulse vom Vertikalaustastungstransformator. Die Schirmgitter liegen zur Einstellung der Weiß- und Grau-Wiedergabe getrennt an den Potentiometern R 511, R 512 und R 513.

## 9.8. Impulsabtrennstufe

Die Synchronimpulsabtrennstufe mit dem Transistor T 201 (Bild 238) erhält über zwei RC-Glieder das am Kollektor von T 104 (Bild 232) am Anschluß B abgenommene negative FABS-Signal, wobei die hohen Frequenzen und damit der Farbträger

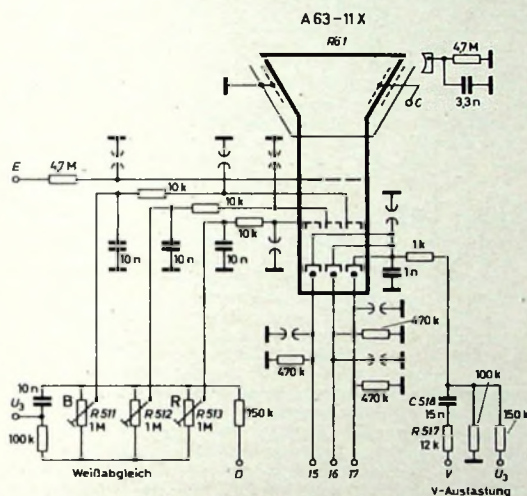


Bild 237. Schaltung der Farbbildröhre

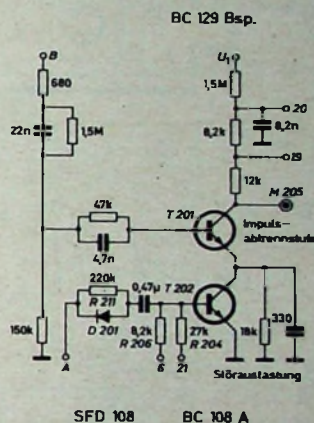
Schirmgitterpotentiale so einzustellen sind, daß die drei Grundfarben auf dem Bildschirm gerade sichtbar werden (Schwellwerteinstellung). Hier sei darauf hingewiesen, daß der Kontakt S 603 des Serviceschalters zur Erleichterung der Schwellwerteinstellung die Vertikalablenkung abschaltet. Bei ausgeschaltetem Serviceschalter werden dann bei der Wiedergabe eines Schwarz-Weiß-Bildes die Amplituden der Ansteuerungen  $E_B'$  und  $E_G'$  durch die Potentiometer R 634 beziehungsweise R 656 auf die Wiedergabe von Weiß abgeglichen.

Mit dem Potentiometer R 792, das von der Frontseite des Empfängers bedienbar ist und als „Farbpilot“ bezeichnet wird, lassen sich für die Kanäle  $E_B'$  und  $E_G'$  die Endröhren-Arbeitspunkte und damit die Bildröhrenkatodenpotentiale verändern. Ausgehend von einer einrastenden Mittelstellung, kann so das Fernsehbild nach Wunsch rötlicher oder bläulicher eingestellt werden.

## 9.7. Schaltung der Farbbildröhre

In dem Empfänger wird die Farbbildröhre A 63-11 X verwendet. Sie wird mit einer Hochspannung von etwa 25 kV betrieben. Die Fokussierspannung ist zwischen 5 kV und 6 kV einstellbar. Die Katoden der Elektronenstrahlerzeugungssysteme liegen über die Anschlüsse 15, 16, 17 (Bild 237) gleichstromge-

Bild 238. Schaltung der Impulsabtrennstufe



durch C 151 abgesenkt werden. Die Stufe schneidet aus dem Signal einen schmalen Amplitudenbereich des Synchronsignals heraus und verstärkt diesen Signalanteil, so daß am Kollektor von T 201 ein regeneriertes Synchronsignal mit der erforderlichen Amplitude zur Verfügung steht.

Der im Emittierkreis von T 201 liegende Transistor T 202 dient zur Störaustastung. An der Kombination von R 211 und D 261 liegt über den Anschluß A das positive FBAS-Signal; außerdem werden über Anschluß 6 und R 206 noch nach dem Ton-ZF-Modulator vorhandene Störimpulse zugeführt. Sind Störimpulse vorhanden, dann wird T 202 und damit T 201 gesperrt, so daß die Störungen nicht in die Ablensynchronisationsschaltungen gelangen können. Die Basisspannung von T 202 wird über Anschluß 21 und R 204 von der ZF-Regelspannung abgeleitet, wodurch sich der Arbeitspunkt der Impulsabtrennstufe entsprechend dem Signalpegel auf einen günstigen Wert einstellt.

## 9.9. Horizontalablenkung

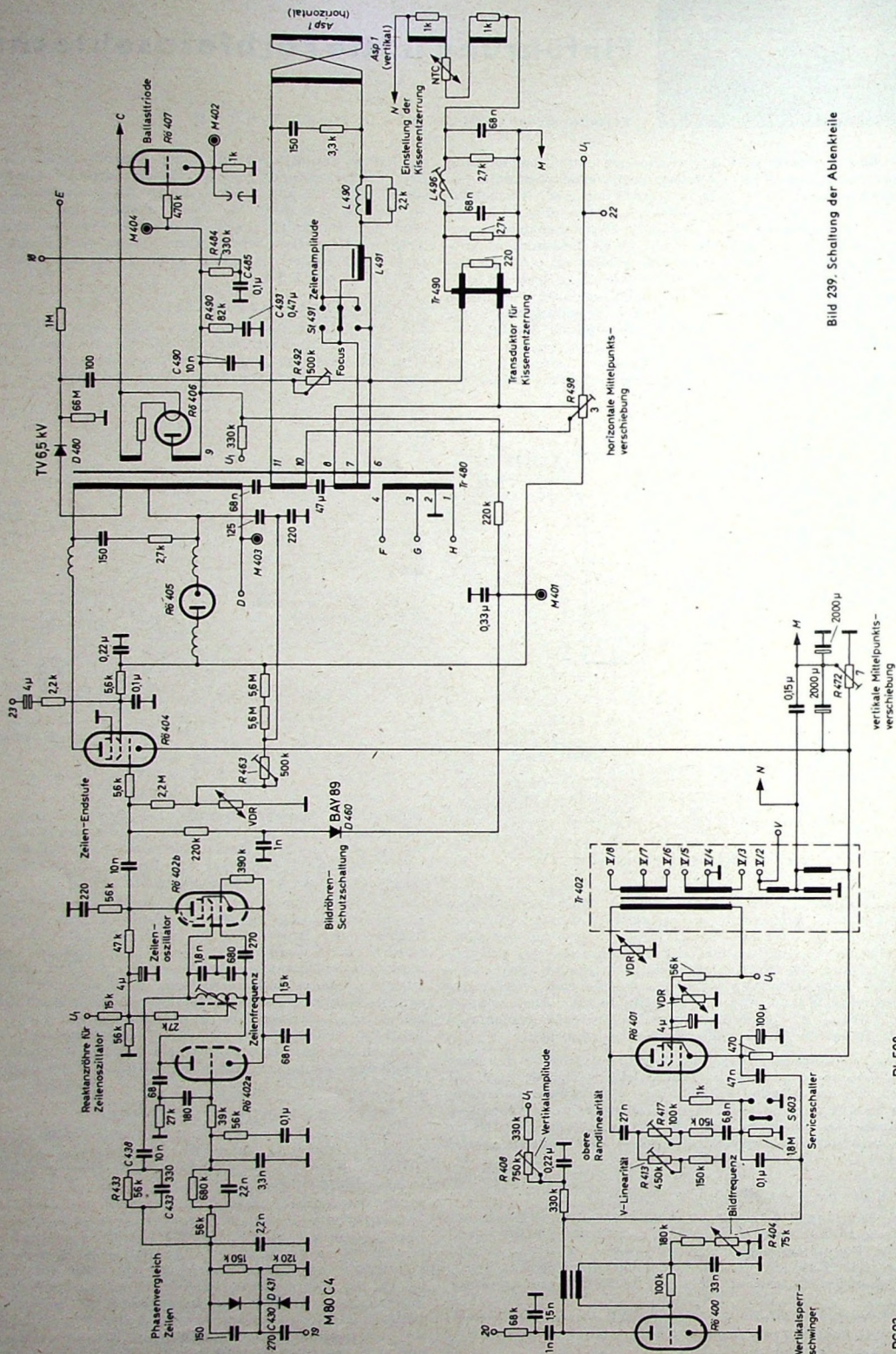
### Hochspannungserzeugung

Die Schaltung des Horizontalablenkteils (Bild 239) mit der Hochspannungserzeugung entspricht im wesentlichen der üblichen Technik; Horizontalablenkleistung und Hochspannung werden in einer Stufe erzeugt.

In der Phasenvergleichsschaltung werden die über Anschluß 19 und C 430 von der Impulsabtrennstufe kommenden Synchronimpulse mit der über C 438, R 433, C 433 zugeführten und geformten Schwingung des Zeilenoszillators R 402b verglichen. Die dabei entstehende Regelspannung wird auf das Trioden-system R 402a gegeben, das als Reaktanzröhre die Frequenz des Oszillators nachsteuert. Abweichend von üblichen Schwarz-Weiß-Empfängerschaltungen, erfolgt der Phasenvergleich nicht mit den Rücklaufimpulsen aus dem Horizontalablenktransformator. Diese Impulse sind von der Belastung des Transforma-

\*) Die Autoren sind Angehörige des Instituts für Rundfunktechnik München (Direktor: Prof. Dr. Richard Theile); Koordination der Beitragsreihe: Dipl.-Ing. H. Fix





**Bild 239. Schaltung der Ablenkteile**



tors abhängig, so daß über den Regelkreis eine Phasenverschiebung auftreten würde. Da man den Rücklaufimpuls aber auch zur Bursthochstastung benutzt, muß dessen Phasenlage möglichst konstant sein.

Die an der Anode von R 402b vorhandenen Steuerimpulse werden der Zeilen-Endröhre R 404 zugeführt. Die Diode D 460 ist Teil einer Schutzschaltung, auf die später noch eingegangen wird. Mit dem Potentiometer R 463 lassen sich der Arbeitspunkt der Zeilen-Endröhre und damit die Booster- und die Hochspannung einstellen. R 405 ist die Boosterröhre.

Der Horizontalablenktransformator Tr 480 ist komplizierter als bei Schwarz-Weiß-Empfängern. Die Punkte 1 bis 4 liefern die horizontalfrequenten Impulse für die Konvergenzschaltung, die Bursthochstastung, den elektronischen Schalter, die getastete Regelung, den Farbabwärtiger und die Austastung. Die Horizontalablenkspulen des Ablenksystems Asp 1 liegen an den Punkten 6 beziehungsweise 7 und 11. Mit dem Stecker St 491 kann die Bildbreite durch Zuschalten der Spule L 491 verändert werden. Die Schaltung ist so ausgelegt, daß der Stecker auch während des Betriebs umgesteckt werden kann. Die Spule L 490 dient zur Einstellung der Zeilenlinearität. Über das Potentiometer R 498 läßt sich in den Ablenkspulenkreis ein Gleichstrom mit wählbarer Polarität zur horizontalen Verschiebung der Bildlage (horizontale Mittelpunktverschiebung) einspeisen.

Zur Korrektur der kissenförmigen Rasterverzerrungen sind dem Wicklungsabschnitt 6-8 von Tr 480 die beiden Arbeitswicklungen eines dreischenkligen Transduktors Tr 490 parallel geschaltet. Die Schaltung mit nur einem Transduktor bietet neben geringerem Aufwand den Vorteil, daß nur niedrige Steuerströme aufzubringen sind. Die Steuerwicklung des Transduktors liegt im Vertikalablenkkreis und steuert über die Arbeitswicklungen die Horizontalablenkspannung. Der Vertikalablenkstrom wird durch eine Rückwirkung im Transduktor von der Horizontalablenkung moduliert. Mit L 496 läßt sich die Amplitude der Korrekturmodulation zur Anpassung an Bauteiltoleranzen einstellen.

Die mit der Hochspannungsgleichrichterröhre R 406 erzeugte Hochspannung wird durch die Ballaströhre R 407 stabilisiert. Die Ballaströhre wird so geregelt, daß die Belastung der Hochspannung unabhängig vom Strahlstrom in der Farbbildröhre bis zu einem mittleren Strahlstrom von etwa 1,3 mA nahezu konstant bleibt. Steigt der Strom in der Bildröhre, dann sinkt die Hochspannung zunächst. Dadurch wird die Gitterspannung der Ballaströhre negativer, so daß sich der durch die Ballaströhre fließende Stromanteil verringert. Dieser Regelungsvorgang führt zu einer gleichbleibenden Gesamtbelastung und damit zu einem gleichbleibenden Hochspannungswert. Das Tiefpaßfilter C 490, R 490, C 493, R 484, C 485 verhindert unerwünschte Regelschwingungen. Die Fokussierspannung gewinnt man mit dem Gleichrichter D 480 aus den Rücklaufimpulsen. Mit dem Potentiometer R 492 läßt sich die Fokussierspannung von 5 kV bis 6 kV variieren.

### 9.9.1. Schutzschaltungen

Um die Farbbildröhre und den Hochspannungsteil vor Überlastung zu schützen, sind zwei Schutzschaltungen vorhanden. Sie werden, wie die Ballaströhre R 407, von dem Spannungspotential am Punkt 9 des Horizontalablenktransformators gesteuert.

Steigt der mittlere Strahlstrom in der Farbbildröhre über etwa 1,5 mA, dann wird die „Betriebs-Strahlstrombegrenzung“ wirksam, die den Strahlstrom über eine Steuerung der Katodenpotentiale der Farbbildröhre reduziert. Bei diesem Strahlstromwert hält die Laststabilisierung die Hochspannung nicht mehr konstant; die Spannung am Punkt 9 sinkt. Dadurch wird der über den Anschluß 18 und das RC-Glied R 484, C 485 an diesem Punkt liegende Regeltransistor T 608 (Bild 232) immer mehr gesperrt, so daß dessen Kollektorpotential und damit die an dem Kollektorzweig liegende Basis der Verstärkerstufe T 601 positiver werden. Verfolgt man diese Spannungsänderung über Matrix und Endstufen bis zur Bildröhre, so sieht man, daß die Katodenpotentiale der Bildröhre positiver werden und daß somit der Strahlstrom abnimmt.

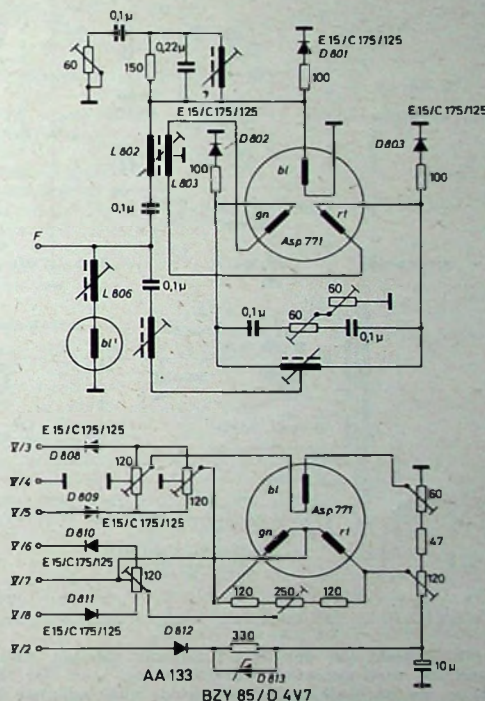
Der zweite Überlastungsschutz ist die „Bildröhren-Schutzschaltung“. Sie arbeitet mit der schon erwähnten Diode D 460, die auf das Gitter der Zeilen-Endröhre R 404 wirkt. Die Diode liegt ebenfalls am Punkt 9 des Horizontalablenktransformators. Sollte zum Beispiel infolge eines Kurzschlusses in den Video-Endstufen oder eines Fehlers in der Betriebs-Strahlstrombegrenzung der mittlere Strahlstrom über rund 2 mA ansteigen, dann wird das Potential am Punkt 9 so negativ, daß D 460 leitend wird und die Gitterspannung der Zeilen-Endröhre und damit die Hochspannung herabsetzt.

### 9.10. Vertikalablenkung

Die Schaltung des Vertikalablenkteils ist ebenfalls in üblicher Weise ausgeführt. Das von der Impulsabtrennstufe über Anschluß 20 zugeführte Synchronsignal wird integriert; die dabei erhaltenen Vertikalimpulse synchronisieren den Sperrschwinger R 400. Mit dem Potentiometer R 404 läßt sich die Frequenz des Sperrschwingers und mit dem Potentiometer R 408 die Amplitude der Ansteuerung für die Vertikal-Endstufe R 401 und damit die Bildhöhe verändern. Zur Einstellung der Ablenklinearität dienen die in der frequenzabhängigen Gegenkopplung angeordneten Potentiometer R 413 und R 417, wobei R 413 auf die Gesamtlinearität und R 417 auf die Linearität am oberen Bildrand wirkt. Der Schalter S 603 ist ein Teil des Serviceschalters (s. Abschnitt 9.6.). Er schaltet die Vertikalablenkung ab. Der Vertikaltransformator Tr 402 hat neben der Wicklung für die Vertikalablenkspulen weitere Wicklungen zum Anschluß der Konvergenzschaltung. Über das Potentiometer R 472 wird ein Gleichstrom zur vertikalen Verschiebung der Bildlage (vertikale Mittelpunktverschiebung) in den Vertikalablenkspulenkreis eingespeist. In Reihe mit den Vertikalablenkspulen liegt, wie schon beschrieben, die Schaltung zur Kissenentzerrung mit der Steuerwicklung des Transduktors Tr 490.

### 9.11. Konvergenzschaltung

Die im Bild 240 zusammengefaßt dargestellte Konvergenzschaltung besteht aus zwei voneinander unabhängigen Schaltungs-



teilen. Der obere Teil dient zur dynamischen horizontalfrequenten, der untere zur dynamischen vertikalfrequenten Konvergenzkorrektur. In jedem Schaltungsteil sind die entsprechenden Konvergenzspulen des auf dem Bildröhrenhals angebrachten Konvergenzsystems Asp 771 eingezeichnet. Zum Abgleich der statischen Konvergenz sind im Konvergenzsystem Permanentmagnete vorhanden, so daß die Konvergenzschaltung keine Schaltungen zur Einstellung von Gleichströmen benötigt.

