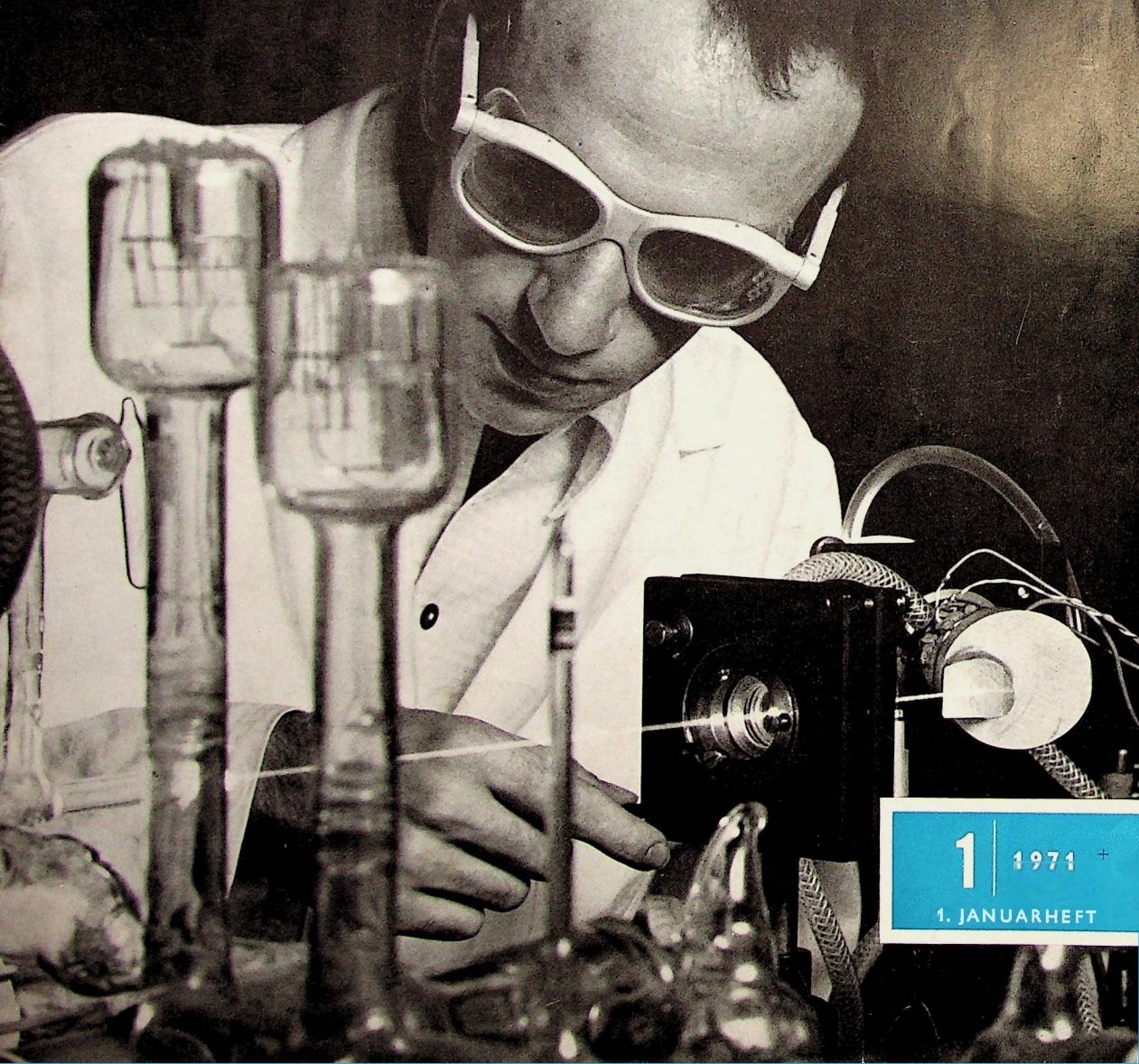


A 3109 D

BERLIN

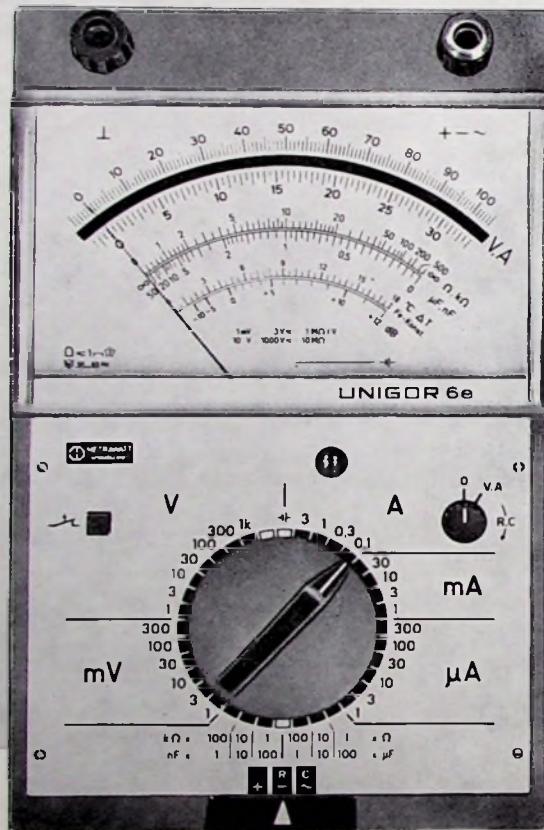
# FUNK- TECHNIK



1 | 1971

1. JANUARHEFT

# 1.000.000 $\Omega/V$



Der hohe Eingangswiderstand von 1 M $\Omega/V$  bei Gleich- und Wechselstrom ermöglicht einen universellen Einsatz des neuen Vielfachmessers.

## UNIGOR<sup>®</sup> 6 e

im Rundfunk- und Fernsehservice,  
Prüffeld und Labor.

Der große Meßbereichumfang

55 Gleich- und Wechselstrombereiche

13 dB-Meßbereiche

6 Widerstands-Meßbereiche

6 Kapazitäts-Meßbereiche

2 Temperatur-Meßbereiche

sowie die hohe Klassengenauigkeit von 1% in allen Meßbereichen geben dem Gerät eine Spitzenstellung in der bewährten UNIGOR-Typenreihe.

### Weitere Vorzüge des UNIGOR 6 e:

- Gemeinsame linear geteilte A-V-Skale für alle Gleich- und Wechselstrombereiche
- Überlastungsschutz
- Spannbandlagerung des Meßwerkes
- Driftfrei durch Zerhackerverstärker

- Echte Kapazitätsspannung über eingebauten Wechselspannungsgenerator
- Temperaturmeßbereiche mit Thermofühler Fe-Konst.
- Umpoler für Gleichstrom
- Übersichtliche Anordnung der Bedienungselemente



## METRAWATT AG NÜRNBERG

Schoppershofstr. 50–54 • Tel. (0911) 510 51 • FS 0622 924

\* Ein Produkt der Goerz-Elektro GmbH, Wien, in Deutschland im Vertriebsprogramm der METRAWATT AG

1. JANUARHEFT 1971

gelesen · gehört · gesehen .....	4
FT meidet .....	6
Internationale Funkausstellung 1971 Berlin · Unterhaltungselektronik — erstmalig weltweit .....	7
Fernsehsatellitensysteme .....	8
Halbleiter	
Automatische Herstellung von Masken für integrierte Schaltungen .....	11
Persönliches .....	12
Farbfernsehen	
Aktive Konvergenzschaltung für 110°-Farbbildröhren .....	13
Neue Bücher und Broschüren .....	15
Fernsehen	
Übersicht über Tuner in Fernsehempfängern .....	16
Technik von morgen	
Verfahren zur Nachrichtenübertragung und Datenaufzeichnung mit Lasern .....	19
Tagungs- und Ausstellungskalender .....	21
Lautsprecher	
Hi-Fi-Lautsprecher-Bausatz „50-4“ .....	22
Bericht von der electronica 70	
Technik der Dickschicht- und Dünnfilmschaltungen .....	23
Angewandte Elektronik	
Einbruchs- und Überfall-Meldeanlagen .....	25
Meßtechnik	
Signalverfolger mit vielseitigen Anwendungsmöglichkeiten .....	28
Einfacher Resonanz-Frequenzmesser .....	31
Verstärker	
NF-Verstärker mit integrierter Schaltung TAA 621 für 1,5 W Ausgangsleistung .....	32
Service-Technik	
Universal-Bowdenzug „965/DX“ .....	33
Abgleichbesteck „800/NTX“ .....	33
Der „Wassersack“ in Antennenanlagen .....	34
Unser Titelbild: Laboraufbau einer optischen Speichereinrichtung mit Ionen-Gaslaser (s. a. S. 19–21). Aufnahme: AEG-Telefunken	
Aufnahmen: Verlasser, Werkaufnahmen, Zeichnungen vom FT-Atelier nach Angaben der Verfasser	

VERLAG FÜR RADIO-FOTO-KINOTECHNIK GMBH, 1 Berlin 52 (Borsigwalde), Eichborndamm 141–167. Tel.: (0311) 412 10 31. Telex: 01 81 632 vrfkt. Telegramme: Funktechnik Berlin. Chefredakteur: Wilhelm Roth; Stellvertreter: Albert Jänicke, Ulrich Radke, sämtlich Berlin. Chefkorrespondent: Werner W. Diefenbach, Kempten/Allgäu. Anzeigenleitung: Marianne Weidemann; Chegraphiker: B. W. Beerwirth. Zahlungen an VERLAG FÜR RADIO-FOTO-KINOTECHNIK GMBH. Postscheck-Konto: Berlin West 76 64 oder Bank für Handel und Industrie AG, 1 Berlin 65, Konto 7 9302. Die FUNK-TECHNIK erscheint monatlich zweimal. Preis je Heft 2,80 DM. Auslandspreis laut 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

## Neuerscheinung



WINFRIED KNOBLOCH

**PRÜFEN · MESSEN · ABGLEICHEN**

# Service an Farbfernsehempfängern

**PAL · SECAM**

### Aus dem Inhalt:

#### Einleitung

- Blockschatzplan eines Schwarzweißfernsehempfängers
- Allgemeiner Blockschatzplan eines Farbfernsehempfängers
- Blockschatzplan eines NTSC-Farbfernsehempfängers
- Blockschatzplan eines PAL-Farbfernsehempfängers
- Blockschatzplan eines SECAM-Farbfernsehempfängers

#### Allgemeines über den Farbfernsehempfänger-Service

- Aufstellen eines Farbfernsehempfängers beim Kunden
- Werkstatt-Service

#### Bausteine der Farbfernsehempfänger

- Luminanzteil
- Chrominanzteil in PAL-Farbfernsehempfängern
- Chrominanzteil in SECAM-Farbfernsehempfängern
- Ablenkteile
- Netzteil

#### Sonderprobleme

- Simple-PAL-Empfänger

#### Weitere Hinweise für den PAL-Service

- FuBK-Testbild für Farbe und Schwarzweiß

- Allgemeine Abgleichhinweise

#### Wie wird sich der Farbfernsehempfänger-Service weiter entwickeln?

176 Seiten · 64 Bilder  
ISBN 3 87853 015 3

Ganzleinen 23,- DM

Zu beziehen durch jede Buchhandlung im Inland und Ausland, durch Buchverkaufsstellen (Fachhandlungen mit Literatur-Abteilung) sowie durch den Verlag.

**VERLAG FÜR  
RADIO-FOTO-KINOTECHNIK GMBH**

1 BERLIN 52 (Borsigwalde)

**Kommission untersucht Möglichkeiten zur Abhilfe von schlechtem Funkempfang durch hohe Bauwerke**

Im Bundespostministerium fand am 1. 12. 1970 die konstituierende Sitzung einer Kommission statt, die Lösungsvorschläge für die rechtliche Regelung der durch hohe Bauwerke verursachten Beeinträchtigungen des Ton- und Fernseh-Rundfunkempfangs erarbeiten soll. Die Beeinträchtigung des Rundfunkempfangs durch hohe Bauwerke nimmt in den letzten Jahren insbesondere in Großstädten immer mehr zu und ist vielerorts zu einem Problem geworden. Die Kommission setzt sich aus Mitgliedern des „Arbeitskreises Rundfunkempfangsanlagen“ zusammen, dem Behörden, Rundfunkanstalten und Verbände angehören, die an Fragen des Rundfunkempfangs interessiert sind.

**Rufzeichenliste der deutschen Amateurfunkstellen**

Bestellungen von Funkamateuren und anderen Interessenten für die neue Rufzeichenliste der deutschen Amateurfunkstellen – Ausgabe 1970 – werden jetzt von allen Postämtern entgegengenommen. Abgabepreis: 6,- DM.

**FTG-Tagung 1971 in Berlin**

Die 19. Jahrestagung der Fernseh-Technischen Gesellschaft e. V. (FTG) findet im Anschluß an die Internationale Funkausstellung vom 7. bis 10. September 1971 in Berlin statt. Tagungsort ist der Große Hörsaal des Elektrotechnischen Instituts (HE 101) der Technischen Universität Berlin.

**Ausstellung „Hobby 71“**

Die vom 12.-20. 6. 1971 in den Karlsruher Kongreß- und Ausstellungshallen stattfindende Großausstellung „Hobby 71“ soll mit vielen neuen Anregungen nicht nur beispielsweise die „Bauherren“ von ferngelenkten Flug-, Schiffs-, Autobahn- oder Eisenbahn-Modellen ansprechen, sondern auch Amateurfunker.

**Tonband-Wettstreit „Humor“**

Zu einem internationalen Wettstreit ruft der Agfa-Gevaert-Tonbandclub in Mortsel (Belgien) Tonjäger aus dem In- und Ausland auf; das Thema: „Humor“. 10 000 belgische Fran-

**Neue Fassung:**

**„Allgemeine Ton- und Fernseh-Rundfunkgenehmigung“**

Der Bundesanzeiger vom 16.12.1970 enthielt eine neue Fassung vom 11.12. 1970 für die „Allgemeine Ton- und Fernseh-Rundfunkgenehmigung“, die ab 1.1.1971 gilt. Hingewiesen sei darauf unter anderem auf die Auflagen 1 bis 4 für die Erteilung der Genehmigung:

1. Ton- und Fernseh-Rundfunkempfänger müssen den „Technischen Vorschriften für Ton-Rundfunkempfänger“ und den „Technischen Vorschriften für Fernseh-Rundfunkempfänger“ in ihrer jeweils geltenden Fassung entsprechen.  
Bei Änderungen der „Technischen Vorschriften“, die im Amtsblatt des Bundesministers für das Post- und Fernmeldewesen veröffentlicht werden, finden die Änderungen auf schon errichtete und betriebene Ton- und Fernseh-Rundfunkempfänger keine Anwendung, solange durch den Betrieb der Rundfunkempfänger andere Fernmeldeanlagen nicht gestört werden.
2. Durch Ton- oder Fernseh-Rundfunkempfänger darf der Betrieb anderer Fernmeldeanlagen (einschließlich Rundfunkempfangsanlagen) nicht gestört werden.
3. Mit Ton- oder Fernseh-Rundfunkempfängern dürfen nur Sendungen des Rundfunks empfangen werden, andere Sendungen (z. B. des Polizeiunfs, des öffentlichen beweglichen Landfunks) dagegen nicht.  
Werden unbeabsichtigt andere Sendungen empfangen, so dürfen sie weder aufgezeichnet, noch anderen mitgeteilt, noch für irgendwelche Zwecke ausgewertet werden. Das Vorhandensein solcher Sendungen darf auch nicht anderen zur Kenntnis gebracht werden.
4. Wer auf Grund dieser Genehmigung einen Ton- oder Fernseh-Rundfunkempfänger betreibt, hat bei einer Änderung der kennzeichnenden Merkmale von Ton- oder Fernseh-Rundfunksendern (insbesondere bei Änderung des Sendeverfahrens oder bei Frequenzwechsel) die gegebenenfalls notwendig werdenden Änderungen an seiner Ton- oder Fernseh-Rundfunkempfangsanlage auf seine Kosten vornehmen zu lassen. Er hat Antennen, Erd- oder Anschlußleitungen auf seine Kosten zu ändern, wenn sie den Ausbau, die Änderung oder die Aufhebung von Fernmeldeanlagen, die öffentlichen Zwecken dienen, behindern.

ken (etwa 730,- DM) winken dem, dessen Band von einer internationalen Jury in bezug auf Originalität, Technik und künstlerischen Wert als das beste erkoren wurde. Bis zum 31. März 1971 müssen die Wettbewerbsarbeiten, die in den Sprachen Deutsch, Niederländisch, Englisch, Französisch und Spanisch eingereicht werden können, an den Veranstalter eingesandt werden. Wettbewerbsbedingungen und Teilnahmeformulare sind anzufordern beim Sekretariat des Veranstalters (J. Elsmoortel, Rombaut Keldermansstraat 8, 2520 Edegem/Belgien).

**Neue Materialien für die Elektronik**

Die Degussa, Frankfurt a. M., hat auf der electronica 70 erstmals auch organische Verbindungen von Edel- und Unedelmetallen in Form von Pulvern und Lösungen zur Herstellung von einbrennbaren Leiterbahnen und Widerständen angeboten. Außerdem hat das Unternehmen die für die Herstellung von Präparaten lieferbaren Edelmetallpulver um Legierungspulver aus Gold-Palladium und Silber-Palladium in verschiedenen Zusammensetzungen und um kupferfreie Silberpulver ergänzt.

**Glasfaserkabel für optoelektronische Nachrichtensysteme**

Die Standard Telecommunication Laboratories in Harlow (England) entwickelten ein Kabel, dessen haardünne Glasfaseradern wie Drahtadern mit Kunststoff umhüllt sind. Das Kabel ist flexibel und läßt sich in vorhandene Kabelschächte einziehen. Studien über ein optoelektronisches Nachrichtensystem für Glasfaserkabel mit Übertragungsgeschwindigkeiten von 100 ... 500 Mbit/s (1500 ... 7500 Sprechkanäle je Glasfaserpaar) versprechen gute Wirtschaftlichkeit im Vergleich zu PCM-Systemen mit Koaxialkabeln. Eine Weiterentwicklung bis zu Geschwindigkeiten von 1 ... 2 Gbit/s ist zu erwarten. Die Fertigstellung des ersten funktionsfähigen Systems soll weniger als fünf Jahre beanspruchen.

**Philips setzt Farbfernsehlehrgänge auch 1971 fort**

Die Deutsche Philips GmbH wird 1971 weitere 40 Farbfernsehlehrgänge durchführen, wobei der Schwerpunkt auf der 110°-Ablenktechnik liegen wird. Je Kursus sind 28 Teilnehmerplätze vorhanden. Alle Kurse finden in Hamburg statt. Die Deutsche Philips GmbH stellt hierfür unter anderem kostenfreie Übernachtungen in Vertragshotels zur Verfügung. Anmeldungen über die Philips-Filialbüros sind noch möglich.

**Fachlehrgang für Verkäufer  
im Radio-, Fernseh- und Phono-Fachhandel**

Die Einzelhandels-Schulungsstätte in Springe führt in der Zeit vom 18. bis 23. Januar 1971 in Zusammenarbeit mit dem Deutschen Radio- und Fernseh-Fachverband e. V. wieder einen Fachlehrgang durch, der ganz speziell auf das Verkaufspersonal ausgerichtet ist. Dieser Kursus eignet sich besonders für Verkäufer – nicht für Servicetechniker –, aber auch für befähigte Lehrlinge im 3. Lehrjahr. Die Kosten des 6tägigen Lehrganges betragen einschließlich Unterkunft und Verpflegung 185,- DM. Anmeldungen an: Einzelhandels-Schulungsstätte Springe, 3257 Springe, Kurzer Gring 47; Telefon (0 50 41) 20 03.

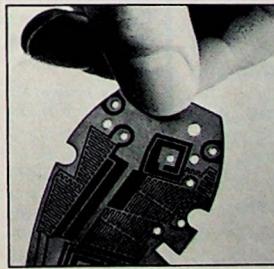
**EDV-Schulung bei der NCR**

Die NCR bietet Kurse an, die in die Programmierung und Datenverarbeitung einführen. Das Kursprogramm basiert auf dem Computer „NCR Century“. Alle Kurse werden in dem firmeneigenen EDV-Schulungs-Center in Augsburg abgehalten. Aus dem Kursprogramm einige Beispiele: zweitägige Seminare zur Einführung in die „NCR Century“-Serie: 9. Februar, 20. April und 22. Juni 1971 (für die Teilnahme an diesen Seminaren werden keine Gebühren erhoben); zweitägige Seminare über „NCR Century“-Programmiersprachen: 23. Februar, 27. April, 29. Juni 1971.

Auskunft über das gesamte Kursprogramm: NCR, EDV-Schulungs-Center, 89 Augsburg, Kobelweg 12½; Telefon (08 21) 40 85, Durchwahl 82 12.



## **Haargenau ist untertrieben**



auf Werkstoffe übertragen und bearbeitet werden sollen. Kalle-Fotoresists bedeuten höchste Fertigungsgenauigkeit. Auf Wunsch ausführliche anwendungstechnische Vorführung - bitte schreiben Sie uns.

Für die Präzision dieser Antennenweiche würde eher die Bezeichnung „mikrogenau“ zutreffen. Das ist nämlich eine kopierte Schaltung, hergestellt mit Kalle-Fotoresist. Die technischen Pluspunkte der Kalle-Fotoresists: schnell trocknend, Auflösung randscharf, leicht zu entschichten. Sie werden zur Herstellung von Leiterplatten für die Elektroindustrie ebenso erfolgreich verwendet wie zum Formteiltätzen für Feinmechanik und Elektroindustrie. Außerdem überall dort, wo Bildelemente präzise

Kalle Aktiengesellschaft · D 6202 Wiesbaden-Biebrich

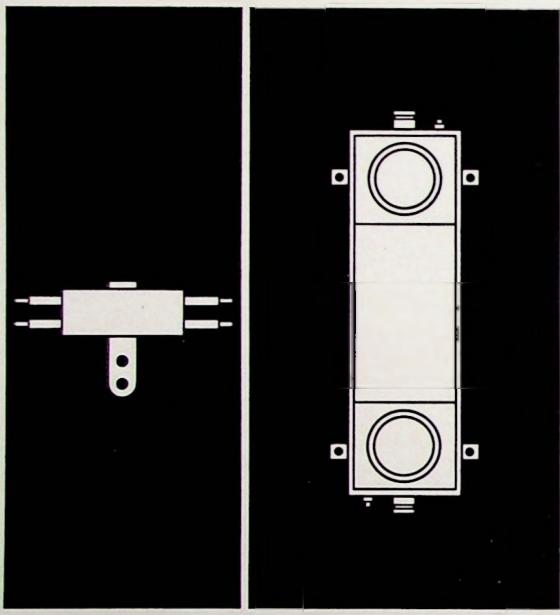
**Kalle-Fotoresists**

**KALLE**



Hydra-  
Kondensatoren

## Funk- Entstörfilter



**Entstörfilter im Metallrohr mit Befestigungslasche für die Funk-Entstörung von Geräten und Maschinen, die an 2-Phasen Wechselstromnetzen betrieben werden.**  
**Querkapazität 0,1 µF; Schutzkapazität 2 x 2500 pF.**  
**Induktivitäten von 2 x 1 bis 2 x 6 mH.**  
**Betriebsströme von 1 bis 16 A.**  
**Entstörwirkung von 0,1 MHz bis 50 MHz.**  
**Der Dämpfungsbereich der Störspannung liegt zwischen 40 und 50 dB.**

**Entstörfilter als Vorschaltgeräte im Metallgehäuse mit HF-dichten Kammern. Zweileiter- und Vierleitertypen**

- I) für Sammelsteuerungen (z. B. Aufzüge, Datenverarbeitungsanlagen usw.) wenn der Funkstörgrad „N“ gefordert wird.  
 Für Betriebsströme von 6 - 500 A.
- II) speziell für die Entstörung von gesteuerten Halbleitern (z. B. Wechselrichter und Gleichrichter). Für Betriebsströme von 10 bis 35 A.
- III) für Anlagen und Geräte, wenn der Funkstörgrad „K“ gefordert wird. Ferner für die Netzverriegelung von Prüfkabinen sowie Meßkabinen für Technik und Medizin. Diese Entstörfilter weisen über einen weiten Frequenzbereich eine sehr hohe Störspannungs-dämpfung auf und sind daher für höchste Anforderungen geeignet.  
 Für Betriebsströme von 6 bis 140 A.

Hydarker AG., 1 Berlin 65, Drontheimer Str. 28/34

**meldet..** **meldet..** **meldet..** **meldet..**

### Preisbindung für Farbfernsehgeräte aufgehoben

Die 4. Beschußabteilung des Bundeskartellamtes hat am 1. Dezember 1970 durch Beschlüsse nach § 17 Abs. 1 GWB sämtliche Preisbindungen für Farbfernsehgeräte der Hersteller *AEG-Telefunken*, *Blaupunkt*, *Philips*, *Imperial*, *Graetz*, *Grundig*, *Loewe Opta*, *Metz*, *Nordmende*, *Schaub-Lorenz*, *Siemens* und *Wega* für unwirksam erklärt. Preisgebunden bleiben nur die Farbempfänger der Firmen *Braun* und *Saba*. *Wega* hat gegen den Beschuß des Bundeskartellamtes Beschwerde eingelegt, die aufschiebende Wirkung hat.

### Entwicklung der AEG-Telefunken-Gruppe im Geschäftsjahr 1970

Die *AEG-Telefunken-Gruppe* wird im Geschäftsjahr 1970 einen gegenüber dem Vorjahr um rund 20 % erhöhten Weltumsatz von 9 Mrd. DM erreichen, während der Auftrags eingang 9,5 Mrd. DM übersteigen und damit – trotz der deutlich erkennbaren Konjunkturabschwächung – ein zufriedenstellendes Niveau erreichen wird. Die Investitionen einschließlich des Sachanlagevermögens der Neuerwerbungen werden wiederum 0,5 Mrd. DM betragen, und die Abschreibungen werden in der Größenordnung von 300 Mill. D-Mark liegen. Die Fertigungskapazitäten der Fabriken sind überwiegend voll ausgelastet. Im Sektor Unterhaltungselektronik ist jedoch zur kurzfristigen Anpassung an marktbedingte Sonderentwicklungen eine zeitlich befristete Einschränkung der Beschäftigung vorgesehen.

### Zusammenarbeit AEG-Telefunken und Zanussi

Die Allgemeine Elektricitäts-Gesellschaft *AEG-Telefunken*, Berlin/Frankfurt a. M., und die Industrie A. Zanussi S. p. A., Pordenone, beabsichtigen, ihre vor mehreren Jahren begonnene Zusammenarbeit durch die Gründung einer neuen Produktionsgesellschaft, die *Zanussi Elettrodomestici S. p. A.* mit Sitz in Pordenone, zu vertiefen. Die Industrie A. Zanussi S. p. A. wird unter Aufrechterhaltung ihrer Selbständigkeit ihre Fertigungskapazitäten im Hausgerätebereich auf diese neue Produktionsgesellschaft übertragen. Am Kapital dieser Gesellschaft werden die Industrie A. Zanussi S. p. A. mit 74,99 % und *AEG-Telefunken* mit 25,01 % beteiligt sein.

### Erster EVR-Lizenzenvertrag in Japan unterzeichnet

Die *EVR-Partnership*, London, und *Hitachi Ltd.*, Tokio, haben ihren ersten Lizenzvertrag zur Fabrikation von EVR-Tele-Kassettenabspielgeräten in Japan und deren Vertrieb auf internationaler Ebene abgeschlossen. Die *EVR-Partnership* umfaßt die drei Firmen *ICI*, *Columbia Broadcasting System* und *CIBA*.

### Überregionaler Distributor Celdis

Die *Celdis* Vertrieb Elektronischer Bauelemente GmbH, 8 München 80, Orleansplatz 5, die aus dem Zusammenschluß der Firma *Wedi* mit dem englischen Distributor *Celdis* entstand, arbeitet in der Bundesrepublik als überregionaler Distributor. 1971 wird ein Verkaufsbüro in Nürnberg eröffnet. Das Vertriebsprogramm umfaßt die Firmen: *Deutsche Elco*, *Elma-Ryam*, *Fairchild*, *Fischer-Elektronik*, *Frako*, *Friedrich & Co.*, *Hirschmann*, *Preh*, *Ruf*, *Sescosem*, *Siemens*, *Vitrohm*, *Wickman* und *Wima*.

### SGS-Verkaufsbüro in Stuttgart

Das Vertriebsnetz der *SGS Deutschland GmbH* wird ab Januar 1971 durch ein Verkaufsbüro in 7 Stuttgart-Möhingen, Filderbahnstr. 37, erweitert. Die Leitung des neuen Büros übernimmt Ing. (grad.) M. Neumann. Weitere *SGS*-Verkaufsbüros bestehen in München, Hannover und Berlin.

### Neue Hauptabteilungen Verkauf und Technischer Vertrieb bei SGS

Mit Wirkung vom 1. Januar 1971 wurde bei der *SGS Deutschland GmbH* aus der Hauptabteilung Marketing eine Hauptabteilung Verkauf und eine weitere Hauptabteilung Technischer Vertrieb gebildet. Die Leitung der Hauptabteilung Verkauf hat A. Kulhanek, bisher Verkaufsleiter für die Gruppe Industrie-Elektronik, übernommen, während die Hauptabteilung Technischer Vertrieb von R. Bladowski, bisher Leiter des Entwicklungs- und Applikationslabors, geleitet wird. Diese Hauptabteilung umfaßt die Abteilungen Product-Marketing, Presse und Werbung sowie Entwicklung und Applikation.

Chefredakteur: WILHELM ROTH

Chefkorrespondent: WERNER W. DIEFENBACH

RUNDFUNK  
FERNSEHEN  
PHONO  
MAGNETTON  
HI-FI-TECHNIK  
AMATEURFUNK  
MESSTECHNIK  
HALBLEITER  
ELEKTRONIK

# FUNK- TECHNIK

H.-L. STEIN

**Internationale Funkausstellung 1971 Berlin****Unterhaltungselektronik - erstmalig weltweit**

Wenn am Abend des 26. August 1971, vom Zweiten Deutschen Fernsehen auf dem Messegelände live produziert und gesendet, eine ganz neuartige Farbrevue von Berlin aus ihren Weg über das internationale Eurovisionsnetz nimmt, gilt die erste internationale Funkausstellung auf deutschem Boden als eröffnet. Eine Funkausstellung, die zukunftsweisend sein wird für die größten Massenmedien unserer Zeit: für Rundfunk und Fernsehen.