Der Schaltungsteil zur Horizontalkonvergenzkorrektur setzt sich aus einem Zweig zur Korrekturablenkung des Elektronenstrahls für Blau mit der Konvergenzspule bl und einem Zweig mit einer kombinierten Schaltung für Grün und Rot mit den Konvergenzspulen gn und rt zusammen. Die Wirkungsweise einer derartigen Horizontalkonvergenzschaltung wurde bereits im Abschnitt 8.2.4.4. ausführlich beschrieben. In der vorliegenden Schaltung ist eine zusätzliche, mit der Spule L 802 gekoppelte

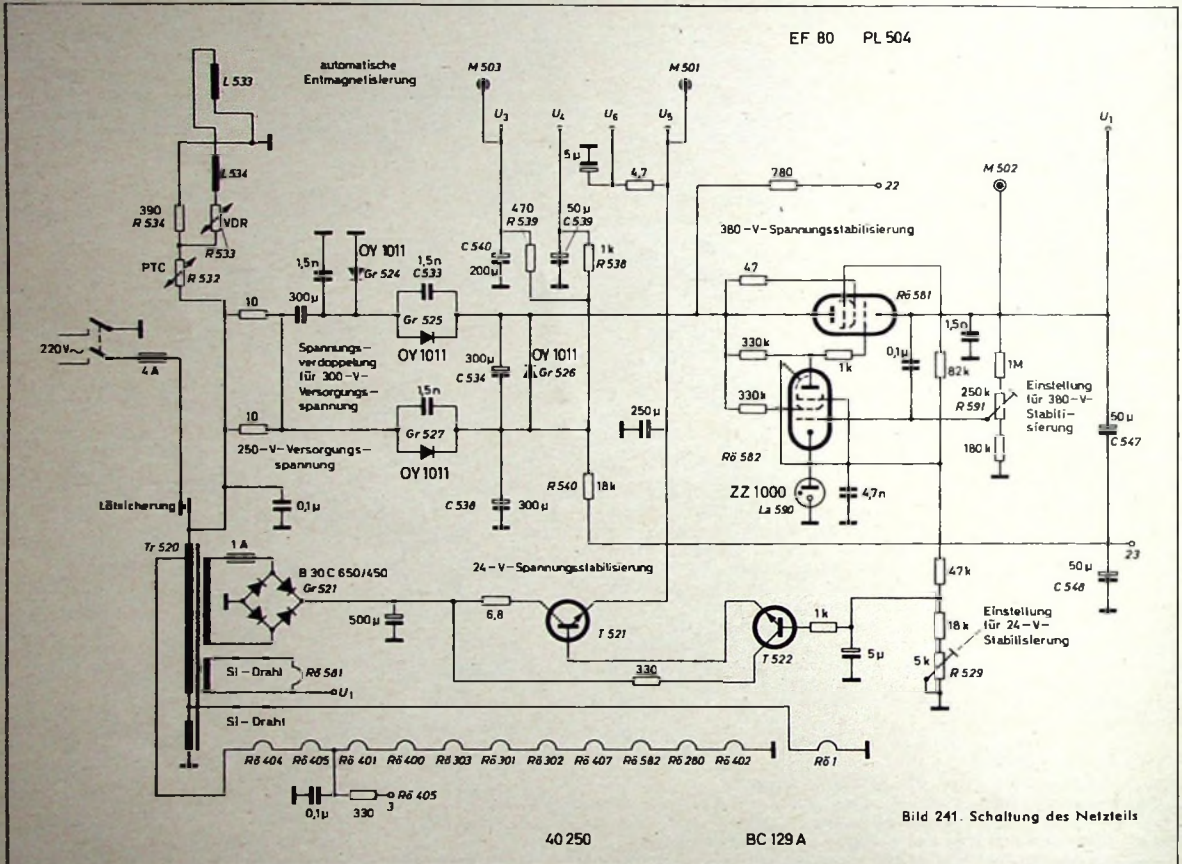


Spule  $L_{803}$  vorhanden, die bei der Einstellung der Korrektur für Blau eine entgegengesetzte Änderung bei Grün und Rot bewirkt. Die Schaltung enthält ferner eine weitere Konvergenzspule  $b_1'$ , durch die der Elektronenstrahl für Blau auch eine dynamische Korrekturablenkung in horizontaler Richtung erhält. Hierzu ist ein Ablenkstrom mit etwa sägezahnförmiger Amplitude erforderlich, der mit  $L_{806}$  eingestellt werden kann.

Auch im Schaltungsteil für die Vertikalkonvergenzkorrektur wird die Korrekturablenkung für Blau getrennt und für Grün und Rot in einer kombinierten Schaltung eingestellt. Die Grundschaltung zur Vertikalkonvergenzkorrektur wurde ebenfalls im Abschnitt 8.2.4.4. erläutert. Die Wirkungsweise der kombinierten Schaltung für Grün und Rot läßt sich beim Vergleich mit der entsprechenden Schaltung für die Horizontalkon-

vergenz gleichspannungen von 380 V und 24 V erzeugt. Die 380-V-Spannung versorgt hauptsächlich die Horizontal- und Vertikalablenkung, die 24-V-Spannung ist für die Transistorstufen bestimmt.

Die Gleichspannung von 250 V wird über den Gleichrichter  $Gr_{527}$  und nachfolgende Siebung ( $C_{538}$ ,  $R_{539}$ ,  $C_{540}$ ,  $R_{538}$ ,  $C_{539}$ ) gewonnen. Die Oberspannung für die 380-V-Stabilisierung erzeugt man mit Hilfe einer Spannungsverdopplerschaltung (Greinacherschaltung mit  $Gr_{524}$ ,  $C_{534}$ ,  $Gr_{525}$ ,  $C_{533}$ ). Die Spannungstabilisierung mit der Längsröhre  $Rö_{581}$  und der Regelröhre  $Rö_{582}$  bietet keine Besonderheiten. Die Ausgangsspannung  $U_1$  läßt sich mit dem Potentiometer  $R_{591}$  einstellen. Die in Serie geschalteten Siebkondensatoren  $C_{547}$  und  $C_{548}$  werden über  $R_{540}$  durch die 250-V-Versorgungsspannung symmetriert, eben-



genzkorrektur leicht aus der Grundschaltung ableiten. Abweichend von der beschriebenen Grundschaltung, wird der Korrekturstrom mit parabelförmiger Amplitude nicht aus dem Katenstrom der Vertikal-Endröhre gewonnen, sondern, um Rückwirkungen auf die Ablenklinearität zu vermeiden, am Vertikaltransformator abgenommen und mit den Dioden  $D_{812}$ ,  $D_{813}$  geformt. Außerdem wird dem Parabelstrom kein Sägezahnstrom zur Erzeugung der Unsymmetrie, sondern eine praktisch nur auf die obere Bildhälfte wirkende Halbparabel überlagert. Man vermeidet so auch bei der Vertikalkonvergenzkorrektur, ähnlich wie in der Horizontalkonvergenzschaltung durch die Anwendung von Dioden zur Niveauhaltung der Korrekturstromminima, weitgehend eine Veränderung der statischen Konvergenz bei der Einstellung der dynamischen Konvergenz.

Insgesamt ermöglicht diese Konvergenzschaltung eine einfache und übersichtliche Konvergenzeinstellung.

## 9.12. Netzteil, automatische Entmagnetisierung

Im Netzteil (Bild 241) werden zur Spannungsversorgung des Empfängers eine Gleichspannung von 250 V und zwei stabili-

sierte Gleichspannungen von 380 V und 24 V erzeugt. Die 380-V-Spannung versorgt hauptsächlich die Horizontal- und Vertikalablenkung, die 24-V-Spannung ist für die Transistorstufen bestimmt.

Die Heizspannung für die in Serie geschalteten Röhren nimmt man an einer Anzapfung von  $Tr_{520}$  ab.  $Rö_{581}$  und  $Rö_{582}$  haben eigene Heizspannungskreise.

Mit den Spulen  $L_{533}$  und  $L_{534}$  erfolgt bei jedem Einschalten des Gerätes automatisch eine Entmagnetisierung der Bildröhre. Durch die T-Schaltung  $R_{532}$  (PTC),  $R_{533}$  (VDR) und  $R_{534}$  wird der Magnetisierungsstrom von etwa 4 A nach kurzer Zeit (50...100 ms) auf einen Reststrom von  $< 0,4$  mA reduziert.

Mit der vorstehenden Fortsetzung ist der Textteil der Beitragsreihe „Einführung in die Farbfernsehtechnik“ beendet. Im nächsten Heft folgt zum Abschluß der Reihe noch ein ausführliches Sachwörterverzeichnis.



# Farbdifferenzsignal-Verstärker mit drei Röhren EF 184

DK 621.397.62: 621.397.132

Die drei Verstärker für die Farbdifferenzsignale (kurz FD-Verstärker genannt) steuern die Wehneltzylinder der Farbbildröhre. Das (R—Y)- und das (B—Y)-Signal werden durch Demodulation des Farbsignals gewonnen, während man das (G—Y)-Signal durch Matrizierung der beiden zuerst genannten Signale erhält.

## 1. Eingangssignale

Nach der Sendernorm erhält man im Anschluß an die Demodulation der Farbsignale

$$(R - Y)' = \frac{(R - Y)}{1,14}$$

$$\text{und } (B - Y)' = \frac{(B - Y)}{2,03} \quad (1)$$

Das heißt, bei gleicher Verstärkung des (R—Y)- und des (B—Y)-Verstärkers muß das (R—Y)-Signal um den Faktor

$$\frac{1,14}{2,03} = 0,562 \quad (2)$$

abgeschwächt werden. Das erfolgt vor dem (R—Y)-Verstärker, weil dieser sonst den doppelten Aussteuerungsbereich haben müßte.

## 2. Ausgangssignale

Für maximale Farbsättigung ist das Verhältnis der Maximalamplituden (bei Farbbalken)

$$U_Y : U_{(R-Y)} : U_{(G-Y)} : U_{(B-Y)} = 1 : 1,4 : 0,83 : 1,77 \quad (3)$$

Das gilt für eine Matrizierung vor der Bildröhre, zum Beispiel bei R-G-B-Ansteuerung.

Bei Farbdifferenz-Ansteuerung, bei der die Bildröhre an allen drei Katoden mit  $U_Y$  und an den drei Wehneltzylindern mit  $U_{(R-Y)}$ ,  $U_{(G-Y)}$  beziehungsweise  $U_{(B-Y)}$  angesteuert wird, müssen für 100 % Farbsättigung die Steuerspannungen an den Wehneltzylindern wegen der im Vergleich zur Katodenansteuerung geringeren Steilheit bei Gitteransteuerung und wegen der Gegenkopplung durch den Leuchtdichteverstärker um den Faktor 1,2 größer sein. Gl. (3) lautet dann

$$U_Y : U_{(R-Y)} : U_{(G-Y)} : U_{(B-Y)} = 1 : 1,68 : 1 : 2,13 \quad (4)$$

Zu einem Luminanzsignal  $U_B = 100$  V gehören bei 100 % Farbsättigung also

$$\begin{aligned} U_{(R-Y)} &= 168 \text{ V,} \\ U_{(G-Y)} &= 100 \text{ V,} \\ U_{(B-Y)} &= 213 \text{ V.} \end{aligned} \quad (5)$$

Weil eine 100%ige Farbsättigung jedoch praktisch nicht vorkommt, hat man  $U_{(B-Y)} = 200$  V gesetzt. Damit wird

$$\begin{aligned} U_{(R-Y)} &= 158 \text{ V,} \\ U_{(G-Y)} &= 94 \text{ V,} \\ U_{(B-Y)} &= 200 \text{ V.} \end{aligned} \quad (6)$$

Dipl.-Ing. Klaus Nerstheimer ist Entwicklungsingenieur im Applikationslaboratorium der Valvo GmbH, Hamburg.

Für FD-Verstärker reicht eine 3-dB-Bandbreite von 1 MHz aus. Die kapazitive Belastung der drei FD-Verstärker wird durch die Eingangskapazitäten der Farbbildröhre an den Wehneltzylindern und durch die Kapazitäten der Tastschaltung gebildet, die zusammen mit den Leitungskapazitäten jeweils etwa 18 ... 20 pF ergeben. Die geforderte Bandbreite läßt sich bei dieser kapazitiven Belastung mit einem Anodenwiderstand von 10 kOhm erreichen. Das anzustrebende Linearitätsmaß der drei FD-Verstärker sollte  $m \geq 0,6$  sein.

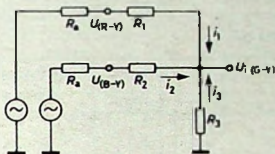


Bild 1. Matrix, in der das Eingangssignal  $U_{(G-Y)}$  der (G-Y)-Endstufe gewonnen wird

Zwischen den FD-Verstärkern und den Wehneltzylindern besteht kapazitive Kopplung, weil die Wehneltzylinder auf anderen Potentialen liegen als die Ausgänge der Verstärker. Um vom Bildinhalt abhängige Signalverschiebungen zu vermeiden, wird das Signal an der Bildröhre während des Zeilenrücklaufes getastet. Durch Änderung der Tastniveaus stellt man die Grundleuchtdichte ein. Außerdem werden Netzbrummspannungen und Störimpulse in den Ausgangssignalen ausgetastet.

Brummspannungen bewirken, daß die Signale in den FD-Verstärker periodisch in Bereiche schlechterer und besserer Linearität geschoben werden. Diese Signalverschiebung wird zwar durch die Tastung beseitigt, infolge der sich periodisch ändernden Linearität bleibt aber eine Modulation der Ausgangssignale bestehen. Daher muß ein bestimmtes Maß an Brummfreiheit gefordert werden.

## 3. (G—Y)-Matrix

Das Eingangssignal für den (G—Y)-Verstärker wird aus den (R—Y)- und den (B—Y)-Ausgangssignalen gewonnen, die durch die Gleichung

$$-(G - Y) = 0,51(R - Y) + 0,19(B - Y) \quad (7)$$

bestimmt sind. Da (R—Y) und (B—Y) aber gegeneinander in der Farbebene gedreht sind, dürfen in Gl. (7) nur die Momentanwerte eingesetzt werden. Die Addition von 0,51 (R—Y) und 0,19 (B—Y) — beide sind wegen des positiven Vorzeichens Bildröhren-Eingangssignale — ergibt  $-(G - Y)$ , das wegen des negativen Vorzeichens geeignet ist, die (G—Y)-Endstufe anzusteuern. Bei der Addition kommt es zunächst nur auf das Verhältnis der Summanden

$$\frac{(R - Y)}{(B - Y)} = \frac{0,51}{0,19} = 2,68 \quad (8)$$

an, denn die zur Ansteuerung der Bildröhre erforderliche Amplitude wird in der (G—Y)-Endstufe gewonnen, in der auch die notwendige Phasendrehung um 180° erfolgt.

Soll in der Matrix das Signal

$$-U_{(G-Y)} = \frac{U_{(R-Y)}}{V_{(G-Y)}} \quad (9)$$

( $V_{(G-Y)}$  ist die Spannungsverstärkung der (G—Y)-Endstufe) gewonnen werden, so erfährt Gl. (7) folgende Umwandlung:

$$\begin{aligned} U_{(G-Y)} &= \\ &= U_{(R-Y)} \frac{0,51}{V_{(G-Y)}} + U_{(B-Y)} \frac{0,19}{V_{(G-Y)}} \quad (10) \end{aligned}$$

Aus Bild 1 ergibt sich

$$i_1 + i_2 + i_3 = 0, \quad (11)$$

$$\begin{aligned} \frac{U_{(R-Y)}}{R_1} + \frac{U_{(B-Y)}}{R_2} &= \\ &= U_{(G-Y)} \frac{R_2 \cdot R_3 + R_1 \cdot R_3 + R_1 \cdot R_2}{R_1 \cdot R_2 \cdot R_3}, \quad (12) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} U_{(G-Y)} &= U_{(R-Y)} \frac{R_2 \cdot R_3}{R_1 \cdot R_2 + R_2 \cdot R_3 + R_1 \cdot R_3} + \\ &+ U_{(B-Y)} \frac{R_1 \cdot R_3}{R_1 \cdot R_2 + R_2 \cdot R_3 + R_1 \cdot R_3}. \quad (13) \end{aligned}$$

Durch Koeffizientenvergleich mit Gl. (10) erhält man

$$\frac{R_2 \cdot R_3}{R_1 \cdot R_3} = \frac{0,51}{0,19} \frac{V_{(G-Y)}}{V_{(G-Y)}} = 2,68. \quad (14)$$

$R_1$  wählt man so, daß die Matrix den (B—Y)-Verstärker nicht zu stark belastet. Aus Gl. (14) ergibt sich

$$R_2 = 2,68 R_1, \quad (15)$$

und  $R_3$  wird

$$R_3 = R_1 \frac{1,37}{2,68 \cdot V_{(G-Y)} - 1,88} \quad (16)$$

Zahlenbeispiel: Mit  $R_1 = 47$  kOhm und  $V_{(G-Y)} = 7$  erhält man  $R_2 = 2,68 \cdot 47$  kOhm = 126 kOhm und  $R_3 = 3,81$  kOhm.

Je größer man  $V_{(G-Y)}$  wählt, um so kleiner wird  $R_3$  und damit auch das Übersprechen vom (R—Y)- auf den (B—Y)-Ausgang und umgekehrt. Das Übersprechen vom (B—Y)- auf den (R—Y)-Ausgang ist

$$\begin{aligned} U'_{(R-Y)} &= \\ &= U_{(B-Y)} \frac{R_3 \parallel (R_1 + R_2)}{R_2 + R_3 \parallel (R_1 + R_2)} \cdot \frac{R_1}{R_1 + R_2} \end{aligned} \quad (17)$$

Umgekehrt ist

$$\begin{aligned} U'_{(B-Y)} &= \\ &= U_{(R-Y)} \frac{R_3 \parallel (R_2 + R_1)}{R_1 + R_3 \parallel (R_2 + R_1)} \cdot \frac{R_2}{R_2 + R_1} \end{aligned} \quad (18)$$

Mit  $R_1 = 10$  kOhm,  $R_2 = 47$  kOhm,  $R_3 = 126$  kOhm,  $R_3 = 5$  kOhm,  $U_{(B-Y)} = 200$  V und  $U_{(R-Y)} = 158$  V ergibt sich

$$U'_{(R-Y)} = U_{(B-Y)} \cdot 0,0062 = 1,24 \text{ V}$$

und

$$U'_{(B-Y)} = U_{(R-Y)} \cdot 0,0068 = 1,08 \text{ V.}$$

Dieses Übersprechen ist frequenzunabhängig.



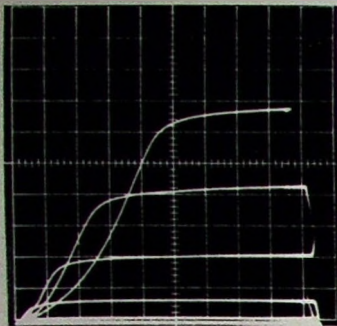


Bild 2. Kennlinienfeld  $I_a = f(U_a)$  mit  $U_{g1}$  als Parameter bei  $U_{g2} = 100 \text{ V}$  und  $U_{g3} = 0 \text{ V}$ . Die obere Kennlinie gilt für  $U_{g1} = 0 \text{ V}$ ;  $\Delta U_{g1} = 0,5 \text{ V}$  (Vertikalempfindlichkeit des Oszillograds 5 mA je Teilstrich, Horizontalempfindlichkeit 20 V je Teilstrich)

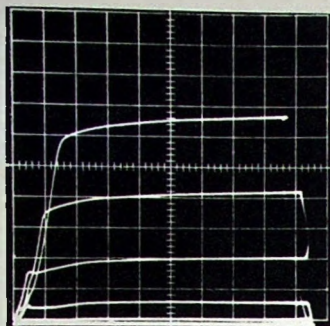


Bild 3. Kennlinienfeld  $I_a = f(U_a)$  mit  $U_{g1}$  als Parameter bei  $U_{g2} = 100 \text{ V}$  und  $U_{g3} = +30 \text{ V}$ . Die obere Kennlinie gilt für  $U_{g1} = 0 \text{ V}$ ;  $\Delta U_{g1} = 0,5 \text{ V}$  (Vertikalempfindlichkeit des Oszillograds 5 mA je Teilstrich, Horizontalempfindlichkeit 20 V je Teilstrich)

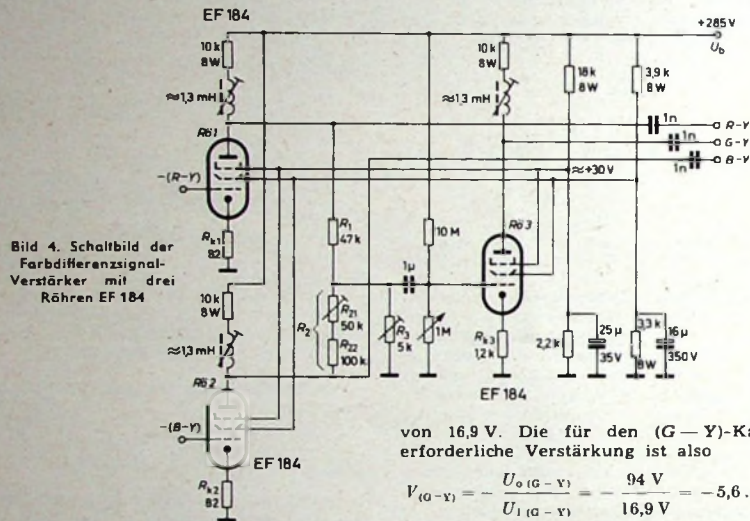


Bild 4. Schaltbild der Farbdifferenzsignal-Verstärker mit drei Röhren EF 184

#### 4. Die EF 184 als FD-Verstärkerröhre

Die Röhre EF 184, eine HF-Pentode für unregelmäßige ZF-Verstärker, ist wegen ihrer Kennlinienlage für FD-Verstärker eigentlich nicht zu verwenden. Bild 2 zeigt die Kennlinien (das Bremsgitter liegt auf Katodenpotential). Beim Betrieb an  $U_b = 285 \text{ V}$  mit  $R_{k1} = 10 \text{ k}\Omega$  könnte die Röhre bis  $U_a \approx 90 \text{ V}$  ausgereizt werden. Legt man jedoch das Bremsgitter auf  $+30 \text{ V}$ , so ergeben sich Kennlinienverschiebungen (Bild 3), die es ermöglichen, die Röhre bis  $U_a \approx 30 \text{ V}$  auszusteuern ( $R_{k3}$  darf dabei nicht größer als  $20 \text{ k}\Omega$  werden). Damit ist die EF 184 auch zur Verwendung in FD-Verstärkern geeignet.