Funkausstellungen haben von jeher einen doppelten Zweck. Sie öffnen die beginnende Verkaufssaison mit der Präsentation des Gesamtangebots an Geräten und Zubehör aller Art — und sie führen den sonst nur passiven „Teilnehmer“ unmittelbar in das erregende Fluidum von Sendung und Wiedergabe. Daneben bieten sie der Fachwelt detaillierte Produktinformation und das so wichtige Kontaktgespräch mit- und untereinander. All dies wird nun in Berlin vom 27. August bis 5. September 1971 in einem internationalen Rahmen gestellt, zu einer internationalen Offerte erweitert. Man wird das bundesdeutsche mit dem ausländischen Angebot vergleichen, das weltweite Fachgespräch „von Mann zu Mann“ führen und Programmproduktionen internationalen Formats verfolgen können.

Die neugeschaffene „AMK Berlin, Ausstellungs- Messe- Kongreß-GmbH“, hervorgegangen aus den Berliner Ausstellungen und dem ADB Ausstellungs-Dienst-Berlin, bietet dazu nicht nur eines der schönsten Messegelände Deutschlands, sondern auch eine um 6000 m<sup>2</sup> auf 94000 m<sup>2</sup> erweiterte Ausstellungsfläche. Sechs neue Hallen, elegant wirkend und auf praktische Weise ineinander verschachtelt, erhöhen die Hallenzahl auf insgesamt 23. Sie sind nun derart verbunden, daß der Besucher „überdacht“ das gesamte Gelände durchwandern kann. Modernste Service-Einrichtungen, darunter ein Shopping-Center und über das Terrain verteilte anreihbare Ladeneinheiten, gewährleisten ausreichende Versorgung auch großer Besuchermassen.

Ausnahmslos alle bundesdeutschen Hersteller von Rundfunk-, Fernseh-, Phono- und Tonbandgeräten sowie Produzenten von Empfängersäntennen, Schallplatten, Tonbändern und jeglichem Zubehör beteiligen sich, und zwar — wie erste Informationen erkennen lassen — mit zum Teil überaus attraktiven Hallen- und Standgestaltungen. Hinzu kommen Beteiligungen aus Dänemark, Frankreich, Großbritannien, Italien, Japan, den Niederlanden, Finnland. Die Deutsche Bundespost, die ein Sonderwertzeichen und einen Sonderstempel angekündigt hat, wird auf einer großzügigen Sonderausstellung Einblick in die Vielfalt ihrer funktechnischen Arbeit geben. Mit Sonderschauen werden auch andere Institutionen und Organisationen, so unter anderem das Deutsche Olympische Komitee und der Deutsche Amateur-Radio-Club (DARC), vertreten sein.

Horst-Ludwig Stein ist Geschäftsführer der AMK Berlin, Ausstellungs- Messe-Kongreß-GmbH, Berlin.

Besondere Bedeutung kommt der Teilnahme der Sendeanstalten zu. Sind sie es doch, die die Atmosphäre dieser ersten internationalen Funkausstellung in zahlreichen Fernseh- und Rundfunksendungen in Stadt und Land hinaustragen. Schauplatz größer und täglicher Produktion im Beisein des Publikums ist die zu einem Fernsehstudio ausgebaut Halle 1. In anderen Hallen werden die Besucher Selbstdarstellungen der Arbeitsgemeinschaft der öffentlich-rechtlichen Rundfunkanstalten der Bundesrepublik Deutschland (ARD) und des Zweiten Deutschen Fernsehens (ZDF) sowie Informationsstände der Landesrundfunkanstalten und der beiden Bundesrundfunkanstalten Deutschlandfunk und Deutsche Welle vorfinden. So weit sich — was erwartet wird — Sendeanstalten aus dem Ausland beteiligen, werden sie von ARD und ZDF gemeinsam betreut. Beide Sendedienste verbreiten während der Ausstellungstage über die drei Stadtsender ein ganztägiges Farbfernsehprogramm. Alles in allem: Rundfunk und Fernsehen werden mit einem personellen und technischen Aufwand beteiligt sein, der jedes bisherige Ausmaß übertrifft.

Berlins Messegelände eignet sich hervorragend für Rahmenveranstaltungen unterhaltsamer Art. Besonders der inmitten des Areals gelegene Sommergarten mit seinen ausladenden Grünflächen, aber auch das elegante Palais am Funkturm bieten die Möglichkeit zu Darbietungen ganz unterschiedlicher Art. Darum auch wird das Rahmenprogramm dieser Funkausstellung sehr vielfältig sein. Schon jetzt steht fest, daß es Sport vieler Disziplinen, Modeschauen, Tanztees, Militärkonzerte und ein Feuerwerk umfassen wird. Auch die schon traditionelle ADAC-Sternfahrt und der beliebte Funkball werden nicht fehlen. Darüber hinaus wird die ganze Stadt im Zeichen der Funkausstellung stehen. Theater, Konzerte, Hotels, Gaststätten, Amusement — die „Welle des Frohsinns“ wird Jung und Alt zehn beschwingte Tage bescheren.

Alle Verkehrsverbindungen nach Berlin, insbesondere die Fluglinien, werden beträchtlich verstärkt. Interessenten, die nicht in Berlin übernachten wollen, können nach der Devise „morgens rein, abends raus“ Ein-Tages-Flüge buchen, für die auch Charterflugzeuge eingesetzt werden.

Daß all dies schon neun Monate vor Ausstellungsbeginn festgelegt werden konnte, zeugt von der ausgefeilten Organisationsarbeit, für die gerade die Funkausstellungen seit langem bekannt sind. Sie wird in einem Ausstellungsausschuß geleistet, dem Vertreter der Industrieverbände und -unternehmen, der Sendeanstalten und Bundespost, der Stadtverwaltung und natürlich auch der Ausstellungs- und Messegesellschaft angehören.

So öffnet sich denn also im kommenden August das große, schöne und bewegende Schaufenster der Unterhaltungselektronik erstmalig zu internationaler Weite. Daß dies gerade in der weltaffen Millionenstadt Berlin geschieht, mag allen als gutes Omen erscheinen.

# Fernsehsatellitensysteme

## 1. Vorteile eines Satellitensystems

Über die Vorteile, die eine direkte Fernsehversorgung durch stationäre Erdsatelliten hätte, wurde schon viel diskutiert. Ob eine Fernsehversorgung durch Satelliten wirtschaftlich günstiger wäre als die terrestrische Fernsehversorgung, hängt von der Größe und Topographie des versorgten Gebietes ab. Ein unbestreitbarer Vorteil der Satelliten-Fernsehversorgung ist es dabei, daß durch sie eine lückenlose Versorgung des gewünschten Gebietes mit weitgehend gleichbleibender Bildqualität erreicht werden kann. Die Rundfunkanstalten wissen, wie schwierig und teuer es bei der terrestrischen Fernsehversorgung ist, entlegene, gebirgige und dünn besiedelte Gebiete zu erreichen. Obwohl zum Beispiel für die Versorgung der Bundesrepublik Deutschland mit dem Zweiten Programm etwa 100 Grundsender und etwa 400 Füllsender eingesetzt sind, ist immer noch keine 100 %ige Versorgung erreicht; die letzten paar Prozent sind bekanntlich sehr kostspielig.

Die nachstehenden Ausführungen sollen zeigen, welche Möglichkeiten einer Fernsehversorgung durch Satelliten bestehen.

## 2. Spezieller Fall Mitteleuropa

### 2.1. Allgemeines

Im Gegensatz zu vielen Veröffentlichungen, in denen die Verhältnisse der USA oder von Indien zugrunde gelegt wurden, wurde versucht, eine Satelliten-Fernsehversorgung den europäischen Verhältnissen anzupassen. Eine Fernsehversorgung für das gesamte Europa scheitert nicht nur an den vielen verschiedenen Sprachen, sondern auch an den verschiedenen Fernsehnormen, ganz abgesehen davon, daß eine gesamteuropäische Programmgestaltung ziemliche Schwierigkeiten bereiten dürfte. Beim Versuch, wenigstens für einen Teil Europas einen gemeinsamen Nenner zu finden, stößt man auf das Gebiet von Mitteleuropa, in dem schon heute etwa 25 Millionen Fernsehgeräte existieren, deren Besitzer die deutsche Sprache verstehen. Bis auf eine Ausnahme, nämlich die DDR, haben sich all diese Länder auch für die PAL-Farbfördernorm entschieden. Wenn auch heute die Anzahl der Farbfernsehteilnehmer noch nicht überwiegt, so wird dies sicher der Fall sein zu einer Zeit, in der die Fernsehversorgung durch Satelliten erfolgen wird.

Um möglichst konkrete Voraussetzungen zu erhalten, sei davon ausgegangen, daß der Richtstrahl vom Satelliten auf das Gebiet von Mitteleuropa gerichtet ist, was natürlich nicht ausschließt, daß diese Sendungen auch in

Konrad Pöbl, Dr. Horst Seunik und Herbert Strehl sind Mitarbeiter der Siemens AG, München.

Vortrag auf der 18. Jahrestagung der Fernseh-Technischen Gesellschaft (FTG) am 5. 10. 1970 in Mainz.

den benachbarten Ländern empfangen werden können, soweit Fernsehgeräte der 5-MHz-Norm verwendet werden. Wegen der Bündelung der Sendeenergie des Satelliten auf ein relativ kleines Gebiet der Erdoberfläche ist die notwendige Sendeleistung nicht mehr so utopisch hoch, wie dies bei früheren Überlegungen der Fall war. Andererseits erfordert die genaue Ausrichtung des Richtstrahls auf das zu versorgende Gebiet eine sehr gute Lagestabilisierung des Satelliten.

### 2.2. Spezielle Ausleucht-zonen

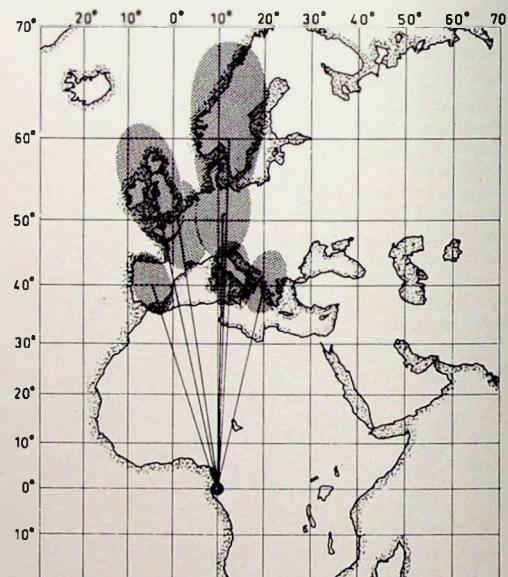
Im Bild 1 sind die verschiedenen Ausleuchtzonen dargestellt, die die Antenne eines stationären Satelliten bei einer Halbwertsbreite von  $1,4^\circ$  auf der Erdoberfläche hervorruft. Die Elevation, unter der die Strahlung vom Satelliten in Deutschland einfallen würde,

ausgestrahlt werden. Technische Probleme entstehen hierbei nur auf der Sendeseite. Für Sendungen im 800-MHz-Bereich des Fernsehbereiches V müßte die vom Satelliten abgestrahlte Sendeleistung etwa 1 kW betragen und die Satelliten-Sendeantenne einen Durchmesser von etwa 20 m haben.

### 3.2. Verfahren „RM 12000“

Da ein Fernsehkanal, der von einem Satellitensender benutzt wird, weder im Versorgungsbereich noch in den direkt benachbarten Gebieten noch einmal verwendet werden kann, entstehen schwerwiegende organisatorische und politische Probleme. Für den Fall, daß diese Probleme im Gegensatz zu den technischen nicht zu lösen sind, wurden auch zwei Möglichkeiten im 12-GHz-Bereich untersucht. Der einzige technische Vorteil, den die Benutzung von Frequenzen im 12-GHz-Bereich

Bild 1. Ausleuchtzonen von  $1,4^\circ$ -Antennen



ist etwa  $33^\circ$ , also steil genug für die tiefsten Täler. Daß die Fernsehversorgung eines solchermaßen begrenzten Gebietes mit dem heutigen Stand der Technik bereits realisiert werden könnte, sollen die folgenden Ausführungen zeigen.

### 3. Mögliche Verfahren

#### 3.1. Verfahren „RM 800“

Von den verschiedenen Möglichkeiten der Fernsehversorgung durch Satellitensender ist zweifellos diejenige die beste, bei der die schon existierenden 25 Millionen Fernsehempfänger des Versorgungsgebietes unverändert zum Empfang benutzt werden können. Dazu müßten die Sendungen in einem der heute üblichen Fernsehbänder und mit Restseitenband-Amplitudenmodulation

bringt, sind die relativ kleinen Abmessungen der Sendeantenne des Satelliten (1,25 m Durchmesser). Nachteilig ist es, daß Sendungen im 12-GHz-Bereich bei Anwendung der Restseitenband-Amplitudenmodulation eine wesentlich höhere Sendeleistung im Satelliten erfordern und daß der Fernsehteilnehmer eine spezielle Empfangsanlage anschaffen müßte, mit der die Sendungen in einen der üblichen Fernsehbereiche umgesetzt werden.

#### 3.3. Verfahren „FM 12000“

Wenn man FM anwendet, deren Mehrverbrauch an Frequenzband im 12-GHz-Bereich vorerst noch möglich wäre, sinkt zwar die Sendeleistung im Satelliten auf einen vernünftigen Wert, verlangt aber nun vom Fernsehteilneh-

mer ein weiteres, nicht gerade billiges Zusatzgerät für die Modulationswandlung.

### 3.4. Gegenüberstellung der drei Möglichkeiten

In Tab. I sind die technischen Daten der drei Satellitensysteme aufgeführt.

**Tab. I. Systemparameter eines Satellitensystems für direkten Fernsehempfang**

Versorgungsbereich entsprechend einer Antennenbündelung auf 1,4° ( $G = 41,3 \text{ dB}$ )			
System	RM 800	RM 12000	FM 12000
Sendefrequenz	800 MHz	12 GHz	
Funkausbreitungsdämpfung	182 dB	206 dB	
Gewinn der Empfangsantenne	18 dB	30,3 dB	
Funkfelddämpfung	122,7 dB	125,4 dB	
Modulationsart	RM	RM	FM
Bandbreite	5 MHz	5 MHz	25 MHz
Signal-Rausch-Abstand	40 dB	40 dB	45 dB
Träger-Rausch-Abstand	37 dB	37 dB	13 dB
Systemreserve	0 dB	0 dB	3 dB
Rauschtemp. d. Empfängers	1000 °K   500 °K	8000 °K   860 °K	8000 °K   860 °K
Satelliten-Sendeleistung	800 W   400 W	12 kW   1,3 kW	240 W   26 W

Gründe für die Sendeleistung von 12 kW beim System „RM 12000“ sind die gegenüber 800 MHz um 24 dB höhere Funkausbreitungsdämpfung und die wesentlich ungünstigere Rauschtemperatur des 12-GHz-Umsetzers. Dieser Verlust kann durch den etwa

### 4. Besondere Probleme auf der Empfangsseite

#### 4.1. Allgemeines

Nachdem damit die Systemparameter der drei in Frage kommenden Möglichkeiten feststehen, soll im folgenden noch etwas auf die Lösung der tech-

nischen Probleme eingegangen werden, und zwar zunächst auf die für den Fernsehteilnehmer wichtigere Empfangsseite. Im Bild 2 sind die auf der Empfangsseite notwendigen Geräte schematisch für die drei Systeme dargestellt.

nischen Probleme eingegangen werden, und zwar zunächst auf die für den Fernsehteilnehmer wichtigere Empfangsseite. Im Bild 2 sind die auf der Empfangsseite notwendigen Geräte schematisch für die drei Systeme dargestellt.

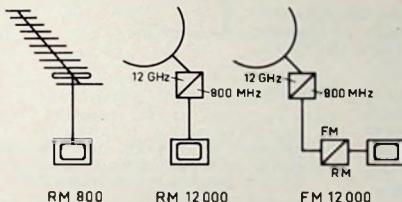


Bild 2. Fernsehempfangsanlagen für die vorgeschlagenen Systemkonzeptionen

21 dB höheren Gewinn der Empfangsantenne nicht ausgeglichen werden. Die niedrige Rauschtemperatur von 860 °K bei den 12-GHz-Systemen kann nur durch Tunneldiodenvorstufen erreicht werden und ist mehr zu Vergleichszwecken angegeben, da sie aus Kostengründen für private Empfangsanlagen kaum in Frage kommen dürften. Anders ist es bei der Rauschtemperatur im 800-MHz-Bereich. Die 1000 °K entsprechen der Rauschtemperatur einer heute üblichen Empfänger-eingangsschaltung. Es bestehen aber gute Aussichten, daß in absehbarer Zeit sogar 500 °K erreicht werden.

Die um 5 dB verschiedenen Signal-Rausch-Abstände bei RM und FM sind notwendig, wenn man beim Farbfernsehen die gleiche Bildqualität erhalten will. Durch die dreieckförmige Rauschverteilung nach der FM-Demodulation wird nämlich die am oberen Bandende liegende Farbinformation des Fernsehbildes stärker beeinflußt als bei der gleichmäßigen Rauschverteilung der RM. Eine Systemreserve für einen Dämpfungsanstieg, wie er zum Beispiel bei starkem Regen auftreten kann, wurde nur für das System „FM 12000“ ange setzt, weil hier bei Unterschreiten des Schwellenwertes Bildausfall eintritt, während bei der Restseitenband-Amplitudenmodulation in solchen Fällen nur die Bildqualität kaum wahrnehmbar schlechter wird.

### 4.2. Verfahren „RM 800“

Für den Fall „RM 800“ benötigt der Fernsehteilnehmer nur eine weitere, auf den Satelliten ausgerichtete handelsübliche Yagiantenne mit etwa 16 dB Gewinn sowie eine Kanalweiche zur Einspeisung in das Niederführungs kabel der anderen Antennen.

### 4.3. Verfahren „RM 12000“

Der Empfang von Sendungen im 12-GHz-Bereich erfordert eine Parabol antenne mit etwa 1 m Durchmesser sowie den in unmittelbarer Nähe der Antenne montierten Umsetzer, der die Signale vom 12-GHz-Bereich in den Fernsehbereich V umsetzt und so weit verstärkt, daß sie über eine Weiche in das Niederführungs kabel eingespeist werden können.

### 4.4. Verfahren „FM 12000“

Für das System „FM 12000“ ist außerdem noch ein weiteres Vorsatzgerät am Fernsehempfänger notwendig, das die FM-Signale empfangen kann. Es muß mindestens enthalten: 800-MHz-Tuner, Breitband-ZF-Verstärker und Diskrimin ator.

Dieses Vorsatzgerät entspricht also dem kompletten HF-Teil eines üblichen Fernsehempfängers, ist aber komplizierter in der Ausführung. Die Kosten eines solchen Gerätes dürften selbst bei Serienproduktion noch so hoch sein,

dass dieses Verfahren nur für Gemeinschafts-Antennenanlagen in Frage kommt. In diesem Fall wird aber der größte Vorteil einer Satelliten-Fernsehversorgung, nämlich die 100%ige Fernsehversorgung, wieder nicht erreicht, da mehr als die Hälfte aller Fernseh teilnehmer nicht an Gemeinschafts-An tennenanlagen angeschlossen sind.

### 5. Besondere Probleme auf der Senderseite

#### 5.1. Leistungsverstärker

Bei der Festlegung des notwendigen Aufwandes nimmt der Leistungsverstärker im Satelliten eine Schlüsselstellung ein. Er bestimmt den Leistungsbedarf und zusammen mit der Stromversorgung auch das Gewicht des Satelliten.

#### 5.1.1. Senderöhren, allgemein

Derzeit und auch in den nächsten Jahren scheiden Transistoren infolge ihres kleinen Wirkungsgrades, der hohen Verlustleistung und der relativ niedrigen Ausgangsleistung auch in Parallel oder Kaskadenschaltung (höhere Verstärkung) als Leistungsverstärker aus. In Frage kommen also gittergesteuerte Röhren (Trioden, Tetroden), Querfeld röhren, Wanderfeldröhren und Klystrons. Über 1 bis 2 GHz können höhere Leistungen mit gittergesteuerten Röhren wegen des dabei notwendigen sehr kleinen Katoden-Gitter-Abstandes nicht realisiert werden. Auch im Ku-Band (über 12 GHz) kann man einen weiteren Röhrentyp, die Querfeldröhre, ausschließen, da die kleinen Dimensionen der HF-Struktur (Verzögerungsgleitung) bei diesen Frequenzen eine Grenze darstellen und das Problem der Wärmeverteilung und Wärmeabfuhr nicht mehr gelöst werden kann. Die geforderte Bandbreite ist kleiner als 1/4, so daß auch Wanderfeldröhren, die immer eine Bandbreite von mindestens 5 bis 10 % haben, als Lösung erscheinen, die nicht mit dem einfachsten Aufwand erkauft wird.

Im allgemeinen müssen folgende Forderungen erfüllt werden:

große Lebensdauer (20 000 bis 50 000 Stunden),  
größtmöglicher Gesamtwirkungsgrad,  
kleinstes Gewicht,  
kleinste Abmessungen,  
einfacher Aufbau,  
schwerelos arbeitende Wärmeabfuhr.

Bei der Anwendung als Fernsehsender muß bei Restseitenband-Amplitudemodulation aus Linearitätsgründen die Betriebsleistung einige dB unter die Sättigungsleistung gelegt werden, bei FM kann die Röhre meist bis zur Sättigung ausgesteuert werden.

Im Schriftum wurde auf diese Punkte bereits ausführlich eingegangen [1 bis 7]. Hier sollen daher nur zwei spezielle und originelle Lösungen von Leistungsverstärkern bei 800 MHz und 12 GHz dargestellt werden.

#### 5.1.2. Senderöhre 800 MHz

Bei 800 MHz ist eine Ausgangsleistung von etwa 1 kW zu realisieren. Geeignete Sendeantennen sind bereits verfügbar (Bild 3).

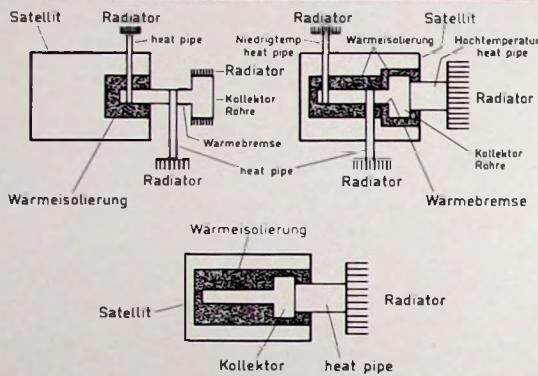
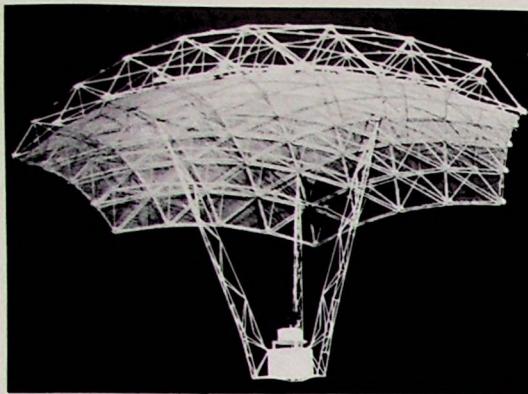


Bild 4. Drei prinzipielle Möglichkeiten der Wärmeabfuhr

Als Leistungsverstärker scheint wegen des günstigen Gesamtgewichtes von 15 kg und des erreichbaren Gesamtbetriebswirkungsgrades von 45 bis 50 % (Bild und Ton getrennt) ein Stufenverstärker aus einer Triode (20 dB Verstärkung) und einer Tetrode (YL 1055, 16 dB Verstärkung) am vorteilhaftesten.

Für die schwerelos arbeitende Kühlung der Röhre sind im Bild 4 drei prinzipielle Möglichkeiten unter Verwendung von „heat pipes“ [8] angegeben.

#### 5.1.3. Senderöhre 12 GHz

Bei 12 GHz scheidet die Möglichkeit mit Restseitenbandmodulation („RM 12 000“) als Folge der dabei notwendigen Sendeleistung von 12 kW derzeit und auch in nächster Zukunft aus. Die Stromversorgung kann in diesem Leistungsbereich nur noch durch nukleare Generatoren realisiert werden, wodurch dann das Gewicht des Satelliten in die Größenordnung von etwa 2 t kommt.

Die andere Möglichkeit mit FM („FM 12 000“) bereitet im Satelliten die wenigsten Schwierigkeiten. Die Größe der Stromversorgung würde etwa der von Intelsat 4 entsprechen. Der Durchmesser der Sendeantenne wäre bei einer Bündelung auf  $1.4^\circ$  etwa 1.3 m. Die unter Einhaltung der Linearität auszustrahlende Sendeleistung ist in diesem Fall 240 W (bei gemeinsamer Übertragung von Bild und Ton).

#### 5.1.3.1. Magnetisch fokussierte Klystrons für 12 GHz

Als Beispiel einer Leistungsröhre für 12 GHz soll ein für eine Sättigungsleistung von 1500 W dimensioniertes Kly-

stron dienen. Elektrostatisch fokussierte Klystrons scheiden bei dieser Frequenz für Sättigungsleistungen über 200 W Dauerstrich aus [9]. Die große Bandbreite von Wanderfeldröhren, die außerdem noch einen geringeren Wirkungsgrad haben, wird nicht benötigt, so daß magnetisch fokussierte Klystrons am vorteilhaftesten scheinen. Amerikanische Studien [3] propagieren ein elektromagnetisch fokussiertes Klystron. Die bei Siemens angewandte PPM-Fokussierung erlaubt jedoch ein Gesamtgewicht, das um den Faktor 6 bis 7 unter dem des elektromagnetisch fokussierten Klystrons liegt, wenn man auch das Gewicht des Netzgerätes für die Fokussierungsspule berücksichtigt.

Der Nachteil des geringeren Wechselwirkungsgrades beim PPM-fokussierten Klystron kann durch die vorteilhafte Kollektorsauslegung (multistage) aufgehoben werden. Besonders vorteilhaft ist auch die Lösung der Wärmeabfuhr mittels Strahlungskollektor und „heat pipes“.

Der Kollektor aus Molybdän (Bild 5) hat einen Durchmesser von 28 cm und ist in der Lage, sofern er sich auf einer Temperatur von  $577^\circ\text{C}$  befindet, eine Verlustleistung von 3,5 kW abzustrahlen. Zur Wärmeabfuhr der letzten beiden Klystronkammern (175 W) werden zwei „heat pipes“ verwendet, die zu einer Gesamtstrahlungsfläche von  $1850 \text{ cm}^2$  führen. Die Größe dieser Fläche erklärt sich daraus, daß das Magnetsystem und somit die Temperatur dieser Strahlungsfläche maximal  $100^\circ\text{C}$  heiß werden darf. Genau das gleiche gilt für den Kathodenraum, so daß die dort freiwerdenden 18 W über

eine „heat pipe“ zu einer Strahlungsfläche von  $175 \text{ cm}^2$  geführt werden.

Bild 3. Entfaltbare Sendeantenne für den 800-MHz-Bereich

Die diesem Bericht zugrunde liegenden Arbeiten wurden im Auftrag des Bundesministers für Bildung und Wissenschaft, vertreten durch die Gesellschaft für Weltraumforschung mbH (Auftragsnummer RV 1 - 06/34/69 und RV 1 - 06/30/69), durchgeführt. Der Bundesminister für Bildung und Wissenschaft übernimmt keine Gewähr für die Richtigkeit, die Genauigkeit und Vollständigkeit der Angaben sowie für die Beachtung privater Rechte Dritter.

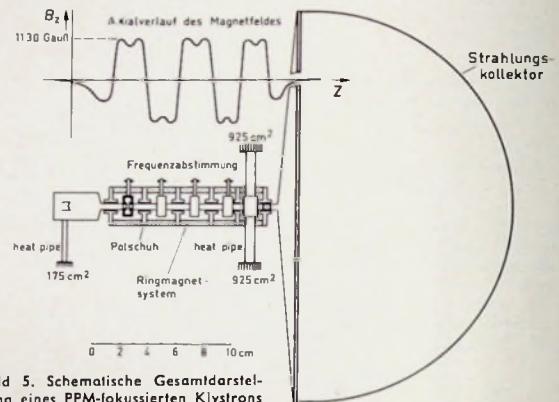


Bild 5. Schematische Gesamtdarstellung eines PPM-fokussierten Klystrons für 12 GHz mit Strahlungskollektor

#### Schriftum

- [1] Sauseng, O. G., Basillus, A., und Tammaru, I.: Analytical study program to develop the theoretical design of traveling-wave tubes. HAC-EDD-W-2646, NASA CR-72450, Okt. 1968, Hughes Aircraft Co., Torrance, Calif.
- [2] Sauseng, O. G.: Octave bandwidth high power helix tubes with high efficiency using velocity resynchronization and axially slotted helix shields. Vortrag auf der Moga 70, Amsterdam, 7.-11. Sept. 1970
- [3] Branch, G. M. und Mihran, T. G.: Analytical design of a space-borne magnetically-focused klystron amplifier. NASA CR-72461, Okt. 1968, GE Go., Schenectady, N. Y.
- [4] Lien, E. L.: High efficiency klystron amplifier. Vortrag auf der IEEE International Conference on Electron Devices, Washington, D. C., 29.-31. Okt. 1969
- [5] Lien, E. L.: High efficiency klystron amplifier. Vortrag auf der Moga 70, Amsterdam, 7.-11. Sept. 1970
- [6] Ramins, P.: Tubes for high power microwave transmission in space. Vortrag auf der AIAA 3rd Communications Satellite Systems Conference, Los Angeles, 6.-8. April 1970
- [7] Day, W. R., und Luchsinger, T. H.: Analytical study program to develop the theoretical design of space-borne electrostatically focused klystron amplifiers. NASA CR-72449, 1968, Litton Industries, San Carlos
- [8] Dutcher jr., C. H., und Burke, M. R.: Heat pipes—a cool way to cool circuitry. Electronics Bd. 43 (1970) Nr. 4, S. 94-100; referiert in Funk-Techn. Bd. 25 (1970) Nr. 9, S. 345
- [9] Day, W. R., und Luchsinger, T. H.: New development in electrostatically focused klystrons. Microwave J., April 1970, S. 59-63

## Automatische Herstellung von Masken für integrierte Schaltungen

Ein neuartiges Verfahren zur Herstellung von Masken für integrierte Schaltungen wird beschrieben. Hauptmerkmal ist dabei eine numerisch gesteuerte Maschine, die eine direkte Übertragung der Maskenzeichnung auf eine Fotoplatte gestaltet. Durch den unmittelbar realisierbaren Maßstab von 10:1 entfällt die bisher notwendige Zwischenverkleinerung. Die Daten zur Steuerung der Maschine werden durch Übertragung der Zeichnungskoordinaten auf Lochkarten mittels Koordinatenlesers erzeugt.