#### 5. Schaltung der FD-Verstärker

Bild 4 zeigt die Schaltung der FD-Verstärker mit drei Röhren EF 184. Durch die Gegenkopplung mit  $R_{k1}$  und  $R_{k2}$  im (B—Y)- beziehungsweise (R—Y)-Kanal sowie mit  $R_{k3}$  im (G—Y)-Kanal werden die Verstärker stabilisiert und linearisiert. Die Matrix besteht aus den Widerständen  $R_1$ ,  $R_2$  ( $R_{21}$  und  $R_{22}$ ) sowie  $R_3$ .  $R_{21}$  ist ein Trimmwiderstand zum Einstellen von  $R_2$  auf  $126 \text{ k}\Omega$ . Mit  $R_3$  wird die erforderliche Eingangsspannung des (G—Y)-Verstärkers eingestellt.

Zum maximalen (G—Y)-Signal gehört, bezogen auf ein Y-Signal von  $U_B = 100 \text{ V}$ ,

$$U_{(R-Y)} = U_{(B-Y)} = 132 \text{ V}.$$

Mit den genannten Matrixwiderständen erhält man ein maximales  $U_{(G-Y)}$ -Signal

von  $16,9 \text{ V}$ . Die für den (G—Y)-Kanal erforderliche Verstärkung ist also

$$V_{(G-Y)} = \frac{U_{(G-Y)}}{U_{(B-Y)}} = \frac{16,9 \text{ V}}{132 \text{ V}} = -5,6. \quad (19)$$

Die Verstärkung der (G—Y)-Stufe  $R_{k3}$  mit  $R_{k1} = 10 \text{ k}\Omega$ ,  $R_{k3} = 1,2 \text{ k}\Omega$  und  $S_0 = 16 \text{ mA/V}$  beträgt unter der Annahme vollkommener Linearität

$$V = \frac{S_0}{1 + S_0 \cdot R_{k3}} \cdot R_{k1} = 8. \quad (20)$$

Damit ergibt sich auch unter Berücksichtigung der Signalkompression bei Großsignalbetrieb genügend Reserve.

Die Schirmgitterspannungen und die positive Spannung für das Bremsgitter werden jeweils über einen für die drei Röhren gemeinsamen Spannungsteiler gewonnen, die so entkoppelt sind, daß Übersprechen nicht stört. Die Versorgungsspannung  $U_b$  für den Verstärker ist  $+285 \text{ V}$ .

Mit den Eingangssignalen  $U_{(R-Y)} = 4 \text{ V}$  und  $U_{(B-Y)} = 4,5 \text{ V}$  erhält man die Ausgangssignale  $U_{(R-Y)} = 160 \text{ V}$ ,  $U_{(G-Y)} = 95 \text{ V}$  und  $U_{(B-Y)} = 200 \text{ V}$ , wobei die Linearität des (B—Y)-Ausgangssignales  $m = 0,6$  ist. Das verhältnismäßig große (R—Y)-Eingangssignal ist erforderlich, weil der Arbeitswiderstand im (R—Y)-Verstärker durch die Matrix stärker belastet wird als der Arbeitswiderstand im (B—Y)-Verstärker.

Die Bandbreite der drei FD-Verstärker ist mit der entsprechenden kapazitiven Last  $B_{(3 \text{ dB})} \approx 1 \text{ MHz}$ . Der (G—Y)-Verstärker hat dabei den schlechtesten Amplitudenfrequenzgang. Das Übersprechen über den gemeinsamen Schirmgitterspannungsteiler beträgt bei  $50 \text{ Hz}$  etwa  $1,3 \%$ . Die Anstiegszeiten der drei Verstärker liegen bei etwa  $400 \text{ ns}$ .

## Neue Elektronik-Baukästen

Neu in das Lieferprogramm von Philips wurden zwei Baukästen für elektronische und mechanische Experimente beziehungsweise Geräte aufgenommen.

### Tonband-Baukasten „TR 1000“

Der Zusammenbau dieses Zweispur-Tonbandgerätes erfordert keine besonderen technischen Vorkenntnisse. Mit etwas handwerklichem Geschick können die einzelnen Teile nach einem bewährten System zusammengeschraubt werden. Lötarbeiten sind nicht erforderlich. Ein graublaues Polystyrolgehäuse gibt dem fertigen Gerät ein modernes Aussehen. Es wiegt  $1,55 \text{ kg}$  und ist  $270 \text{ mm} \times 165 \text{ mm} \times 100 \text{ mm}$  groß. Sechs Batterien je  $1,5 \text{ V}$  speisen Motor und Transistorverstärker. Die Bandgeschwindigkeit ist  $4,75 \text{ cm/s}$ . Zum Baukasten gehören ein Kristallmikrofon, eine 8-cm-Tonbandspule und eine Leerspule. Lieferbar etwa ab Mai 1967.

### Funk-Fernsteuerungs-Anlage (Baukasten „FFE“ und „FFS“)

Die Anlage besteht in der Grundstufe aus je einem Bausatz für den Empfänger („FFE 2“) und den Sender („FFS 2“). Durch das Hinzufügen weiterer Schaltstufen und Ergänzungssätze für jeweils zwei Kanäle läßt sich die Funk-Fernsteuerungsanlage von der 2-Kanal-Grundstufe zu einer 10-Kanal-Version ausbauen. Lieferbar ab März 1967.

Zwei weiterentwickelte Baukasten-Reihen von Philips bauen auf den Erfahrungen auf, die mit der ersten Serie „Elektronik-Experimente“ im Laufe der letzten Jahre gewonnen wurden und berücksichtigen den heutigen Stand der Technik.

### Elektronik-Experimentierkasten „EE 1003“

Mit diesem Grundbaukasten können 24 elektronische Geräte hergestellt werden. Die Baukästen enthalten unter anderem Lautsprecher, Photozellen, Dioden, Ferritantennen und moderne Silizium-Planartransistoren, die zum Beispiel auf kleinen, mit einer gedruckten Schaltung versehenen Leiterplatten befestigt sind. Wie alle anderen Bauteile werden diese Plättchen auf einem labormäßig aussehenden Chassis mit einem einfachen und kontakt-sicheren Stecksystem zur Gesamtschaltung zusammengebaut. Etwa ab August 1967 lieferbar.

Zwei Zusatzbaukästen „EE 1004“ und „EE 1005“ sind zur Ergänzung des Grundbaukastens vorgesehen. Mit ihnen lassen sich jeweils weitere elektronische Modelle aufbauen. Lieferbar ebenfalls ab August 1967.

### Kleiner Elektronik-Baukasten „EE 1050“

Für Kinder von 9 Jahren an wurde eine Baukastenreihe geschaffen, die mit einfachen Schaltungen einen ersten Einblick in die Welt der Elektronik vermittelt. Der Grundbaukasten „EE 1050“ ermöglicht den Zusammenbau von zwölf Geräten. Auch hier werden moderne Bauteile, das unkomplizierte Stecksystem und vorgedruckte Schaltungslagen verwendet. Mit zwei Zusatzkästen „EE 1051“ und „EE 1052“ für jeweils sechs weitere Geräte läßt sich der Grundbaukasten erweitern. Ab August 1967 lieferbar.

### Radio-Baukasten „RE 1107“

Dieser neue, preiswerte Radio-Baukasten übernimmt die Nachfolge der beiden bislang vertriebenen Baukästen „Radio-Experimente“. Der junge Bastler kann ein komplettes Mittelwellen-Radio zusammenbauen, das sich auch für Kurz- und Langwellenempfang erweitern läßt. Batteriebetrieb, Transistorbestückung, Lautsprecher, formschönes Gehäuse und ein ausführliches Anleitungsbuch sind Merkmale des Radio-Baukastens „RE 1107“. Lieferbar ab August 1967.

Weiter im Philips-Programm bleiben die Baukästen „IE 2000“ („Interphone-Experimente“; Wechselsprechanlage mit drei Transistoren, Lautsprechern, Haupt- und Nebenteile) sowie „EE 8“ und „EE 20“ („Elektronik-Experimente“).



# Gleichspannungswandler für Elektronenblitzgeräte

DK 621.314.1:778.448.6

Elektronenblitzgeräte sind ein wichtiges Anwendungsgebiet für Gleichspannungswandler. Diese Arbeit soll einen Überblick über Gleichspannungswandler geben, wie sie für Elektronenblitzgeräte verwendet werden, und ihre spezifischen Eigenschaften, Vor- und Nachteile aufzeigen.

## 1. Elektronenblitzgerät

Die Schaltung eines Elektronenblitzgerätes (Bild 1) besteht hauptsächlich aus folgenden vier Teilen: der Stromquelle  $E$ ,

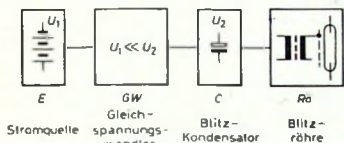


Bild 1. Prinzipschaltung eines Elektronenblitzgeräts

dem Gleichspannungswandler GW, dem Blitzkondensator C und der Blitzröhre  $R_o$  mit ihrem Zündaggregat. Der Blitzkondensator wird aus der Stromquelle mit Hilfe des Gleichspannungswandlers auf seine Betriebsspannung aufgeladen. Beim Zünden (Ionisieren) der Blitzröhre entlädt sich die im Kondensator gespeicherte elektrische Energie sehr schnell über die Blitzröhre, die dabei einen Lichtimpuls abstrahlt.

## 2. Forderungen an den Gleichspannungswandler

Als Stromquellen für Elektronenblitzgeräte werden, wenn man vom Netzbetrieb abieht, fast ausschließlich Trockenbatterien oder Akkumulatoren mit Spannungen von 1,5 V bis 12 V verwendet. Die Blitzkondensatoren sind Elektrolytkondensatoren mit Betriebsspannungen von 300 V bis 500 V. Aufgabe des Gleichspannungswandlers ist es, die niedrige Gleichspannung der Stromquelle umzuwandeln in eine hohe Gleichspannung zur Aufladung des Blitzkondensators. Dabei werden folgende Forderungen bezüglich der Eigenschaften des Gleichspannungswandlers gestellt:

- Sein Wirkungsgrad soll möglichst hoch sein, damit die in der Stromquelle gespeicherte Energie eine hohe Blitzanzahl ergibt.
- Er soll eine große Leistung haben, um kurze Blitzfolgezeiten zu ermöglichen.
- Nach beendeter Aufladung des Blitzkondensators soll die Stromentnahme des Wandlers aus der Stromquelle möglichst gering sein, weil sonst im Wartebetrieb zuviel Energie verbraucht und dadurch der Blitzvorrat geschmälert wird.
- Schaltungsvolumen und -gewicht sollten möglichst gering sein, um kleine, kompakte und dabei doch leistungstarke Blitzgeräte zu ermöglichen.

Zur Realisierung dieser Forderungen haben sich drei Schaltungstypen von Gleich-

spannungswandlern herausgebildet. Der Durchflußwandler, der Sperrwandler und der Summierwandler. Im folgenden werden zunächst die für Blitzgeräte besonders geeigneten Arten des Durchflußwandlers behandelt.

## 3. Durchflußwandler

Als Durchflußwandler bezeichnet man Gleichspannungswandler, die gemäß Bild 2 nach folgendem Funktionsprinzip arbeiten: Die niedrige Spannung der Stromquelle  $E$  wird an die Primärwicklung  $w_1$  des spannungsübersetzenden Transformators  $Tr$  über ein Schaltelement  $S$  periodisch an- und abgeschaltet. Die bei jeder Anschaltung der Stromquelle in der Sekun-

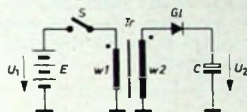


Bild 2. Prinzipschaltung eines Durchflußwandlers

därwicklung des Transformators induzierte hohe Spannung läßt über den Gleichrichter  $Gl$  den Blitzkondensator  $C$  innerhalb einer gewissen Zeit auf seine Betriebsspannung auf. Es fließt dabei immer gleichzeitig Strom in der Primär- und Sekundärwicklung des Transformators. Das Charakteristikum des Durchflußwandlers ist der gleichzeitige Energiefluß von der Stromquelle in den Blitzkondensator ohne Zwischenspeicherung.

## 3.1. Der Wirkungsgrad eines Durchflußwandlers

Zunächst soll der unter Annahme idealer Bedingungen theoretisch mögliche Wirkungsgrad eines Durchflußwandlers untersucht und dann auf den praktischen Wirkungsgrad geschlossen werden. Nimmt man an, daß der Transformator  $Tr$  im Bild 2 ideale magnetische Eigenschaften (also eine unendlich hohe Induktivität) hat, so kann man die Stromquelle  $E$  mit dem Schalter  $S$  so lange an die Primärwicklung  $w_1$  des Transformators anschließen, bis der Kondensator  $C$  durch die in der Sekundärwicklung induzierte Spannung praktisch aufgeladen ist. Dabei fließt in der Primärwicklung  $w_1$  nur der von der Sekundärseite herübertransformierte Ladestrom des Kondensators  $C$ , denn der Magnetisierungsstrom ist auf Grund der unendlichen Induktivität des Transforma-

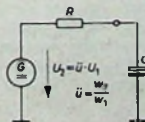


Bild 3. Ersatzstromquelle des idealisierten Durchflußwandlers

tors gleich Null. Der idealisierte Durchflußwandler läßt sich deshalb durch die im Bild 3 angegebene Ersatzstromquelle äquivalent darstellen. Die Leerlaufspannung  $U_2$  der Ersatzstromquelle entspricht der Betriebsspannung des Blitzkondensators  $C$ . Sie ist auch gleich der Spannung  $U_1$  der Stromquelle  $E$  multipliziert mit dem

Übersetzungsverhältnis  $\ddot{u}$  des Transformators, das heißt

$$U_2 = U_1 \cdot \ddot{u}$$

Der Innenwiderstand  $R$  der Ersatzstromquelle setzt sich zusammen aus dem Bahnwiderstand des Gleichrichters  $Gl$ , dem Wicklungswiderstand der Sekundärwicklung  $w_2$  und den auf die Sekundärseite transformierten Widerständen von Primärwicklung  $w_1$ , Schalter  $S$  und Stromquelle  $E$ . Die Aufladung des Blitzkondensators von einem Durchflußwandler läßt sich also zurückführen auf die Aufladung eines Kondensators aus einer Konstantspannungsquelle über einen ohmschen Widerstand.

Der Ladestrom  $i$  gehorcht der e-Funktion

$$i = I_0 \cdot e^{-\frac{t}{RC}} \quad (1)$$

wobei

$$I_0 = \frac{U_2}{R} \quad (2)$$

ist.

Die der Konstantspannungsquelle für eine Aufladung des Kondensators  $C$  entnommene elektrische Arbeit  $A_1$  ist gleich dem Integral aus den Momentanwerten des Produktes von Spannung  $U_2$ , Strom  $i$  und den Zeitintervallen  $dt$ , integriert über die Zeit  $T$  der Aufladung

$$A_1 = \int_0^T U_2 \cdot i \cdot dt = U_2 \int_0^T i \cdot dt \quad (3)$$

und mit Gl. (1) gilt

$$\begin{aligned} A_1 &= U_2 \int_0^T I_0 \cdot e^{-\frac{t}{RC}} \cdot dt \\ &= U_2 \cdot I_0 \cdot \left[ -RC \cdot e^{-\frac{t}{RC}} \right]_0^T \\ &= U_2 \cdot I_0 \cdot RC \left( 1 - e^{-\frac{T}{RC}} \right) \end{aligned}$$

Mit Hilfe von Gl. (2) erhält man schließlich

$$A_1 = U_2^2 \cdot C \cdot \left( 1 - e^{-\frac{T}{RC}} \right) \quad (4)$$

Die Aufladung des Kondensators ist erst nach der Zeit  $T = \infty$  vollständig beendet. In Gl. (4) ist also für die Zeit  $T = \infty$  zu setzen, dadurch wird das negative Glied in der Klammer zu Null und man erhält die der Stromquelle für eine Aufladung entnommene Arbeit zu

$$A_1 = C \cdot U_2^2$$

Die in dem Kondensator nach der Aufladung gespeicherte elektrische Energie  $A_2$  ist dagegen

$$A_2 = \frac{1}{2} \cdot C \cdot U_2^2$$

Damit ergibt sich der theoretisch mögliche maximale Wirkungsgrad  $\eta$  der Aufladung eines Kondensators mit einem Durchflußwandler zu

$$\eta = \frac{A_2}{A_1} = \frac{\frac{1}{2} \cdot C \cdot U_2^2}{C \cdot U_2^2} = \frac{1}{2}$$

das heißt, der Wirkungsgrad ist maximal 50 %.

Ing. Wolfgang Pecher ist Leiter des Entwicklungslabors für Elektronenblitzgeräte der Metz Apparatewerke, Fürth/Bay.



Aus diesem Resultat ergeben sich für den Durchflußwandler zwei wichtige Feststellungen:

1. Der Wirkungsgrad der Aufladung eines Kondensators mit einem Durchflußwandler kann selbst bei Verwendung idealer Bauteile 50 % nicht übersteigen.
2. Der Wirkungsgrad eines Durchflußwandlers ist unabhängig von dem im Aufladekreis liegenden Widerstand.

In der Praxis wird der theoretisch mögliche Wirkungsgrad von 50 % nicht ganz erreicht. Es haben zwar, wie die Rechnung ergeben hat, die gesamten Längswiderstände im Aufladekreis keinen Einfluß auf den Wirkungsgrad, jedoch sind bei einem praktischen Durchflußwandler noch einige sogenannte Querverluste vorhanden, die den Wirkungsgrad etwas herabsetzen.

Einer dieser Querverluste ergibt sich aus der Tatsache, daß die in den praktischen Durchflußwandlern verwendeten Transformatoren endliche Induktivitäten haben. Dadurch kann die Aufladung des Kondensators nicht in einem Zuge (einer Periode) erfolgen, wie dies bei dem idealisierten Durchflußwandler angenommen wurde, sondern sie vollzieht sich in vielen kleinen Schritten. Sobald nämlich die Spannung der Stromquelle  $E$  an die Primärwicklung  $w_1$  angeschlossen wird, fließt in dieser neben dem von der Sekundärseite herübertransformierten Ladestrom des Kondensators zusätzlich ein Magnetisierungsstrom, der den Transformator bald in die Sättigung magnetisiert. Sobald der Sättigungspunkt erreicht ist, muß die Stromquelle von der Primärwicklung für eine gewisse Zeit abgeschaltet werden, innerhalb der sich das Magnetfeld des Transformators wieder abbauen kann. Dann erst kann die Stromquelle wieder angeschlossen werden und es erfolgt der nächste Ladeschritt. Dies wiederholt sich so lange, bis der Kondensator aufgeladen ist.

Die während jedes Ladeschrittes (Periode) im Transformator gespeicherte magnetische Energie ist nicht verloren, sondern

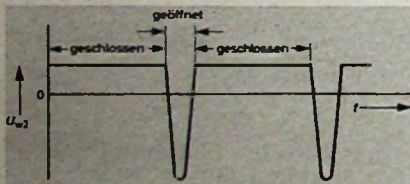


Bild 4. Spannung  $U_{w2}$  an der Wicklung  $w_2$  des Wandlers bei geschlossenem und geöffnetem Schalter  $S$  als Funktion der Zeit  $t$

wird (ähnlich wie beim Sperrwandler) an den Blitzkondensator weitergegeben. Im Bild 4 ist der Spannungsverlauf an der Wicklung  $w_2$  eines Durchflußwandlers nach Bild 2 dargestellt. Ist der Schalter  $S$  geschlossen, so bewirkt die in der Sekundärwicklung induzierte Spannung einen Stromfluß in den Kondensator  $C$ . Der Gleichrichter  $Gl$  ist also leitend und an der Wicklung  $w_2$  liegt die Spannung  $U_2$  des Blitzkondensators. Wird der Schalter  $S$  geöffnet, so bildet der jetzt unbelastete Transformator mit den Wicklungs- und Gleichrichterkapazitäten einen Schwingkreis. Das zusammenbrechende Magnetfeld führt zu einer Umpolung der Spannung an den Wicklungen. Sie schwingt etwa eine halbe Sinusperiode frei durch,

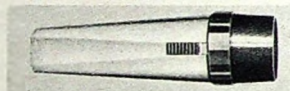
dann hat sie wieder die zum Zeitpunkt des Abschaltens vorhandene Größe und Polarität erreicht; der Gleichrichter  $Gl$  wird wieder leitend und die auf Grund des Magnetisierungsstromes im Transformator gespeicherte Energie fließt in Form eines Stromimpulses in den Blitzkondensator. Das ist gleichzeitig der geeignete Zeitpunkt zum Wiedereinschalten des Schalters  $S$ , weil sich dabei das Einschalten ohne Einschwingvorgänge und damit ohne Verluste vollzieht. Bei modernen Durchflußwandlern ist dies automatisch gegeben, weil der von der Magnetisierungsenergie herrührende Stromimpuls in den Blitzkondensator gleichzeitig zur Wiedereinschaltung des während der Ausschwingphase gesperrten Schalttransistors benutzt wird.

Im Transformator entstehen aber durch die Magnetisierung Wirbelstrom- und Hystereseverluste. Das sind echte Querverluste, die den Wirkungsgrad herabsetzen. Sie können durch Verwendung geeigneter verlustarmer Ferritkerne für den Transformator relativ klein gehalten werden. Bei modernen Durchflußwandlern macht ihr Anteil etwa 3 % der aufgenommenen Leistung aus.

## Für Werkstatt und Labor

### Service-Lampe

Die von Daimon auf den Markt gebrachte Taschenlampe „Lotse“ ist, wie es der Name andeutet, eigentlich für Fußgänger gedacht, die den Zebrastrifen überqueren wollen. Sie hat sich aber auch gut als



Lichtquelle bei Servicearbeiten, die beim Kunden durchzuführen sind, bewährt. Das vollständig aus Kunststoff bestehende Gehäuse bietet dabei absolute Sicherheit gegen das ungewollte Berühren spannungsführender Teile.

### Miniaturl-Betriebsstundenzähler

Von Bauser, 7241 Empfinger bei Horb, wurde der Miniaturl-Betriebsstundenzähler „Horacont Typ 200“ entwickelt. Der Zähler hat eine 24 mm x 24 mm große Frontplatte (eine normale Briefmarke hat die Abmessungen 24 mm x 28 mm) und einen Tubus von 22 mm Durchmesser. Der Zählbereich ist 0 ... 9999 Stunden, und die Ziffernhöhe ist 4 mm. Der Betriebsstundenzähler kann für Spannungen von 12 ... 220 V, 50 oder 60 Hz geliefert werden. Zur Befestigung ist ein Federring vorhanden, der über den Tubus geschoben wird. An der eingebauten Laufanzeige können Lauf oder Stillstand des Zählers abgelesen werden, der in ein Kunststoffgehäuse eingebaut und bei Umgebungstemperaturen bis zu etwa 60 °C betriebsfähig ist.

### Mechanische Meß- und Arbeitsmittel für den Tonbandgeräte-Service

Neben den elektrischen Einrichtungen wie NF-Röhrenvoltmeter, NF-Generator, Kaudenstrahlloszillograf usw. sind für den rationellen Tonbandgeräte-Service noch verschiedene mechanische Meß- und Arbeitsmittel nötig. Die üblichen Schraubendreher und Seitenschneider darf man als

Der andere nennenswerte Teil der Querverluste ist durch den Steuerleistungsbedarf des Schalterelementes  $S$  gegeben. In den modernen Gleichspannungswandlern werden als Schalterelemente Germaniumtransistoren verwendet. Auf Grund ihrer inzwischen hohen Stromverstärkung ist ihre Steuerleistung relativ niedrig; sie beträgt weniger als 1 % der aufgenommenen Leistung des Wandlers. Voraussetzung ist dafür allerdings eine geeignete Schaltung, in welcher dem Transistor nicht mehr Steuerleistung zugeführt wird, als er benötigt. Man erkennt daraus, daß es bei einem Durchflußwandler relativ leicht und ohne großen Aufwand möglich ist, nahe an den theoretisch maximalen Wirkungsgrad heranzukommen. Er beträgt dafür allerdings nur 50 %.

### 3.2. Durchflußwandler-Arten

Durchflußwandler gibt es sowohl in Ein- als auch in Gegentaktschaltung. Hierbei unterscheidet man wieder je nach Art der Steuerung des Schalterelementes spannungsgesteuerte und stromgesteuerte Durchflußwandler. In Blitzgeräte-Gleichspannungswandlern werden heute fast immer Germaniumtransistoren als Schalterelemente verwendet. (Fortsetzung folgt)

vorhanden voraussetzen. Zusätzlich sollten im Werkzeugsortiment noch Steckschlüssel, Gabelschlüssel, Mundspiegel und eine Schere aus Nichteisenmetall sein. Wichtig ist auch eine Entmagnetisierungsdrossel. Man kann damit Bandführungsteile, Werkzeuge und Tonköpfe entmagnetisieren. Magnetische Teile, die mit dem Tonband in Berührung kommen, führen zu erhöhtem Bandrauschen. Deshalb sollten diese Teile grundsätzlich nach jeder Reparatur entmagnetisiert werden.

In den Service-Anleitungen sind beispielsweise der Bandzug, die Bremsmomente oder der Andruck von Gummirollen in Gramm oder Pond angegeben. Zum Messen benötigt man entsprechende Federwaagen.

Nicht zu vernachlässigen sind die verschiedenen Schmiermittel für Lager und Gleitstellen in Tonbandgeräten. Im all-



Spezialwerkzeuge und Zubehör für den Tonbandgeräte-Service (von links nach rechts: Mundspiegel, Steckschlüssel, Winkel-Schraubendreher, Schraubenschlüssel und Entmagnetisierungsdrossel)

gemeinen schreiben die Tonbandgeräte-Hersteller bestimmte Schmiermittel für einzelne Anwendungen vor. Es ist deshalb empfehlenswert, die wichtigsten Schmiermittel bereitzuhalten. Grundsätzlich hat für die eigenen Tonbandgeräte einen kompletten Schmiermittelsatz zusammengestellt. Er enthält Öle, Fette und Molykote-Paste für Motor- und sonstige Sinterlager, für Fettdepotschmierungen, für Metall- und Kunststoff-Gleitstellen und für die Trockenschmierung von Gleitstangen.



# Stereo-Endverstärker 2x10/15 W mit Planartransistoren

## 1. Schaltung

Das Prinzip des nach der Schaltung Bild 1 aufgebauten Verstärkers ist nicht neu, es wurde erstmals 1956 beschrieben [1] und seither vielfältig abgewandelt [2] bis [12]. Durch ausschließliche Verwendung von hochwertigen Silizium-Planartransistoren ließ sich die Schaltung sehr einfach aus-

Die hintereinandergeschalteten Dioden G 580 (D 1) und ZE 1,5 (D 2) werden vom Kollektorstrom (etwa 4 mA) des Treibertransistors BC 171 A (T 2) durchflossen. Der an ihnen entstehende Spannungsabfall von rund 1,75 V, vermehrt um etwa 150 mV Spannungsabfall am 100-Ohm-Potentiometer P 2, bestimmt den Ruhestrom der

heißt „Bootstrap“-Schaltung. In dem Kollektorkreis des Treibertransistors liegt (an der Verbindung der Basis von T 3 mit der Diode D 1) ein 100-pF-Kondensator C 3, der ebenso wie das Boucherot-Glied C 7 (47 nF), R 15 (10 Ohm) ein Schwingen des Verstärkers bei sehr hoher Frequenz verhindern soll. Die Treiberstufe wird vom Kollektor der Vorstufe mit einem Generatorwiderstand von 1,5 kOhm (R 10) angesteuert und arbeitet mit sehr hoher Spannungsverstärkung (etwa 5000). Der Kollektorstrom des Treibertransistors BC 171 A ist mit etwa 4 mA wesentlich höher, als er in bezug auf die folgenden Verstärkerstufen sein müßte. Der hohe Kollektorstrom wurde gewählt, weil der Frequenzgang der Spannungsverstärkung der Treiberstufe dadurch besser ist. Anders ausgedrückt: Die Kollektor-Basis-Kapazität des BC 171 A (etwa 6 pF; stromunabhängig) wirkt sich bei größerem Kollektorstrom weniger aus. In die gleiche Richtung zielt der mit 1,5 kOhm ziemlich klein gewählte Basis-Emitter-Widerstand R 10 des BC 171 A. Im Hinblick auf die prinzipielle Funktion des Verstärkers könnte er entfallen. Jedoch würde dann der BC 171 A aus sehr hohem Generatorwiderstand angesteuert und der Frequenzgang der Spannungsverstärkung auf Grund der Kollektor-Basis-Kapazität wäre schlechter, als wenn man den BC 171 A aus dem relativ kleinen Generatorwiderstand von 1,5 kOhm ansteuert.

Außerdem würde bei fehlendem 1,5-kOhm-Widerstand R 10 der Vorstufentransistor BC 192 (T 1) bei sehr kleinem Kollektorstrom arbeiten; das bedeutet unter Umständen, daß dabei die Stromverstärkung des Vorstufentransistors schon erheblich abgesunken ist. Also wirkt sich dieser Widerstand auch hinsichtlich der Vorstufe günstig aus.

Als Vorstufentransistor T 1 ist der PNP-Transistor BC 192 eingesetzt. Dadurch ist es möglich, den Verstärker über alle Stufen mit Gleichstromkopplung zu betreiben, und es ergibt sich eine sehr einfache Schaltung mit günstigen Eigenschaften. Die Basis des BC 192 wird von der Betriebsspannung über einen Spannungsteiler R 2 (47 kOhm), R 3 (47 kOhm) gespeist, dem ein Siebglied R 1 (15 kOhm), C 2 (50 µF) vorgeschaltet ist. Der Emitter des BC 192 ist über einen 2,2-kOhm-Widerstand R 8 mit dem Punkt a der Endstufe verbunden, dem die Ausgangsleistung entnommen wird. An diesem Punkt stellt sich auf Grund der starken Gleichstromgegenkopplung zwangsläufig eine Gleichspannung von etwa 17 V ein (gleich der Spannung an der Basis des BC 192 zuzüglich  $U_{BE} \approx 0,6$  V und etwa 0,7 V Spannungsabfall am 2,2-kOhm-Widerstand R 8).

Die Verstärkung des gesamten Verstärkers wird praktisch nur durch das Teilverhältnis des Gegenkopplungsspannungsteilers bestimmt, der aus den Widerständen R 8 (2,2 kOhm), R 9 (180 Ohm) und dem 100-Ohm-Potentiometer P 1 besteht. Der 250-µF-Elektrolytkondensator C 5 legt das eine Ende des Potentiometers P 1 für Wechselstrom an Masse. Der Gegenkopplungsfaktor ist rund 60 dB, woraus der äußerst kleine Klirrfaktor des Verstärkers resultiert.

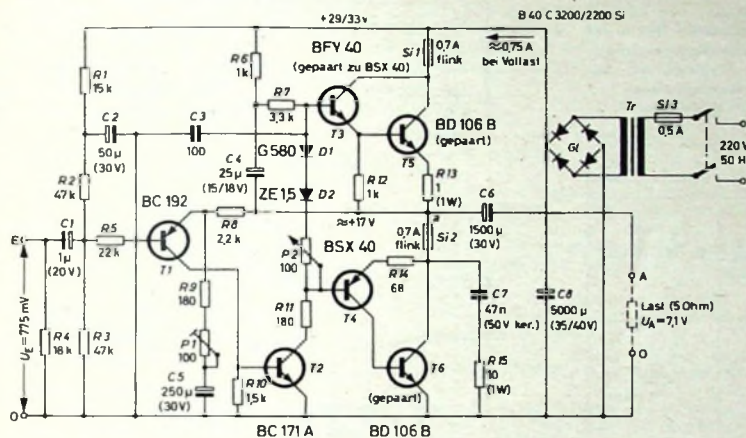


Bild 1. Schaltbild eines Kanals des Verstärkers, der zweite Kanal ist entsprechend aufgebaut (Stromversorgungssteil gemeinsam für beide Kanäle)

bilden, und es wurden sehr günstige elektrische Werte bei mäßigem Aufwand erreicht.

Die Ausgangsleistung von 10 W wird aufgebracht von zwei in Seriegegentakt arbeitenden Silizium-NPN-Epitaxie-Planar-Leistungstransistoren BD 106 B (T 5, T 6), die gepaart sein müssen. Unter Paarung sei dabei verstanden, daß sich die Stromverstärkungen der beiden Exemplare im Datenblattmeßpunkt ( $U_{CE} = 2$  V,  $I_C = 0,5$  A) um höchstens etwa 20 % unterscheiden. Der Lastwiderstand ist über den 1500-µF-Koppelkondensator C 6 angeschlossen.

Der obere BD 106 B (T 5) arbeitet in Kollektorschaltung und bildet mit dem vorgeschalteten NPN-Planartransistor BFY 40 (T 3) einen Darlington-Verstärker. Der untere BD 106 B (T 6) arbeitet in Emitter-schaltung und wird angesteuert von dem ebenfalls in Emitter-schaltung betriebenen PNP-Planartransistor BSX 40 (T 4). Die beiden Transistoren BFY 40 (T 3) und BSX 40 (T 4) der Phasenumkehrstufe sind komplementäre Typen, die sich in ihren Kennlinien ähneln. Auch sie müssen gepaart sein. Arbeitspunkt dafür:  $|U_{CE}| = 5$  V,  $I_C = 50$  mA.

Der Kollektorruehstrom der Endstufe soll im Interesse geringer Übernahmeverzerrungen bei 10 bis 20 mA liegen (bei kalter Endstufe, also kurz nach dem Einschalten). Ein Maß für den Ruhestrom ist der Spannungsabfall (10 ... 20 mV) an dem 1-Ohm-Emitterwiderstand R 13.

Ing. Rudolf Sydow ist Entwicklungsingenieur im Entertainment-Applikationslabor von Intermittel, Halbleiterwerk der Deutschen IIT Industrie GmbH, Freiburg i. Br.

Endstufe. Diese 1,9 V teilen sich auf in etwa 650 mV als  $U_{BE}$  des oberen BD 106 B (T 5), je etwa 600 mV als  $U_{BE}$  der Transistoren BFY 40 und BSX 40 und etwa 50 mV Ruhestromabfall an den Emitterwiderständen R 13 (1 Ohm) und R 14 (68 Ohm). Die steile Durchlaßkennlinie der Dioden stabilisiert den Ruhestrom der Endstufe gegenüber Betriebsspannungsschwankungen, und die Temperaturabhängigkeit der Durchlaßspannung der Dioden gewährleistet eine (nicht ganz vollständige) Temperaturkompensation des Ruhestroms gegenüber Schwankungen der Umgebungstemperatur. Das ist erforderlich, um thermische Stabilität der Endstufe zu gewährleisten.

Für die thermische Stabilität der Endstufe sind außerdem die Kühlfläche des oberen BD 106 B (T 5) sowie die Emitterwiderstände R 13 und R 14 maßgebend. Es wird ein Kühlkörper mit einem Wärmewiderstand von etwa 5 grd/W für jeden Endtransistor empfohlen; eventuell kann man auch einen Kühlkörper von etwa 2 grd/W für beide Endstufentransistoren gemeinsam benutzen und die Transistoren isoliert montieren. Die Verlustleistung je Transistor ist maximal rund 4,5 W. Daraus resultiert mit  $R_{th G} = 13$  grd/W,  $R_{th K} = 5$  grd/W und  $T_U = 50^\circ\text{C}$  eine Sperrschichttemperatur von  $T_j = \text{max. } 130^\circ\text{C}$ . Thermische Stabilität ist gewährleistet bis  $T_U = +70^\circ\text{C}$ . Um die Endstufe bis zur vollen Betriebsspannung aussteuern zu können, muß die Versorgungsspannung der Treiberstufe T 2 (BC 171 A) mit Hilfe des RC-Gliedes R 6 (1 kOhm), C 4 (25 µF) in bekannter Weise mit der Ausgangsspannung mitgeführt („gebootstrap“) werden. Diese Schaltung



Der Widerstand  $R5$  (22 k $\Omega$ ) vor der Basis der Vorstufe  $T1$  hat nur den Zweck, ein sonst unter Umständen mögliches Schwingen des Verstärkers bei sehr hoher Frequenz zu verhindern. Er hat keine Auswirkung auf das Nutzsignal, da der Eingangswiderstand an der Basis des BC 192 bei etwa 5 M $\Omega$  liegt. Der an der Eingangsklemme wirksame Eingangswiderstand von 10 k $\Omega$  ergibt sich aus der wechselstrommäßigen Parallelschaltung der drei Widerstände  $R4$  (18 k $\Omega$ ),  $R3$  (47 k $\Omega$ ) und  $R2$  (47 k $\Omega$ ).

Das Netzteil ist sehr einfach aufgebaut. Durch Verwendung eines reichlich bemessenen Netztransformators  $Tr$  (Kern EI 84/43, primär 700 Wdg, 0,48 CuL, sekundär 80 Wdg, 1,2 CuL) und Gleichrichters  $G1$  war es möglich, auf die bei B-Verstärkern meist erforderliche Stabilisierung der Betriebsspannung zu verzichten, ohne daß sich dadurch Qualitätseinbußen für den Verstärker ergeben.