### 1. Einführung

Bei Entwurf und Herstellung integrierter Halbleiterschaltungen sind zahlreiche Optimierungsprobleme zu lösen. Für eine wirtschaftliche Herstellung wird für viele Schritte heute deshalb auch der Computer hinzugezogen [1]. Die für die Projektierung und Realisierung der Masken benötigte Zeit erhöht sich proportional mit der Komplexität der Schaltung. Dabei können Grenzwerte von einigen Monaten erreicht werden, so daß dieser Vorgang die längste Phase innerhalb des gesamten Prozesses darstellt. Um die für die Maskenherstellung benötigte Zeit zu reduzieren, ist daher der Einsatz weitgehend automatisierter Verfahren erforderlich. Als Erstes für das derzeit gebräuchliche manuelle Verfahren mit den Phasen

- Erstellung der Maskenzeichnung auf Millimeterpapier,
- Schneiden der Masken in Mylar-Folie (Maßstab  $\geq 200:1$ ),
- erste fotografische Verkleinerung (Maßstab 10:1),
- zweite fotografische Verkleinerung und gleichzeitige Vervielfachung (step and repeat)

wurden bisher verschiedene Methoden vorgeschlagen, die sich in zwei Kategorien unterteilen lassen:

- Schneiden der Masken auf einem numerisch gesteuerten Koordinatografen. Die dabei erreichbare Genauigkeit von 20 bis 40  $\mu\text{m}$  erfordert Maßstäbe zwischen 100:1 und 200:1. Eine erste fotografische Verkleinerung ist damit nach wie vor erforderlich.
- Herstellung der Masken in dem Maßstab (im allgemeinen 10:1), der eine erste fotografische Verkleinerung und den damit verbundenen Auflösungsverlust vermeidet. Durch die Verwendung von Glassubstraten ist einerseits im Vergleich zur Mylar-Folie die Größenstabilität der Maske besser kontrollierbar. Andererseits stellt die hier notwendige Genauigkeit von etwa 1  $\mu\text{m}$  höchste Anforderungen an die Konstruktion.

Trotz der konstruktiven Schwierigkeiten wurde die zweite Methode gewählt, da sie insgesamt das fortschrittlichere Verfahren darstellt und das derzeit maximal Mögliche an Genauigkeit und Geschwindigkeit bietet.

### 2. Beschreibung des Systems

Die Funktion der Maschine beruht auf dem Prinzip der Fotokomposition, bei der hier sämtliche Geometrien aus Rechtecken zusammengesetzt werden. Das Steuerungsprogramm für die Foto-

kompositionsmaschine ist so organisiert, daß eine schnellstmögliche Verarbeitung der Maskenkoordinaten gewährleistet wird.

Das gesamte System besteht im wesentlichen aus drei Teilen:

1. Koordinatenleser  
Mit ihm werden die Koordinaten aus der auf Mylar-Folie ausgeführten Maskenzeichnung auf Lochkarten übertragen.
2. Zerlegungsprogramm  
Es nimmt eine Zerlegung der durch ihre Koordinaten beschriebenen Maskengeometrien in Rechtecke mit unterschiedlicher Größe und Richtung vor.
3. Fotokompositionsmaschine  
Erzeugt die Maske im Maßstab 10:1 durch sequentielle Ablichtung der Rechtecke auf einer Fotoplatte.

### 2.1 Koordinatenleser

Der Koordinatenleser ermöglicht ein halbautomatisches Lesen der Geometriekoordinaten für jede einzelne der Masken, die auf Mylar-Folie entworfen sind. Das System ist so organisiert, daß sich Zeichnungen im Maßstab 500:1 am besten für eine Digitalisierung eignen. Es sind Zeichnungen bis zu 110 cm  $\times$  115 cm zulässig. Obwohl die Auflösung 0,01 mm beträgt, werden alle Koordinaten auf ganze Millimeter auf- beziehungsweise abgerundet. Dadurch können Positionierungsfehler des Operateurs eliminiert werden. Zur Markierung der Koordinaten X und Y eines Punktes dient ein Fadenkreuz, wonach die Übertragung der Daten auf Lochkarten (4 Stellen/Koordinate) durch die Betätigung einer Taste ausgelöst wird. Die Koordinaten werden für jede einzelne Maske getrennt registriert. Da bei der späteren Verarbeitung die Verbindung der nacheinander aufgenommenen Koordinaten die ursprüngliche Geometrie ergibt, muß auch das Lesen der Eckkoordinaten in der Reihenfolge ihres Auftretens auf dem Umriss der Geometrie erfolgen. Die Beendigung eines solchen Streckenzuges wird durch ein zusätzliches Codewort markiert. Es wird zuerst immer dem äußeren Umriss einer Geometrie gefolgt, bevor eventuell vorhandene innere Umrisse abgearbeitet werden. Jede Lochkarte enthält 10 Koordinatenpaare. Es besteht die Möglichkeit, wiederholt vorkommende, bereits einmal definierte Geometrien oder Gruppen von Geometrien nur durch ihre Bezugskoordinaten und ihren Namen anzugeben.

### 2.2 Zerlegungsprogramm

Eine direkte Verarbeitung der vom Koordinatenleser gelieferten Daten durch die Fotokompositionsmaschine ist nicht möglich. Einmal sind die Formate nicht vereinbar, zum zweiten muß von der Darstellung der Geometrien durch

Streckenzüge auf eine Darstellung durch Rechtecke übergegangen werden.

Das Programm für die Zerlegung der Geometrien in Rechtecke wurde in FORTRAN geschrieben und kann von Rechnern mittlerer Größe bearbeitet werden. Es berücksichtigt nur solche Geometrien, die weder Kurvenelemente noch spitze Winkel beinhalten. Der Zerlegungsalgorithmus bezieht sich dabei auf Figuren mit zu den X-Y-Achsen parallelen Seiten, da in dieser Klasse der größte Teil aller der bei integrierten Schaltungen vorkommenden Geometrien enthalten ist. Kriterium für die Zerlegung bildet die Anzahl der zu jeder Koordinate parallelen Teilstrecken. Bei  $n$  parallelen Teilstrecken zur Y-Achse wird die Geometrie in  $n-1$  Streifen, bei  $m$  parallelen Teilstrecken zur X-Achse jeder der Streifen in  $m-1$  Rechtecke geteilt. Dadurch werden auch solche Rechtecke geschaffen, die nicht der Geometrie angehören. Um diese mit Hilfe einer einfachen Prüfung ausschließen zu können, ist die bereits erwähnte umrissoorientierte Eingabe der Anfangsdaten erforderlich. Die Synthese der Geometrien erfolgt durch die Fusion von Rechtecken mit gleichen Seiten.

Mit Rücksicht auf die Masken für die Leitungsführung wurde eine Erweiterung der Klasse jener Geometrien, die in Rechtecke zerlegt werden können, vorgenommen. Es können außerdem solche Streifen berücksichtigt werden, die Flächenstücke mit willkürlicher Neigung enthalten.

Die Position der einzelnen Rechtecke wird beschrieben durch die X-Y-Koordinaten ihres Zentrums, der Länge der Seiten A und B sowie dem Winkel Z bezogen auf die X- beziehungsweise Y-Achse. Jede der für die Steuerung der Fotokompositionsmaschine notwendigen Lochkarten enthält die Daten von 10 Rechtecken.

### 2.3 Fotokompositionsmaschine

Bei der Konstruktion der Fotokompositionsmaschine, die sich derzeit im Stadium der Erprobung befindet, wurde die voraussichtliche Entwicklung der Technologien in den nächsten fünf Jahren berücksichtigt, das heißt die Realisierung sehr komplexer Schaltungen (large scale integration) zugrundegelegt.

Bezogen auf den Maßstab 10:1, gelten für die Realisierung der Rechtecke folgende Daten:

- Maximalbereich: 6 mm  $\times$  6 mm,
- Minimalinkrement für die Koordinaten X und Y: 0,5  $\mu\text{m}$ ,
- Genauigkeit für die Koordinaten X und Y über den ganzen Bereich:  $\pm 0,1 \mu\text{m}$ ,
- Bereich für die Längen A und B: 1  $\mu\text{m}$  ... 300  $\mu\text{m}$   $\pm 0,1 \mu\text{m}$ ,

G. Potenza ist Mitarbeiter des zentralen Forschungs- und Entwicklungslabors der SGS-Firmengruppe.

- Minimalzunahme für A und B:  $0,5 \mu\text{m}$ ,
- Bereich für den Winkel Z:  $0 \dots 90^\circ \pm 1'$ ,
- Minimalzunahme für Z:  $6'$ .

Die geringen Toleranzen der Fotokompositionsmaschine ermöglichen eine minimale Geometriebreite von  $2 \mu\text{m}$ .

Das Funktionsprinzip und die Ansicht der Fotokompositionsmaschine sind in den Bildern 1 und 2 dargestellt.

Der direkte Entwurf der Maske auf einer Fotoplatte mit hoher Auflösung wird erreicht durch aufeinanderfolgende Projektion eines Ausschnittes von der Größe des jeweiligen Rechtecks. Die Fotoplatte kann dabei nach zwei Achsen X und Y, die zueinander senkrecht und parallel zur Plattenebene angeordnet sind, bewegt werden. Die rechteckige Öffnung wird durch zwei übereinander, senkrecht zueinander liegende Schutzbündeln mit variabler Breite realisiert. Sie kann außerdem jede beliebige Lage zu den beiden Achsen einnehmen. Die Projektion mit der gleichzeitigen Maßstabverkleinerung auf 10:1 erfolgt mit einem Objektiv, das bei einer maximalen Bildverzerrung von  $1 \mu\text{m}$  eine Auflösung von 650 Linienpaaren je Millimeter aufweist. Diese Angaben beziehen sich auf die Verwendung einfärbigen grünen Lichtes. Die Belichtung selbst erfolgt nach der Einstellung und Positionierung jeweils eines Rechtecks durch ein elektronisches Blitzlicht. Die Tiefenschärfe ist wenig größer als die Dicke der Emulsion auf der Fotoplatte ( $6 \mu\text{m}$ ). Diese Charakteristik erfordert sehr kleine Toleranzen hinsichtlich der Oberflächenebene der Fotoplatte, der Geradlinigkeit der Bewegung der Achsen X und Y sowie der Senkrechten zu diesen Achsen in bezug auf die optische Achse. Die notwendige Genauigkeit für die X-Y-Bewegungen konnte durch den Einsatz von Kugellängsführungen erreicht werden, und zwar mit einer Toleranz für den Kugeldurchmesser von  $0,5 \mu\text{m}$ .

Die X-Y-Bewegungen werden von Schrittmotoren ausgeführt, wobei das Getriebispiel durch die Verwendung optischer Skalen mit einer Genauigkeit von  $0,5 \mu\text{m}$  eliminiert wurde. Für die Einstellung von A, B und Z, die über spielfrei Antriebe vorgenommen wird, dienen ebenfalls Schrittmotoren. Zur Steuerung der Fotokompositionsmaschine, die vollkommen automatisch geschieht, wird ein Rechner vom Typ "PDP 8/L" mit einem Speicher von 4 K Worten je 12 bit eingesetzt. Ungefähr die Hälfte des Speichers wird von dem Steuerprogramm belegt, während der restliche Teil zur Aufnahme von Daten zur Verfügung steht.

In Anlehnung an die diskrete beziehungsweise blockweise Dateneingabe über den Koordinatenleser ist auch eine entsprechende Verarbeitung bei der Fotokompositionsmaschine möglich. Das bedeutet entweder das Einlesen immer nur einer Lochkarte in deren Datenspeicher und anschließende Belichtung der 10 Rechtecke oder die Eingabe eines ganzen Blocks. Letzterer wird mit seinem Namen (Macroinstruktion) aus dem Speicher des Hauptrechners abgerufen. Bedingt durch den im Steuerrechner der Fotokompositionsmaschine verfügbaren Speicherplatz ist der Umfang eines Blocks auf 2000 Worte beschränkt. Da die Belichtungsfolge durch die Rei-

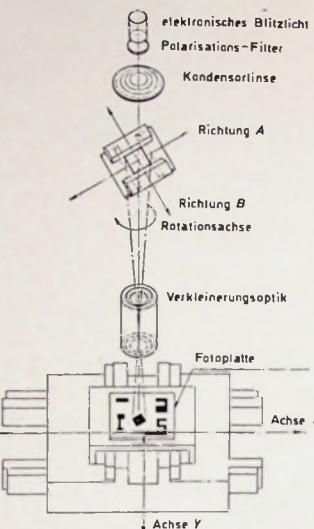


Bild 1. Schematische Darstellung der Hauptelemente der Fotokompositionsmaschine

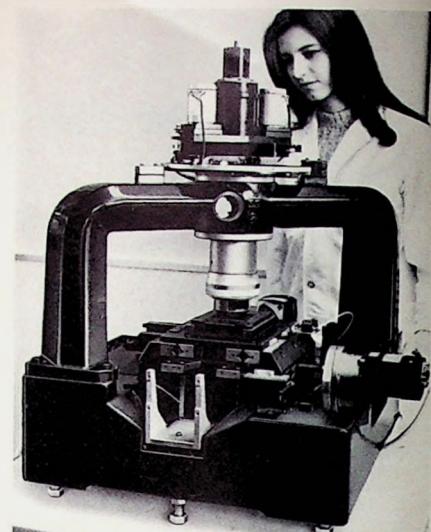


Bild 2. Ansicht der Fotokompositionsmaschine

henfolge der Rechtecke beziehungsweise deren Längen vorgegeben ist, wird eine Optimierung des Bewegungsablaufs im Hauptrechner vorgenommen. Die durchschnittliche Verarbeitungsgeschwindigkeit beträgt ein Rechteck je Sekunde. Die unabhängige Steuerung in bezug auf alle fünf Achsen ist das besondere Merkmal der Fotokompositionsmaschine. Das ermöglicht eine vielseitigere Anwendbarkeit sowie einfachere Programmierung im Vergleich zu ähnlichen Systemen, die am Markt verfügbar sind.

### 3. Produktivität des Systems

Hinsichtlich der erreichbaren Abmessungen und Genauigkeit rechtfertigt die mit der Fotokompositionsmaschine erreichbare Verbesserung nicht den Aufwand, da sie in dieser Hinsicht mit anderen manuellen oder automatischen Systemen vergleichbar ist.

Von wesentlich größerer Bedeutung ist statt dessen die Arbeitsgeschwindigkeit dieses Systems. Verglichen mit den zwischen der Maskenzeichnung und der Maske im Maßstab 10:1 liegenden Ausführungszeiten bei einem rein manuellen System ist eine Reduzierung um den Faktor 3 bis 15 möglich. Ausschlaggebend dafür ist, ob eine Maske aus neuen und unter sich völlig verschiedenen Elementen zusammengesetzt werden muß oder ob Strukturen mit einem höheren Wiederholungsgrad auftreten. Insgesamt ist die erreichte Leistungssteigerung jedoch unzureichend, da die meiste Zeit jetzt auf die halbautomatische Koordinatenlesung entfällt. Eine entscheidende Verbesserung ist daher nur möglich im Zusammenhang mit rechnergestützten Entwurfsverfahren (computer aided design), die sich derzeit in der Entwicklung befinden [1]. Auf der Basis eines derartigen Systems können die Zeiten für die manuelle Maskenherstellung mittels Koordinatografinen und deren automatische Ausführung mit Hilfe der Fotokompositionsmaschine direkt ins Verhältnis gesetzt werden. Rein rechnerisch läßt sich damit der Zeitbedarf um den Faktor 50

bis 100 verringern. Verglichen mit einem automatischen Koordinatografinen ist die Fotokompositionsmaschine mindestens um den Faktor 2 schneller.

Die Realisierung dieses Projekts wurde möglich durch die tatkräftige Zusammenarbeit mit R. Baldoni und V. Pellegrini in bezug auf die Fotokompositionsmaschine sowie mit L. Giulietti hinsichtlich des Zerlegungsprogramms für die Geometrien.

### Schrifttum

- [1] Das CAD-System für die rechnergestützte Herstellung integrierter Schaltungen. Internat. Elektron. Rdsch. Bd. 24 (1970) Nr. 10, S. 259-260

## Persönliches

### W. Conrad 65 Jahre

Werner Conrad, Senior-Chef eines der bekannten Großunternehmen auf dem Gebiet des Vertriebs elektronischer Bauelemente sowie Geräten der Radio-, Fernseh- und Elektrobranche begeht am 10.1.71 seinen 65. Geburtstag.

Bereits seit 1923 in der Branche tätig, hat er mit Ehrgeiz, Idealismus und dem nötigen kaufmännischen Geschick in Berlin den Grundstein für das heutige Unternehmen gelegt. Nach der völligen Zerstörung im Jahr 1945 wurde der Betrieb in Hirschau/Opl. neu aufgebaut und hat sich bis zum heutigen Tage mit über 350 Beschäftigten zu einem in der Branche führenden Unternehmen entwickelt.

### H. Mailandt 60 Jahre

Direktor Dr.-Ing. Hanspeter Mailandt, Leiter der Geschäftsstelle Hamburg für Nachrichten- und Datentechnik von AEG-Telefunken wurde am 27. November 1970 60 Jahre alt.

Dr. Mailandt, der nach seiner Promotion an der Technischen Hochschule Dresden 1936 bei Telefunken in Berlin seine berufliche Laufbahn als Vertriebsingenieur für Rundfunk- und Fernsehsender begann, kam 1945 nach Hamburg. Maßgeblichen Anteil hatte Dr. Mailandt 1945 zunächst an der Wiederinbetriebsetzung der Rundfunksender in der damaligen britischen Besatzungszone. In den folgenden Jahren war sein Name eng verknüpft mit dem Aufbau und der Weiterentwicklung des UKW-Sprechfunkes, der Installierung der ersten UKW-Rundfunk- und Fernsehsender beim früheren Nordwestdeutschen Rundfunk in Hamburg, der Einrichtung eines modernen Polizeifunks sowie einer Radarkette für den Hamburger Hafen.

## Aktive Konvergenzschaltung für 110°-Farbbildröhren

Eine aktive Vertikal- und Horizontalkonvergenzschaltung wird beschrieben, bei der eine übersichtliche und getrennte Einstellung der einzelnen Bildschirmhälften möglich ist. Diese neuartige, zeitsparende Einstellung wird durch eine zeitliche Auf trennung der für die Konvergenz notwendigen Parabelströme erreicht. Die Schaltung wurde im Temperaturbereich +5...+60 °C erprobt und zeigte gute Ergebnisse.

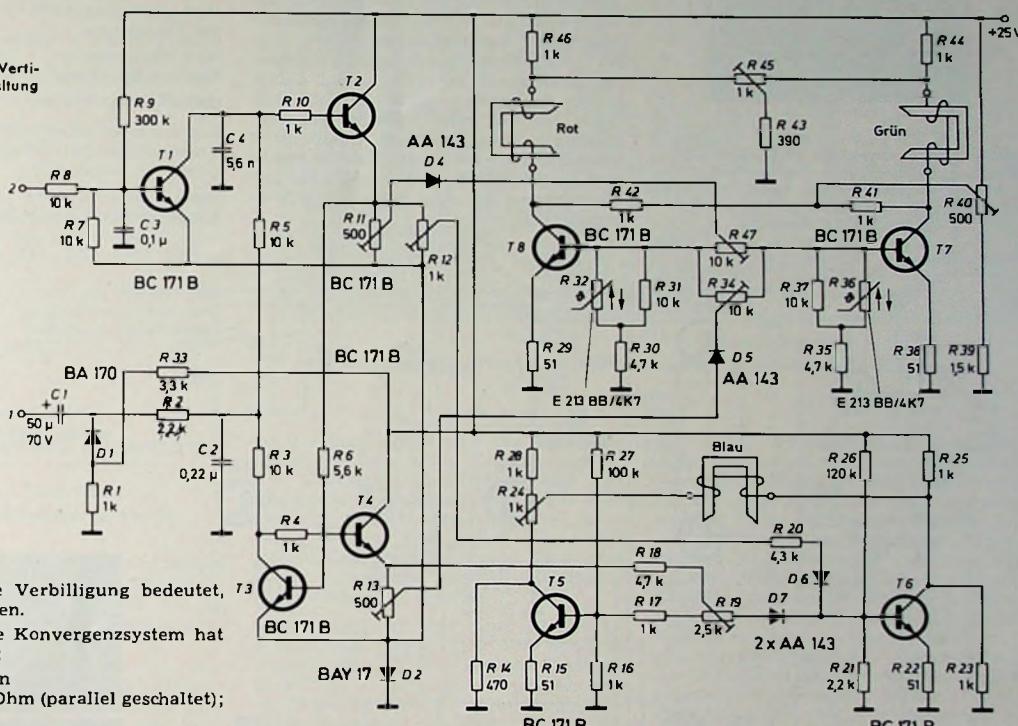
### 1. Einleitung

Auf die prinzipielle Wirkungsweise der Schaltung wurde vor einiger Zeit bereits ausführlich eingegangen [1]. Nachstehend soll daher das Prinzip der Schaltung nur kurz erläutert und die von [1] abweichende Schaltungstechnik, die eine Vereinfachung der Schaltung

rechten Hälfte, und damit auch die Konvergenz der einzelnen Bildschirmhälften getrennt einstellbar sind. In der bisherigen Ausführung der Konvergenzschaltung [1] wurden zur Aufteilung der Parabelspannung Schmitt-Trigger und elektronische Schalter verwendet. Bei der hier beschriebenen Schaltung wurde

Parabelspannung wird durch das Integrierglied R 2, C 2 etwas nachgeformt und über Widerstände den Emitterfolgern T 2 und T 4 zugeführt. Über die Widerstände R 5 und R 10 gelangt nur die rechte Hälfte der Parabelspannung an die Basis des Emitterfolgers T 2, da während der linken Hälfte der Transi-

Bild 1. Aktive Vertikalkonvergenzschaltung



und damit eine Verbilligung bedeutet, T 3 behandelt werden.

Das verwendete Konvergenzsystem hat folgende Werte:

Horizontalspulen  
0,36 mH, 1,85 Ohm (parallel geschaltet);

Vertikalspulen  
1,15 H, 204 Ohm.

### 2. Schaltungsprinzip

Um eine getrennte und übersichtliche Konvergenzeinstellung zu erhalten, werden Signale benötigt, die nur in den jeweiligen Bildschirmhälften wirksam sind. Dazu werden horizontal- und vertikalfreie Parabelspannungen von den jeweiligen Ablenkteilen abgenommen und mit elektronischen Schaltern zeitlich so aufgeteilt, daß jeweils eine linke und rechte Parabelhälfte zur Verfügung stehen. Diese Signale werden nach entsprechender Amplitudeneinstellung in den Endstufen addiert und den Konvergenzspulen zugeführt. Durch die Konvergenzspulen fließen dann Ströme in Form einer vollständigen Parabel, wobei die Amplituden der linken und

auf die Integrierbarkeit verzichtet, wodurch fünf Vorstufentransistoren und einige weitere Bauteile eingespart werden konnten.

Eine Schaltung, bei der die Parabelspannungshälften nicht durch Aufteilung gewonnen, sondern getrennt erzeugt werden, wurde vor einiger Zeit vorgeschlagen [2].

### 3. Vertikalkonvergenzschaltung

Die aus dem Vertikalablenkteil stammende Parabelspannung von etwa 10 V<sub>ss</sub> wird der Schaltung nach Bild 1 über den Kondensator C 1 zugeführt und ihr Scheitel mit Hilfe der Diode D 1 auf das durch den Spannungsteiler R 33 und R 1 festgelegte Potential geklemmt. Dieses Potential wird so gewählt, daß während der Bildmitte kein Strom durch die Endstufen fließt und damit bei der Einstellung der dynamischen Vertikalkonvergenz keine statische Konvergenzverschiebung stattfinden kann. Die

sistor T 1, der an seiner Basis von einer vertikalfrequenten Sägezahnspannung von etwa 10 V<sub>ss</sub> angesteuert wird, leitet ist (Punkt 2 der Schaltung).

An die Basis des Emitterfolgers T 4 gelangt über die Widerstände R 3 und R 4 nur die linke Hälfte der Parabelspannung, da der Transistor T 3 während der rechten Hälfte leitend ist. Dazu wird an die Basis von T 3 über R 6 die rechte Hälfte der Parabelspannung gelegt, die am Emitter des Transistors T 2 abgenommen wird. An den Emittern der Transistoren T 2 und T 4 steht somit die aufgeteilte Parabelspannung zur Ansteuerung der Endstufen zur Verfügung.

Die Ausführung der Endstufen entspricht im Prinzip der in [1] gezeigten Schaltung. Lediglich die Basiswiderstände der Endstufentransistoren sind zur Temperaturkompenstation aus der Kombination eines NTC-Widerstandes mit zwei Schichtwiderständen gebildet.

Ing. Günter Bertsch ist Projektleiter und Klaus Reh ist Mitarbeiter im Zentralen Applikationslaboratorium der ITT-Bauelementengruppe Europa - SEL, Esslingen.

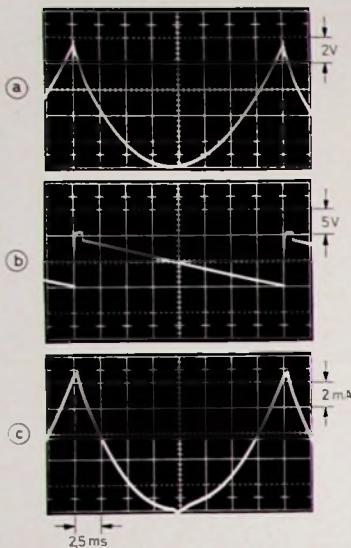


Bild 2. Oszilloskopbilder der Vertikalkonvergenzschaltung: a) Parabelspannung am Punkt 1 der Schaltung, b) Sägezahnspannung am Punkt 2 der Schaltung, c) Strom durch die Rot-Vertikalkonvergenzspule der Schaltung

dergegeben. Bild 2a zeigt die vom Vertikablenkteil abgenommene Parabelspannung und 2b die ebenfalls vom Ablenkteil stammende Sägezahnspannung. Den Strom durch die Rot-Vertikalkonvergenzspule zeigt Bild 2c.

#### 4. Horizontalkonvergenzschaltung

Zur Aufteilung der horizontalfrequenten Parabelspannung wird nahezu die gleiche Schaltung wie in der Vertikalkonvergenzschaltung verwendet. Der Schaltung (Bild 3) wird im Punkt 3 eine Parabelspannung von etwa  $150 \text{ V}_{\text{ss}}$  zugeführt. Sie wird mit Hilfe der Diode D 8 auf den Parabelscheitel geklemmt und jeweils über ein Phasendrehglied und die elektronischen Schalter T 9, T 10 den Emitterfolgern T 11, T 12 und T 13 zugeführt. Zur Temperaturkompensation ist in das Phasendrehglied, das zu den für die rechte Parabelhälfte zuständigen Emitterfolgern führt, ein NTC-Widerstand geschaltet. Der Schaltertransistor T 9 wird von einer S-förmigen Spannung angesteuert, die mit Hilfe von R 55 und C 8 aus der Parabelspannung integriert wird. Somit steht am Emitter von T 12 und T 13 die rechte und an T 11 die linke Parabelhälfte zur Ansteuerung der Endstufen zur Verfügung.

Der Blau-Endstufentransistor T 14 wird über die Diode D 13 nur während der rechten Zeilenhälfte mit der rechten Parabelspannungshälfte angesteuert. Es fließt deshalb ein Strom in Form einer rechten Parabelhälfte durch die Konvergenzspule. Infolge der in dieser Zeit in der Spule gespeicherten Energie fließt dann über D 12, R 76 und R 86 während der linken Zeilenhälfte ein Strom in Form einer linken Parabelhälfte. Um eine bessere Deckung am linken äußeren Bildrand zu erreichen, wird T 14 über die Diode D 14 noch ein Rücklaufimpuls zugeführt.

Für die Endstufentransistoren der Horizontalkonvergenzschaltung gelten folgende Spezifikationen:

	Rot-Grün	Blau
Verlustleistung des Transistors	3,6 W	1,5 W
max. Kollektor-Emitter-Spannung	50 V	50 V
max. Kollektorstrom	0,6 A	0,6 A

Zur besseren Wärmeableitung sind die Transistoren auf entsprechende Kühlbleche zu montieren.

Zwei Oszilloskopbilder der Horizontalkonvergenzschaltung zeigt Bild 4. Die

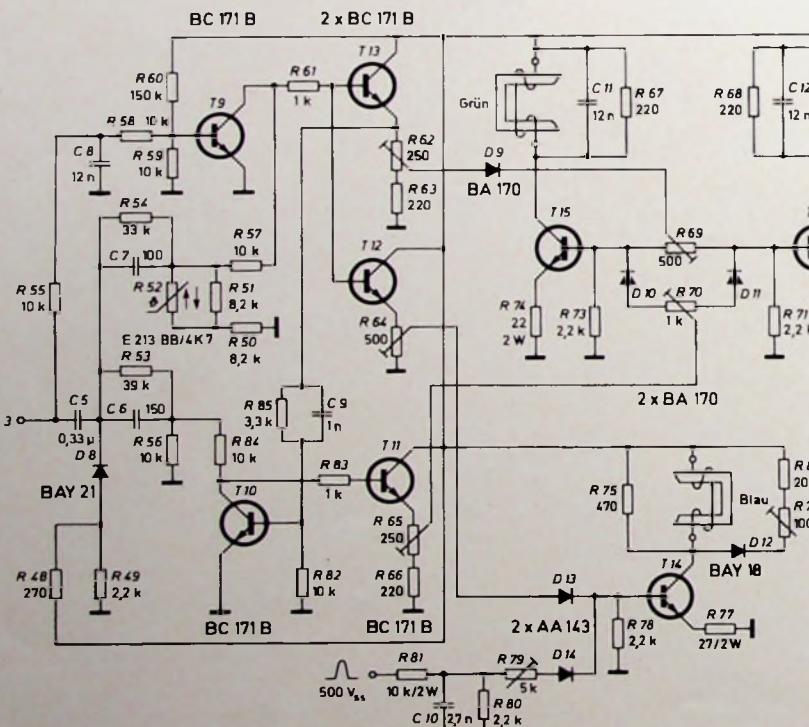


Bild 3. Aktive Horizontalkonvergenzschaltung

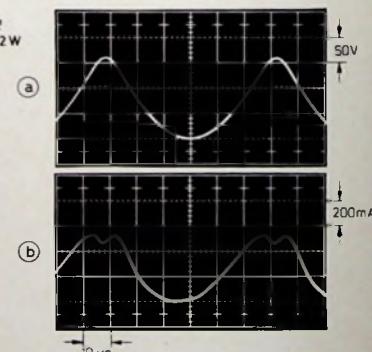


Bild 4. Oszilloskopbilder der Horizontalkonvergenzschaltung: a) Parabelspannung am Punkt 3 der Schaltung, b) Strom durch die Rot-Horizontalkonvergenzspule

Die Vertikalkonvergenzspulen liegen, wie in [1] beschrieben, in einer Brückenschaltung, so daß eine statische Konvergenzeinstellung ohne Permanentmagnete möglich ist. Die an den Emitterfolgern T 2 und T 4 anfallenden Parabelspannungshälften eignen sich außerdem sehr gut für die Ansteuerung einer Eckenkonvergenzschaltung.