( $\approx 10 V_{ss}$ ), der untere die Eingangsspannung.

Die Bilder 5a-5d sind Oszillogramme der Ausgangs- und Eingangsspannung bei Betrieb mit Rechtecksignal [15]. Die Spitze im Bild 5c ist hervorgerufen durch den 100-pF-Kondensator  $C3$ , der in Verbindung mit dem Boucherot-Glied  $C7$  (47 nF),  $R15$  (10  $\Omega$ ) ein Schwingen des Verstärkers bei hoher Frequenz verhindert.

Es ist durchaus möglich, durch eine Verkleinerung des Teilverhältnisses des Gegenkopplungsteilers  $R8/(R9 + P1)$  eine

höhere Eingangsempfindlichkeit auf Kosten des Klirrfaktors zu erreichen. Es sind Eingangsspannungen für Vollaussteuerung bis herab zu etwa 20 mV denkbar. Dafür müßte der aus dem Potentiometer  $P1$  und dem 180- $\Omega$ -Widerstand  $R9$  gebildete Zweig des Spannungsteilers etwa 4,7  $\Omega$  betragen. Allerdings muß – proportional mit der Widerstandsabnahme – der mit dem Widerstand verbundene Elektrolytkondensator  $C5$  vergrößert werden, ebenso der 50- $\mu$ F-Elektrolytkondensator  $C2$  des Basis-Siebgliedes. Der Klirrfaktor für

Tab. I.  
Elektrische Werte des Stereo-Endverstärkers im Vergleich mit den Forderungen nach DIN 45500 Blatt 3

	beschriebener Verstärker	in DIN 45500 Blatt 3 gefordert
Music-Power	2 x 15 W	
Ausgangsleistung	2 x 10 W	2 x 6 W
Übertragungsbereich	40 Hz – 1,3 dB 300 kHz – 0,15 dB (s. Bild 2)	40 Hz...10 kHz
Klirrfaktor bei 2 x 10 W bei 2 x 100 mW	$\approx 0,1\%$ (s. Bild 3) $\approx 0,05\%$	< 1%
Intermodulationsfaktor nach DIN 45503 [2]	$\approx 0,2\%$	< 3%
Nenn-Lastwiderstand	5 $\Omega$	4 $\Omega$
Nenn-Eingangsspannung	775 mV	
Eingangswiderstand	10 k $\Omega$	
Fremdspannungsabstand	60 dB	> 50 dB
Dämpfungsfaktor	$\approx 30$	> 3
Übersprechdämpfung bei 1 kHz bei 10 kHz	$\approx 75$ dB $\approx 70$ dB	> 40 dB > 30 dB
Stromaufnahme bei Vollaussteuerung gleichstromseitig	$\approx 1,5$ A	
netzseitig, bei 220 V, 50 Hz	$\approx 0,3$ A	
Stromaufnahme im Leerlauf gleichstromseitig	$\approx 50$ mA	
netzseitig, bei 220 V, 50 Hz	$\approx 140$ mA	

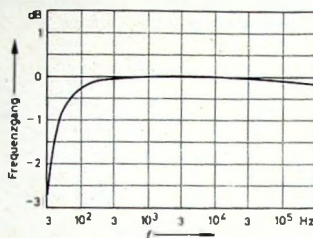


Bild 2. Frequenzgang des Verstärkers, gemessen 6 dB unter Vollaussteuerung bei abgeklemmtem Boucherot-Glied

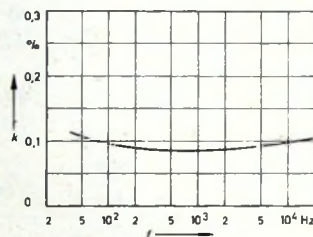


Bild 3. Klirrfaktor des Verstärkers bei Vollaussteuerung

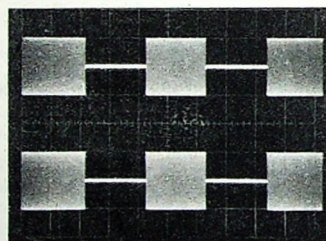


Bild 4. Prüfung des Verstärkers mit 1-kHz-Impulsen, Zeitmaßstab 0,5 s/Teilstrich; oberer Strahl Ausgangsspannung (10  $V_{max}$ ), unterer Strahl Eingangsspannung

## 2. Diskussion der Eigenschaften des Verstärkers

Aus Tab. I geht hervor, daß die in DIN 45500 Blatt 3 [13] gestellten Forderungen weit übertroffen werden. Nur ein Wert geht nicht wesentlich über die DIN-Forderung hinaus: die untere Grenzfrequenz (s. Bild 2). Der Grund dafür liegt im Preis der in der Schaltung enthaltenen Kondensatoren. Es ist ohne sonstigen Aufwand eine weit kleinere untere Grenzfrequenz erreichbar, wenn man einfach die Kapazitäten aller Elkos außer dem Ladekondensator um den gleichen Faktor vervielfacht.

Der Klirrfaktor [14] beträgt, wie Bild 3 zeigt, bei Vollaussteuerung im gesamten Hörbereich etwa 0,1 %. Das ist ein Wert, der sonst nur von wesentlich aufwendigeren Verstärkern erreicht wird. Auch der Intermodulationsfaktor ist mit 0,2 % bemerkenswert klein.

Infolge des Fehlens von Koppelkondensatoren ist das Einschwingverhalten des Verstärkers sehr gut. Bild 4 zeigt das Oszillogramm von 1-kHz-Impulsen (Burst) von etwa 1 s Dauer. Der obere Strahl ist die Ausgangsspannung des Verstärkers

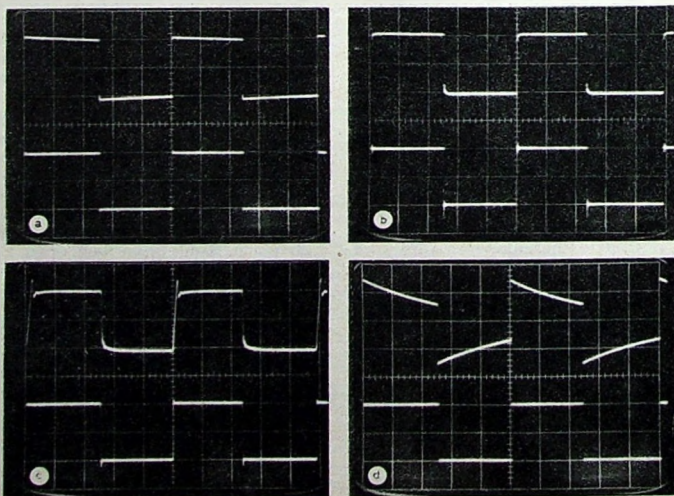


Bild 5. Prüfung des Verstärkers mit Rechteckspannungen bei 1 kHz (a), 10 kHz (b), 50 kHz (c) und 100 kHz (d); oberer Strahl Ausgangsspannung (10  $V_{max}$ ), unterer Strahl Eingangsspannung



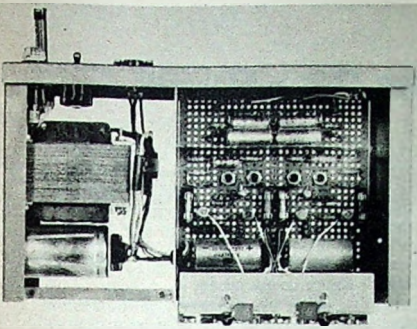


Bild 6. Draufsicht auf den geöffneten Verstärker

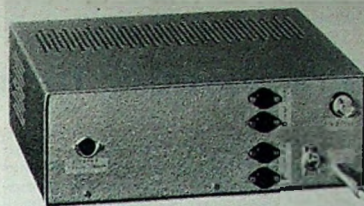


Bild 7. Ansicht des betriebsfertigen Verstärkers

sind praktisch alle Einzelheiten des Aufbaus zu erkennen. Die vier Endtransistoren für beide Kanäle sind isoliert auf einem gemeinsamen Kühlkörper befestigt. Der Kühlkörper ist mit Minus verbunden. Der Verstärker wurde in ein Leister-Gehäuse „77 bs“ eingebaut (Bild 7).

#### Schrifttum

- [1] Lin, H. C.: Quasi-complementary transistor amplifier. Electronics Bd. 29 (1956) Nr. 9, S. 173-175
- [2] Herscher, Marvin. B.: Designing transistor a-f power amplifiers. Electronic Engin. Edition, April 11, 1958, Seite 96-99
- [3] Sharma, M. u. Berkovitz, R.: A 200-watt solid-state stereo amplifier. Electronics Wld. Bd. 73 (1965) Nr. 3, S. 44 bis 47
- [4] Keller, H.: Transformatorloser Stereo-NF-Transistorverstärker. Intermetall-Sonderdruck Nr. 31
- [5] Giesel, W.: HF-Stereo-Anlage in Bausteinform. Funkschau Bd. 38 (1966) Nr. 13, S. 423-426
- [6] Griese, H. J., Ewert, H. u. Seipel, I.: Stereoanlage mit Mischverstärker, Regieteil und Leistungsstrahlern. radio mentor Bd. 32 (1966) Nr. 8, S. 657-663
- [7] Giesel, W.: Hi-Fi-Stereo-Steuergerät „Klangmeister RS 81“. Funk-Techn. Bd. 21 (1966) Nr. 17, S. 610-612
- [8] Porges, I.: Hi-Fi-Verstärker „V 101“. Funk-Techn. Bd. 21 (1966) Nr. 21, S. 756-758
- [9] RCA-Publikation AN-3185: A high-quality, low-cost, 15-watt, complementary-symmetry power amplifier
- [10] RCA-Publikation ATC-406: AF amplifier data (35 W und 20 W)
- [11] Valvo-Brief April 1964, S. 10
- [12] Valvo-Brief März 1965
- [13] DIN 45 500 Blatt 6: Heimstudio-Technik (Hi-Fi), Mindestanforderungen an Verstärker
- [14] DIN 45 403: Messung von nichtlinearen Verzerrungen in der Elektroakustik
- [15] Verstärkerprüfung mit Rechteckschwingungen. Funktechn. Arbeitsblätter Mv 71, München, Franzis

#### Kombinations-Ersatzteil für Netzteile in Fernsehgeräten

Nach längeren Betriebsjahren vergrößert sich der Durchlaßwiderstand von Selengleichrichtern in Netzteilen der Fernsehgeräte. Die Folgen sind absinkende Versorgungsspannung und damit verbunden schlechte Bildqualität, unzureichende Bildbreite und Bildhöhe. Teilweise schlagen auch Selengleichrichter infolge erhöhter Stromaufnahme älterer Geräte durch.

Für diese Reparaturfälle ist jetzt ein preisgünstiges Kombinations-Bauelement auf den Markt gekommen (Fa. Heninger, 8 München 3, Postfach 225), das den Ersatz von Selengleichrichtern erlaubt, ohne die Versorgungsspannungen über den angegebenen ursprünglichen Wert ansteigen zu lassen. Dieses Bauelement besteht aus einer Silizium-Gleichrichterdiode BY 104 und einem vorgeschalteten Hochlastwiderstand R1 (Bild 1). Die

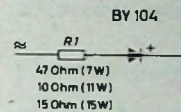


Bild 1. Schaltung der Silizium-Gleichrichterdiode mit Vorwiderstand

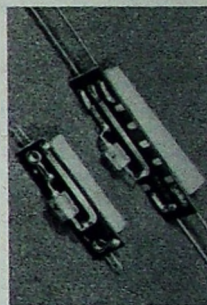


Bild 2. Ausführungsformen der Gleichrichterkombination

Gleichrichterdiode hat 800 V Sperrspannung, 1,5 A Nennstrom und 5,5 A Spitzenstrom. Drei verschiedene Ausführungen mit Vorwiderständen 15 Ohm (15 W), 10 Ohm (11 W) oder 4,7 Ohm (7 W) stehen zur Verfügung. Dadurch können die ursprünglichen höheren Durchlaßwiderstände der Selengleichrichter nachgebildet und Überspannungen vermieden werden.

Vorwiderstand und Silizium-Gleichrichterdiode sind auf einer gedruckten Platine zusammengeschaltet (Bild 2). Die Kombination der Diode mit dem 4,7-Ohm-Widerstand hat als Anschlüsse zwei Lötösen, die anderen Kombinationen haben wegen des höheren Gewichts vier starke Anschlußdrähte (1 mm Ø).

#### Kleine Ursache (fehlerhafte Isolierung) — große Wirkung

Bei einem fehlerhaften Gerät war die Sicherung defekt. Es war anzunehmen, daß sie infolge Überlastung durchbrannte. Probeweise wurde eine Ersatzsicherung eingesetzt und das Gerät eingeschaltet. Die Sicherung war sofort wieder defekt. Außerdem war der typische Geruch eines fehlerhaften Selengleichrichters festzustellen. Der Gleichrichter wurde durch einen neuen ersetzt.

Nach dem Wiedereinschalten waren im Hochspannungskäfig starke Funkenüberschläge erkennbar. Ursache: Der erst vor etwa einem halben Jahr ausgetauschte Zellentransformator hatte eine fehlerhaft isolierte Verbindung zur Anode der Endröhre PL 36; es traten Überschläge zwischen der Zellen-Endröhre und der Boosterdiode in unmittelbarer Nähe der Trafowicklung auf. Der Zellentransformator und die defekte Boosterdiode mußten ersetzt werden. Außerdem war infolge der starken Überlastung der Schirmgitterwiderstand der Zellen-Endröhre nicht mehr einwandfrei. Er ist ebenfalls ausgetauscht worden.

## INTERNATIONALE ELEKTRONISCHE RUNDschau

brachte im Februarheft 1967 unter anderem folgende Beiträge:

#### Planartechnik für Germanium

Kapazitives Abstandmeßgerät zur Messung dynamischer Radlasten an Kraftfahrzeugen

Zum Zusammenhang von Energie- und Speicherdichte bei der Informations-speicherung

Strom-Frequenz-Konverter als Integrator und Meßwertwandler

Betrachtungen zur Entmagnetisierung von Schattenmasken-Farbbildröhren

Preßmassen, Gieß- und Imprägnierharze für die Elektronik

Format DIN A 4 · monatlich ein Heft · Preis im Abonnement 12,30 DM vierteljährlich, Einzelheft 4,20 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  
Postanschrift: 1 BERLIN 52



## Transistor-Dreifachsuper für das 2-m-Band

## Technische Daten

**Frequenzbereich: 144...146 MHz**

**Antenneneingang: 60 Ohm, koaxial**

**Antenne umschaltbar am Konvertereingang  
oder an Bu 1 zum Anschluß eines Senders**

Kreise: 20 + 3 (Bandpaßfilter 3, Konverter 8, Nachsetzer 11, BFO 1), davon 3 Abstimmkreise und BFO-Kreis veränderbar

Rauschzahl: etwa  $1,8 kT_0$

**Spiegeldämpfung:**  
rund 61 dB bei 86...88 MHz,  
etwa 68 dB bei 202...204 MHz

**Kreuzmodulationsfestigkeit:** Bei einem Nutzsignal von 1  $\mu\text{V}$  erzeugt ein 100 kHz entferntes und 5 mV starkes Störsignal 1% Kreuzmodulation

**Zwischenfrequenzen:**  
28...30 MHz (Konverterausgang),  
4 MHz, 455 kHz

**Frequenzstabilität: besser als  $3 \cdot 10^{-5}/h$  bei konstanter Betriebsspannung**

**Bandbreite: 7 kHz bei 3 dB Abfall**

**Demodulation: AM mit Diode, SSB/CW mit BFO und Produktdetektor**

**NF-Ausgangsleistung: 2 W an 5 Ohm**

Netzspannung: 220 V~

**Leistungsaufnahme:** In Stellung Empfang etwa 4,5 VA, in Stellung Senden (mit angezogenem Relais) etwa 10 VA

Der im folgenden beschriebene 2-m-Empfänger (Bild 1) ist ein Dreifachsuper, der aus vier handelsüblichen Bausteinen (Bandpaßfilter, Konverter, Nachsetzer, NF-Teil) und einem selbst anzufertigenden Stromversorgungsteil besteht. Das Blockschema (Bild 2) zeigt den Stufenaufbau des kompletten Gerätes. Da der Empfänger zu dem früher beschriebenen UKW-Kleinsender<sup>1)</sup> passen soll, ist für die Sendempfangsumschaltung ein Antennenrelais eingebaut.

### Konverter für 144 MHz

Der erste Baustein, der 144-MHz-Konverter, hat die Aufgabe, das Eingangssignal zu verstärken und auf 28 ... 30 MHz umzu-

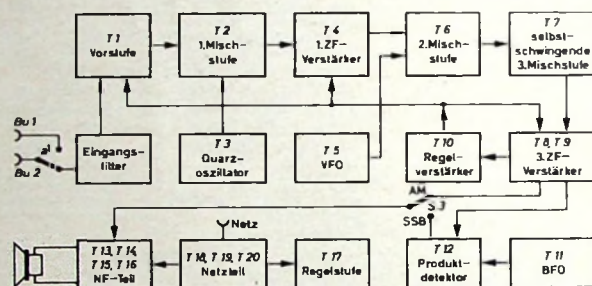
<sup>1)</sup> Diefenbach, W. W.: Kleinsender für 144 MHz. Funk-Techn. Bd. 20 (1965) Nr. 11, S. 436, 439-440

setzen (Bild 3). Die Vorstufe des Konverters mit dem rauscharmen Transistor BF 155 (T1) verstärkt das Antennensignal. Diese HF-Stufe kann automatisch oder von Hand geregelt werden. Über das Bandfilter L3, C4, C5, C<sub>k1</sub>, L4, C6 führt man der Basis des Mischtransistors T2 das verstärkte Eingangssignal zu.

Ferner gelangt noch das Oszillatorsignal über C8 zur Basis des Mischtransistors. Die Mischung ist additiv. Das Oszillator-



**Bild 1. Der betriebsterti-  
ge Transistor-Dreifach-  
super**

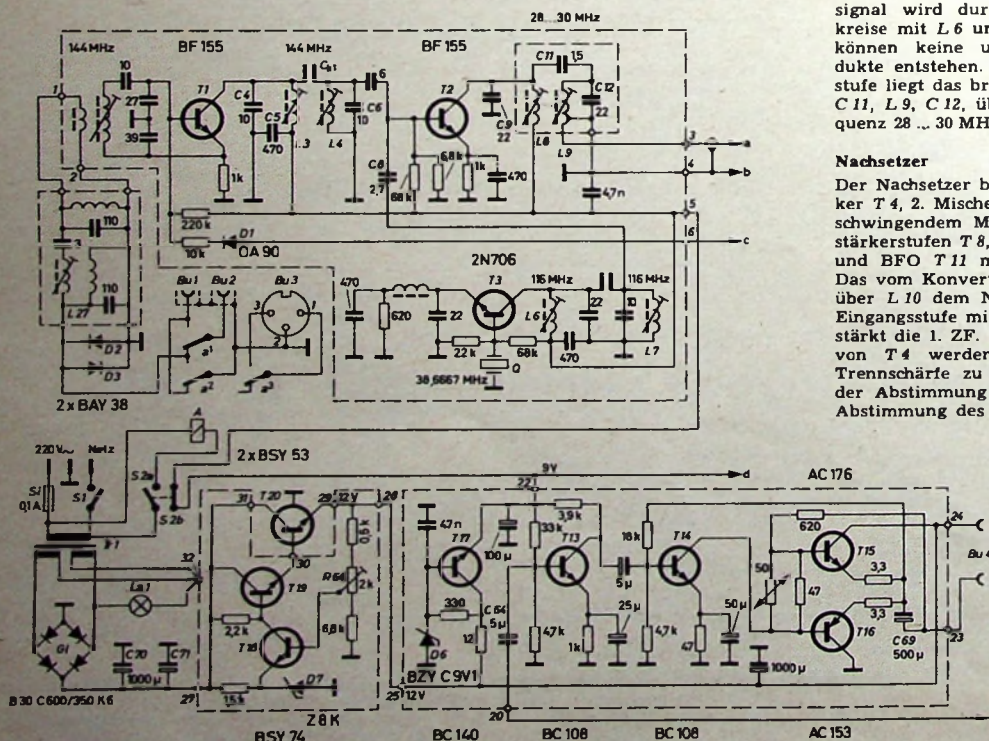


**Bild 2. Blockschema des  
2-m-Dreitachsups**

signal wird durch die beiden Schwingkreise mit L6 und L7 gut gesiebt. Daher können keine unerwünschten Mischprodukte entstehen. Am Ausgang der Mischstufe liegt das breitbandige Filter L8, C9, C11, L9, C12, über das die Ausgangsfrequenz 28...30 MHz ausgekoppelt wird.