Im Bild 2 sind einige Oszilloskopbilder der Vertikalkonvergenzschaltung wie-

Die Rot-Grün-Endstufen sind gegenüber der in [1] beschriebenen Schaltung geändert worden. Dort wurden zwei parallel geschaltete Transistoren benutzt; die Addition der Parabelstromhälften erfolgte also an den parallel geschalteten Kollektoren. Hier wird zur Schaltungvereinfachung je Endstufe nur ein Transistor entsprechender Leistung verwendet, und die Parabelspannungshälften werden an der Basis addiert.

vom Horizontalablenkteil stammende Parabelspannung ist im Bild 4a und der Strom durch die Rot-Horizontalkonvergenzspule ist im Bild 4b wiedergegeben. Die aktive Konvergenzschaltung wurde auf einer gedruckten Platte<sup>1)</sup> aufgebaut, deren Bestückungsplan im Bild 5 wiedergegeben ist.

<sup>1)</sup> Fotokopie der Vorlage für die gedruckte Schaltplatine im Maßstab 1:1 kann beim Verlag angefordert werden.

## 5. Konvergenzabgleich

Der statische Konvergenzabgleich erfolgt unabhängig voneinander für Rot-Grün mit R 40 und R 45, für Blau mit R 24 (Bild 1). Die Vertikalkonvergenz kann ebenfalls ohne gegenseitige Beeinflussung mit R 13 und R 34 für Rot-Grün (oben), mit R 19 für Blau (oben), mit R 11 und R 47 für Rot-Grün (unten) und mit R 12 für Blau (unten) eingestellt werden.

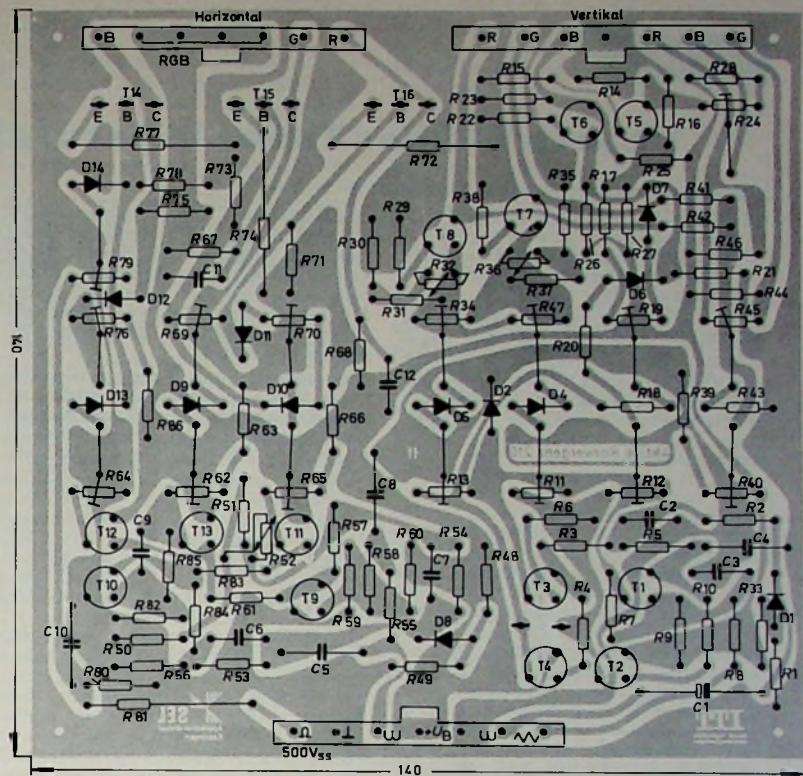
Der Abgleich der Horizontalkonvergenz (Bild 3) erfolgt zweckmäßigerweise zuerst für die rechte Bildschirmhälfte mit R 62 und R 69 für Rot-Grün und mit R 64 für Blau. Dann wird mit R 65 und R 70 in der linken Bildschirmhälfte Rot-Grün und mit R 76 Blau abgeglichen. Mit R 79 kann dann am linken äußeren Bildrand Blau nachkorrigiert werden.

## 6. Temperaturverhalten

Die Schaltung wurde in einem Temperaturbereich von +5 °C bis +60 °C erprobt und zeigte innerhalb dieses Bereiches keine nennenswerten Abweichungen.

Schrifttum

- [1] Bertsch, G.: Aktive integrierbare Konvergenzschaltung für 110°-Fernsehempfänger. Funk-Techn. Bd. 25 (1970) Nr. 3, S. 87-91 (SEL Technische Mitteilung 45-70)
  - [2] Hüfner, H. u. Wolf, H.: Konvergenzschaltung für Farbfernsehempfänger mit 110°-Lochkammbildröhren. Funk-Techn. Bd. 25 (1970) Nr. 5, S. 155 bis 156



**Bild 5: Bestückungsplan der aktiven Konvergenzschaltung; Ansicht von der Bauteileseite**

## *Neue Bücher und Broschüren*

#### **Prüfen · Messen · Abgleichen**

**Service an Farbfernsehempfängern  
PAL · SECAM**

Von Winfried Knobloch. Berlin  
1970, VERLAG FÜR RADIO-FOTO-  
KINOTECHNIK GMBH. 176 S. mit 64  
Bildern. DIN A 5. Preis in Ganzln. geb.  
23,- DM.

Als dritte Veröffentlichung in der Reihe „Prüfen · Messen · Abgleichen“ stellt der in Industrieentwicklung und -fertigung sowie im Service gleichermaßen langjährig erfahrene Autor sein neuestes Service-Fachbuch vor. Es enthält kurzgefaßtes für den Service-Techniker Wichtigste über den Umgang mit einwandfreien, fehleinstellten oder aber defekten Farbfernsehgeräten.

Trotz des sehr umfangreichen Themenkreises ist der Text klar und leichtverständlich geschrieben und durch zahlreiche Schaltalldauszüge mit ausführlichen Erläuterungen ergänzt worden. Gegenüber ähnlichen Büchern hat es den Vorteil, daß alle Funktionen sowohl von PAL- als auch SECAM-Empfängern ausführlich beschrieben sind. Auch aus diesem Grunde ist es nicht nur als Werkstattbuch für den ausgebildeten Techniker, sondern auch für den Lernenden und Studierenden gut geeignet.

Nach einer ausführlichen Einleitung, in der die Stufenfolge der Farbfernsehempfänger aus der Schwarz-Weiß-Empfänger entwickelt und erläutert wird, folgen allgemeine Hinweise über

Aufstellung und Service von Farbfernsehempfängern beim Kunden und in der Werkstatt. Anschließend sind alle Stufen der Farbfernsehempfänger einzeln beschrieben, ebenso wie ihre möglichen Fehler, deren Ursachen und ihre Beseitigung besprochen sind. Zu jedem dieser Abschnitte gehören allgemeingültige Ableghinweise.

Sehr ausführlich sind auch die Stufen beschrieben, die wegen der höheren Einzelteilbelastung erfahrungsgemäß zu Ausfällen neigen, wie beispielsweise die Ablenkstufen und die Hochspannungserzeugung. Breiter Raum ist außerdem dem besonders wichtigen Kapitel der Konvergenzeinstellung gegeben.

## **Einheiten, Grundbegriffe,**

## **Meßverfahren der**

**Nachrichten-Übertragungstechnik**  
Von M. Biedlingmaier, A. Haag  
und K. Kühnemann. Berlin/München 1969, Siemens AG. 215 S. m. 81 B.  
und zahlreichen Tabellen. Preis in  
Ganzl. jech. 20,- DM.

Das weitbekannte Siemens-Buch „Meßgeräte für die Nachrichtentechnik“ – den Nachrichtentechnikern der dreißiger Jahre noch unter dem Namen „Meßgeräte für die Fernmeldetechnik“ ein alter Bekannter – hat einen Anhang, in dem praxisnah Begriffe und Tabellen zusammengestellt sind, die der Techniker und der Ingenieur bei ihrer Alltagsarbeit benötigen. Dieser Anhang erschien 1963 erstmals als selbständiger Broschüre und ist seit dieser Zeit ein fast unentbehrlicher Ratgeber für die

sen Zweig der Meßtechnik geworden. Jetzt liegt er in neuer und wesentlich erweiterter Form vor und gewinnt dadurch noch besonders an Interesse, weil für die wichtigsten Begriffe jeweils die englischen Bezeichnungen angegeben sind. Nach einem einleitenden kurzen Abschnitt über Einheiten folgen Grundbegriffe der Meßtechnik und der Übertragungstechnik. Den Hauptteil des Buches nimmt das Kapitel über Allgemeine Meßverfahren, Meßverfahren der NF- und TF-Technik, der Röntgenfunktechnik sowie der Fernseh-Übertragungstechnik ein. Auf den abschließenden rund 40 Seiten findet man eine Vielzahl übersichtlich gestalteter Tabellen sowie ein gutes Stichwortverzeichnis, das den für ein Buch dieser Art ausschlaggebenden Zugang zur Information erleichtert.

Die VDE-Prüfstelle

Herausgegeben von H. Walther.  
Heft 22 der VDE-Schriftenreihe. Berlin  
1970, VDE-Verlag. 53 S. mit 7 B. DIN  
A 5 Preis kartonierte 6.50 DM

Die aus Anlaß des 50jährigen Bestehens der Prüfstelle erschienene Druckschrift befaßt sich mit der Organisation und den Arbeitsgebieten der Prüfstelle, mit den verschiedenen VDE-Verbandszeichen und mit den Werk- und Marktcontrollen durch die VDE-Prüfstelle. In zusammenfassender Form werden Ratschläge für die Antragsteller von VDE-Zeichen erteilt. Weitere Kapitel berichten über die technischen Einrichtungen der Prüfstelle, die Zusammenarbeit mit anderen deutschen Organisationen und mit Prüfstellen des Auslandes.

## Übersicht über Tuner in Fernsehempfängern

Fortsetzung von FUNK-TECHNIK Bd. 25 (1970) Nr. 24, S. 964

### 2.3. VHF-Tuner mit abgestimmtem Vorkreis und UHF-Tuner mit Drehkondensatorabstimmung

Eine Variante des VHF-Tuners zeigt Bild 5. Im Emitterkreis des ersten Transistors (AF 279) liegt ein abgestimmter Resonanzkreis. Bild 5 stellt den VHF-Teil eines Allbereich-Kombituners von Grundig dar, bei dem der Vorkreis, die beiden Kreise des Bandfilters und der Oszillatorkreis abgestimmt werden.

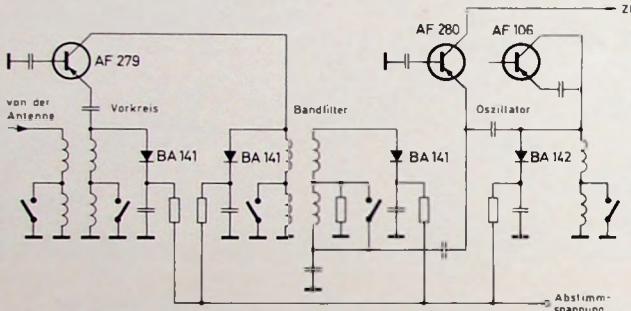


Bild 5. Prinzipschaltung eines VHF-Tuners mit abgestimmtem Vorkreis (Grundig)

Der Einsatz eines selektiven Vorkreises ist aufwendiger als der eines Bandpasses. Der Mehraufwand lohnt sich aber überall dort, wo in der Nähe des Empfangsortes kommerzielle Sender arbeiten. Hier können am Antennen-eingang HF-Störspannungen bis zu einigen Volt auftreten. Bei derart hohen Störspannungen ist der Eingangs-transistor natürlich überfordert, und Störungen infolge von Kreuzmodulationen sind die Folge. Treten Störungen durch frequenzmodulierte Sender auf, so wirkt sich das durch S-förmige über das Bild wandernde Streifen aus. Amplitudenmodulierte Sender ergeben im Bild horizontale dunkle Streifen. Die Störungen können zum Beispiel durch den im Bereich II arbeitenden Taxifunkverkehr so groß sein, daß Fernsehempfang im Bereich III unmöglich ist. Sender mit wenigen Watt Leistung reichen bereits aus, den Empfang empfindlich zu stören. Manchmal genügen entsprechende Sperren, um den Störsender zu unterdrücken.

Eine zusätzliche Vorselektion ist häufig auch bei Gemeinschafts-Antennenanlagen erwünscht, bei denen die UHF-Sender in den VHF-Bereich umgesetzt werden. Hier stehen manchmal 4 ... 6 verschiedene Fernsehsender in den Bereichen I und III zur Verfügung. Werden die Signale der Sender, die in diesem Fall nur einen Abstand von einer Kanalbreite haben, der Antennensteck-dose mit der höchstmöglichen Spannung angeboten, dann kann ebenfalls eine erhöhte Trennschärfe des Tunerein-gangs zweckmäßig sein. Bei Störungen durch Fernsehsender beim Empfang in

den Bereichen I und III laufen Schatten durch das Bild. Manchmal kann man auch Konturen des vom störenden Fernsehsender herrührenden Bildes oder Negativ-Bilder erkennen. Durch den Einsatz des selektiven Vorkreises lassen sich jedoch die genannten Störungen vermeiden.

Beim Einsatz eines Tuners mit selektivem Vorkreis nach Bild 5 dürfen an der Antennenbuchse Störspannungen von Sendern, die im Frequenzbereich 3 ... 30 MHz arbeiten, bis zu 5 V auf-

treten, ohne daß die Bildqualität in irgendeiner Weise beeinflußt wird. Sender im Bereich 140 ... 160 MHz dürfen an der Antennenbuchse eine Störspannung von 0,7 V erzeugen. Diese guten Ergebnisse werden durch den mit einer Kapazitätsdiode abgestimmten Vorkreis und die lose induktive Ankopplung der Antenne an den Kreis erreicht.

In Bereich III ergibt sich hierbei eine Bandbreite von 18 bis 22 MHz und im Bereich I von 12 bis 15 MHz. Der erreichbare Rauschwert beträgt 4 ... 6  $kT_0$  im Bereich III und 3,5 ... 4,5  $kT_0$  im Bereich I. Zu diesem VHF-Teil gehören ein auf der Antennen-Anschlußplatte angeordneter Doppeljochkern-Ubertrager, der den Antenneneingang auf eine Impedanz von 60 Ohm transformiert, sowie zwei ebenfalls auf der Antennen-Anschlußplatte untergebrachte Dioden, die den Antenneneingang bei Spannungsspitzen über etwa 0,7 V kurzschließen und so den Eingangstransistor gegen Überspannungen schützen. Derart hohe Spannungen können beispielsweise bei Blitz einschlägen in der Nachbarschaft auftreten. Bis auf den abgestimmten Vorkreis und die Bereichsumschaltung, die hier mit mechanischen Kontakten erfolgt, entspricht der Tuner nach Bild 5 dem nach Bild 1.

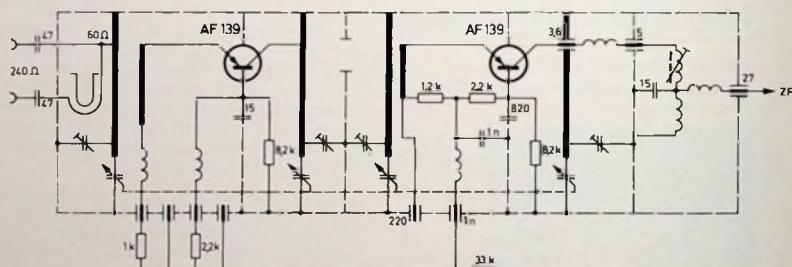


Bild 6. UHF-Tuner mit Drehkondensatorabstimmung und abgestimmtem Vorkreis

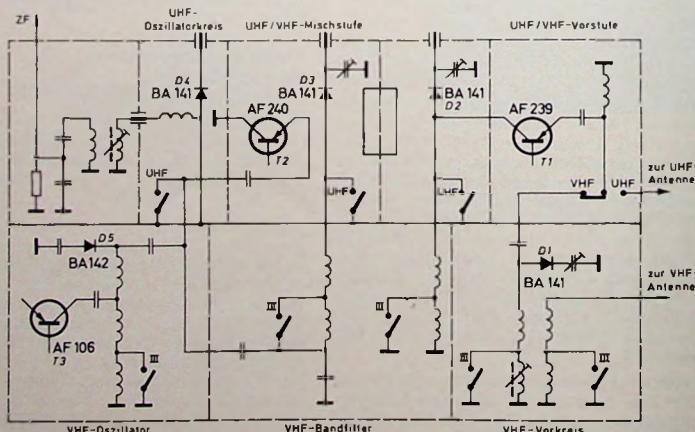


Bild 7. Schaltung eines Kombinationstuners von Grundig

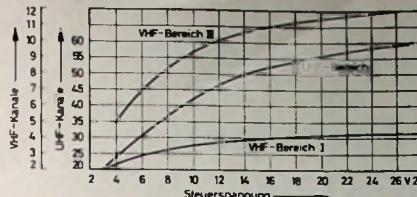


Bild 8. Eichkurven der Abstimmioden-Steuerspannung für den Tuner nach Bild 7

Die UHF-Tunerkonzeption nach Bild 6 ist in zweifacher Hinsicht bemerkenswert. Die Abstimmung erfolgt hier nicht mit Kapazitätsdioden, sondern mit Drehkondensatoren, und außerdem ist der Vorkreis abgestimmt. Diese einfache Ausführung eines transistorbestückten UHF-Tuners mit kapazitiver Abstimmung findet man heute bei verschiedenen preisgünstigen importierten Fernseh-Portables. Durch den abgestimmten Vorkreis wird die Spiegel Selektion um etwa 6 dB verbessert und die maximal zulässige Eingangsspannung um den Faktor 3 erhöht. Vier Abstimmkreise (Vorkreis, zwei Bandfilterkreise, Oszillatorkreis), jedoch in Kombination mit der Diodenabstimmung, werden auch bei einer Reihe marktgängiger UHF-Tuner angewendet.

#### 2.4. Kombinationstuner

Bei den bisher beschriebenen VHF- und UHF-Tunern handelte es sich um ge-

trennte Bausteine, von denen man jeden im Service-Fall aus dem Empfänger ausbauen kann. Vielfach werden heute jedoch kompakte Allbereichtuner verwendet, bei denen in einem einzigen Baustein sämtliche für den Empfang der VHF- und UHF-Sender benötigten Bauteile zusammengefaßt sind. Ein Beispiel hierfür ist die im Bild 7 dargestellte Schaltung eines Grundig-Allbereichtuners. T1 ist der für alle Bereiche gemeinsame Eingangs transistor. Für VHF ist ein trennschärfeerhörender abgestimmter Vorkreis wirksam, wie er im Zusammenhang mit Bild 5 beschrieben wurde. Die Abstimmung des VHF-Vorkreises erfolgt mit der Kapazitätsdiode D1. Sowohl für den VHF- als auch für den UHF-Bereich hat der Tuner zwischen dem Eingangstransistor T1 und dem Mischtransistor T2 das übliche zweikreisige abgestimmte Bandfilter. D2 und D3 sind die gemeinsamen Kapazitätsdioden zur Abstimmung der Primär- beziehungsweise Sekundärkreise der Bandfilter. T2 arbeitet bei UHF-Empfang als selbstschwingende Mischstufe. Der Oszillatorkreis für UHF hat eine eigene Abstimm diode D4. Während der Transistor T3 ausschließlich als VHF-Oszillator arbeitet – der zugehörige Oszillatorkreis wird mit der Diode D5 abgestimmt –, wirkt T2 bei VHF-Empfang als Mischstufe. Bei diesem Tuner-Modell erfolgt die Bereichsumschaltung mittels mechanischer Kontakte. Bild 8 zeigt die Eichkurven der Abstimmioden-Steuer spannung für die Bereiche I, III und IV/V.

Eine noch einfachere Schaltungskonzeption als die im Bild 7 ist im Bild 9

wiedergegeben. Hierbei handelt es sich um eine Variante der Grundig-Allbereichtuner-Serie, bei der an Stelle der Abstimm dioden Drehkondensatoren verwendet werden. Die Umschaltung der Bereiche erfolgt hier ebenfalls mit mechanischen Kontakten.

Die zuletztgenannten beiden Tuner konzeptionen sind mit drei Transistoren bestückt, von denen zwei sowohl bei UHF- als auch bei VHF-Empfang arbeiten. Größer ist der Aufwand bei dem Allbereichtuner nach Bild 10, wie er in den Grundig-Farbfernsehempfängern eingesetzt ist. Der Tuner ist mit fünf Transistoren bestückt, von denen zwei nur bei UHF- und zwei nur bei VHF-Empfang arbeiten. Der fünfte, der VHF-Mischtransistor, wird bei UHF-Empfang für die ZF-Verstärkung ausgenutzt.

Durch den recht aufwendigen Einsatz sowohl von Abstimm- als auch von Schalterdioden erreicht man eine höhere Betriebssicherheit gegenüber den Ausführungen mit mechanischen Schaltkontakten. Außerdem ist man völlig unabhängig von der räumlichen Anordnung des Tuners innerhalb des Fernsehempfängers. Während bei den bisher beschriebenen Allbereichtuntern wesentliche Bauelemente wie Transistoren und Abstimmioden für alle Bereiche gemeinsam waren, sind hier der VHF- und der UHF-Teil schaltungstechnisch getrennt. Sie befinden sich lediglich in einem gemeinsamen Gehäuse. Im UHF-Teil wird, wie bei allen UHF-Tunern der letzten Jahre, die  $\lambda/4$ -Technik angewendet. Der VHF-Teil des Tuners arbeitet mit abgestimmtem Vorkreis. Neben hohen Selektions- und

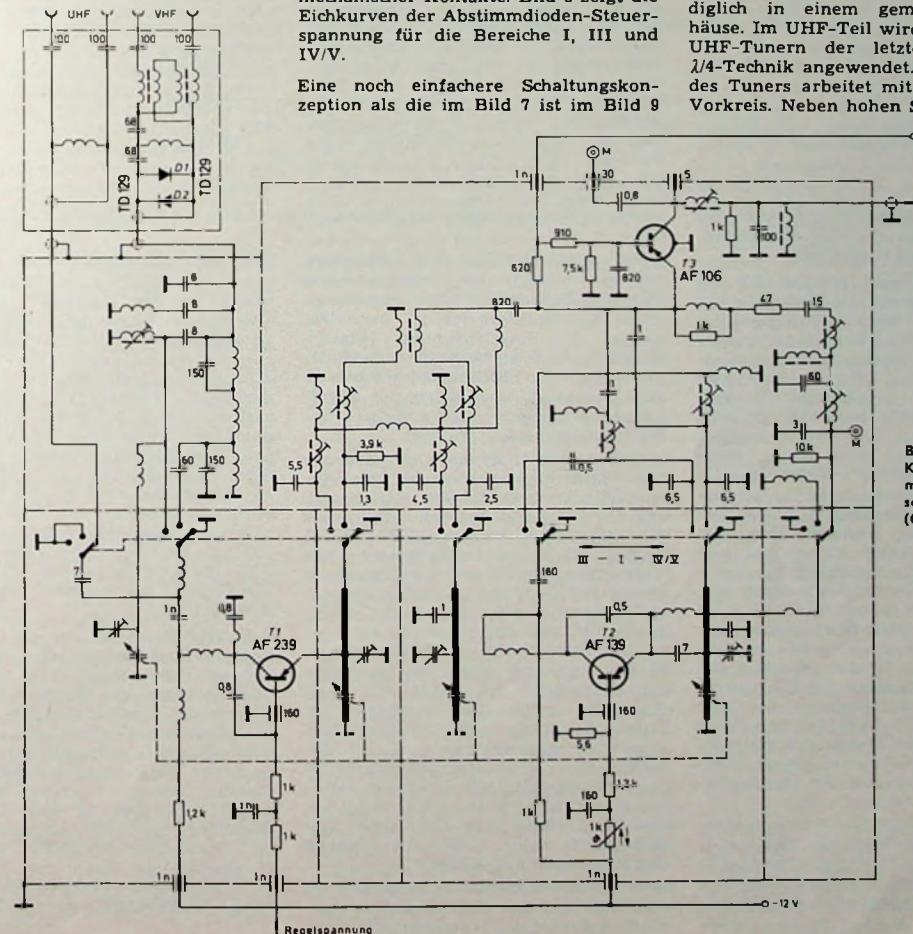


Bild 9.  
Kombinationstuner  
mit Drehkonden satorabstimmung  
(Grundig)

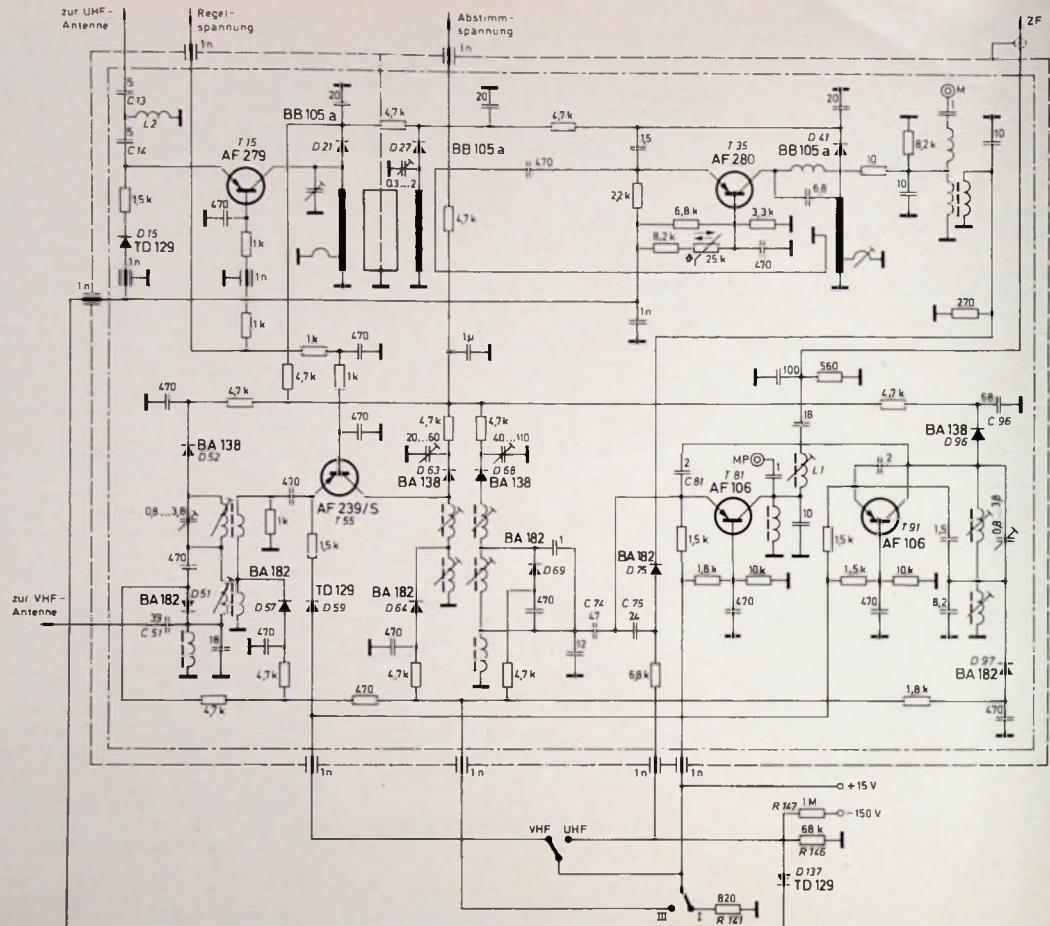


Bild 10. Kombinationstuner mit elektronischer Abstimmung und Bereichsumschaltung (Grundig)

günstigen Rauschwerten wird hier eine konstante Bandbreite über den gesamten Abstimmbereich erreicht.

Der VHF-Eingangsübertrager, der den 240-Ohm-Antenneneingang auf den unsymmetrischen 60-Ohm-Tunereingang transformiert, ist außerhalb des Tuners auf einer Anschlußplatte (s. a. Bild 9) angeordnet. Auf den Eingangsübertrager folgen ein VHF-Hochpaß, der alle Frequenzen unterhalb des VHF-Bereichs unterdrückt, und zwei Blitzschutzdiode, die den Tuner gegen etwaige Stoßspannungen schützen. Einen zusätzlichen Schutz bei durch Blitze hervorgerufenen Stoßspannungen bietet der bereits erwähnte Hochpaß. Das Frequenzspektrum eines Blitzes hat sein Spannungsmaximum nämlich bei wenigen MHz; bei höheren Frequenzen fällt es stark ab. Durch den Hochpaß wird also verhindert, daß Spannungsspitzen niedriger Frequenz und hoher Intensität zu den beiden Dioden gelangen. Die antiparallel geschalteten Dioden schneiden alle Spannungsspitzen oberhalb von 0,7 V ab. Die Anordnung schützt nach Angaben des Herstellers den Eingangstransistor selbst bei einem Überenschlag von 25 kV auf die Antennen-Anschlußplatte.

Der Eingangskreis des VHF-Tunerteils ist selektiv (Bild 10). Das Eingangssignal wird über  $C_{51}$  in den Fußpunkt des Abstimmkreises eingekoppelt. In Serie zu den Emitterwiderständen von  $T_{15}$  und  $T_{55}$  liegt eine Diode

(D 59, D 15). Dadurch wird verhindert, daß der jeweils nicht eingeschaltete Vorstufentransistor (die zugehörige Diode im Emitterkreis ist dann gesperrt) die Regelspannung belastet. Man kann also an beide Tunerteile die Regelspannung anschließen, wobei sich eine besondere Abschaltung der Regelspannung für den nicht in Betrieb befindlichen Tunerteil erübrigt.

Das zwischen T 55 und T 81 liegende VHF-Bandfilter wird durch die Abstimmdioden D 63 und D 68 abgestimmt. Das am Fußpunkt des Sekundärkreises des Bandfilters ausgekoppelte Signal gelangt über C 74 zum Emitter der VHF-Mischstufe T 81. Die Mischstufe erhält die Oszillatorkennspannung von der Oszillatortstufe T 91 über den Kondensator C 81. Die Abstimodiode D 96 des Oszillatorkreises liegt über C 96 an Masse, wodurch sich ein günstiges L/C-Verhältnis und damit eine gute Stabilität ergibt. Den Ausgang der Mischstufe bildet ein ZF-Bandfilter, dessen Primärkreisspule aus L 1 besteht. Die VHF-Mischstufe arbeitet bei UHF-Empfang als ZF-Stufe. Dabei ist die Schalterdiode D 75 leitend, so daß die ZF dann über diese Diode und den Kondensator C 75 zum Eingang der Mischstufe T 81 gelangt.

Der symmetrische UHF-Eingang wird über eine auf der Antennen-Anschlußplatte befindliche 1/2-Umkehrschleife an-

den unsymmetrischen UHF-Tunereingang angepaßt. Das UHF-EingangsfILTER besteht aus dem Hochpaß C 13, C 14, L 2. Die Durchlaßkurve des Hochpasses fällt unterhalb des UHF-Bereiches steil ab. Das sich an den ersten UHF-Transistor T 15 anschließende Bandfilter wird mit den beiden Dioden D 21 und D 27 abgestimmt. Das Bandfilter ist induktiv über eine einstellbare Schleife gekoppelt. Vom Bandfilter gelangt das UHF-Signal zum Emitter der selbstschwingenden Mischstufe T 35. Das ZF-Signal wird am Kollektor von T 35 abgenommen und über eine UHF-Drossel, ein ZF-Zwischenfilter und die Schalterdiode D 75 zum Eingang der bei UHF als ZF-Vерstärker arbeitenden VHF-Mischstufe geführt.

Bei VHF-Empfang ist die UHF-ZF-Diode D 75 durch eine über den hochohmigen Widerstand R 147 zugeführte negative Spannung gesperrt. Dabei verhindert die Diode D 137, daß die negative Spannung über die angeschlossenen UHF-Stufen zusammenbricht. Die Sperrung der VHF-Schalterdioden bei der Stellung Bereich I erfolgt selbsttätig durch Gleichrichtung der Oszillatorschaltung des VHF-Oszillators durch die Oszillatorschalterdiode D 97. Die gleichgerichtete Spannung von etwa -5 V ist für die Sperrung der Schalterdioden im Bereich I voll ausreichend.

ausreichend.  
(Schluß folgt)

# Verfahren zur Nachrichtenübertragung und Datenaufzeichnung mit Lasern

Es sind jetzt gerade zehn Jahre vergangen, seitdem es gelang, den ersten Laser in Betrieb zu nehmen. Inzwischen ist an vielen Stellen an verschiedenen Anwendungen des Lasers gearbeitet worden. Langsam entwickelt er sich vom wissenschaftlichen Instrument zum technisch verwertbaren Gerät. Im folgenden sei über zwei Laseranwendungen berichtet, die im Ulmer Forschungsinstitut von AEG-Telefunkens verfolgt werden. Sie betreffen recht unterschiedliche Gebiete: die Nachrichtentechnik und die Datenverarbeitung. Der Laser sendet einen kohärenten Lichtstrahl aus, also ein kohärentes Bündel elektromagnetischer Wellen. Er unterscheidet sich demnach von einem Mikrowellensender, wie er etwa in der Richtfunktechnik verwendet wird, praktisch nur durch seine höhere Frequenz, wenn man vom Prinzip der Wellenerzeugung und vom technischen Aufbau absieht. Diese höhere Frequenz aber macht den Laser für nachrichtentechnische Anwendungen besonders attraktiv: Sie liegt nämlich für sichtbares Licht bei einigen  $10^{14}$  Hz, also einigen hunderttausend GHz. Würde man einen derartigen Laserstrahl mit nur 0,1 Prozent relativ Bandbreite modulieren, so stände in diesem einen Strahl eine Übertragungsbandbreite zur Verfügung, die dem gesamten Frequenzumfang der konventionellen Nachrichtentechnik von der Niederfrequenz bis zum Millimeterwellengebiet entspräche.

Kein Wunder, daß es seit der Entdeckung des Lasers nicht an Vorschlägen und Versuchen gefehlt hat, die prinzipiellen Möglichkeiten dieses optischen Senders technisch zu nutzen. Bis-her allerdings nur mit mäßigem Erfolg, denn den geschilderten verlockenden Möglichkeiten stehen außerordentliche Schwierigkeiten entgegen. Sie bestehen einerseits darin, das Licht bis zu sehr hohen Frequenzen zu modulieren und zu demodulieren, und andererseits in der Lichtübertragung vom Sender zur Empfangsstation.

## Problem der Lichtübertragung

Bei der Lichtübertragung breitet sich das Licht normalerweise geradlinig aus, das heißt, der Weg vom Sender zur Empfangsstation muß eine gerade Sichtverbindung sein oder doch zumindest aus geraden Teilstücken bestehen. Man kommt so zum optischen Analogon des Mikrowellen-Richtfunks mit der Möglichkeit höherer Übertragungsbandbreiten, aber einer wesentlich stärkeren Störbarkeit durch atmosphärische Einflüsse wie Regen, Schnee und Nebel.

**Dr.-Ing. Stephan Maslowski** ist Leiter des Labors für Laseranwendungen im Forschungsinstitut Ulm von AEG-Telefunkens.

Nach einem Vortrag auf dem Technischen Presse-Colloquium von AEG-Telefunkens am 27. 10. 1970 in Frankfurt.

Um eine störungssichere Verbindung zu gewährleisten, kann man das Lichtbündel durch entsprechend lange gerade Rohre schützen. Das aber erfordert einen Aufwand, der sich vom wirtschaftlichen Standpunkt her nur rechtfertigen läßt, wenn in einem solchen Rohr eine extrem große Nachrichtenmenge übertragen werden soll, die Übertragungsbandbreite von größerenordnungsmäßig 100 GHz benötigt. Für solche Bandbreiten wiederum ist der zugehörige Modulations- und Demodulationsaufwand nur dann vertretbar, wenn der einmal modulierte Laserstrahl gleich über eine sehr große Strecke – etwa 50 Kilometer – geführt wird, bis er das nächststehende weiterverarbeitet wird. Der Anwendungsbereich der optischen Nachrichtenübertragung durch Hohlrohre ist also aus wirtschaftlichen Gründen auf die Übertragung extrem großer Nachrichtenmengen zwischen zwei weit voneinander entfernten Punkten beschränkt.

Es mag sein, daß in ferner Zukunft diese Aufgabe beispielsweise bei der Verbindung von zwei Ballungsräumen interessant wird. Für die nähere Zukunft aber ist eine ganz andere Aufgabe zu sehen: Man schaffe ein Nachrichtenmedium, dessen Bandbreite höher ist als die konventioneller Medien – also vielleicht 1 GHz – und mit dem man Nachrichten nicht nur über große Entfernung übertragen, sondern vor allem auch in Ballungsräumen verteilen kann, sozusagen von Haustür zu Haustür. Vor dieser Aufgabe versagt das Rohrsystem ebenso wie die Methoden der konventionellen Hochfrequenztechnik.

## Neuartiges Verfahren zur optischen Nachrichtenübertragung

Diese neue Aufgabenstellung hat AEG-Telefunkens zu einem ganz neuartigen Verfahren der optischen Nachrichtenübertragung angeregt. Kombiniert man nämlich eine Reihe von im Augenblick noch etwas unvollkommenen und deshalb nicht sonderlich attraktiv scheinenden Komponenten, so kann man die oben gestellte Aufgabe in fast idealer Weise lösen. Diese Komponenten sind der Halbleiter-Laser als Sender, spezielle Glasfasern als Übertragungsmedium und Halbleiter-Photodioden als Empfänger.

Als erste Komponente sei die Glasfaser oder der dielektrische Lichtwellenleiter beschrieben. Konventionelle Glasfasern bestehen aus einem dünnen Glasfadens (Durchmesser 20 ... 100 µm), dem sogenannten Kern, der mit einer Glasschicht mit niedrigerem Brechungsindex, dem Mantel, überzogen ist (Bild 1). Licht, das an der Stirnfläche der Faser in den Faserkern eintritt, wird – ungestört durch äußere Einflüsse – infolge Totalreflexion an der Grenzfläche von Kern und Mantel in der Faser weitergeleitet,

und zwar auch, wenn sie – bis zu Krümmungsgraden im Bereich von Zentimetern – gekrümmmt wird. Man erreicht also die gewünschte ungestörte und nicht notwendigerweise geradlinige Lichtausbreitung.

Eine solche Faser ist aber wegen Laufzeitverzerrungen für die optische Nachrichtenübertragung mit hohen Bandbreiten ungeeignet. Im Bild 1a sind zwei Teilstrahlen 1 und 2 eines Licht-

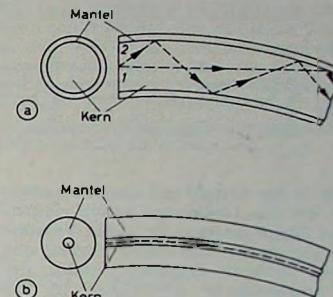


Bild 1. a) Konventionelle Glasfaser,  
b) dielektrischer Lichtwellenleiter

bündels eingezeichnet, das in einer herkömmlichen Faser geführt wird. Der Strahl 1 läuft zunächst in der Faserachse, der Strahl 2 unter einem Winkel zu ihr.

Es ist klar, daß dabei der Strahl 2 zum Durchlaufen einer bestimmten Faserlänge einen größeren Weg zurücklegt und dementsprechend eine größere Laufzeit benötigt als der Strahl 1. Die dem Lichtbündel aufmodulierte Nachricht wird also wegen der Laufzeitunterschiede der Teilstrahlen am Faserende zu verschiedenen Zeiten ankommen. Dadurch wird sozusagen die mögliche „Packungsdichte“ der Nachrichten, also die Übertragungsbandbreite, eingeschränkt.

## Dielektrischer Lichtwellenleiter

Um diese Laufzeitverzerrungen zu vermeiden und hohe Übertragungsbandbreiten zu erreichen, muß der Durchmesser des Kerns so weit verkleinert werden, daß sich gleichsam nur noch ein Teilstrahl oder eine Wellenform mit definierter Laufzeit in ihm fortpflanzen kann. Das ist bei Kerndurchmessern von der Größenordnung der Lichtwellenlängen der Fall, beim sogenannten dielektrischen Lichtwellenleiter (Bild 1b). Die Abmessungen dieses Lichtwellenleiters liegen also bei etwa 1 µm Kerndurchmesser und zum Beispiel 50 µm Außendurchmesser. Das heißt, das eigentliche Kabel ist so dünn wie ein Menschenhaar; es besteht je Kilometer Länge aus nicht mehr als etwa 5 Gramm Glas und ist dabei in der Lage, ein Vielfaches der mit einem konventionellen Hochfrequenzkabel möglichen Bandbreite zu übertragen.

Zu diskutieren ist aber noch die Dämpfung der Lichtwellenleiter. Die bis heute erreichten Werte von etwa 1 dB/Meter sind für die Verwendung in einem Lichtkabel zu hoch. Andererseits gibt es bereits Gläser, deren Dämpfung um mehr als den Faktor 10 geringer ist. Das - bisher nur unbefriedigend gelöste - Problem ist jedoch, aus diesen Gläsern möglichst fehlerfreie Lichtwellenleiter mit entsprechend niedriger Dämpfung herzustellen. In Ulm ist man überzeugt, daß dieses Ziel erreicht werden kann. Dann könnte ein Lichtwellenleiter eine Länge von einigen hundert Metern zwischen dem optischen Sender und der Empfangsstation überbrücken.

Um Nachrichten über größere Entfernnungen übertragen zu können, muß nun die Empfangsstation als sogenannte Repeaterstation ausgebildet werden

bereits den Anforderungen entsprechen. In ihren Abmessungen sind sie kaum größer als der Halbleiter-Laser. Sie wandeln Lichtsignale mit hohem Wirkungsgrad in elektrische Signale um und verstärken diese gleichzeitig durch einen internen Lawineneffekt. Eine stabile Leistungsverstärkung von 30 dB wird hierbei für eine Bandbreite von 1 Gigahertz erzielt.

Als weiterer Verstärker für die elektrischen Signale in der Repeaterstation soll schließlich eine integrierte Halbleiterschaltung dienen, so daß die gesamte Repeaterstation in Halbleiter-technik sehr klein und - bei den zu erwartenden großen Stückzahlen - mit hinreichend niedrigem Preis hergestellt werden kann. In Verbindung mit dem Lichtwellenleiter ergibt sie ein neuartiges Nachrichtenmedium.

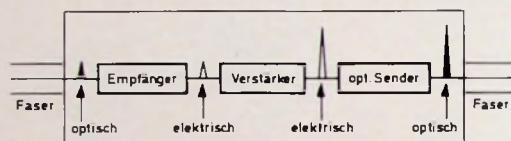


Bild 2. Repeaterstation für ein Nachrichtenübertragungssystem mit dielektrischem Lichtwellenleiter

(Bild 2). Sie besteht aus einem Empfänger, der das Lichtsignal in ein elektrisches Signal umwandelt, einem Verstärker für dieses elektrische Signal und einem weiteren optischen Sender, der das regenerierte Lichtsignal in das nächste Lichtwellenleiterstück einkoppelt. Darüber hinaus kann man natürlich an jeder Repeaterstation die dann als ein elektrisches Zeichen vorliegende Nachricht auskoppeln und weiterverarbeiten; man kann also beliebige Zweigungen und Verknüpfungen vornehmen. Soll das Verfahren wirtschaftlich werden, so kommt es nur darauf an, wegen der relativ geringen Verstärkerfeldlänge von einigen hundert Meter die Kosten für eine derartige Repeaterstation niedrig zu halten. Dies wird möglich, wenn man die Repeaterstation in Halbleiter-technik aufbaut (Bild 3).

#### Halbleiter-Laser als Sender

Als Sender wird ein Halbleiter-Laser benutzt (Bild 4), eine speziell aufgebaute Diode, die bei Durchgang eines genügend hohen Stroms ein kohärentes Lichtbündel emittiert. Dieses Lichtbündel läßt sich bis zu Frequenzen im Gigahertzbereich - beispielsweise über den Anregungsstrom oder einen integrierbaren Halbleiter-Lichtmodulator - leicht modulieren. Der Halbleiter-Laser zeichnet sich außerdem durch seine geringen Abmessungen aus. Allerdings muß gesagt werden, daß der heutige Entwicklungsstand des Halbleiter-Lasers seine Verwendung für das vorgesehene Lichtkabel noch nicht zuläßt. In allerletzter Zeit sind jedoch bedeutende Fortschritte erreicht worden, die die Mitarbeiter im Ulmer Forschungsinstitut bestärkt haben, daß er eines Tages allen Erfordernissen entsprechen wird.

#### Schneller Lichtempfänger

Wesentlich weiter als mit dem Lichtwellenleiter und dem Halbleiter-Laser ist man bereits mit dem benötigten schnellen Lichtempfänger. Es wurden Halbleiter-Photodioden entwickelt, die



Bild 3. Die Grundkomponenten des von AEG-Telefunken entwickelten optischen Nachrichtenübertragungssystems sind kaum größer als ein Menschenhaar dick ist. Sender (dunkler, rechteckiger Gegenstand), Empfänger (heller, quadratischer Gegenstand) und Glasfaser (heller Strich) im Vergleich zu einem Menschenhaar (links unten, dunkler Strich)

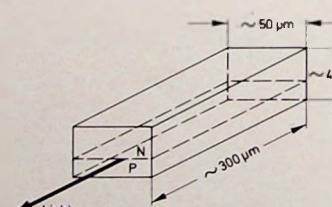


Bild 4. Prinzipieller Aufbau des Halbleiter-Lasers

#### Möglichkeiten des neuen Nachrichtenmediums

Hier seien zunächst an die Bemerkungen zur Physik der Komponenten des Mediums noch ein paar nachrichtentechnische Bemerkungen angeschlossen. Als Modulationsverfahren für den Halbleiterlaser wird man eine Pulscodemodulation verwenden. Die Bandbreite wird so groß gewählt werden (etwa 1 GHz), daß sie noch mit Hilfe integrierter Halbleiterschaltungen verarbeitet werden kann. Der Abstand der Verstärker wird maximal in der Größenordnung von 1 km liegen; das System wird aber schon wirtschaftlich sein bei Verbindungen innerhalb eines Bürohochhauses.

Die große Bandbreite ermöglicht die Verwendung von frequenzbandaufwändigen Codierungsverfahren, die ganz neue Möglichkeiten der Vermittlung von Verbindungen ergeben. Zum Beispiel kann man völlig auf Vermittlungszentralen verzichten, wenn man den Nachrichten ihre eigene Adresse mitgibt. Ein Teilnehmer an diesem Nachrichtenmedium könnte sehr freizügig verfahren: Er könnte als Nachrichtengeber oder -empfänger auftreten und zum Beispiel seine Telefongespräche selbstverständlich auch mit gleichzeitiger Bildübertragung führen, also per Fernsehtelefon. Er könnte aus dem Nachrichtenmedium aber ebenso seinen Fernsehapparat speisen; eine größere Anzahl von Programmen stände ihm dabei zur Auswahl zur Verfügung; der heutige Antennenwald auf den Hausdächern könnte auf den Schrottplatz wandern. Das neue Nachrichtenmedium könnte auch den Datenverkehr zwischen Computern, Datenbibliotheken sowie deren kommerziellen und privaten Benutzern ermöglichen. - Der Phantasie sind fast keine Grenzen gesetzt.

Viel Arbeit ist aber noch zu leisten, bis die Komponenten des Systems die erforderlichen Eigenschaften aufweisen und zum neuen Nachrichtenmedium integriert sein werden. Aber das Vorhaben hat sehr reale Chancen. Mit dieser Meinung steht man heute in Deutschland nicht mehr allein da: In den USA, England und Japan haben Arbeiten in der gleichen Richtung eingesetzt.

#### Optische Datenspeicherung

In der elektronischen Datenverarbeitung ist es heute üblich, Digitaldaten magnetisch zu speichern. Für die Archivierung großer Datenmengen finden hauptsächlich Magnetbänder Verwendung. Das Magnetband aber wird den gestellten Anforderungen immer weniger gerecht, je mehr die Arbeitsgeschwindigkeit der Rechner steigt und die zu speichernden Datenmengen anwachsen. Es hat nämlich eine zu geringe Speicherdichte: Sie liegt bei einigen tausend bit/cm<sup>2</sup>, so daß ein Halbzoll-Band von 1 km Länge nur etwa  $3 \cdot 10^6$  bit speichern kann. Das entspricht etwa der Hälfte des Inhalts eines Bandes der zwanzigbändigen Brockhaus-Enzyklopädie. Infolgedessen bestehen größere Bibliotheken oder Datenbanken, die üblicherweise einige  $10^6$  bis  $10^7$  bit umfassen, aus Hunderten bis Tausenden von Magnetbändern mit entsprechendem Platzbedarf und entsprechend komplizierter Organisation.

Hier nun versprechen optische Datenaufzeichnungsverfahren Abhilfe, denn mit optischen Methoden lassen sich prinzipiell wesentlich höhere Speicherdichten erreichen. Das Vorhaben der Ulmer Forscher besteht darin, die Digitaldaten in Form von Verfärbungspunkten auf lichtempfindlichen Schichten aufzuzeichnen. Im ersten Anlauf, der noch weit von der prinzipiellen Grenze entfernt ist, sollen diese Verfärbungspunkte einen Durchmesser von 3 µm haben und in Zeilen mit 10 µm Zeilenabstand auf einem bandförmigen Träger angeordnet werden. Daraus resultiert eine Speicherdichte von etwa  $3 \cdot 10^6$  bit/cm<sup>2</sup>, also rund um den Faktor 1000 mehr als beim heutigen Magnetband. Ein Band des optischen Speichers mit 30 mm genutzt

ter Breite und 100 m Länge könnte etwa 300 je 1 km lange Halbzoll-Magnetbänder ersetzen.

Die Übergeberate des von AEG-Telefunken entwickelten optischen Speichers soll beim Aufzeichnen und Auslesen mit 10<sup>7</sup> bit/s der Geschwindigkeit heutiger Großrechner entsprechen. Wie ist das zu erreichen?

#### Schreiben mit ultraviolettem Licht

Als Speicherschicht wird kein normaler Film verwendet, sondern eine von AEG-Telefunken entwickelte photochrome Schicht. Diese im unbelichteten Zustand völlig durchsichtige und gegenüber sichtbarem Licht stabile Schicht zeigt nach Bestrahlung mit ultraviolettem Licht eine Verfärbung, das heißt, sie ist für sichtbares Licht undurchlässig geworden. Im Gegensatz zum normalen Film tritt die Verfärbung der Schicht ohne Nachentwicklung sofort beim Bestrahlten auf und ist ohne Fixierprozeß stabil. Schließlich ist die Schicht noch kornfrei; sie setzt also der Feinheit aufzuzeichnender Strukturen keine Grenzen.

Sollen nun auf dieser Speicherschicht die geplanten zehn Millionen Verfärbungen

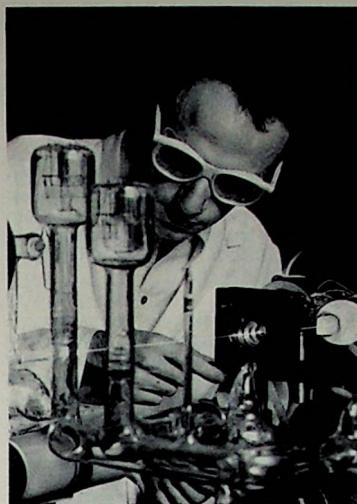


Bild 5. Als Lichtquelle für die optische Datenaufzeichnung wird ein Laser benutzt, dessen grüne Ausgangsstrahlung durch optische Frequenzverdopplung in ultraviolettes Licht umgesetzt wird

bungspunkte je Sekunde geschrieben werden können, so ist das nur mit einer Lichtquelle möglich, die ultraviolettes Licht extrem hoher Leuchtdichte liefert. Konventionelle Lichtquellen sind dazu nicht in der Lage, wohl aber ein Laser mit 50 ... 100 mW. Für Versuchszwecke wird ein Ionen-Gaslaser verwendet, der normalerweise grünes Licht emittiert. Dieses grüne Licht wird durch optische Frequenzverdopplung in der Wellenlänge halbiert und man erhält so den benötigten ultravioletten Schreibstrahl (Bild 5).

Dieser Schreibstrahl wird im Takt der aufzuzeichnenden Daten moduliert, er wird fokussiert und sein Brennpunkt mit ausreichend hoher Geschwindigkeit zeilenweise über die Speicherschicht hinweggeführt. Die hierzu erforderliche schnelle Richtungsänderung des Strahls wird – aus Kostengründen – im Labor mit recht einfachen mechanischen Mitteln bewerkstelligt. Die auf diese Weise in den Zeilen als Verfärbungspunkte gespeicherten Daten können dann mit sichtbarem Licht wieder ausgelesen werden. Ein Funktionsmuster dieses optischen Speichers wird in absehbarer Zeit vorgestellt werden.

## Tagungs- und Ausstellungskalender

### Januar 1971

- 14. 1.-20. 1. Paris  
Salon de l'Audiovisuel et de la Communication

### Februar 1971

- 15. 2.-19. 2. Frankfurt a. M. (US Handelszentrum)  
Computer Display Equipment
- 17. 2.-19. 2. Philadelphia/USA  
International Solid State Circuits Conference

### März 1971

- 7. 3.-14. 3. Wien  
Wiener Internationale Frühjahrsmesse 1971
- 9. 3.-13. 3. Basel  
INEL, 5. Internationale Fachmesse für industrielle Elektronik
- 9. 3.-13. 3. Basel  
Medex, 1. Internationale Fachmesse und Fachtagung für medizinische Elektronik und Bioengineering
- 14. 3.-23. 3. Leipzig  
Leipziger Frühjahrsmesse 1971
- 15. 3.-19. 3. Frankfurt a. M. (US Handelszentrum)  
Analog and Digital Measuring and Recording Instruments
- 29. 3.-2. 4. Paris  
Colloque International l'Espace et la Communication
- 30. 3.-2. 4. München  
ESDERC, European Semiconductor Research Conference
- 31. 3.-6. 4. Paris  
14. Salon International des Composants Electroniques

### April 1971

- 13. 4.-17. 4. Denver/USA  
International Magnetics Conference (INTERMAG)
- 17. 4.-22. 4. Cannes  
1re Exposition internationale d'Equipment vidéo-cassette et d'Enregistrement vidéo
- 22. 4.-30. 4. Hannover  
Hannover-Messe 1971

### Mai 1971

- 10. 5.-12. 5. Washington/USA  
Electronics Components Conference
- 18. 5.-21. 5. London  
International Electronic Components Show

- 21. 5.-27. 5. Montreux  
7e Symposium international de télévision

### Juni 1971

- 7. 6.-12. 6. Mainz  
Deutscher Ingenieurtag 1971
- 12. 6.-20. 6. Karlsruhe  
„hobby 71“, Ausstellung mit Freizeitfestival
- 14. 6.-19. 6. Lille  
1re Semaine électronique internationale (l'Électronique au service de l'Industrie)

### August 1971

- 18. 8.-26. 8. Budapest  
7. Internationaler Kongreß für Akustik
- 23. 8.-28. 8. Stockholm  
European Microwave Conference
- 25. 8.-30. 8. Zürich  
FERA, Schweizerische Ausstellung für Radio-, Fernseh-, Phono- und Tonbandgeräte
- 27. 8.-5. 9. Berlin  
Internationale Funkausstellung 1971 Berlin

### September 1971

- 5. 9.-12. 9. Leipzig  
Leipziger Herbstmesse 1971
- 7. 9.-10. 9. Berlin  
19. Jahrestagung der Fernseh-Technischen Gesellschaft e. V. (FTG)

### Oktober 1971

- 6. 10.-17. 10. Leningrad  
Internationale Ausstellung „Systemtechnika“
- 12. 10.-17. 10. Ljubljana  
Internationale Messe Elektronik, Telekommunikation, Automatisierung und Kerntechnik
- 14. 10.-20. 10. Düsseldorf  
Interkama, 5. Internationale Messe für Automation, Elektronik und Meßtechnik mit Kongreß

### November 1971

- 5. 11.-14. 11. Berlin  
Deutsche Industrieausstellung Berlin 1971

# **Hi-Fi-Lautsprecher-Bausatz „50-4“**

Das Angebot von Bausätzen zum Selbstbau von hochwertigen Lautsprecherboxen ist in letzter Zeit recht breit geworden. Gegenüber fertig montierten handelsüblichen Hi-Fi-Boxen lässt sich bei ein wenig handwerklichem Geschick eine ganze Menge an finanziellen Aufwendungen einsparen. Als Beispiel für die größeren Ausführungen sei hier der in Deutschland erstmals zur Funkausstellung gezeigte Bausatz „50-4“ der dänischen Firma Peerless vorgestellt<sup>1)</sup>. Er eignet sich für den Aufbau einer 50-Liter-Dreiwegbox mit etwa 40 W Belastbarkeit. Zum Lieferumfang gehören vier Lautsprechersysteme, eine Frequenzweiche sowie auf Wunsch auch eine fertig bearbeitete Schallwand mit stoffbespannter Frontblende.

## 1. Lautsprechersysteme

Das Tieftonsystem „L 100 WG“ mit 250 mm Korbdurchmesser und Gummisicke hat eine Freiluft-Eigenresonanz von 20 Hz. Obwohl die erste ausgeprägte Teilschwingungsresonanz erst bei über 2500 Hz liegt (Bild 1), wird es mit dem Bausatz gehörenden Weichen hier nur bis zu rund 500 Hz betrie-

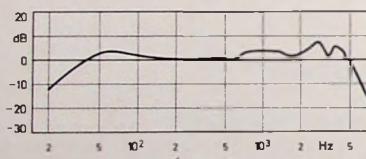


Bild 1. Schalldruckverlauf des in ein 40-Liter-Gehäuse eingebauten Tieftonsystems „L 100 WG“

ben, weil die Schalldruckkurve oberhalb 600 Hz nicht mehr ganz geradlinig verläuft. Die 38-mm-Schwingspule ist wie bei allen anderen Lautsprechern auf einen Aluminiumkörper gewickelt, so daß kurze Überlastungen thermisch ausgezeichnet vertragen werden. Der Luftspalt ist nach vorn durch eine Staubschutzkalotte gegen Fremdkörper geschützt, nach hinten hin ist er durch Zentriermembran und Magnetsystem abgeschlossen.

Der Frequenzbereich von 500 bis 3500 Hz wird durch den Mitteltonlautsprecher „O 570 MRC“ wiedergegeben. Dieser mit 20 W belastbare, 184 mm  $\times$  127 mm große Ovallautsprecher ist zum Schutz vor dem Schalldruck des Tieftöners in einer mit Dämpfungsmaterial gefüllten Kunststoffkappe eingebaut. Das gehört mit zu den Annehmlichkeiten des Bau- satzes, da man diese notwendige akustische Abschirmung nicht erst selbst vorzunehmen braucht. Die Schalldruck- kurve des Systems (Eigenresonanz 250 Hz) zeigt bis etwa 4500 Hz einen steigenden Verlauf.

Ab etwa 3500 Hz übernehmen zwei Hochtonlautsprecher „MT 25 HFC“ die Wiedergabe. Diese 5-W-Systeme mit rund 60 mm Kardurchmesser (Flansch

<sup>1)</sup> Deutsche Vertretung: Peerless Elektronik GmbH, Düsseldorf

65 mm  $\times$  65 mm) haben eine Eigenresonanz von 1500 Hz und übertragen bis über 18 000 Hz. Der Korb ist vollkommen geschlossen, so daß keine besondere Maßnahmen erforderlich sind, um den Schalldruck des Tieftonlautsprechers fernzuhalten.