### Nachsetzer

Der Nachsetzer besteht aus 1. ZF-Verstärker T 4, 2. Mischer T 6, VFO T 2, 3. selbstschwingendem Mischer T 7, zwei ZF-Verstärkerstufen T 8, T 9, Regelverstärker T 10 und BFO T 11 mit Produktdetektor T 12. Das vom Konverter gelieferte Signal wird über L 10 dem Nachsetzer zugeführt. Die Eingangsstufe mit dem Transistor T 4 verstärkt die 1. ZF. Basis- und Kollektorkreis von T 4 werden abgestimmt, um gute Trennschärfe zu erreichen. Synchron mit der Abstimmung der Vorstufe erfolgt die Abstimmung des VFO mit dem Transistor



**Bild 3a. Schaltung  
des Konverters so-  
wie des NF-Teils  
und des Netzteils**



T5 (BF 115), der in der sehr stabilen Colpitts-Schaltung arbeitet.

Das Signal der 1. ZF und das VFO-Signal gelangen zur Basis der 2. Mischstufe T6. An ihrem Ausgang steht die 2. ZF von 4 MHz zur Verfügung. Sie wird über das steilflankige Bandfilter L14, C30, L15, L16, C32 der dritten Mischstufe mit dem Transistor T7 (AF 127) zugeführt. Diese Stufe ist verhältnismäßig unkritisch und arbeitet selbstschwingend multiplikativ. Die mit T7 erzeugte 3. ZF von 455 kHz wird in zwei bandfiltergekoppelten Verstärkerstufen T8, T9 ausreichend verstärkt.

Die Demodulatordiode D4 ist über L24 an den letzten ZF-Kreis L23, C49 angeschlossen. Das AM-Signal wird hinter der Diode über die RC-Kombination C51, R35 und den Schalter S3a dem Lautstärkeregler P2 zugeführt. Zum Empfang von SSB- oder CW-Signalen ist S3 zu betätigen. S3b legt dabei an den BFO T11 und den Produktdetektor T12 Spannung an, während mit S3a der Lautstärkeregler P2 an den Ausgang des Produktdetektors geschaltet wird.

Der BFO erzeugt eine mit C53 um einige kHz um die 3. ZF (455 kHz) veränderbare Frequenz. Zusammen mit dem nicht demodulierten ZF-Signal gelangt die BFO-Frequenz zur Basis des Produktdetektors T12. Hier werden beide Frequenzen gemischt. Bei CW-Signalen ist die Differenzfrequenz zwischen der Frequenz des ZF-Signals und der Frequenz des BFO-Signals hörbar. Bei SSB-Signalen wirkt das BFO-Signal als Trägerzusatz.

In der Stellung „AVC“ des Schalters S4 bewirkt die Regelverstärkerstufe mit dem Transistor T10 (2N3702) die automatische HF-Verstärkungsregelung. T10 wird in Abhängigkeit von der Stärke des Eingangssignals mehr oder weniger durchgesteuert. Den dadurch an R36 entstehenden Spannungsabfall verwendet man zur automatischen Regelung. Insgesamt sind drei Stufen geregelt, und zwar die Konverter-

Regelung der Schleifer des HF-Verstärkungsreglers P1 an dem mit S4 verbundenen Ende liegen. In der Stellung „MVC“ legt S4 den Regler P1 über den 6,8-k $\Omega$ -Widerstand R45 an Masse. Die HF-Verstärkung läßt sich dann von Hand regeln.

#### NF-Teil

Vom Schleifer des Lautstärkereglers P2 gelangt die NF über C64 zur Basis des NF-Vorstufentransistors T13 (BC 108), der

#### Stabiler Netzteiler

Zur Stromversorgung des Gerätes ist ein elektronisch stabiler Netzteiler mit dem Netztransformator T1 eingebaut. Der Transformator T1 hat zwei Sekundärwicklungen mit je 6,3 V~, die hintereinander geschaltet werden.

Ein Brückengleichrichter richtet die vom Transformator gelieferten 12,6 V gleich. Die Ladeelektrolytkondensatoren C70, C71 haben je 1000  $\mu$ F. Diese unstabilisierte und

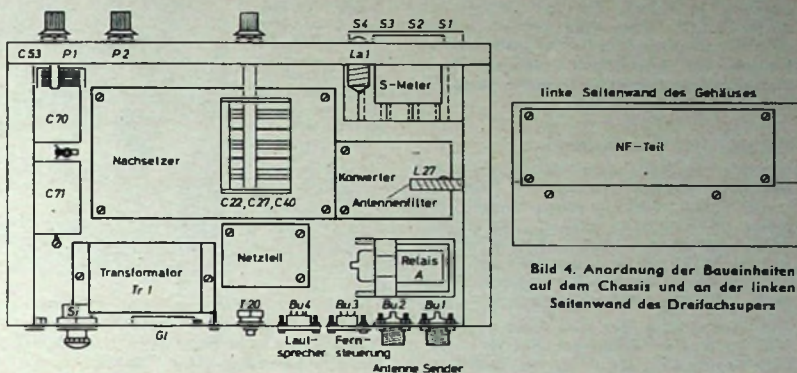


Bild 4. Anordnung der Baueinheiten auf dem Chassis und an der linken Seitenwand des Dreifachsupers

die NF verstärkt und den Treibertransistor T14 (BC 108) ansteuert. Die eisenlose Gagnetakt-Endstufe arbeitet mit dem Komplementärpaar T15, T16 (AC 176, AC 153). Der Lautsprecher ist über den Elektrolytkondensator C69 (500  $\mu$ F) angeschlossen.

#### Transistor-Stabilisator

Die NF-Endstufe und die Treiberstufe werden mit 12 V betrieben, alle übrigen Stufen dagegen mit 9 V. Deshalb enthält die NF-Platine eine Stabilisierungsschaltung mit dem Längstransistor T17 und der Zenerdiode D6. Sie setzt die Spannung von 12 V auf 9 V herunter und stabilisiert sie.

noch ungenügend gesieberte Spannung gelangt zur Regelschaltung mit T18, T19 und T20. Der Transistor T20 (BSY 53) ist der Längstransistor und das eigentliche Stellglied. Da sich T20 ziemlich stark erwärmen kann, ist er mit einer schraubenförmigen Kühleiselle isoliert am Chassis festgeschraubt. Alle anderen Bauelemente der Regelschaltung sind auf der Netzteilplatte untergebracht. T20 wird von den Transistoren T19 (BSY 53) und T18 (BSY 74) gesteuert. Als Referenzspannungsquelle dient die Zenerdiode D7 (Z 8 K). Mit R64 kann man die Spannung genau einstellen. Der Netzteil hat einen Innenwiderstand von

0,39 Ohm. Bei einer Stromschwankung von Null auf Vollast (250 mA) ändert sich die Ausgangsspannung des Netzteils um weniger als 0,1 V.

#### Antenneneingang

Im Antenneneingang sind zwei antiparallel geschaltete Dioden (D2, D3) angeordnet. Diese beiden Dioden sollen eventuell vom Sender auf die Koaxialleitung zwischen Antennenrelais und Eingangsfilter gelangte HF kurzschließen und so eine Zerstörung des Vorstufentransistors T1 verhindern.

Ferner wurde ein Antennenrelais A für die automatische Umschaltung der Antenne auf den Sender oder Empfänger je nach Stellung des Sende-Empfängerschalters S2a, S2b angeordnet. Dieses Relais hat drei

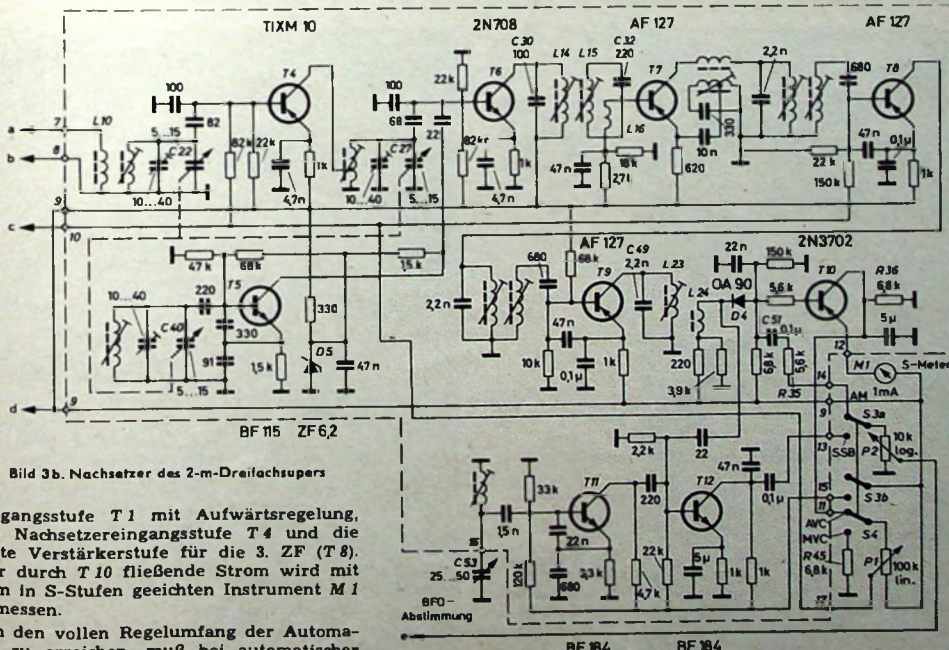


Bild 3b. Nachsetzer des 2-m-Dreifachsupers

eingangsstufe T1 mit Aufwärtsregelung, die Nachsetzereingangsstufe T4 und die erste Verstärkerstufe für die 3. ZF (T8). Der durch T10 fließende Strom wird mit dem in S-Stufen geeichten Instrument M1 gemessen.

Um den vollen Regelumfang der Automatik zu erreichen, muß bei automatischer



Kontakte, von denen einer ( $a^1$ ) zur Sender- und Modulatorsteuerung verwendet wird.  $a^2$  schließt in Stellung „Senden“ den Empfänger- und in Stellung „Empfang“ den Sendereingang kurz. Dieser Relaiskontakt ist ebenfalls zum Schutz des Eingangstransistors im Konverter erforderlich.

Als zusätzliches Mittel zur Erhöhung der Spiegelfrequenzsicherheit liegt vor dem Konvertereintrag ein Bandpaßfilter für den Bereich 144 ... 146 MHz, das alle Frequenzen außerhalb des 2-m-Bandes sehr stark dämpft. Besonders werden Störungen von starken Rundfunk- und Fernsehensendern im Ortsbereich beseitigt, die im Bereich der Spiegelfrequenzen und der ersten Oberwelle liegen.

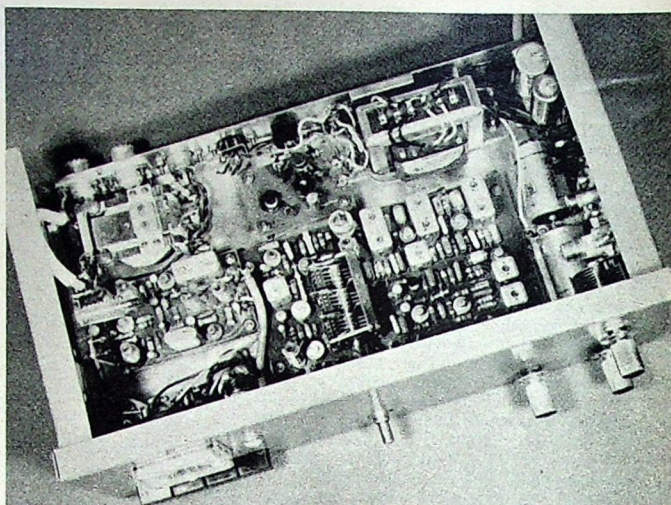
#### Konstruktive Einzelheiten

Um die einzelnen Bausteine in dem verwendeten Leistnergehäuse Nr. „77bs“ unterzubringen, muß ein Spezialchassis angefertigt werden. Die genauen Fertigungsdaten des Chassisbleches gehen aus der Skizze (Bild 4) hervor. Die zwei Ecken, die am Chassis durch die aufgebogenen Blechfalze entstehen, sind zu verlöten.

Die Anordnung der Baugruppen richtet sich im wesentlichen nach der Gestaltung der Frontplatte (Bild 5). So mußte der Nachsetzer seine Position nahezu in der Mitte des Chassis erhalten. Links daneben ist hinter dem Druckastenaggregat in genügendem Abstand der Konverter angeordnet. Es ist zu beachten, daß der Konverter mindestens 10 mm von Metallteilen entfernt sein muß, um etwaige Dämpfungen zu vermeiden. Er wird daher auf etwa 12 mm hohe Abstandsröllchen gesetzt. Der Nachsetzer sitzt so dicht wie möglich auf dem Chassis. Zwischen Platine und Chassis liegt eine Pertinaxplatte, die Kurzschlüsse vermeiden soll. Zwischen dem Konverter und der Chassistrückseite wird das Antennenrelais montiert (Bild 6).

Der NF-Teil als unkritischste aller Baueinheiten wurde an der rechten Einschubseitenwand befestigt (Bild 7). Auf der ver-

Bild 5. Chassisansicht mit Konverter (links), Nachsetzer (rechts, große Platte etwa in Chassismitte) und NF-Teil (an der rechten Seitenwand). Hinten links ist das Antennenrelais sichtbar, an das sich nach rechts der Netzteil anschließt



bleibenden Fläche zwischen Nachsetzer und Chassistrückwand sind der Netztransformator und die Netzteilplatte angeordnet. Der Längstransistor T 20 wird mit seiner Kühthalterung (durch zwei Glimmerscheiben isoliert) an die Chassistrückwand geschraubt. Die Isolation ist unbedingt erforderlich, weil der Kollektor von T 20 mit dem Gehäuse verbunden ist. Damit die Zuleitungen nicht zu lang werden, liegt der Befestigungspunkt direkt hinter den entsprechenden Lötstellen der Netzteilplatte.

Um den Empfänger bequem bedienen zu können, wurden die Bauelemente an der Frontseite folgendermaßen angeordnet (Bild 8): Das Druckastenaggregat mit dem Sende-Empfangsschalter sitzt auf der linken Seite. Während des Funkbetriebes ist dann die rechte Hand für Schreibarbeiten frei. Die Skala mit dem Abstimmtrieb liegt in der Mitte der Frontplatte, die Po-

tentimeter für HF- und NF-Regelung (P 1, P 2) liegen rechts neben der Skala auf gleicher Höhe mit dem Skalenantrieb. Der BFO-Drehkondensator ist über dem Lautstärkeregler angeordnet.

Die Regelschaltung des Netzteils muß selbst gebaut werden (Bild 9). Hierzu benötigt man eine handelsübliche Lochrasterplatte mit den Abmessungen 40 mm × 55 mm. Die Verdrahtung ist kreuzungsfrei möglich. Der Transistor T 20 wird, wie bereits beschrieben, an der Rückwand des Chassis befestigt. Die Anschlüsse dieses Transistors werden an die Lötanschlüsse 29, 30 und 31 auf der Netzteilplatte geführt.

Die Verdrahtung des Empfängers ist unkritisch und einfach. Beim Anschließen der Bausteine kann nach Bild 10 vorgegangen werden. Es sind die entsprechenden Punkte der einzelnen Platinen miteinander oder mit externen Bauelementen (Buch-

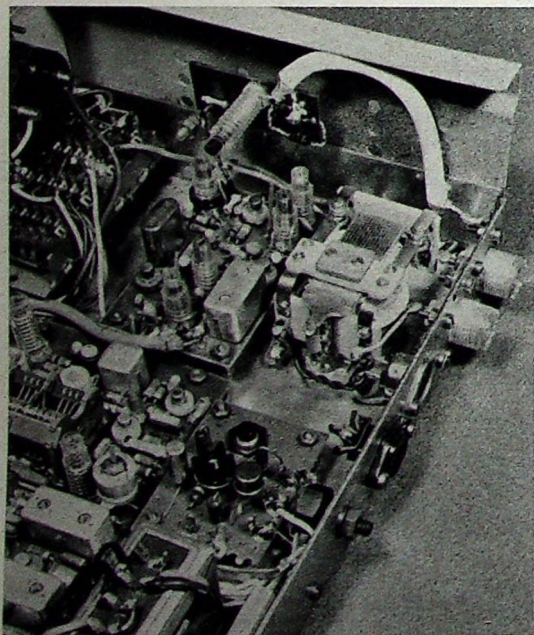
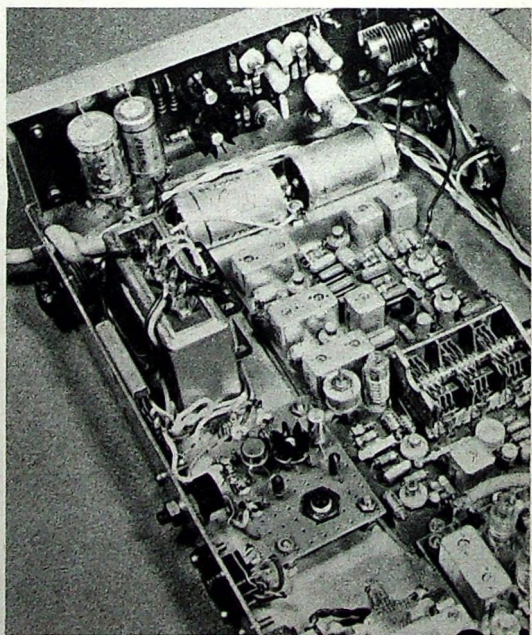


Bild 6. Chassisteilansicht mit Konverter (Mitte), Antennenrelais (rechts) und Netzteilplatte (unten)

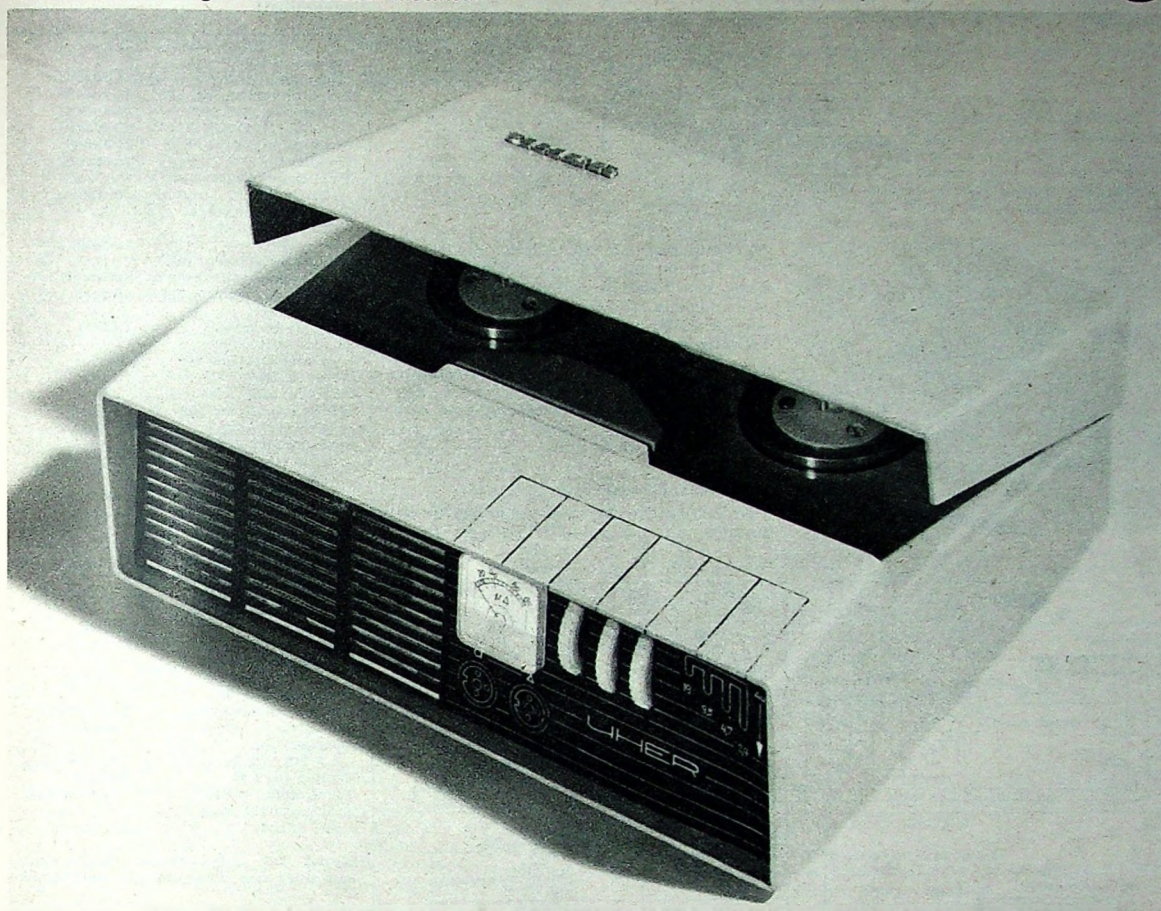
Bild 7. Chassisteilansicht mit Netzteil (links), Nachsetzer (Mitte) und NF-Teil im Hintergrund





Die frühen Entwicklungsunterlagen des 4000 Report schienen uns so interessant zu sein, daß wir sie Ihnen in Form einer Anzeigerserie vorstellen möchten.