## 2. Frequenzzweiche

Die sorgfältig ausgelegte Dreiewegweiche hat die Übergangs frequenzen 500 und 3500 Hz. Ihre Schaltung ist im Bild 2 dargestellt. Sie besteht aus dem Tiefpaß  $L_1$ ,  $C_1$  für den Tieftonlautsprecher, dem Bandpaß  $L_2$ ,  $C_2$  und  $L_3$ ,  $C_3$  für den Mitteltontbereich sowie dem Hochpaßglied  $L_3$ ,  $C_4$  für die Hochtontsysteme. Dabei wird  $L_3$  sowohl für das Bandpassfilter als auch für den Hochpaß ausgenutzt. Prinzipiell ist der Dämpfungsverlauf 12 dB/Oktave. Mit Hilfe der Widerstandsbeschaltung ( $R_1$  und  $R_2$ ) wurde neben einem Ausgleich des Schalldruckverlaufs auch ein phasenkorrigierter flacher Verlauf (6 bis 9 dB/Oktave) des Übernahmebereichs zwischen dem Mittel- und den Hochtontlautsprechern eingestellt. Die Hochtöner haben im Gegensatz zu den beiden anderen Lautsprechern nicht 4 Ohm, sondern 8 Ohm Impedanz und müssen daher parallel geschaltet werden.

Das gesamte Netzwerk der Weiche ist auf einer gedruckten Schaltung mon-

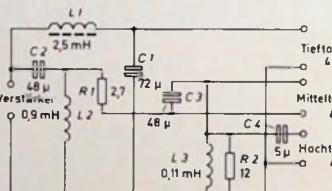


Bild 2. Schaltung der Dreieck-Frequenzweiche

tier. Alle Kondensatoren sind spezielle engtolierierte bipolare Ausführungen. Für  $L_2$  und  $L_3$  wurden reine Luftsolen, für  $L_1$  ein Ferritkern mit sehr großem Luftspalt (halber E-Kern ohne Joch) verwendet. Abgesehen davon, daß nichtlineare Verzerrungen wegen des großen Luftpalts absolut ausgeschlossen sind, erhält man für  $L_1$  so eine wesentlich höhere Güte. Das ist wegen der hohen Ströme im Tieftonzweig besonders günstig.

3. Aufbau

Für den Aufbau der Box werden von Peerless 20 mm dicke Spanplatten empfohlen. Verwendet wurden beim Musterbau handelsübliche 22-mm-Platten, die man sich zweckmässigerweise fertig zuschneiden lassen sollte. Alle Angaben über den Zusammenbau sind in der dem Bausatz beigegebenen Anleitung ausführlich in mehreren Skizzen dargestellt. Eine grosse Erleichterung gegenüber der Selbstanfertigung stellen natürlich die schon erwähnte zusätzlich erhältliche Schallwand mit allen Ausschnitten und die stoffbespannte Front-

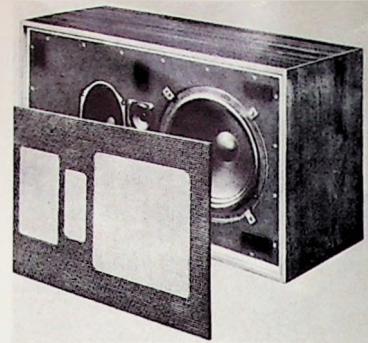


Bild 3. Montierte Lautsprecherbox mit serienmäßiger Schallwand und bespannter Frontblende (zur Sichtbarmachung der Durchbrüche von hinten beleuchtet)

blende dar (Bild 3). Mit 20 % der eigentlichen Bausatzkosten sind sie – gemessen an der Arbeitsersparnis – sogar einigermaßen preisgünstig. Die Boxoberfläche kann man je nach Wohnraum und Geschmack weiß oder farbig spritzlackieren, furnieren oder mit dem einfacher zu handhabenden Mikroholz versehen. Erwähnt sei, daß zu dem Stoff der seriennäßigen Frontblende gut eine Ahornoberfläche paßt.

Die ein wenig pauschale Angabe, daß man den Hohlraum der Box bis zu drei Vierteln mit Steinwolle füllt, läßt sich noch etwas präzisieren. Zur Dämpfung von Gehäuseresonanzen durch stehende Wellen sollte man die Innenseiten der Box zunächst mit mindestens 30 mm dicken Steinwollmatten belegen. Diese Dämpfungsmaßnahme genügt allein aber nicht. Die Resonanzfrequenz des eingebauten Tieftonlautsprechers liegt ziemlich genau bei 50 Hz. Mangelhafte Dämpfung kann daher neben störender Baßverfärbung zu einer unerwünschten Anhebung von Restbrumm aus dem Verstärker beziehungsweise den Programmquellen (auch Modulationsbrumm von UKW-Sendern) führen. Als Erfahrungswert kann hier ein Gesamtgewicht von knapp 1 kg Steinwolle je Box angegeben werden, wobei man zwecks besserer akustischer Ankopplung die oberste (den Lautsprechern zugewandte) Schicht lose packen sollte. Allzuviel Dämpfungsmaterial ergibt besonders bei fester Packung der oberen Schichten einen eher tot wirkenden Klangindruck.

#### 4. Hörergebnisse

Die Hörversuche wurden mit zwei der beschriebenen Boxen in einem mittleren Wohnraum ( $27 \text{ m}^2$  Grundfläche,  $3,2 \text{ m}$  Höhe) vorgenommen. Als Verstärker wurde der „ES 707“ von Klein + Hummel mit  $2 \times 90 \text{ W}$  Ausgangsleistung verwendet. Bei unterschiedlichstem Programmataler zeichneten sich die Boxen durch neutrale durchsichtige Wiedergabe aus. In den Höhen klingen sie ausgesprochen brillant, die Bässe sind trocken und ungefärbt. Bei einwandfreiem Programmataler waren Korrekturen mit den Klangreglern weder bei den Tiefen noch bei den Höhen erforderlich. Der optimale Klangeindruck ergab sich bei absoluter Lineareinstellung aller Regler. Da die Boxen jeweils in einer Raumecke aufgestellt waren, kann wegen der bei anderen Positionen raumakustisch verminderten Baßwiedergabe natürlich eine gewisse Tiefenanhebung notwendig sein. Gu.

## Technik der Dickschicht- und Dünnfilmschaltungen

Die stürmische Entwicklung der integrierten monolithischen Halbleiterschaltungen hat das Interesse an anderen Verfahren der Schaltungsintegration, zum Beispiel der Dickschicht- und der Dünnfilmtechnik, etwas in den Hintergrund treten lassen. Wie aber auch die electronica 70 in München zeigte, haben diese Verfahren heute eine immer mehr zunehmende Bedeutung, wenn es darum geht, passive Bauelemente, die sich in monolithischer Technik nicht oder nicht mit ausreichender Genauigkeit realisieren lassen, in die Schaltungsintegration mit einzubeziehen. Die Dickschichttechnik bietet außerdem die Möglichkeit zur Kombination mit aktiven Halbleiterbauelementen und integrierten Schaltungen (Hybridschaltkreise).

Bei Dickschicht- und Dünnfilmschaltungen handelt es sich ähnlich wie bei gedruckten Schaltungen um isolierende Trägermaterialien (Substrate), die Netzwerke aus passiven Bauelementen sowie die zugehörigen Verbindungsleitungen tragen. Dabei bleibt die Dünnfilmtechnik auf Widerstandsnetsysteme beschränkt, während sich in Dickschichttechnik auch Kondensatoren realisieren lassen. Außerdem kann man in Dickschichtschaltungen nachträglich noch weitere passive sowie auch aktive Bauelemente einsetzen. Der wesentliche Unterschied zwischen den beiden Schaltungarten ergibt sich jedoch aus dem Herstellungsverfahren. Während bei Dickschichtschaltungen für Verbindungsleitungen und Widerstände unterschiedliche Materialien verwendet und nacheinander auf das Substrat aufgebracht werden, findet man bei Dünnfilmschaltungen nur ein leitendes Material, aus dem sowohl die Widerstände als auch die Verbindungsleitungen bestehen. Im folgenden werden an Hand von überwiegend auf der electronica gezeigten Geräten und Anlagen die Fertigungsverfahren für derartige Schaltkreise beschrieben.

### 1. Dickschichtschaltungen

#### 1.1. Prinzipielles Herstellungsverfahren

Für Dickschichtschaltungen wird ein Keramik-Substrat aus Aluminiumoxid-Keramik (96 %  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) verwendet, auf das die Leiterbahnen und Widerstände nach dem Siebdruckverfahren gedrückt und dann bei hohen Temperaturen (etwa 900 ... 1000 °C) eingebrannt (gesintert) werden. Druck- und Sinterprozeß müssen im allgemeinen mehrmals wiederholt werden, denn es sind nicht nur für Leiterbahnen und Widerstände, sondern auch abhängig von dem gewünschten Widerstandswerten Druckpasten mit unterschiedlicher Leitfähigkeit erforderlich. Die Anzahl der benötigten Prozesse hängt dabei jedoch wesentlich von dem Widerstandsverhältnis ab, das heißt von dem Verhältnis des größten zum kleinsten Widerstandswert, die auf dem Substrat unterzubringen sind. Weitere Druck- und Sinter-Arbeitsgänge sind für isolierende Brücken bei Leitungskreuzungen erforderlich sowie bei der Herstellung von Kondensatoren, die vielfach als Vielschichtkondensatoren ausgeführt werden.

Bei komplizierten Leitungsführungen und um ein kleineres Volumen zu erreichen, lassen sich die Substrate auch zweiseitig bedrucken. Hierbei kann die Kontaktierung von Vorder- und Rückseite durch Umdrucken der Substratränder an beliebigen Stellen erfolgen. Noch höhere Schaltungsdichten, die beispielsweise erforderlich sind, wenn integrierte Halbleiterschaltungen in die Dickschichtschaltungen eingesetzt werden sollen, erreicht man durch Vielschichtschaltungen - hier sind die einzelnen Leiterbahnen durch aufgedrückte isolierende Schichten getrennt - und durch Mehrschichtsubstrate, bei denen das Substrat aus mehreren sehr dünnen Keramikscheiben besteht, die jeweils mit dem Leitungsmuster und den benötigten Widerständen bedruckt sind.

Substrate für Dickschichtschaltungen werden beispielsweise von der Deutschen Steinzeug- und Kunststoffwarenfabrik, Mannheim-Friedrichsfeld, in verschiedenen Abmessungen und mit Dicken von 0,6, 0,8 und 1 mm geliefert. Die Abmessungstoleranzen betragen allgemein  $\pm 1 \%$ , während für die Dicke Toleranz  $\pm 0,04 \text{ mm}$  angegeben wird. Im unbearbeiteten Zustand ist die mittlere Rauhtiefe  $0,2 \dots 0,8 \mu\text{m}$ ; durch Nachbearbeitung lassen sich jedoch Rauhtiefen  $< 0,1 \mu\text{m}$  erreichen.

#### 1.2. Bedrucken

Das Bedrucken der Substrate erfolgt mit speziellen Siebdruckmaschinen, die den hier gestellten Genauigkeitsanforderungen genügen müssen. Die Modellreihe „DEK 1200“ von Peter Jordán umfaßt zwei Typen, und zwar die halbautomatische Ausführung „DEK 1200 RS“ und den Vollautomaten „DEK 1200 TT“. Beide Typen basieren auf der gleichen Grundeinheit und unterscheiden sich nur durch die Ausführung des Tisches und die Druckgutzuführung. Der „DEK 1200 DT“ hat einen Karusselldrehtisch, der die Substrate aus einem Magazin zuführt und nach dem Bedrucken wieder zum Auswurf abführt. Da die Substrate (maximale Druckfläche  $50 \text{ mm} \times 50 \text{ mm}$ ) erst in der Druckposition exakt positioniert und durch Vakuumansaugung festgehalten werden, erreicht man eine hohe Reproduzierbarkeit und Maßgenauigkeit von  $\pm 25 \mu\text{m}$ . Der mittels Mikrometereinstellung justierbare Siebrahmen läßt sich über einem Schnellspannverschluß der Maschine entnehmen und nach einer etwaigen Reinigung ohne Einstellkorrektur wieder passgenau einsetzen. Die Druckkapazität beträgt 1600 Drucke je Stunde. Weitere Siebdruckmaschinen für die Dickschichttechnik wurden auf der electronica unter anderem von ami (Serien „SA“, „SAS“, „P“, „PS“), eurolectron („Micronic R 60“, „Micronic T 60“, „Rotronic 800“), Isimat („011“, „081“), Presco (Serien „300“, „700“) und Siri („Novamat DS“) vorgestellt.

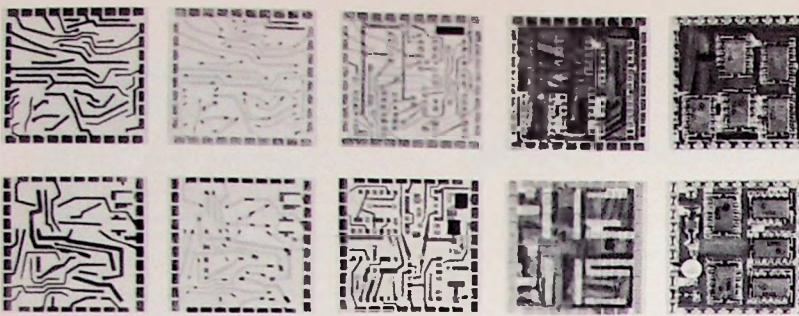
Ein umfangreiches Programm an Cermet-Siebdruckpasten (pastenartige Gemische aus Keramik und Metall) zum Drucken von Leiterbahnen, Widerständen und dielektrischen Schichten bietet Electro-Science Laboratories, Inc. an. Für Leiterbahnen stehen Pasten auf Palladium- und Silber-Basis sowie Goldpasten für geringe Leiterbreiten und -abstände mit Widerständen von 0,02 bis 0,09 Ohm/Quadrat zur Verfügung. (Die Widerstandsangabe Ohm/Quadrat bedeutet den Widerstand eines quadratischen Stückes einer Leiterbahn. Er hängt außer vom spezifischen Widerstand des Materials nur noch von der Schichtdicke ab. Um vergleichbare Werte zu erhalten, werden alle Widerstandsangaben auf Schichtdicken von 20 bis 25  $\mu\text{m}$  im gesinterten Zustand bezogen.)

Die Widerstandspasten der Serie „3800“ sind beispielsweise mit Widerständen von 1 Ohm/Quadrat bis 10 MOhm/Quadrat lieferbar. Damit hergestellte Widerstände lassen sich mit 25 W/Quadratzoll (etwa 4 W/cm<sup>2</sup>) beladen. NTC-Widerstände mit Nennwiderständen von 1000 Ohm/Quadrat bis 1 MOhm/Quadrat bei 25 °C können mit den Pasten der Serie „NTC 2400“ hergestellt werden. Für gedruckte Kondensatoren sind dielektrische Pasten mit Dielektrizitätskonstanten von 50 bis 1000 sowie für Isolierschichten Pasten mit besonders kleinen Dielektrizitätskonstanten (8 bis 40) erhältlich. Erwähnt sei auch noch die ferromagnetische Paste „900“, die für Abschirmzwecke bestimmt ist und eine Permeabilität von 150 bis 250 sowie einen Widerstand von  $10^3 \text{ Ohm/Quadrat}$  hat.

#### 1.3. Sinterprozeß

Beim Sinterprozeß muß ein bestimmter Temperaturverlauf genau eingehalten werden, da davon die Eigenschaften der Dickschichtschaltung (zum Beispiel TK der Widerstände) weitgehend abhängen. Bei der Widerstandsherstellung hält man nach dem verhältnismäßig schnellen Aufheizen (innerhalb etwa 20 min) auf rund 1000 °C die Temperatur für etwa 15 min auf diesem Wert und kühl anschließend während etwa 20 min das Werkstück wieder ab. Für Leiterbahnen sind dagegen im allgemeinen ein langsameres Aufheizen bis auf die erforderliche Temperatur und anschließendes rascheres Abkühlen vorgeschrieben. Vor der eigentlichen Sinterung muß jedoch noch ein Ausbrennen der organischen Bestandteile der Pasten bei etwa 100 ... 150 °C erfolgen. Außerdem ist sowohl beim Ausbrennen als auch beim Sintern ein Luft- oder Gasstrom über die Substrate zu führen.

Für die Dickschichttechnik geeignete Durchlauföfen wurden in München beispielweise von der bfi elektronik gmbh gezeigt. Die Öfen der Serien „VQ“ und „VIQ“, deren Gasführung allen Anforderungen entspricht, können sowohl mit geneigter als auch mit horizontaler Muffel betrieben werden. Die Sintermuffel besteht aus Quarz, während für die Ausbrennmuffel Edelstahl verwendet wird. Die Temperaturregelung arbeitet mit einer Genauigkeit von  $\pm 0,5$  grd. Alle Öfen haben einen Arbeitsbereich von 200 bis 1100 °C und können auf Wunsch auch mit automatischem Überhitzungsschutz geliefert werden.



Die einzelnen Druckschichten einer Vielschichtschaltung mit Halbleiter-Einbauteilen (Microelectronic)

Hingewiesen sei auch noch auf die Öfen der „Explorer“-Serie (Temperaturbereich 300 ... 1100 °C), die für den Einsatz in Labors bestimmt sind.

#### 1.4. Widerstandsabgleich

Durch sorgfältige Herstellung lassen sich bei Dickschichtwiderständen (mit Ausnahme sehr kleiner und sehr großer Widerstandswerte) Widerstandstoleranzen von  $\pm 10\%$  erreichen. Sind engere Toleranzen erforderlich, dann müssen die Widerstände nachträglich abgeglichen werden. Neben dem dafür bisher meistens angewandten Sandstrahlverfahren setzt sich jetzt immer mehr der Abgleich mittels Laserstrahlung durch, der sauberer, schneller und genauer arbeitet. Der Abgleich erfolgt unter Kontrolle und Steuerung durch eine genaue Meßbrücke, wobei der Abgleichsvorgang automatisch unterbrochen wird, sobald der gewünschte Widerstandswert erreicht ist. Beim Abgleich trifft der fokussierte Laserstrahl auf die Widerstandsschicht und schneidet einen Graben heraus, indem er einen Teil der Schicht verdampft.

Müssen Widerstände sehr genau abgeglichen werden, so empfiehlt sich der sogenannte L-Schnitt. Hierbei wird der Widerstand zuerst senkrecht zu der Richtung getrimmt, in der der Strom hindurchfließt. Dabei ändert sich der Widerstandswert sehr schnell. Ist der gewünschte Wert innerhalb gewisser vorbestimmter Grenzen erreicht, dann trimmt man in Richtung des Stromflusses, also senkrecht zur ersten Trimmrichtung. Da sich jetzt der Widerstand trotz gleicher Laserleistung nur noch langsam ändert, lässt sich der geforderte Wert sehr genau (besser als 0,1 %) abgleichen.

Das „Lasertrim“-System der Apollo Lasers, Inc. ist mit einem Yttrium-Aluminium-Granat-Laser (Wellenlänge 1,06 µm) ausgerüstet und arbeitet mit einer Impulsfolgefrequenz von 30 bis 60 Impulsen/s. Das optische System erlaubt die Verwendung eines Fernsehmonitors oder eines kollinearen Mikroskops zur genauen Ausrichtung des Laserstrahls. Mit einer Teleskopoptik zum Fokusieren des Laserstrahls erreicht man Schnittbreiten von etwa  $8 \cdot 10^{-3}$  cm (in der Dünnschichttechnik sogar von etwa  $2 \cdot 10^{-3}$  cm), wobei der Abstand der Optik von der Widerstandsoberfläche 2 ... 3 cm beträgt. Die eingebaute Meßbrücke hat einen Meßbereich von 0,1 Ohm bis 11,1 MΩ mit einer Meßgenauigkeit von  $\pm 0,05\%$  im Bereich 10 Ohm bis 1 MΩ und von  $\pm 0,25\%$  im Bereich 1 ... 11,1 MΩ. Der Vorschubtisch mit der Vakuumhalterung für das Substrat wird bei der Standardausführung in X-

Der gekapselte Baustein



Richtung mittels Motors bewegt, während er in Y-Richtung von Hand verschoben werden muß. Auf Wunsch ist aber auch Motorantrieb für die Bewegung in Y-Richtung erhältlich. Das „Lasertrim“-System wird unter den Typenbezeichnungen „X A“ und „XII A“ auch mit einem gepulsten CO<sub>2</sub>-Laser mit 3 beziehungsweise 9 W mittlerer Leistung (Impulsleistung bis 150 beziehungsweise 300 W) geliefert.

Außerdem zum Widerstandsabgleich wird der CO<sub>2</sub>-Laser auch zum Trennen von Substraten verwendet, da die durch Fokussierung erreichbaren Energiedichten von  $10^7$  W/cm<sup>2</sup> praktisch jedes Material zum Schmelzen und Verdampfen bringen, sofern es genügend hohe Absorption und ausreichend geringe Wärmeleitfähigkeit hat. Für Keramik-Substrate hat sich das sogenannte Sreiben als besonders vorteilhaft erwiesen, bei dem der Laser im Impulsbetrieb arbeitet und das Material perforiert (Lochdurchmesser etwa 0,1 mm). Entlang dieser perforierten Trennlinien kann die Keramik dann sauber gebrochen werden. Derartige Lasersysteme wurden beispielsweise von Laser Associates und Coherent Radiation Laboratories auf der electronica vorgestellt.

#### 1.5. Beispiele für Dickschichtschaltungen

Dickschichtschaltungen werden für viele Zwecke, bisher allerdings überwiegend in der kommerziellen Elektronik, eingesetzt. Der Anwendungsbereich erstreckt sich von einfachen Widerstandsnetswerken bis hin zu komplizierten Schaltungen mit eingesetzten passiven und aktiven Einbauteilen. Als Beispiel zeigt das obenstehende Bild die einzelnen Druckschichten auf der Vorder- und Rückseite des Substrats, die Bestückung von Vorder- und Rückseite mit aktiven Halbleiter-Bauelementen sowie den gekapselten Baustein einer Vielschichtschaltung von Microelectronic. Interessant ist auch die programmierbare „Micro-Matrix“, die von Microelectronic erstmals auf der electronica vorgestellt wurde. Im Gegensatz zu den bipolaren Diodenmatrizen hat diese Dickschichtschaltung, die mit niedrigerohmigen (um 1 Ohm) oder höherohmigen Kreuzungswiderständen geliefert wird, ein unipolares ohmsches Strom-Spannungs-Verhalten. Die zulässigen Spitzensperrspannungen liegen zwischen 100 und 200 V<sub>z</sub>, und die Ströme können

bis 1 A betragen. Die Programmierung erfolgt durch Ausbrennen nichtbenötigter Kreuzungskontakte mit Strömen zwischen 2 und 10 A (je nach Belastbarkeit der Matrix), die den Außenkontakten der betreffenden sich kreuzenden Koordinaten zugeführt werden.

#### 2. Dünnschichtschaltungen

Wie bereits eingangs erwähnt, bestehen Leiterbahnen und Widerstände bei Dünnschichtschaltungen aus demselben Widerstandsmaterial, das auf ein Glas-Substrat im Vakuum aufgedampft ist. Daher lassen sich in Dünnschichttechnik lediglich Widerstandsnetswerke herstellen. Die Wahl des Widerstandsmaterials hängt von dem gewünschten Temperaturkoeffizienten ab; im allgemeinen verwendet man jedoch eine Legierung aus Kobalt und Chrom. Auf den Metallfilm, der zunächst das Glas-Substrat einseitig vollständig bedeckt, werden auf fotografischem Wege die gewünschten Widerstands- und Leiterbahnen übertragen, und dann wird der Metallfilm an den nichtbelichteten Stellen fortgeätzt. Der Widerstandsabgleich erfolgt hier außer mit Laserstrahlung vielfach auch mittels Elektronenstrahlbearbeitung.

Besondere Vorteile der Widerstandsnetswerke in Dünnschichttechnik sind die größere Genauigkeit sowie der wesentlich kleinere und durch Wahl des Widerstandsmaterials im voraus bestimmbarer Temperaturkoeffizient. Außerdem lassen sich Widerstandsverhältnisse von 10 000 : 1 und Toleranzen von  $\pm 0,01\%$  erreichen. Der Widerstandsbereich ist mit 1 kΩ ... 2 MΩ (bei Spezialausführungen 10 Ω ... 1 MΩ) jedoch erheblich kleiner als bei Dickschichtschaltungen (1 Ω ... 100 MΩ), und die Belastbarkeit in Standardausführung beträgt nur 25 ... 50 mW je Widerstand.

Dünnschicht-Widerstandsnetswerke werden wegen ihres verhältnismäßig hohen Preises praktisch nur in der kommerziellen Elektronik sowie in der Meßtechnik eingesetzt. Als Anwendungsbereiche seien hier Präzisions-Strom- und -Spannungsteiler, Dämpfungsglieder, Codier- und Decodiereinheiten, Präzisionsmeßbrücken, digitale Meßgeräte sowie Analog-Digital- und Digital-Analog-Wandler genannt. Beispielsweise liefert Kombinat VEB Keramische Werke Hermsdorf Widerstandskombinationen für Abgleichzwecke (abgestuft nach der Reihe R 10) mit einem Gesamt-Widerstandsbereich von 10 Ω bis 1,3 MΩ, lineare und logarithmische Spannungsteiler sowie symmetrische und unsymmetrische Dämpfungsglieder mit Dämpfungswerten von 0,05 bis 3 Np (Toleranzen  $\pm 0,005\%$  ...  $\pm 0,025\%$  Np) und von 1 bis 20 dB (Toleranzen  $\pm 0,02\%$  ...  $\pm 0,2\%$  dB). Die Dämpfungsglieder sind mit Wellenwiderständen von 50, 75, 150, 300 und 600 Ω erhältlich. Die maximalen Betriebsspannungen betragen je nach Typ 1,5 ... 24 V.

U. Radke

#### Schrifttum

Lewicki, A.: Neue Entwicklungsrichtungen in der Dickschichttechnik. Elektrotechniker Bd. 9 (1970) Nr. 2

Weller, R.: Durch dick und dünn - Eine Übersicht über die Unterschiede zwischen Dickschicht- und Dünnschichttechnik. Bauelemente der Elektrotechnik Bd. 5 (1970) Nr. 38, S. 40, 42, 44-46, u. Nr. 39, S. 48, 50-53

# Einbruchs- und Überfall-Meldeanlagen

## 1. Aufgabenstellung und prinzipielle Lösung

Die Aufgabe von Einbruchs- und Überfall-Meldeanlagen, auch Raumschutz- oder Alarmanlagen genannt, ist die Signalisierung von Einbruchs- und Überfallversuchen. Moderne Anlagen dieser Art werden ausschließlich elektrisch betrieben und müssen – sollen sie dem Anwender die Gewähr für ein Mindestmaß an Zweckmäßigkeit und Zuverlässigkeit geben – den Anforderungen nach DIN 14 675 und VDE 0800 Klasse C genügen. Sie arbeiten meistens nach dem Linieneprinzip: Eine Meldelinie, in der ein oder mehrere Meldungsgeber angeordnet sind, führt zu einer Meldungs-Empfangseinrichtung (Alarmzentrale), in der die Meldungen und eventuelle Systemstörungen signalisiert werden. Eine Meldungs-Empfangseinrichtung kann für mehrere Meldelinien ausgebaut sein und zusätzlich eine oder mehrere Alarmlinien zur Auslösung außenliegender Alarmmittel (zum Beispiel Sirenen oder Polizeialarmgeräte) haben.

## 2. Meldungsgeber

### 2.1. Allgemeines

Sowohl bei der Entwicklung als auch bei der Planung einer zu installierenden Alarmanlage steht das Prinzip der

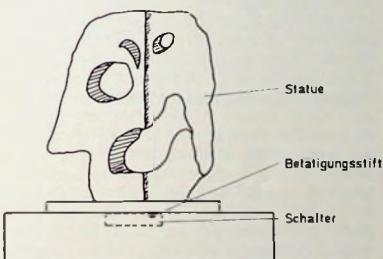


Bild 1. Objektsicherung durch mechanischen Schalter

Meldungsgabe im Vordergrund. Nicht alle Geberprinzipien lassen sich an die verschiedenen Anforderungen anpassen, und deshalb muß der Frage nach dem besten Geberprinzip sofort die Gegenfrage nach dem zu schützenden Objekt folgen. Hierbei unterscheidet man die Hauptgruppen

- A: Personen- oder Überfallsicherung (es wird versucht, durch Ausschalten einer oder mehrerer Personen die gewünschten Werte in Besitz zu nehmen).
- B: Sachwert- oder Einbruchssicherung (es wird versucht, durch Umgehen oder Beseitigen einer mechanischen Schutzausrüstung die gewünschten Werte in Besitz zu nehmen).

Prok. Dipl.-Ing. Dieter Klein ist Leiter der Entwicklungsabteilung der A. Zettler GmbH, München.

In der Gruppe B bezeichnet man mit

B 1 die Objektsicherung (zum Beispiel eines Kunstwerkes),

B 2 die Sicherung eines ganzen Raumes.

Befinden sich in einem Raum mehrere schutzwürdige Objekte, dann scheint der Raumschutz zunächst günstiger. Handelt es sich aber zum Beispiel um wertvolle Skulpturen in einem Museum, dann ist nur der Objektschutz praktikabel. Die nachfolgende Auswahl von Meldungsgebern enthält deshalb eine Zuordnung zu den einzelnen Aufgabengruppen.

### 2.2. Mechanischer Tür- oder Fensterschalter (B 1, B 2, auch A)

Er dient zur Sicherung gegen unbeabsichtigtes Öffnen von Türen oder Fenstern und wird im Falz des Tür- oder Fensterrahmens montiert. Durch Öffnen des Tür- oder Fensterflügels wird ein Stift freigegeben, und dieser übernimmt das Öffnen oder Schließen der im Schalter eingebauten Kontakte. Die Verwendung zur Objektsicherung ist

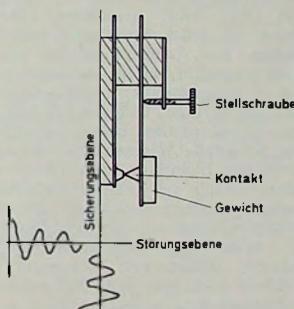


Bild 2. Prinzip eines richtungsabhängigen Erschütterungskontaktes

ebenfalls möglich (Bild 1). Verwendet man an Stelle des Betätigungsstiftes eine Betätigungsrolle, dann kann der Schalter zur Sicherung von Rolläden und Schiebetüren eingesetzt werden. Durch Druck auf die Rolle, das heißt bei geschlossenem Rolladen, wird das Kontaktssystem in Ruhelage gehalten, beim Öffnen des Rolladens erfolgt die Alarmauslösung.

### 2.3. Magnetischer Tür- oder Fensterschalter (B 1, B 2, auch A)

Verwendung wie 2.2. Im Fenster- oder Türrahmen befindet sich ein magnetisch betätigter Kontakt (Schutzrohrkontakt). Ihm gegenüber ist im Fenster- oder Türflügel ein Magnet eingesetzt und hält bei geschlossenem Flügel den Kontakt in Ruhestellung. Beim Öffnen der Flügel geht der Kontakt in Alarmstellung.

### 2.4. Elektrischer Tür- oder Fensterschalter (B 1, B 2, auch A)

Verwendung wie 2.2. und 2.3. Im Türrahmen befinden sich zwei federnde Kontaktstücke; im Türflügel ist eine Kontaktbrücke, die nur bei geschlossener Tür die beiden Kontaktstücke elektrisch leitend verbindet.

### 2.5. Federzugkontakt (B 2)

Diese Kontakt dient vorwiegend zur Sicherung von Türen und Fenstern, wobei die zu sichernde Fläche mit einem Draht oder Faden überspannt ist. Die mehrfache Überspannung größerer Flächen erleichtert Fadenumlenkröllen. Wird der Faden durch Spannen oder Zerschneiden aus seiner Ruhelage gebracht, dann wird der unter Federspannung stehende Zughebel bewegt und bringt die eingebauten Kontakte in Alarmstellung.

### 2.6. Erschütterungskontakte (B 2, B 1)

Sie reagieren auf starke Beschleunigungen von Massen, mit denen sie fest verbunden sind, und werden dort eingesetzt, wo beim Einbruch zur Beseitigung eines mechanischen Hindernisses schlagende Instrumente (zum Beispiel Hammer oder Schlagbohrer) eingesetzt werden müssen. Auch durch die Erschütterung beim Einschlagen einer Glasscheibe wird der Kontakt kurzzeitig in die Alarmstellung gebracht. Man verwendet richtungsabhängige Kontakte, wenn die Gefahr einer ungewollten Auslösung durch fernliegende Erschütterungsherde (zum Beispiel Straßen) nicht auszuschließen ist. Die Sicherungsebene muß in diesem Fall senkrecht zur Störungsebene liegen. Besteht die obengenannte Gefahr nicht, dann können allseitig wirkende Systeme Verwendung finden. Das Prinzip eines richtungsabhängigen Erschütterungskontaktes zeigt Bild 2.

### 2.7. Temperaturmelder (B 1)

Einbruchsversuche an Tresoren erfolgen oft mit Hilfe von Schneidbrennern. Die dabei entstehende Wärme kann zur Alarmauslösung verwendet werden, wenn ein Wärmemelder gut leitend an der Tresorwand oder -tür befestigt ist. Wird das Kontaktssystem des Temperaturmelters so ausgebildet, daß eine Alarmauslösung beim Über- und beim Unterschreiten der normalen Raumtemperatur erfolgt, dann werden die zuweilen vorgenommenen Versuche, eine Auslösung des Wärmemelders durch Unterkühlung beim Schweißen – zum Beispiel mittels Kohlensäureschnees – zu vermeiden, wirkungslos.

### 2.8. Kontaktmatte (B 2, A)

Kontaktmatte zum Unterlegen unter Fußabstreifer, Teppiche oder Fußbodenbeläge bestehen meistens aus zwei Metallfolien, die von einer Kunststoffhülle umgeben sind und beim Betreten der Matte an beliebiger Stelle miteinander

verbunden werden. Dadurch erfolgt Alarmauslösung.

#### 2.9. Überfallschalter (A)

Sie sollen den zu schützenden Personen im Gefahrenfall die Möglichkeit geben, einen Alarm so unauffällig wie möglich auszulösen. Verwendet werden meistens Druckknopfschalter oder Fußschalter (auch Fußleistenschalter). Dazu kommen noch Magnetschalter und elektrische Kontakte, die beim Bewegen eines bestimmten Gegenstandes (zum Beispiel eines Banknotenbündels an Kassenschaltern) in die Alarmstellung gehen.

#### 2.10. Körperschallmelder (B 2, B 1)

Bei Einbruchsversuchen treten durch Hämmern und Bohren Geräusche auf, die sich als Körperschall fortpflanzen. Auf dem zu schützenden Objekt (zum Beispiel Tresor) angebrachte Körperschallmikrofone nehmen diesen Schall auf, und eine elektronische Schaltung übernimmt die Auswertung. Dabei besteht die Möglichkeit, einzelne kurz-dauernde Erschütterungen zu unterdrücken und nur mehrere aufeinanderfolgende Schallvorgänge zur Alarmauslösung zu verwenden. Mittels Auswahl bestimmter Frequenzbereiche lassen sich unerwünschte Störbeeinflussungen von außen eliminieren.

#### 2.11. Lichtschranken (B 2)

Mit Lichtschranken lassen sich entweder Öffnungen eines Raumes oder – bei systematischer Anwendung mehrerer Schranken – ganze Räume sichern. Ein Lichtgeber strahlt (meistens unsichtbares, moduliertes) Licht aus, das gebündelt wird und auf eine Photozelle fällt. Wird der Strahlengang unterbrochen, dann erfolgt Alarmauslösung. Die Verwendung von langwelligem, das heißt unsichtbarem Licht verhindert eine vorzeitige Entdeckung durch den Einbrecher. Die Modulation des Lichtes bestätigt die Beeinflussung durch Fremdlicht aller Art, erschwert also auch Störversuche.

#### 2.12. Lichtmelder (B 2)

Lichtmelder (Bild 3) werden zur Überwachung dunkler Räume (etwa von Tresoren) eingesetzt. Beim Öffnen des Tresors fällt in jedem Falle Licht – zum Beispiel einer Taschenlampe – in das Innere und somit auf den Lichtmelder. Der eingebaute Photowiderstand ändert seinen Widerstandswert und löst den Alarm aus.

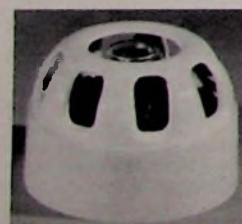


Bild 3. Lichtmelder „EFM“ (Werkaufnahme: A. Zettler GmbH, München)

Bild 4. Stromverstärkungsprinzip

Vorzugsrichtung. Der gegenüberliegende Empfänger wandelt die akustischen Schwingungen in elektrische um und verstärkt sie. Ein Ausfall oder starke Schwankungen des Ultraschalls infolge Durchschreitens der Schranke lösen den Alarm aus. Wesentlich aufwendigere Ultraschallschranken arbeiten nach dem Dopplerprinzip und werden manchmal auch als Ultraschall-Radar bezeichnet. Ähnlich einem Radargerät zur Erkennung bewegter Ziele (MTI), werden in rascher Folge Ultraschallimpulse bestimmter Frequenz ausgesandt. In den Impulspausen kontrolliert ein Ultraschallempfänger, ob die reflektiert zurückkommenden Wellen die gleiche Frequenz haben wie die ausgesandten. Ist dies der Fall, dann ist der Beweis erbracht, daß sich im überwachten Raum nichts bewegt. Stimmt die Frequenz des reflektierten Schalls nicht mit der des gesendeten überein (Dopplereffekt), weil sich im Raum ein Körper (zum Beispiel Einbrecher) bewegt hat, dann wird Alarm gegeben.

#### 2.14. Kapazitätsmelder (B 2, auch A)

Beim Kapazitätsmelder bildet der zu schützende Raum das Dielektrikum eines Kondensators. Seine Beläge werden durch entsprechend angeordnete Metallfolien gebildet. Wird der Feldlinienverlauf dieses Kondensators, das heißt seine Kapazität, geändert, dann wird der Alarm ausgelöst. Die Änderung erfolgt durch Personen oder größere Gegenstände. Änderungen der Kapazität durch Schwankungen in der Atmosphäre werden dadurch kompensiert, daß zwei annähernd gleiche Räume in Brückenschaltung betrieben werden. Die Auswertung der gemessenen Kapazität erfolgt entweder durch eine Maximum-Minimum-Auslösung oder durch eine Differentialschaltung. Eine Kombination beider Verfahren wird ebenfalls angewandt. Hier wird der Alarm nicht nur beim Über- oder Unterschreiten bestimmter Grenzwerte gegeben, sondern auch dann, wenn die Kapazitätsänderung mit einer bestimmten Mindestgeschwindigkeit erfolgt. Dadurch lassen sich atmosphärische Einflüsse auch ohne eine Brückenschaltung ausschalten.

#### 2.15. Druckdifferenzmelder (B 2, B 1)

Ursprünglich setzte man Druckdifferenzmelder zur Sicherung von Objekten ein, die in luftdichten Vitrinen aufbewahrt wurden – zum Beispiel in der Schatzkammer der Münchener Resi-

denz. Mit Hilfe eines Gebläses wurden alle Vitrinen unter leichtem Luftüberdruck gehalten. In den Luftzuflüssen lagen empfindliche Strömungsschalter. Wurde versucht, eine der Vitrinen zu öffnen, dann entwich Luft, und die Strömungsschalter gaben Alarm. Moderne Druckdifferenzmesser arbeiten nach dem piezoelektrischen Prinzip, ähnlich wie Aerometer, und sind so empfindlich, daß man die in einem Raum durch Öffnen einer Tür entstehende Druckänderung feststellen kann. Zum Ausgleich von natürlichen Druckschwankungen (zum Beispiel Windstößen) sind besondere Kompensationsschaltungen notwendig.

### 3. Meldungs-Empfangseinrichtungen

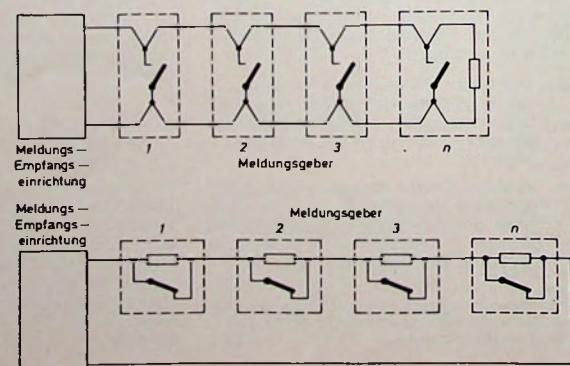
#### 3.1. Prinzip

Meldungs-Empfangseinrichtungen allgemeiner Art arbeiten entweder nach dem Stromverstärkungsprinzip (Bild 4) oder dem Stromschwächungsprinzip (Bild 5). Beide Systeme haben ihre Nachteile: Beim Stromverstärkungsprinzip erfolgt keine Alarmauslösung bei einem Versagen der Melderkontakte; beim Stromschwächungsprinzip kann ein Kurzschluß in der Melderzuführung eine Alarmauslösung verhindern. Um diese Nachteile zu vermeiden, verwendet man bei Einbruchssicherungsanlagen fast ausschließlich Meldungs-Empfangseinrichtungen, in denen ein Alarm sowohl beim Über- wie beim Unterschreiten eines bestimmten Linienwiderstandes gegeben wird. In Verbindung mit einer großen Ansprechgeschwindigkeit erhält man dann eine besonders große Sicherheit gegen Sabotageversuche.

Noch größere Sicherheit gegen fremde Beeinflussung bieten Raumschutzanlagen mit Wechselstrom-Linieneüberwachung: In die Meldelinie wird eine Wechselspannung niedriger Frequenz eingespeist. Die Kurvenform des Stromes wird durch in die Meldungsgeber eingebaute nichtlineare Widerstände verzerrt. Eine gleichartige Verzerrung wird durch eine Meldelinienbildung in der Meldungs-Empfangseinrichtung vorgenommen. Meldelinien- und Nachbildungstrom durchfließen eine Vergleichsschaltung, die einen Alarm auslöst, wenn beide Ströme unterschiedliche Form oder Größe haben.

#### 3.2. Warum elektronische Meldungs-Empfangseinrichtungen?

Da die meisten Meldungsgeber mechanisch betätigte Kontakte haben, über-



**2.13. Ultraschallmelder (B 2)**  
Ähnlich wie Lichtschranken, lassen sich auch Ultraschallmelder einsetzen. Ein Ultraschallaltsprecher sendet unhörbare Schallwellen in eine bestimmte

Bild 5. Stromschwächungsprinzip

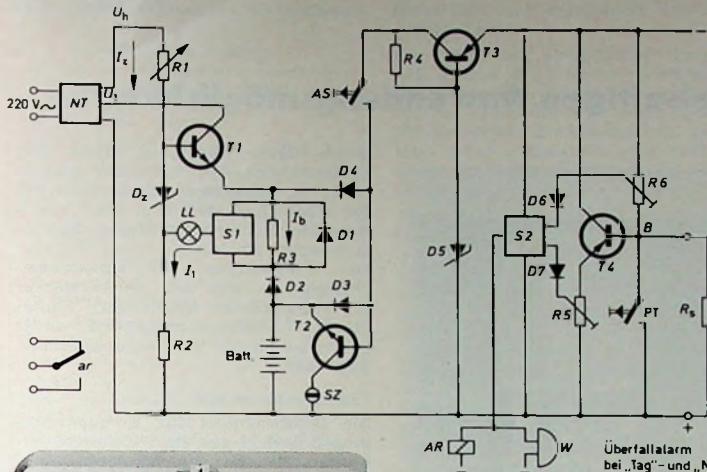


Bild 6 (oben). Grundschaltung einer Einbruchssicherungsanlage „ES 4“.

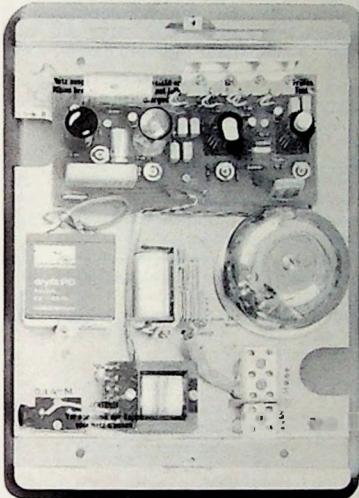
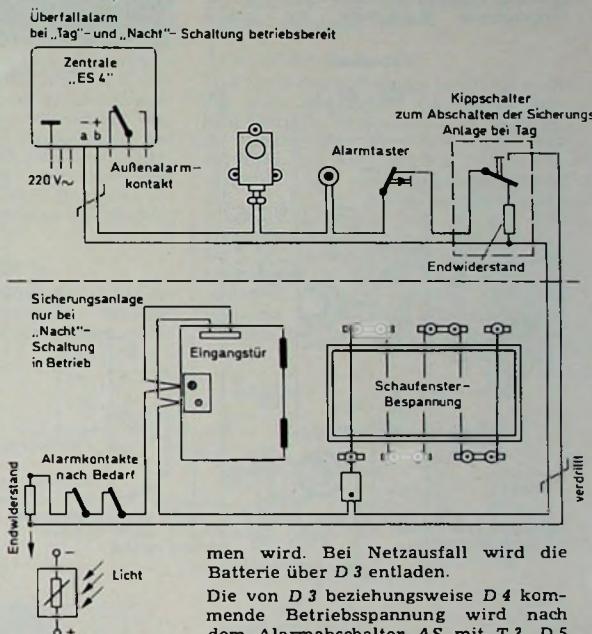


Bild 7. Labormuster einer Einbruchssicherungsanlage „ES 4“. Gehäuse durchsichtig dargestellt (Werkaufnahme: A. Zettler GmbH, München)

Bild 8. Installationsbeispiel einer Einbruchssicherungsanlage mit Überfallalarm für „Tag“- oder „Nacht“-Schaltung (an Stelle des Endwiderstandes kann auch ein Lichtmelder eingesetzt werden)



die sich Relais ohne Probleme steuern lassen, scheint es eine Modesache zu sein, wenn moderne Einbruchssicherungsanlagen elektronisch arbeiten müssen. Diese Forderung entspringt aber einer ganz nüchternen technisch-wirtschaftlichen Überlegung: Einbruchssicherungsanlagen müssen VDE 0800 Klasse C genügen. Daraus ergibt sich unter anderem, daß die Meldelinien ruhestromüberwacht sein müssen und daß zwei voneinander unabhängige Stromversorgungen vorzusehen sind. Jede dieser Stromversorgungen muß in der Lage sein, für sich allein die Versorgung der Anlage ausreichend sicherzustellen. Meistens verwendet man als erste Stromquelle das öffentliche Stromnetz und als zweite davon unabhängige Quelle einen dauernd aus dem Stromnetz auf Volladung gehaltenen Akkumulator. Je nach Art des Ladegeräts (Pufferbetrieb oder Bereitschafts-Parallelbetrieb) muß nun der Akkumulator in der Lage sein, die Anlage bei Ausfall des Netzes über 60 oder 45 Stunden zu versorgen. Für eine einfache Anlage in Relaitechnik ergibt sich bei 12 V Betriebsspannung ein Ruhestromverbrauch von 14 mA. Eine vergleichbare Anlage in elektronischer Technik hat bei einer Betriebsspannung von 6 V eine Stromaufnahme von 9 mA. Daraus ergibt sich für einen 45-Stun-

den-Betrieb eine Batteriekapazität von 0,65 Ah beziehungsweise eine elektrische Arbeit von 7,5 Wh für die Relaislösung. Bei der Elektroniklösung erhält man 0,4 Ah und 2,5 Wh. Dieser einfache Vergleich zeigt die Überlegenheit der elektronischen Lösung.

#### 4. Beispiel einer Einbruchssicherungsanlage

Aus verständlichen Gründen werden vollständige Unterlagen über Einbruchssicherungsanlagen von deren Herstellern nicht veröffentlicht. Daher kann auch hier nur eine grobe Beschreibung einer elektronischen Anlage gegeben werden. Die Hilfsspannung  $U_h$  (Bild 6) des Netzgleichrichters NT bewirkt einen Z-Strom  $I_z$ , dessen Größe von  $R_1$ ,  $R_2$  und  $D_z$  bestimmt wird. Dadurch erhält die Basis von  $T_1$  eine Vorspannung, die so groß ist, daß  $I_b$  etwa 1...2 mA beträgt. Bei entladener Batterie sinkt das Potential des Emitters von  $T_1$ , der Transistor wird leitend, und die Spannung  $U_1$  erzeugt einen Ladestrom  $I_b$ . An  $R_3$  entsteht

eine Spannung, die den elektronischen Schalter  $S_1$  betätigt, der seinerseits die Ladekontrolllampe  $LL$  einschaltet. Der Lampenstrom fließt zusätzlich durch  $R_2$ ; der entstehende Spannungshub entspricht gerade der Differenz zwischen Ladeschluß- und Batterienennspannung.  $T_1$  ist leitend, und die Batterie wird optimal geladen. Mit steigender Batteriespannung sinkt  $I_b$  ab. Ist  $I_b$  auf den Ladeschlußstrom gesunken, dann schaltet  $S_1$  wegen des kleineren Spannungsabfalls an  $R_3$  ab,  $I_1$  wird zu Null, und  $T_1$  sperrt. Damit ist das Ende der Wiederaufladung erreicht. Die Batteriespannung sinkt langsam auf ihren Nennwert ab, und ein kleiner Ladeerhaltungsstrom  $I_b$  beginnt zu fließen.  $D_1$  begrenzt den Spannungsabfall an  $R_3$ ;  $D_2$ ,  $D_3$  und  $D_4$  bewirken, daß bei vorhandener Netzzspannung kein Strom aus der Batterie entnom-

men wird. Bei Netzausfall wird die Batterie über  $D_3$  entladen.

Die von  $D_3$  beziehungsweise  $D_4$  kommende Betriebsspannung wird nach dem Alarmabschalter  $AS$  mit  $T_3$ ,  $D_5$  und  $R_4$  stabilisiert.  $R_6$  bildet mit dem Linienwiderstand  $R_s$  einen Spannungsteiler 1:1. Bei Erhöhung des Linienwiderstandes nimmt der Punkt  $B$  negativeres Potential an. Dieses wird über  $T_4$ ,  $R_5$  und  $D_7$  auf die Kippstufe  $S_2$  übertragen. Bei Verminderung des Linienwiderstandes nimmt  $B$  positiveres Potential an, das über  $R_6$  und  $D_6$  auf die Kippstufe übertragen wird. An die Kippstufe sind der Alarmwecker  $W$  sowie das Alarmrelais  $AR$ , dessen Starkstromkontakt  $ar$  den Anschluß externer Alarmsmittel erlaubt, angeschlossen. Ein Zurückschalten der Kippstufe durch Manipulationen an der Meldelinie ist wegen der Entkopplungsdioden nicht möglich. Eine kurze Unterbrechung der Betriebsspannung durch den Schalter  $AS$  bringt die Kippstufe in die Ausgangsstellung; der Alarm ist abgestellt.

Das Labormuster einer derart aufgebauten Meldungs-Empfangseinrichtung „ES 4“ zeigt Bild 7. Im Bild 8 ist ein Installationsbeispiel einer Einbruchssicherungsanlage mit einer solchen Zentrale vereinfacht wiedergegeben.

## Signalverfolger mit vielseitigen Anwendungsmöglichkeiten

### 1. Allgemeines

Für die Fehlersuche in Rundfunkempfängern und NF-Verstärkern ist ein Signalverfolger fast unentbehrlich. Der Selbstbau dieses Gerätes bereitet keine besonderen Schwierigkeiten und kommt erheblich billiger als der Kauf industriell gefertigter Ausführungen. Spezielle Wünsche, wie bei der vorliegenden Entwicklung, lassen sich dabei realisieren. Der nachstehend beschriebene Signalverfolger (Bild 1) ermöglicht nicht nur die Einkreisung von Fehlern in NF-Verstärkern und Radiogeräten, sondern gestattet mit Hilfe der eingebauten Mischstufe, die unbe-



Bild 1. Signalverfolger

wurde davon abgesehen, diese drei Schaltungseinheiten auf einer Leiterplatte zu integrieren. Dadurch bleibt die Möglichkeit bestehen, jeden Baustein für sich auch für andere Zwecke verwenden zu können (zum Beispiel den Tongenerator für ein Morseübungsgerät oder den NF-Verstärker für selbstgebaute Empfänger). Lediglich das Stromversorgungsteil wurde in konventioneller Verdrahtungstechnik aufgebaut.

#### 2.1.1. Mischereinheit

Die Mischereinheit für Frequenzmessungen besteht aus einer Differenzverstärkerstufe mit den bipolaren Telefunken-Transistoren BF 314. Sie hat zwei voneinander unabhängige Ein-

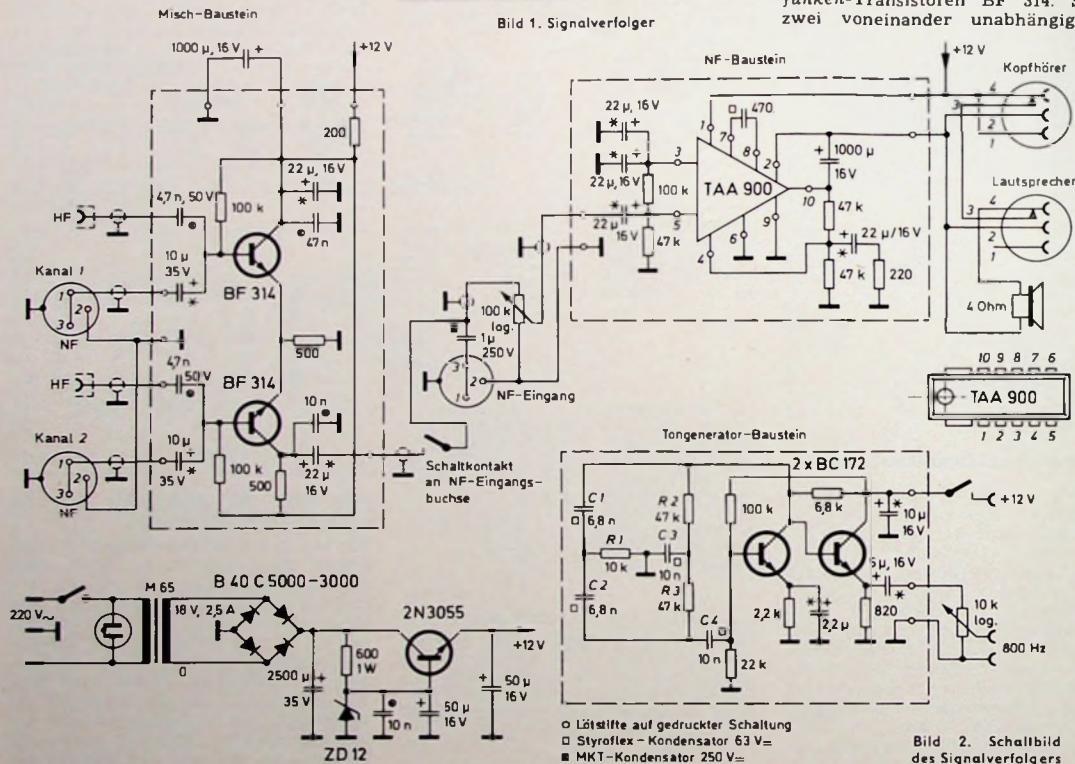


Bild 2. Schaltbild des Signalverfolgers

kannte Frequenz eines Signals unter Zuhilfenahme eines in Frequenzen geeichten durchstimmbaren HF- oder NF-Generators zu messen. Mit dem 800-Hz-Ton des NF-Generators lässt sich unter anderem die Funktionsfähigkeit von Kopfhörern und Lautsprechern prüfen sowie die Fehlerkreisung in NF-Verstärkern mit Lautsprecher, zum Beispiel Phono-Verstärkerkoffer, durchführen. An einer Buchse kann außerdem eine auf 12 V stabilisierte Spannung mit 2,5 A zur Speisung von in Reparatur befindlichen Transistorgeräten, Kofferradios und Autosupern entnommen werden. Es wurde darauf verzichtet, Zeigerinstrumente mit diversen Meßmöglichkeiten

einzuhalten. Diesbezügliche Erweiterungen sollen jedem Nachbauer selbst überlassen bleiben. Jederzeit lässt sich aber für Meßzwecke an die Kopfhörerbuchse ein NF-Voltmeter oder ein Oszilloskop anschließen. Mitunter ist es vorteilhaft, den NF-Regler in dB-Dämpfungswerten zu eichen.

### 2. Schaltung

#### 2.1. Bausteine

Das Gerät besteht – wie aus der Schaltung nach Bild 2 hervorgeht – aus drei Bausteinen: Mischereinheit, 2-W-NF-Verstärker und Tongenerator. Es

gäbe. In den einen wird das Signal einer in Frequenzen geeichten durchstimmbaren HF- oder NF-Generators eingespeist, in den anderen das zu messende Signal. Es sind jeweils Eingänge für HF mit BNC-Buchsen und für NF mit Normbuchsen nach DIN 41 524 vorhanden. Der Ausgang der Mischereinheit ist über einen an der NF-Verstärker-Eingangsbuchse des NF-Bausteins befindlichen Ruhekontakt mit dem NF-Baustein verbunden.

#### 2.1.2. NF-Verstärker

Für den NF-Verstärker wurde eine integrierte Schaltung, und zwar die

**Tab. I. Technische Daten des NF-Verstärkers**  
**TAA 900**  
(nach Telefunken-Angaben)

Sinus-Ausgangsleistung $P_Q \geq 2 \text{ W}$
(Spielespannung $U_S = 10,5 \text{ V}$ , $k_{\text{ges}} \leq 10\%$ , $f = 1 \text{ kHz}$ )
Leistungswiderstand $R_L = 4 \text{ Ohm}$
Eingangswiderstand $R_I = 30 \text{ kOhm}$
Eingangswechselspannung $U_I \leq 2,5 \text{ mV}$
( $P_Q = 50 \text{ mW}$ , $f = 1 \text{ kHz}$ )
Eingangswechselspannung $U_I \leq 16 \text{ mV}$
( $P_Q = 2 \text{ W}$ )
Rauschspannung $U_r \leq 0,6 \text{ mV}$
( $R_G = 10 \text{ kOhm}$ , $f = 30 \text{ Hz} \dots 15 \text{ kHz}$ )
untere Grenzfrequenz $\leq 70 \text{ Hz}$
$f_u (-3 \text{ dB})$
obere Grenzfrequenz $\geq 30 \text{ kHz}$
$f_o (-3 \text{ dB})$
Gesamtstromaufnahme $I_{\text{ges}}$ 4 mA...12 mA (bei $U_I = 0$ )
thermischer Widerstand $\leq 40 \text{ }^{\circ}\text{C}/\text{W}$
$R_{\text{KJC}}$ (Sperrsicht - Kühlfahnenoberfläche)
thermischer Widerstand $\leq 100 \text{ }^{\circ}\text{C}/\text{W}$
$R_{\text{KJA}}$ (Sperrsicht - umgebende Luft)

TAA 900 (Telefunken), verwendet, die neben den NF-Vorstufen auch noch eine eisenlose 2-W-Endstufe enthält. Die vom Hersteller propagierten Daten des NF-Verstärkers sind in Tab. I zusammengefaßt. Die gemessene Durchgangsverstärkung war 46 dB. Bei einer Eingangsspannung von 12 mV erreicht man noch eine völlig verzerrungsfreie Ausgangsleistung von 1,5 W. Der Ruhe-

strom lag bei 8 mA, und die Stromaufnahme betrug bei Aussteuerung auf 1,5 W Output 250 mA. Sämtliche Meßergebnisse beziehen sich auf eine Versorgungsspannung von 12 V. Den Frequenzgang zeigt Bild 3.

Auf den Einbau eines Klangreglers wurde verzichtet, weil er bei dem vorgesehenen Verwendungszweck nicht notwendig ist. Der Verstärkereingang liegt an einer Normbuchse mit Schaltkontakt. Beim Einführen des Normsteckers wird automatisch die nicht benötigte Mischereinheit abgeschaltet.

Von den zwei Ausgangsbuchsen nach DIN 41 529 mit eingebautem Schalter ist eine für den Anschluß eines Kopfhörers oder eines externen Lautsprechers (4 bis 15 Ohm Impedanz) bestimmt, wobei je nach Einführen des Steckers in die Buchse der eingebaute Lautsprecher automatisch abgeschaltet wird. Um eine Überlastung der IS zu verhindern, dürfen nicht gleichzeitig zwei Lautsprecher betrieben werden. Man muß besonders beachten, daß der Anschluß eine Spannung von 12 V gegen Masse aufweist. Bei Anschluß von Meßgeräten (zum Beispiel eines Oszillografen) ist es notwendig, mit Kon-

densatoren eine galvanische Trennung vorzunehmen.