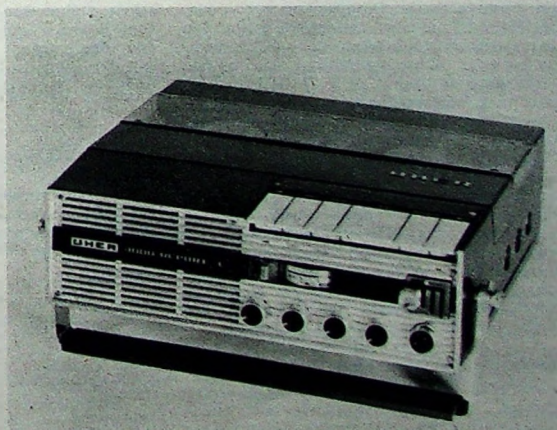
3



# Entwicklungsstadien eines berühmten Tonbandgerätes

**Maßarbeit mit Schleifpapier und Säge**

Tonbandgeräte werden im allgemeinen nicht mit der Laubsäge hergestellt. Was Sie aber auf unserem Bilde sehen, das ist das erste Gehäuse-Modell des Uher 4000 Report — »maßgeschneidert« aus Sperrholz, Leim und Farbe. Ein erstaunliches Modell übrigens. Es gleicht fast bis ins kleinste Detail der späteren Serienform, die richtungsweisend für portable Tonbandgeräte wurde. So konsequent war bereits in diesem Entwicklungsstadium das Prinzip des Uher 4000 Report verwirklicht: Kompaktes Gehäuse für 13 cm Spulen, geringstmögliche Abmessungen, einfachste Bedienung des Gerätes in jeder Lage. Der einzige Unterschied: Aus dem Holzgehäuse ist ein stabiles Metallgehäuse geworden!



**UHER**

UHER WERKE MÜNCHEN

Spezialfabrik für Tonbandgeräte 8 München 47 Postfach 37

**UHER 4000 REPORT L**



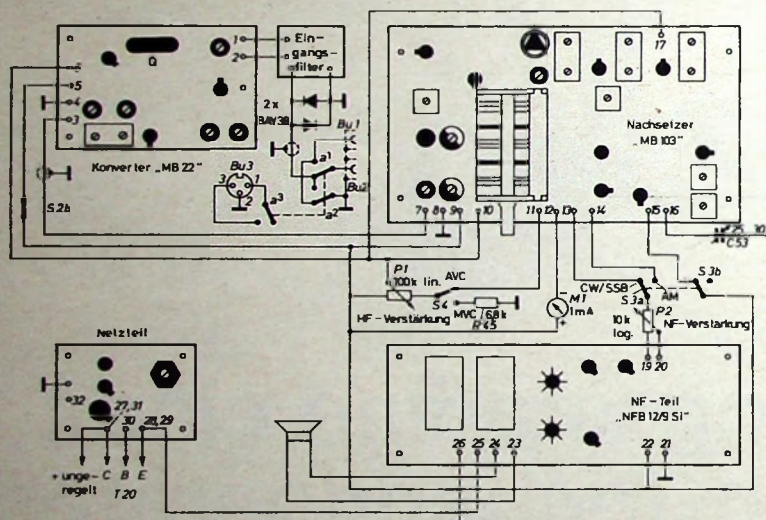
Technical drawing of a mechanical assembly. The drawing includes a 5-Meter gauge, a semi-circular component with a central hole, and three circular components labeled C53, P1, and P2. Dimensions are provided in millimeters.

Key dimensions and features:

- Top horizontal dimensions: 50, 35, 79, 40, 30.
- Left vertical dimensions: 32, 25.
- Bottom horizontal dimensions: 63, 67, 297.
- Right vertical dimensions: 25, 35.
- Internal dimensions: 12, 15, 10.
- Labels: La 1, C53, P1, P2, 5-Meter.

Der Konverter- und der Nachsetzerbaustein werden vom Hersteller sorgfältig abgeglichen geliefert. Ein nachträglicher Abgleich ist daher, wie auch im Falle des Mustergerätes, nicht nötig.

Der Empfänger ist außerordentlich empfindlich und hat ein sehr geringes Bau-



sen, Potentiometer, Schalter) zu verbinden. Der Netzblei bis zum Gleichrichter und den Ladeelektrolytkondensatoren wird in konventioneller Weise verdrahtet. Die beiden Ladekondensatoren C 70, C 71 sind an Lötösen oder Lötstützpunkten zwischen Nachsetzerplatine und rechter Einschubseitenwand zu befestigen. Stützpunkt 32 auf der Netzteilplatine verbindet die beiden Sekundärwindungen (je 6,3 V~) des Netztransformators Tr 1. Die Kontrollampe La 1 wird massiefrei zwischen Punkt 32 und einem Wicklungsende angeschlossen. Zur Montage von La 1 wickelt man einen isolierten Draht in das Gewinde des Lampensockels und befestigt diesen Draht an einer Montageschraube des S-Meters. Die beiden Anschlußdrähte sind anzulöten.

Bevor man das Gerät zum ersten Mal einschaltet, ist die Verdrahtung auf eventuelle Fehler zu untersuchen. Dann lötet man den Anschlußdraht vom Punkt 28 der

schen. Daher können auch schwache Amateurstationen gut aufgenommen werden. Die Wiedergabe von SSB-Sendungen ist mit dem eingebauten Produktdetektor einwandfrei. Bei Telegrafieempfang reicht der

Die Hauptversammlung 1967 der Clubversammlung findet in der Zeit vom 27. 5.-28. 5. 1967 in Koblenz statt.

Der vom DARC veranstaltete Nationale Field-Day steigt vom 3. 6.-4. 6. 1967, der Sommer-Field-Day der IARU-Region I vom 2. 9.-3. 9. 1967.

Der DARC-Veranstaltungskalender (veröffentlicht in DL-QT, Nr. 2/1967) nennt für das Jahr 1967 nachstehende Mobilwettbewerbe:

23. 4. Baden und Württemberg (gemeinsam)

Bandpaßfilter	(Lausen)
2-m-Konverter „MB 22“	(Lausen)
Nachsetzer „MB 103“	(Lausen)
NF-Teil „NFB 12/8 SI“	(Lausen)
Potentiometer P 1, P 2	(Lausen)
S-Meter	(Lausen)
BFO-Drehkondensator	
25 ... 50 pF	(Mültron)
Drucktaustenaggregat	
„X 1 17, N 4u EE schwarz“	(Schadow)
Sicherungselement mit	
Feinsicherung, 0,1 A mt	(Wickmann)
Netztransformatör „N 1a“	(Engel)
Gleichrichter	
B 30/C 600/350 K 6	(AEG)
Niedervoltelektrolyt-kondensatoren,	
1000 µF, 35 V	(Rim)
Kühlelement in	
Schraubenform für	
TO-5-Gehäuse	(Rim)
Federgewichtskühler	
„82195“ für T 18	(Rim)
Relais „1509“ mit	
3 Umschaltkontakten	(Haller)
HF-Buchse „SO 239“	
(Bu 1, Bu 2)	(Haeberlein)
Buchse „Mab 3 S“ (Bu 3)	(Hirschmann)
Buchse „Lb 2“ (Bu 4)	(Hirschmann)
Glühlampe, 7 V/0,3 A	(Pertriz)
Widerstände, 0,5 W	(Resista)
Einstellregler „1-5700“	
(R 64)	(Preh)
Feintrieb 1 : 6	(Mozar)
Drehknopf „490,6“	(Mozar)
Drehknöpfe „490,4“	(Mozar)
Lochrasterplatte.	
5-mm-Raster	(Deutsch-laender)
Transistoren	
2 X BSY 53, BSY 74	(Intermetall)
Dioden BAY 38	(Valvo)
Zenerdiode Z 8 K	(Intermetall)
Stahlblechgehäuse	
Nr. „77bs“	(Leistner)

Bezug der angegebenen Bauelemente  
nur über den einschlägigen Fachhandel

Variationsbereich des BFO-Drehkondensators völlig aus. Selbst im Nahfeld (15 km Luftlinie) einer UKW-Fernseh-Großsendezentrale mit mehreren Sendern in der 100-kW-Leistungsklasse waren dank der erhöhten Vorselektion durch das Antennen-Eingangsfiler keine Störungen feststellbar.

Bei der Erprobung arbeitete der Transistor-Dreifachsuper zusammen mit dem früher beschriebenen 144-MHz-Kleinsender mit Modulator und Netzteil. Die Sendempfangsumschaltung mit der Druckkasteneinheit des Empfängers funktioniert einwandfrei.

30. 4. Schleswig-Holstein (Nordstrand)
30. 4. Hessen (Witzenhausen)
1. 5. Saar
4. 5. Bayern-Nord (Fränkische Schweiz)
4. 5. München (mobile Fuchsjagd)
20. 5. Niedersachsen (Ramlingen)
21. 5. Ruhrgebiet (Essen)
24. 6. Rheinland-Pfalz (Koblenz)
19. 6. Rheinland-Pfalz (Idar-Oberstein)
16. 9. Nordsee (Bremen)
24. 9. Niedersachsen
24. 9. Ruhrgebiet (Kleve)
30. 9. Hessen (Windecken)
1. 10. Schleswig-Holstein
7. 10. Bayern-Nord (Mobilsternfahrt)
8. 10. Bayern-Nord (Straubing)



## Empfangsantennenanlagen für den Ton- und Fernseh-Rundfunk

Für einen störungsfreien Ton- und Fernseh-Rundfunkempfang ist nach wie vor eine Überdachantenne notwendig. Es ist müßig, von einer im Zuge der Entwicklung möglichen Verbesserung der Antennen-, Empfänger- und Sendertechnik den Fortfall von Überdachantennen zu erhoffen.

In den Haushaltungen werden in zunehmendem Maße elektrische Geräte benutzt, die - auch wenn sie funktentstört sind - nur dann keine Funkstörungen verursachen, wenn die Ton- und Fernseh-Rundfunkempfänger an einer technisch einwandfreien Empfangsantennenanlage betrieben werden. Als solche kommt im allgemeinen nur eine Überdachantenne mit geschirmter Antennenleitung in Frage. Geräteantennen, Zimmerantennen und dergleichen stellen Behelfsantennen dar, denn sie befinden sich in dem sogenannten „Störnebel“, der durch die verschiedenen elektrischen Geräte im Haushalt entsteht, und empfangen diesen zwangsläufig mit. Der für einen technisch einwandfreien Empfang notwendige Mindestabstand zwischen der Nutz- und der Stör-energie läßt sich mit Behelfsantennen daher nicht erreichen.

Hinzu kommt, daß der Stereo-Rundfunkempfang und künftig der Farbfernsehempfang Anforderungen an die Antennenanlage stellen, die von Behelfsantennen ebenfalls kaum erfüllt werden können.

Ohne Überdachantenne geht es also nicht. Das hat leider in den dichtbesiedelten Wohngebieten der Städte und Dörfer - insbesondere auf den älteren Wohnhäusern - zu einer Anhäufung von Antennenbilden auf vielen Dächern geführt. Städtebauer und Architekten bemängeln mit Recht die Vielzahl von Einzelantennen auf Mehrfamilienhäusern und fordern ein Auslichten der sogenannten „Antennenwälder“.

Aber nicht nur ästhetische Gründe berechtigen zu dieser Forderung, sondern mehrere Gesichtspunkte sprechen dafür. Vor allem sind auch die physikalischen Zusammenhänge zu nennen, auf Grund derer zu dicht nebeneinander stehende Antennen sich gegenseitig beeinflussen oder stören.

In einem Memorandum über „Empfangsantennenanlagen für den Ton- und Fernseh-Rundfunk“ werden nicht nur die Probleme, sondern auch die technisch und wirtschaftlich günstigsten Lösungen aufgezeigt. Herausgeber dieses Memorandums ist der Arbeitskreis Rundfunkempfangsantennen, in dem die an der Lösung der Antennenprobleme interessierten Behörden, Institutionen und Verbände vertreten sind. Es gehören diesem Arbeitskreis unter anderem einige Bundes- und Länderministerien, die Rundfunkanstalten (ARD und ZDF), Fach- und Zentralverbände der Industrie, des Handels, des Elektrohandwerks, der Wohnungsunternehmen, der Hauseigentümer und der Deutsche Mieterbund an. Die in dem Memorandum herausgestellten Grundsätze, Forderungen und Empfehlungen sind mit allen 25 Mitgliedern des Arbeitskreises Rundfunkempfangsantennen abgestimmt worden, sie sind daher als allgemein gültig anzuerkennen.

Als wesentliche Grundsätze der Denkschrift sind zu nennen:

Das Recht eines jeden Bürgers in Stadt und Land zur Teilnahme am Ton- und Fernseh-Rundfunk.

Die Beschränkung von Einzelantennen auf Einfamilienhäuser, ländliche Wohnbauten und ähnliche Fälle.

Die Gemeinschafts-Antennenanlage an Stelle von vielen Einzelantennen für Mehrfamilienwohnhäuser, Hauszeilen und alle Alt- und Neubauten, in denen mehrere Antennenanschlüsse benötigt werden.

In der Denkschrift wird weiter ausführlich aufgezeigt, welche Möglichkeiten für die nachträgliche Einrichtung, Ergänzung oder Änderung einer Gemeinschafts-Antennenanlage in bewohnten Gebäuden bestehen. Diese Ausführungen gelten auch für solche Fälle, in denen vorhandene Gemeinschafts-Antennenanlagen für den Empfang hinzugekommener Programme (zum Beispiel 2. und 3. Fernsehprogramm) ergänzt werden sollen.

Die Verfasser der Denkschrift appellieren schließlich nicht nur an die Bauherren, ihre Architekten, die Hauseigentümer und die Mieter als Rundfunkteilnehmer, sondern sie empfehlen außerdem, den Baugenehmigungsbehörden der Städte und Gemeinden gesetzliche Handhaben zu geben, um letztlich Maßnahmen zur Beseitigung der Antennenwälder zu erwirken.

Der Bundesminister für das Post- und Fernmeldewesen als federführendes Mitglied des Arbeitskreises Rundfunkempfangs-

# Semcoset

bietet dem Amateurfunk moderne Halbleitertechnik



**2-m-Funksprechgerät „Semco“**  
mit Siliziumtransistoren. Sendeleistung 1,5 W PEP, äußerst empfindlich und stör-  
fester Empfangsteil. Viele serienmäßige  
Extras. Technische Daten, konstruktive  
Einzelheiten und ein umfassendes Zubehör-  
angebot finden Sie in unserem Sonder-  
prospekt „Semco“.

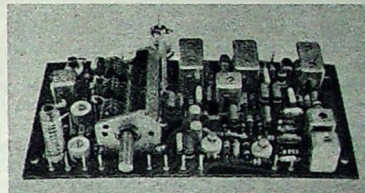
DM 465,-

Aus unserem  
Baugruppenprogramm:

### 2-m-Spitzenkonverter MB 22

Der verbreitetste 2-m-Konverter  
mit unübertroffener Empfindlich-  
keit.  $F_z < 1,8$ ,  $V_L = 25$  dB,  
 $U_{ISdr}$  f. 1 1/2 KM ca. 5 mV.

DM 118,-



### Konverter- Nachsetzer MB 103

Nachsetzer für AM,  
CW- und SSB-  
Empfang zum Konverter  
MB 22. Überragende  
Empfangsleistung auch  
bei Alleinbetrieb als  
10-m-Empfänger.

DM 127,-

Ein Anwendungsbeispiel dieser Baugruppen zeigt der Beitrag „Transistor-Dreifachsuper für das 2-m-Band“ in diesem Heft.

Unser Baugruppenangebot umfaßt weiterhin:

**KW-Transistor-Empfängerbausteine**  
mit Siliziumtransistoren für SSB-Empfang

**UKW-Transistor-Senderbausteine**  
für tragbare und mobile Sendeanlagen

**UKW-Transistor-Miniaturbausteine**  
für Funksprechgeräte und Fuchsjagdempfänger

**UKW-Transistor-Konverter**  
mit Feldeffekttransistoren.

Auf Wunsch senden wir Ihnen gern unseren Katalog „Moderne Technik für Ihr Hobby Amateurfunk“. Er informiert Sie ausgiebig über alle Details.

**Semcoset**  
Lausen & Co. OHG.

32 Hildesheim

Postfach 1165

Tel. 05064/400

## Schallplatten von Ihren Tonbandaufnahmen

Durchmesser	Umdrehung	Laufzeit max.	1-9 Stück	10-100 Stück
17,5 cm	45 p. Min.	2 x 6 Min.	DM 10,-	DM 8,-
25 cm	33 p. Min.	2 x 16 Min.	DM 20,-	DM 16,-
30 cm	33 p. Min.	2 x 24 Min.	DM 30,-	DM 24,-

Bitte Preisliste mit Erläuterungen und technischen Daten anfordern!

**REUTERTON-STUDIO** 535 Euskirchen, Wilhelmstr. 46 - Tel. 28 01



## Elektronische Bauteile

Besonders preisgünstige Miniatur-Bauteile für transistorisierte Schaltungen. In unserer kostenlosen Preisliste finden Sie:

SI- und Ge-Transistoren und Dioden, Widerstände, Elumetalltrypen, Mylar-Kondensatoren, Elektrolytkondensatoren, Schmelzsicherer, Leiterbahnenplatten usw.

Prompter ML-Versand ab Lager! Preisliste anfordern!

**M. LITZ elektronische Bauteile**  
7742 St. Georgen - Postfach 55



antennen hat seinerseits großes Interesse, daß alle im Memorandum über Empfangsantennenanlagen für den Ton- und Fernseh-Rundfunk aufgezeigten Lösungen Beachtung finden und die Ziele der Denkschrift erreicht werden. Viele Bauherren, Architekten sowie Ton- und Fernseh-Rundfunkteilnehmer wenden sich nämlich an den Funkstörungen-Meißdienst der Deutschen Bundespost, um sich bei der Errichtung von Empfangsantennenanlagen oder bei Empfangsstörungen beraten zu lassen. Hierbei wurde häufig festgestellt, daß die Störungen meistens an unvorschriftsmäßig errichteten Antennenanlagen liegen<sup>1)</sup> oder daran, daß zu viele Einzelantennen auf einem Haus errichtet sind, die sich gegenseitig beeinflussen.

Das Memorandum ist als Broschüre erhältlich beim Fachverband Empfangsantennen, 8500 Nürnberg, Urbanstraße 40.

Aus dem Jahresbericht der Deutschen Bundespost

## Fortschreitende Automation

► Als zweites Amt nach Pforzheim wurde im Jahr 1966 das Postamt Bochum mit einer automatischen Briefverteilanlage (drei Verteilmaschinen und zwölf Codierplätzen) ausgestattet, während mit dem Einbau einer weiteren Anlage im Rahmen eines Versuchsprogramms beim Postamt Wiesbaden begonnen wurde. Neuartige Formattrenn- und Briefaufstellmaschinen werden aber seit einiger Zeit unter anderem auch in Berlin, Hamburg, München, Köln, Nürnberg und Darmstadt erprobt. Das Fernziel, die Briefsendungen nach den neuen Postleitzahlen automatisch zu verteilen, ist ein gutes Stück nähergerückt. Für den Paketdienst ist eine neuartige teilautomatische Förder- und Verteilanlage entwickelt worden. Daneben wurden aber auch die mechanischen Verteilanlagen für Pakete verbessert. Sie sind nun nach der Umstellung auf das Postleitzahlensystem leistungsfähiger.

► Ein besonderes Ereignis war der Abschluß der Automatisierung im Ortsfernsprechverkehr. In Uetze bei Hannover wurde die letzte Ortsvermittlungsstelle mit Handbedienung aufgehoben und durch eine moderne Wahlvermittlungsstelle ersetzt. Heute ist die Bundesrepublik das größte Land mit einem vollautomatischen Ortsdienst.

► Acht weitere Knotenvermittlungsstellen wurden für die Automatisierung des Fernsprechnetzes eingerichtet, und andere

<sup>1)</sup> Eine einwandfreie Antennenanlage ist Voraussetzung für den Einsatz des Funkmeßwagens. Funk-Techn. Bd. 21 (1966) Nr. 22, S. 816

acht solcher Stellen, die bisher nur für den beschränkten Selbstwählerdienst eingerichtet waren, erhielten neueste technische Einrichtungen. Durch den weiteren Ausbau dieser Stellen konnten 543 handbediente Fernplätze aufgehoben werden; nur 3 v. H. aller Ferngespräche werden noch vermittelt. Auch der Anteil des vollautomatischen Fernsprechnetzes am gesamten Auslandsverkehr konnte weiter gesteigert werden und beträgt nunmehr schon 75 v. H. Weitere 19 v. H. der Auslandsferngespräche wurden 1966 im halbautomatischen Fernsprechnetz abgewickelt, bei dem die Vermittlungskräfte die Teilnehmer im fremden Land unmittelbar anwählen. Durch die früher übliche Handvermittlung wurden mithin nur noch 6 v. H. der Gespräche nach dem Ausland hergestellt.

► Zahlreiche technische Probleme waren zu lösen, um den stark ansteigenden Fernsprechnetzverkehr bewältigen zu können. Unter anderem mußte das Richtfunknetz wesentlich erweitert werden. 4000 km neue Kabellinien wurden gebaut.

► Weiteren Aufschwung nahm der Telexdienst. Mit rund 60 000 Anschlüssen hat die Bundesrepublik das größte Telexnetz auf der Erde. 92 v. H. der Auslandsverbindungen werden von den Teilnehmern selbst gewählt. Auch nach der Sowjetunion ist das jetzt möglich.

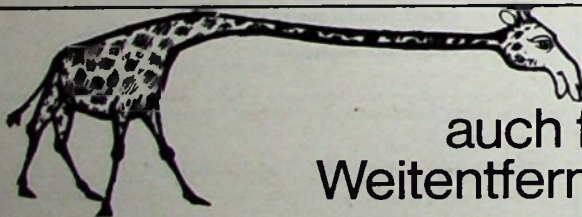
► Das Netz der festen Funkstellen für den öffentlichen beweglichen Landfunkdienst wurde auf 82 Stellen mit 152 Sprechfunkkanälen ausgebaut. Über 3800 Land- oder Wasserfahrzeuge können über diese Stellen fernmündlich erreicht werden.

► Bei der Erdfunkstelle in Raisting wurde der Aufbau einer zweiten Antennenanlage vorbereitet. Fertig soll diese 1969 sein, so daß dann die Station mit zwei Satelliten gleichzeitig arbeiten könnte.

### Wichtig für unsere Postabonnenten!

Falls Sie ein Heft unserer Zeitschrift einmal nicht erhalten sollten, wenden Sie sich bitte sofort an die Zeitungsstelle Ihres Zustellpostamtes. Sie wird nicht nur für Nachlieferung des ausgebliebenen Exemplares, sondern auch dafür sorgen, daß Ihnen jede Ausgabe künftig pünktlich und in einwandfreiem Zustand zugestellt wird. Unterrichten Sie bitte auch uns über eventuelle Mängel in der Zustellung, damit wir von hier aus ebenfalls das Nötige veranlassen können.

FUNK-TECHNIK, Vertriebsabteilung



auch für  
Weitentfernte

Das Heninger-Sortiment kommt jedem entgegen: 900 Fernseh-Ersatzteile, alle von namhaften Herstellern. Qualität im Original – greifbar ohne Lieferfristen, zum Industriepreis und zu den günstigen Heninger-Konditionen.



Lieferung nur an Fernsehwerkstätten (Privat-Besteller bleiben unbefragt)

Ersatzteile  
durch Heninger

Gedruckte Schaltungen selber anfertigen. Anleitung mit Beispielen DM 1,50. Kaho-Elektroversand, 65 Mainz / 1180

### NEU: 1967 (Nr.19) TECHNIK-Katalog

Funktechnik - Radiotechnik - Amateurfunk - Transistortechnik - Bauteile - Bauteile - Röhren - Halbleiter - Meßgeräte für Beruf, Service, Hobby - Werkzeuge - Fachbücher u. v. a. 130 S. Großformat, viele Abbild., Schutzgebühr DM 2,50 in Briefmarken oder Nachnahme (plus Kosten).

Technik-Versand  
28 Bremen 17, Postf.-Abt. K 13 a

### Jetzt kaufen!

Preise stark herabgesetzt für Schreibmaschinen aus Vorführung und Retouren, trotzdem Garantie u. Umtauschrecht. Klarsicht Berlin. Familien Sie Grützkornweg 1, 907. Deutschland, großes Schreibmaschinenhaus. 34 GÖTTINGEN, Postfach 601

Alle  
Einzelfelle  
und Bausätze für elektronische Orgeln

Bitte Liste anfordern!

DR. BÖHM  
495 Minden, Postfach 290/40

### Kaufgesuche

Labor-Meßinstrumente aller Art. Charlottenburger Motoren, Berlin 30

Röhren und Transistoren aller Art kleine und große Posten gegen Kasse. Röhren-Müller, Kelkheim/Ts., Parkstr. 20

### Unterricht

Theoretische Fachkenntnisse durch die bewährten Christiani-Fernlehrgänge Radio- und Fernsehtechnik, Automation, Steuerungs- und Regelungstechnik. Sie erhalten kostenlos und unverbindlich einen Studienführer mit ausführlichen Lehrplänen. Schreiben Sie eine Postkarte: Schickt Studienführer. Karte heute noch absenden an Technisches Lehrinstitut Dr.-Ing. Christiani, 775 Konstanz, Postfach 1257

### GÖRLER

Bausteine für Labors Werkstätten Amateure

u. a. Transistor-UKW-Tuner, Stereo-ZF-Verstärker, Stereo-Decoder. Ausführliche Beschreibungen mit Bild und Schaltplan in der RIM-Baustellbibliothek DM 3,50. Bei Nachnahme DM 5,-

RADIO-RIM

Abt. F. 2

8 München 15 • Postfach 275



## Handbuch für Hochfrequenz- und Elektro-Technik

<b>I. Band:</b>	728 Seiten · 646 Bilder	Ganzleinen 19,50 DM
<b>II. Band:</b>	760 Seiten · 638 Bilder	Ganzleinen 19,50 DM
<b>III. Band:</b>	744 Seiten · 669 Bilder	Ganzleinen 19,50 DM
<b>IV. Band:</b>	826 Seiten · 769 Bilder	Ganzleinen 19,50 DM
<b>V. Band:</b>	Fachwörterbuch mit Definitionen und Abbildungen 810 Seiten · 514 Bilder	Ganzleinen 26,80 DM
<b>VI. Band:</b>	765 Seiten · 600 Bilder	Ganzleinen 19,50 DM
	Gesamthandlungsverzeichnis I.-VI. Band 40 Seiten	Kunststoffband 3,30 DM
<b>VII. Band:</b>	743 Seiten · 538 Bilder	Ganzleinen 19,50 DM

## Oszillografen-Meßtechnik

Grundlagen und Anwendungen moderner Elektronenstrahl-Oszillografen  
von J. CZECH  
684 Seiten · 636 Bilder · 17 Tabellen ..... Ganzleinen 38,— DM

## Fundamente der Elektronik

Einzelteile · Bausteine · Schaltungen  
von Baurat Dipl.-Ing. GEORG ROSE  
223 Seiten · 431 Bilder · 10 Tabellen ..... Ganzleinen 19,50 DM

## Schaltungen und Elemente der digitalen Technik

Eigenschaften und Dimensionierungsregeln zum praktischen Gebrauch  
von KONRAD BARTELS und BORIS OKLOBDZIJIA  
156 Seiten · 103 Bilder ..... Ganzleinen 21,— DM

## Transistoren bei höchsten Frequenzen

Theorie und Schaltungspraxis von Diffusionstransistoren  
im VHF- und UHF-Bereich  
von ULRICH L. ROHDE  
163 Seiten · 97 Bilder · 4 Tabellen ..... Ganzleinen 24,— DM

## Mikrowellen

Grundlagen und Anwendungen der Höchstfrequenztechnik  
von HANS HERBERT KLINGER  
223 Seiten · 127 Bilder · 7 Tabellen · 191 Formeln ..... Ganzleinen 26,— DM

## Elektrische Nachrichtentechnik

von Dozent Dr.-Ing. HEINRICH SCHRÖDER  
**I. Band:** Grundlagen, Theorie und Berechnung passiver Übertragungsnetzwerke  
650 Seiten · 392 Bilder · 7 Tabellen ..... Ganzleinen 36,— DM  
**II. Band:** Röhren und Transistoren mit ihren Anwendungen bei der Verstärkung, Gleichrichtung und Erzeugung von Sinusschwingungen  
603 Seiten · 411 Bilder · 14 Tabellen ..... Ganzleinen 36,— DM

## Transistor-Schaltungstechnik

von HERBERT LENNARTZ und WERNER TAEGER  
254 Seiten · 284 Bilder · 4 Tabellen ..... Ganzleinen 27,— DM

## Elektrotechnische Experimentier-Praxis

Elementare Radio-Elektronik  
von Ing. HEINZ RICHTER  
243 Seiten · 157 Bilder · 301 Versuche · Ganzleinen 23,— DM

## Prüfen · Messen · Abgleichen Fernsehempfänger-Service

von WINFRIED KNOBLOCH  
108 Seiten · 39 Bilder · 4 Tabellen ..... Ganzleinen 11,50 DM

## Elektronik für den Fortschritt

von Dipl.-Ing. WERNER SPARBIER  
292 Seiten im Großformat  
439 Bilder, davon 176 farbig ..... Kunststoffband 32,50 DM

## Praxis der Rundfunk-Stereofonie

von WERNER W. DIFENBACH  
145 Seiten · 117 Bilder · 11 Tabellen · Ganzleinen 19,50 DM

## Praxis des Stereo-Decoder-Service

von U. PRESTIN  
70 Seiten · 62 Bilder ..... Broschiert 7,80 DM

## Dioden-Schaltungstechnik

Anwendung und Wirkungsweise der Halbleiterventile  
von Ing. WERNER TAEGER  
144 Seiten · 170 Bilder · 9 Tabellen · Ganzleinen 21,— DM

## VERLAG FÜR RADIO-FOTO-KINOTECHNIK GMBH · HELIOS-VERLAG GMBH

1 BERLIN 52 (BORSIGWALDE), EICHBORNDAMM 141-167



## Kompendium der Photographie

von Dr. EDWIN MUTTER

- I. Band:** Die Grundlagen der Photographie  
Zweite, verbesserte und erweiterte Auflage  
358 Seiten · 157 Bilder ..... Ganzleinen 27,50 DM
- II. Band:** Die Negativ-, Diapositiv- und Umkehrverfahren  
334 Seiten · 51 Bilder ..... Ganzleinen 27,50 DM
- III. Band:** Die Positivverfahren, ihre Technik und Anwendung  
304 Seiten · 40 Bilder · 27 Tabellen ..... Ganzleinen 27,50 DM

## Wörterbuch der Photo-, Film- und Kinotechnik

mit Randgebieten Englisch · Deutsch · Französisch  
von Dipl.-Ing. WOLFGANG GRAU  
663 Seiten ..... Ganzleinen 39,50 DM

## Praxis der Schmalfilmvertonung

demonstriert an Siemens-Geräten  
von PETER STÜBER  
52 Seiten · 12 Bilder ..... Broschiert 6,— DM

## Methoden der Beleuchtungsstärke-berechnung für Außenbeleuchtung

Veröffentlichung des Fachausschusses „Außenbeleuchtung“  
der Lichttechnischen Gesellschaft e.V.  
94 Seiten · 35 Bilder und Diagramme · 6 Arbeitsblätter  
Broschiert 6,— DM

## FACHZEITSCHRIFTEN

### FUNK-TECHNIK

### INTERNATIONALE ELEKTRONISCHE RUNDSCHAU

### RUNDFUNK-FERNSEH-GROSSHANDEL

### LICHTTECHNIK

### PHOTO-TECHNIK UND -WIRTSCHAFT

### KINO-TECHNIK

### MEDIZINAL-MARKT / ACTA MEDICOTECHNICA

### KAUTSCHUK UND GUMMI · KUNSTSTOFFE

Zu beziehen durch Buch- und zahlreiche Fachhandlungen  
im Inland und Ausland sowie durch den Verlag

Spezialprospekte und Probehefte auf Anforderung

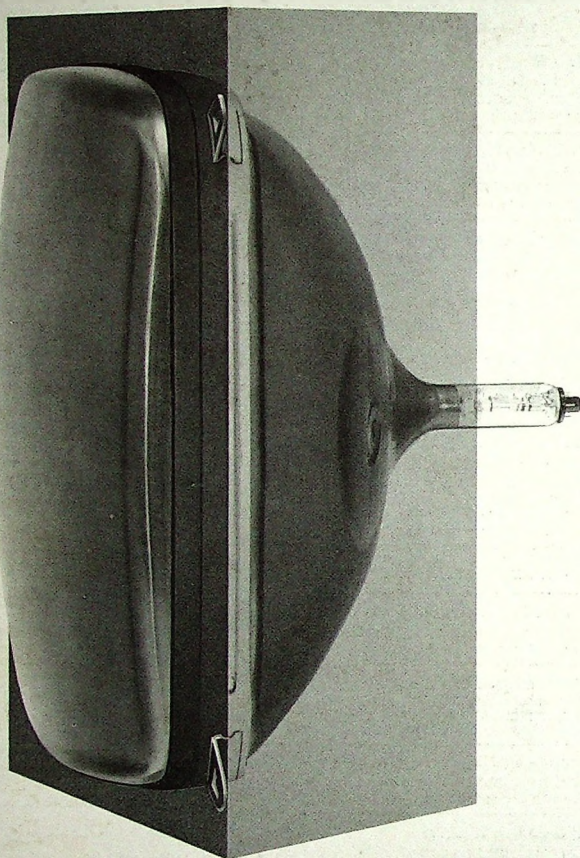
VERLAG FÜR RADIO-FOTO-KINOTECHNIK GMBH, Berlin-Borsigwalde, Postanschrift: 1 Berlin 52, Eichborndamm 141-167. Tel.: (0311) 41210 31. Telegramme: Funktechnik Berlin. Fernschreiber: 01 81 632 vrkt. Chefredakteur: Wilhelm Roth, Stellvertreter: Albert Jänicke, Techn. Redakteure: Ulrich Radke, Fritz Gutschmidt, sämtlich Berlin. Chefkorrespondent: Werner W. Diefenbach, Kempten/Allgäu. Anzeigenredaktion: Walter Bartsch, Anzeigenleitung: Marianne Weidemann, Berlin. Chefgraphiker: B. W. Beerwirth, Berlin. Zahlungen an VERLAG FÜR RADIO-FOTO-KINOTECHNIK GMBH. Postscheck: Berlin West 7664 oder Bank für Handel und Industrie AG, 1 Berlin 85, Konto 7 9302. Die FUNK-TECHNIK erscheint monatlich zweimal. Preis je Heft 2,80 DM. Auslandspreis lt. Preisliste. Die FUNK-TECHNIK darf nicht in Lesezirkel aufgenommen werden. Nachdruck — auch in fremden Sprachen — und Vervielfältigungen (Fotokopie, Mikrokopie, Mikrofilm usw.) von Beiträgen oder einzelnen Teilen daraus sind nicht gestattet. Satz und Druck: Druckhaus Tempelhof, Berlin





# VALVO

BAUELEMENTE FÜR DIE GESAMTE ELEKTRONIK



ganz vorn:  
**A59-23W**

## eine neue VALVO-Bildröhre

In den elektrischen Daten und in der Lage der Befestigungswinkel gleicht unsere neue Bildröhre A59-23W dem Typ A59-11W. Abweichend davon wurde der vordere Teil des Schirmglases bis zur Formtrennungslinie unbedeckt gelassen. Sie ist daher speziell für Gerätekonstruktionen mit durchgesteckter Bildröhre geeignet. Solche Konstruktionen, die eine geringe Gehäusestiefe haben, waren bisher nur mit Doppelschirm-Bildröhren (twin panel) möglich.

Weitere Vorteile sind:

**Volle Ausnutzung der Bildfläche, geringeres Gewicht, besserer Kontrast**

E.-Thälmann-Str. 56



VALVO GMBH HAMBURG

A 0167/758