Die zweite mit Lautsprecher bezeichnete Buchse mit Schalter wird benutzt, wenn man den eingebauten Lautsprecher zu Prüfzwecken an einen anderen NF-Verstärker anschließen will. Es erfolgt dabei automatisch eine Auftrennung der Verbindung mit der 12-V-Spannung.

Durch fast ausschließliche Verwendung von SEL-Tantalkondensatoren in Tropfenform konnte der komplette Verstärker in Kompaktbauweise (Bild 4) auf einer Leiterplatte mit den äußerst geringen Abmessungen von 32,5 mm  $\times$  32,5 mm untergebracht werden. Da man beim Signalverfolger nur eine geringe Lautstärke einstellt, genügt die vorhandene kupferbeschichtete Fläche auf der Leiterplatte zur Kühlung.

Bei Verwendung des NF-Bausteins in einem Empfänger für größere Lautstärke empfiehlt es sich, die Kühlfläche durch ein 1,5 mm dickes Kupferblech mit den Abmessungen 32,5 mm  $\times$  40 mm zu vergrößern, das dann mit der Leiterseite der gedruckten Schaltung verschraubt wird. Zum Durchstecken der Kühlfahnen der IS TAA 900 sind Längsschlitzte anzubringen. Kühlblech und Kühlfahnen werden zum Erreichen einer guten Wärmeableitung miteinander verlötet.

### 2.1.3. Sinus-Tongenerator

Bei dem Sinus-Tongenerator wurde die "twin-T-Oszillatorschaltung" benutzt, die gegen Spannungsschwankungen un-

durch angeschlossene Verbraucher. Das Signal wird am Emitter des zweiten Transistors niederohmig ausgekoppelt. Durch Vergrößern oder Verkleinern der Kapazitätswerte von C1 und C2 kann die Höhe der Tonfrequenz nach den jeweiligen Erfordernissen geändert werden. Die Ausgangsspannung ist 2,8 V<sub>eff</sub> bei einem Abschlußwiderstand von  $> 1500 \text{ Ohm}$ .

### 2.1.4. Stromversorgungsteil

Das Stromversorgungsteil weist die bewährte Stabilisierungsschaltung mit Z-Diode und Längstransistor auf. Der Netztransformator mit Kern M 65 ist für eine maximale Stromentnahme von 2,5 A bei einer auf 12 V stabilisierten Spannung ausgelegt. Eine Stromversorgung des Signalverfolgers aus zwei 4,5-V-Taschenlampenbatterien wäre auch möglich, wenn man netzunabhängig sein will oder die Kosten für das Netzteil einsparen möchte.

### 2.1.5. HF/NF-Tastkopf

Für die Signalverfolgung im Gerät wird der auch einzeln als Zubehör erhältliche Grundig-Tastkopf „UK 2“ benutzt. Er eignet sich für Frequenzen bis 300 MHz, für AM- und FM-Demodulation und hat eine Eingangskapazität von 10 pF. Mit einem Schiebeschalter kann auf Abtastung von HF und NF-Signalen umgeschaltet werden. In der NF-Stellung ist die HF-Gleichrichteranordnung überbrückt, so daß ein direkter Durchgang von der Tastspitze bis zum Eingang des Signalverfolgers besteht. Man kann sich aber auch einen

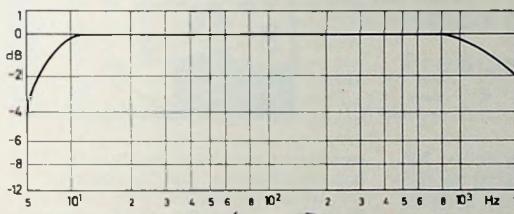


Bild 3. Frequenzgang des NF-Verstärkers

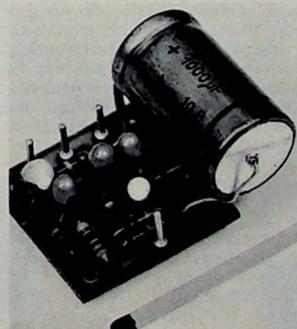


Bild 4. NF-Verstärker-Baustein

empfindlich ist und über eine gute Frequenzstabilität verfügt. Das frequenzbestimmende Netzwerk besteht aus den Kondensatoren C1, C2, C3 und den Widerständen R1, R2, R3; es liegt zwischen dem Kollektor und (über den Kondensator C4) der Basis des Intermitt-Transistors BC 172. Die nachgeschaltete galvanisch angekoppelte Stufe verhindert Beeinflussungen der Frequenz

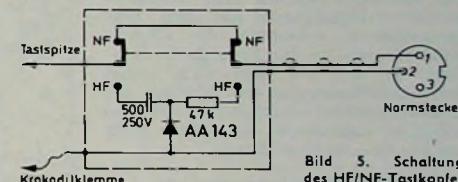


Bild 5. Schaltung des HF/NF-Tastkopfes

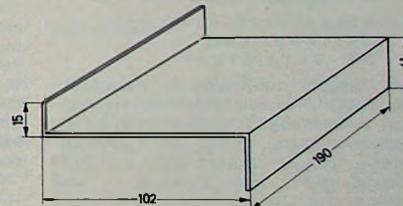


Bild 6. Maßzeichnung des Chassis  
(nicht maßstabsgetreu gezeichnet)

Tastkopf nach der Schaltung gemäß Bild 5 selbst zusammenbauen. Als Tastkörper läßt sich Alu-, Messing- oder Kupferrohr mit 20 bis 35 mm Durchmesser oder auch das Gehäuse eines Aluminium-Elektrolytkondensators verwenden. Für die Verbindungsleitung ist abgeschirmtes Kabel zu nehmen.

### 3. Aufbau

Für den Signalverfolger wurde das ansprechende, hellgrau lackierte Knurr-Gehäuse aus Stahlblech mit den Abmessungen 210 mm  $\times$  160 mm  $\times$  120 mm und die dazu passend blaugrau lackierte Alu-Frontplatte (200 mm  $\times$  150 mm) verwendet. Das Chassis (Bild 6) wird aus einem Stück Alublech von etwa 1,5 mm

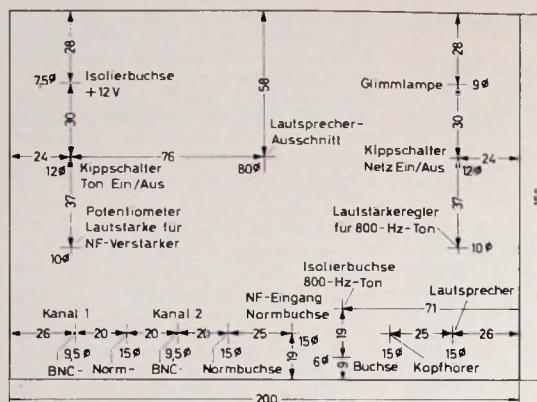


Bild 7 (oben). Bohrzeichnung für die Frontplatte

Dicke selbst gefertigt. Die Frontplatte ist gemäß Bild 7 zu bohren. Aus Bild 7 ist auch die Anordnung der Bauelemente ersichtlich.

Die gedruckten Schaltungen und die Bestückungspläne für die Mischereinheit, den NF-Verstärker und den Tongenerator zeigen die Bilder 8, 9, 10, 11, 12 und 13.

Um Brummschleifen zu vermeiden, legt man den Minuspol der Bausteine (Masse) jeweils nur an einem Punkt auf Chassismasse. Aus dem gleichen Grunde ist das kalte Ende des Potentiometers nicht direkt mit der Frontplatte oder dem Chassis, sondern mit dem Masseanschluß auf dem jeweiligen Baustein zu verbinden. Das gleiche gilt für die Abschirmungen der NF-Leitungen. Die Bausteine werden zum Erreichen kurzer Verbindungen mit den Eingangsbuchsen unterhalb des Chassis (Bild 14) nahe an der Frontplatte montiert, so daß sie dort auch gegen Brummeinstreuungen von dem auf der Chassisoberseite montierten Netztransformator abgeschirmt sind. Den Blick auf das Chassis zeigt Bild 15.

#### 4. Verwendungsmöglichkeiten

##### 4.1. Signalverfolger mit Tastkopf und NF-Verstärker

Bei einem fehlerhaften Rundfunkempfänger, dessen Stromversorgungsteil in Ordnung ist, schließt man an die Antennenbuchse einen HF-Generator oder – falls ein solcher nicht zur Verfügung steht – die Antenne an und stimmt das Gerät auf die eingestellte Generatorfrequenz beziehungsweise auf einen stark einfallenden Sender (meist Ortssender) ab. Nun kann die

- Belebungslöch 2,6 mm ⌀ bohren
- Lötsitze 1,2 mm ⌀ bohren
- Loch 0,8 mm ⌀ bohren

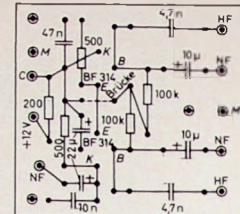


Bild 8. Bestückungsplan für Leiterplatte Mischereinheit (von Leiterseite aus betrachtet)

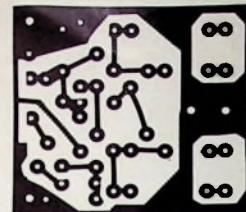


Bild 9. Leiterplatte für Mischereinheit (1:1)

- Belebungslöch 2,6 mm ⌀ bohren
- Lötsitze 1,2 mm ⌀ bohren
- Loch 0,8 mm ⌀ bohren

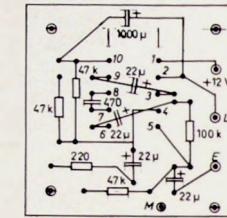


Bild 10 (oben). Bestückungsplan für Leiterplatte NF-Verstärker (von Leiterseite aus betrachtet)

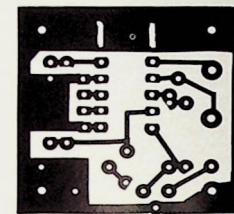


Bild 11. Leiterplatte für NF-Verstärker (1:1)

- Belebungslöch 2,6 mm ⌀ bohren
- Lötsitze 1,2 mm ⌀ bohren
- Loch 0,8 mm ⌀ bohren

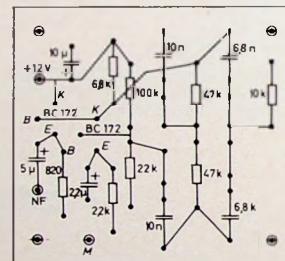
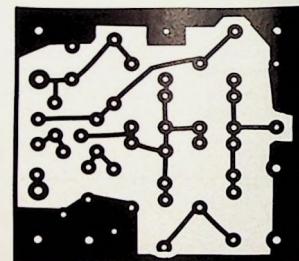


Bild 12. Bestückungsplan für Leiterplatte Tongenerator (von Leiterseite aus betrachtet)

Bild 13. Leiterplatte für Tongenerator (1:1) ▶



Fehlerkreisung mit dem an der NF-Verstärkerbuchse angeschlossenen Tastkopf stufenweise erfolgen, und zwar entweder vom Lautsprecher ausgehend bis zum Antennenkreis oder in umgekehrter Weise. Dabei darf die Umschaltung des Tastkopfes auf HF oder NF nicht vergessen werden. Bei der Fehlersuche wird man, je nach dem eingeschlagenen Weg, an eine Stufe kommen, bei der entweder das Signal nicht

mehr erscheint oder ein Signal plötzlich zu hören ist. Die Verstärkerstufe, bei der nichts durchkommt, wird routinemäßig untersucht (also Kontrolle der Betriebsspannungen, Prüfung der Röhre oder des Transistors, Messung der Widerstands- und Kapazitätswerte, Durchgangsprüfung bei Spulen und Transformatoren usw.). In der Praxis klärt man jedoch zuerst, ob der Fehler im HF- oder im NF-Teil liegt. Zu die-

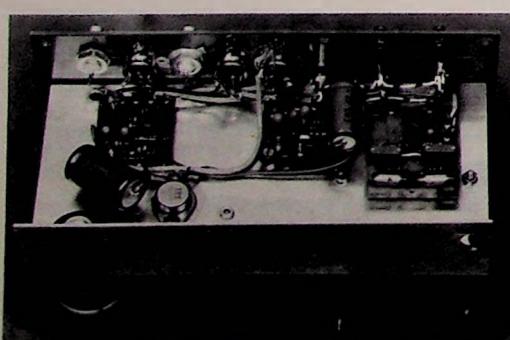


Bild 14. Anordnung der Bausteine unterhalb des Chassis

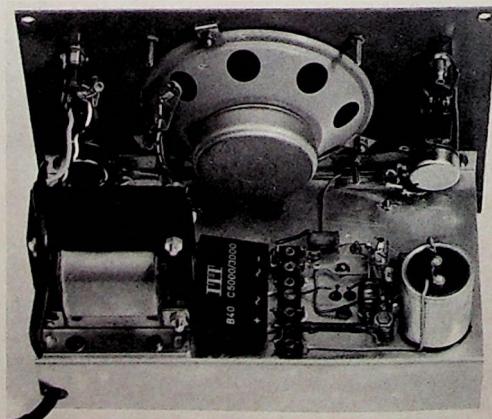


Bild 15. Innenansicht des Signalverfolgers ▶

sem Zweck wird zunächst das Signal vom Tongenerator auf den NF-Verstärkereingang des defekten Gerätes gegeben und je nach dem Ergebnis der Ablauf der Signalverfolgung durchgeführt.

#### 4.2. Signalverfolgung mit 800-Hz-Ton

Zur Einkreisung von Fehlern in Phono- und Tonbandgeräteverstärkern oder im NF-Teil von Radio- und Fernsehgeräten kann man deren Verstärker und Lautsprecher selbst als Indikator verwenden. In diesem Falle speist man das Tonsignal vom Verstärkereingang ausgehend bis zum Lautsprecher oder in umgekehrter Folge stufenweise ein und ermittelt auf diese Weise den Fehler. Mit dem Tonstärkeregler lässt sich der Signalpegel entsprechend einstellen, um eine Übersteuerung der NF-Eingangsstufe zu vermeiden.

#### 4.3. Frequenzmessungen

Oft ist es erforderlich, die Frequenz von Oszillatoren in Empfängern und Sendern, von Tongeneratoren und Tonrufeinrichtungen zu messen, um dann bei einer festgestellten Abweichung eine Nachstimmung auf die Sollfrequenz durchzuführen. Hierzu dient die Mischereinheit mit dem nachgeschalteten NF-Verstärker in Verbindung mit einem geeichten durchstimmmbaren HF- oder NF-Generator. An den Kanaleingang 1 (Bild 2) wird über ein abgeschirmtes Kabel der Generator angeschlossen. Das zu messende Signal kommt an den Eingang 2. Entsprechend der Frequenz ist der HF- oder der NF-Eingang zu benutzen. Beim langsamsten Durchstimmen des Generators hört man dann an einer Stelle im Lautsprecher das bekannte Überlagerungspfeifen- und Schwebungsnull, wenn die Frequenzen der Signale von Kanal 1 und 2 übereinstimmen. Die auf der Generatortorskala angezeigte Frequenz entspricht der des zu messenden Oszillators beziehungsweise Signals. Bei HF-Messungen muss noch kontrolliert werden, ob nicht zufällig eine Oberwelle vom Prüfling gemessen wurde.

HF-Oszillatoren und Tongeneratoren können nach diesem Verfahren leicht auf die gewünschte Frequenz abgestimmt werden. Die Genauigkeit der Messung der Abstimmung hängt natürlich von der Frequenzgenauigkeit des verwendeten HF- beziehungsweise NF-Generators ab.

#### 4.4. NF-Wiedergabe

Der NF-Verstärker kann für die verschiedenen Zwecke eingesetzt werden. So lässt sich damit die einwandfreie Funktion von Tonbandgeräten ohne Endstufe, Plattenspieler und Plattenwechsler, aber auch von Mikrofonen überprüfen. Im letzten Fall ist – zur Vermeidung einer akustischen Rückkopplung über den eingebauten Lautsprecher – zum Abhören ein Kopfhörer zu benutzen. Schließlich kann man den NF-Verstärker zur Wiedergabe der Signale von HF-Empfangsteilen verwenden.

#### 4.5. Tongenerator

Vielseitig sind auch die Einsatzmöglichkeiten des Tongenerators. Auf einige sei kurz eingegangen. So lässt sich der Tongenerator unter anderem zu Morse-

übungen mit Kopfhörer- oder Lautsprecherwiedergabe benutzen. Zu diesem Zweck werden in Serie mit dem Tongeneratorausgang eine Morsetaste und ein oder mehrere Kopfhörer geschaltet. Für Lautsprecherwiedergabe wird eine Verbindung mit der NF-Verstärkereingangsbuchse hergestellt.

Der Tongenerator kann aber auch zur Überprüfung der Modulationsqualität von FM-, AM- und SSB-Sendern verwendet werden, indem man sein Signal mit entsprechendem Pegel am Eingang des Modulationsverstärkers einspeist und das vom Empfänger demodulierte und nun wiedergewonnene NF-Signal auf dem Schirm eines Oszilloskopen betrachtet. Verzerrungen sind auf diese Weise sofort erkennbar. Steht ein Zwei-strahl-Oszilloskop oder ein elektronischer Schalter zur Verfügung, dann lassen sich auf dem Schirm das beim Sender eingespeiste und das empfangene 800-Hz-Tonsignal gleichzeitig sichtbar machen; beide kann man direkt miteinander vergleichen und die Modulationsqualität beurteilen.

Schließlich besteht die Möglichkeit, das Tonsignal für die Durchgangsprüfung von Mikrofonübertragern mit Mu-Metallkern zu benutzen, da bei einer Prüfung mit Gleichstrom (Ohmmeter als Durchgangsprüfer) eine Magnetisierung des Kernes stattfindet, wodurch die

Übertragungsqualität des Transfornators verschlechtert wird.

#### Liste der speziellen Bauelemente

1 Gehäuse „G 20 311-1“, lackiert, mit Füßen	(Knürr KG)
1 Frontplatte „G 20 FA 3-1“ zum Gehäuse	(Knürr KG)
1 Lautsprecher, 80 mm Membrandurchmesser, 4 Ohm	
1 Lautsprecher-Zierblende 105 x 105 mm	
1 abgeschirmte Einbaubuchse „Mab 3 SRI“ mit einem Ruhekontakt	(Hirschmann)
2 abgeschirmte Einbaubuchsen „Mab 5 S“	(Hirschmann)
2 Lautsprecher-Einbaubuchsen „Lb 1“ mit Schalter	(Hirschmann)
2 BNC-Buchsen „SHG 08 200“	(Wisi)
1 Brückengleichrichter B 40 C 5000-3000	(Intermetall)
2 Transistoren BF 314	(Telefunken)
2 Transistoren BC 172	(Intermetall)
1 Transistor 2N3055	(Intermetall)
1 integrierte Schaltung TAA 900	(Telefunken)
1 Z-Diode ZD 12	(Intermetall)
1 Glühlampe „35 G910“ mit Fassung	(Bürklin)
2 Meßgeräteköpfe „Mensor 320.621“, schwarz	(Mozar)

### Einfacher Resonanz-Frequenzmesser

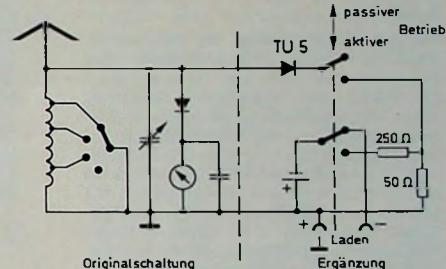


Bild 1. Zum aktiven Frequenzmesser ergänzte Schaltung eines Feldstärkemessers; bei der Tunneldiode TU 5 handelt es sich um einen älteren Typ von Siemens

Beim Selbstbau von Geräten, aber auch für die Reparatur an Sendern und Empfängern hat sich das Grid-Dip-Meter seit Jahrzehnten als praktisches, nahezu unentbehrliches Hilfsmittel erwiesen. Nun sind diese „Griddipper“ allerdings seit langem nicht mehr mit Röhren bestückt (von einem „Grid“ kann also gar nicht mehr die Rede sein), außerdem sind sie nicht eben ganz billig. Seit vielen Jahren sind aber kleine, handliche Frequenzmesser in der Größe etwa einer Zigarettenhartschachtel auf dem Markt, die als Feldstärkemesser angeboten werden und wesentlich billiger als Griddipper sind.

Durch Hinzufügen weniger Bauteile lassen sie sich für aktiven Betrieb (Meßsender) umbauen. Bild 1 zeigt die Originalschaltung eines solchen Frequenzmessers (R. F. Field Strength Indicator „FL-202“ von KEW, Japan) für Frequenzen von 1,6 bis 150 MHz zusammen mit der Erweiterung auf aktiven Betrieb. Als Batterie findet eine Deac-Zelle „150 DKZ“ Verwendung, die über die beiden Buchsen bei Bedarf aufgeladen werden kann. Als aktives Element wird eine Tunneldiode verwendet,

mit der in der gleichen einfachen Anordnung weit höhere Frequenzen als 150 MHz erzeugt werden können.

Die Umschaltung von passivem auf aktiven Betrieb erfolgt durch die als Schaltbuchse ausgeführte Massebuchse. Alle Zusatzteile lassen sich bequem noch im Originalgehäuse unterbringen. Bei aktivem Betrieb zeigt das Instrument die Schwingamplitude an (Maximumanzeige, wenn der lose angekoppte Prüfkreis mit dem Oszillator in Resonanz ist).

Die Skaleneichung des Gerätes bleibt auch beim Umbau innerhalb zulässiger Grenzen erhalten, da die Kapazität der Tunneldiode klein ist im Vergleich zur Kreiskapazität; außerdem soll dieses Gerät ja keinen Präzisionsmeßsender ersetzen.

Es lassen sich unter anderem mit dieser Schaltung die gleichen Aufgaben lösen wie mit dem Griddipper. Der einzige Unterschied besteht darin, daß hier die Kopplung mit dem Prüfling über das elektrische Feld erfolgt.

K. Wilhelm

# NF-Verstärker mit integrierter Schaltung TAA 621 für 1,5W Ausgangsleistung



Dieser Schaltungsvorschlag ist ein kompletter Niederfrequenz-Verstärker mit Klangregelnetzwerk, den man beispielsweise als Phonoverstärker verwenden kann. Das nebenstehende Bild der Titelleiste zeigt das kleine betriebsfertige Gerät im Größenvergleich mit einer üblichen Lautsprecherbox. Die Ausgangsleistung des Verstärkers ist bei einer Batteriespannung von 18 V und einem Lautsprecher mit 4 Ohm Impedanz rund 1,5 W.

Sinus-Ausgangsleistung:
1,5 W an 4 Ohm
Frequenzbereich (linear):
60 Hz...11 kHz (-3 dB)
Eingangsempfindlichkeit: 40 mV <sub>in</sub>
Eingangswiderstand: 0,1 MΩ
Verstärkung: 43 dB
Klirrfaktor: 0,2% bei 1 W und 1 kHz
Lautsprecherausgang: 4...16 Ohm
Lautstärke: stetig regelbar
Höhenanhebung bei 20 kHz: +10 dB
Höhenabsenkung bei 20 kHz: -20 dB
Tiefenanhebung bei 40 Hz: +12 dB
Tiefenabsenkung bei 40 Hz: -13 dB
Stromversorgung: 18 V
Stromaufnahme:
5 mA bei Leerlauf,
150 mA bei Vollaussteuerung
Bestückung: BC 109, TAA 621
Abmessungen:
100 mm x 65 mm x 45 mm

## Schaltung

Die Schaltung (Bild 1) des Gerätes besteht aus dem Vorverstärker, dem Klangregelteil und dem Baustein TAA 621 (SGS), einer integrierten Schaltung eines NF-Verstärkers in Silizium-Planartechnik. Über die Normbuchse Bu 1 – bei Anschluß eines Stereo-Plattenspielers ist Anschlußpunkt 1 mit Punkt 3 zu verbinden – und Kondensator C 1 gelangt das NF-Signal an den Vorverstärker-Transistor T 18. Diese in Emitterschaltung arbeitende Stufe ist mit dem besonders rauscharmen Transistor BC 109 bestückt. Der Eingangswiderstand ist 0,1 MΩ und die Eingangsspannung rund 15 mV. Über C 3 gelangt das Signal zum Lautstärkeregler P 1. Mit dem Schleifer des Reglers wird die gewünschte Signalstärke abgegriffen und dem Klangregelnetzwerk zugeführt. Dieses erlaubt, die tiefen und hohen Frequenzen getrennt anzuheben oder abzusenken. Der Spannungssteiler für die Tiefe besteht aus den Widerständen R 11 und R 12, den Kondensatoren C 4 und C 5 und dem Baßregler P 2. Um eine maximale Tiefenanhebung zu erreichen, muß Kondensator C 4 mit dem

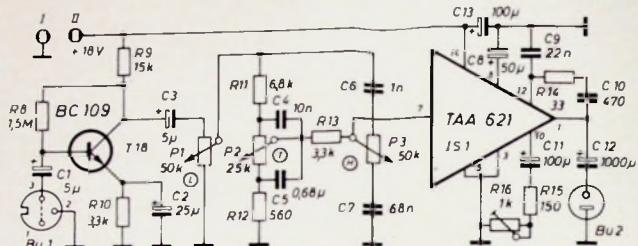


Bild 1. Gesamtschaltbild des Verstärkers mit Klangregelnetzwerk

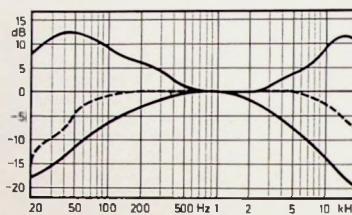


Bild 2. Regelbereich des Baß- und Höhenreglers

Schleifer des Potentiometers P 2 kurzgeschlossen werden. Die tiefen Töne können durch Kurzschließen von C 5 gedämpft werden. Parallel zum Tiefenregler liegt das Netzwerk für die hohen Töne. Steht der Schleifer von P 3 an C 6, dann entsteht eine Höhenanhebung, und wenn man in Richtung C 7 regelt, eine Höhenabsenkung. R 13 entkoppelt die Tiefen- und Höhenregler.

Die Grunddämpfung des Klangregelnetzwerkes ist für 1000 Hz etwa 27 dB. Die Tiefen werden je nach Stellung des

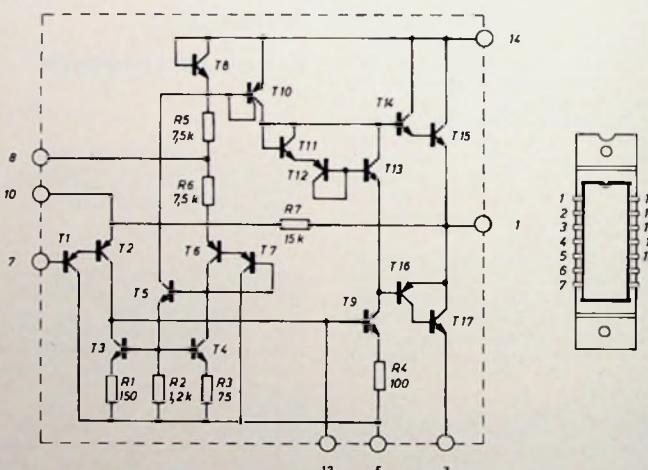


Bild 3. Innenaufbau der integrierten Schaltung TAA 621 und Anschlußfolge der IS

Ein Sekt  
der  
begeistert



**SCHLOSS WACHENHEIM**  
Sekt

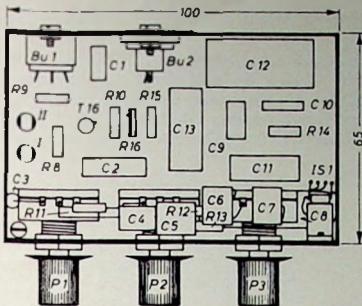


Bild 4. Bauteileanordnung auf der Platine

Schleifers von  $P_2$  gegenüber 1000 Hz bei 40 Hz um 12 dB angehoben oder um 13 dB abgesenkt. Die hohen Frequenzen lassen sich gegenüber dem Verstärkungswert bei 1 kHz in Abhängigkeit des Höhenreglers bei 20 kHz um 10 dB anheben oder um 20 dB absenken (Bild 2).

Das Signal wird direkt am Schleifer von  $P_3$  abgenommen und an Anschluß 7 von  $IS\ 1$  (TAA 621) gelegt. Diese integrierte Schaltung (Bild 3) besteht aus einem Spannungsverstärker am Eingang, einer nachfolgenden Treiberstufe und der quasikomplementären Endstufe in AB-Betrieb. Der Vorverstärker arbeitet mit den Transistoren  $T\ 1$  und  $T\ 2$ . Die als Dioden geschalteten Transistoren  $T\ 11$  und  $T\ 12$  halten die Differenz der Basisspannungen der Darlington-Treiber  $T\ 14$ ,  $T\ 16$  konstant und bestimmen damit den Ruhestrom der Endstufe. Mit Hilfe von  $T\ 13$  wird zusätzlich eine gute Driftkompensation erreicht. Die Treiberstufe  $T\ 9$ ,  $T\ 10$  steuert die quasikomplementäre Endstufe mit dem Darlington-Paar  $T\ 14$ ,  $T\ 15$  und dem Darlington-„Compound“-Paar  $T\ 16$ ,  $T\ 17$ . Mit dem Widerstand  $R\ 16$  (Bild 1) läßt sich die Verstärkung der  $IS$  geringfügig verändern. Die obere Grenzfrequenz wird durch  $C\ 10$  festgelegt. Über die Lautsprecherbuchse  $Bu\ 2$  ist der Lautsprecher kapazitiv angekoppelt. Kondensator  $C\ 13$  glättet die Versorgungsspannung.

#### Aufbau

Der komplette Verstärker ist auf einer 100 mm  $\times$  65 mm großen doppelschichtigen Resopalplatte aufgebaut (Bilder 4 bis 6). Die Anschlußdrähte der Bauelemente wurden durch 1-mm-Löcher gesteckt und unter der Platine in Art einer gedruckten Schaltung kreuzungsfrei verdrahtet. Die Frontplatte aus 0,75-mm-Blech hat die Abmessungen 100 mm  $\times$  55 mm und ist im unteren Teil im rechten Winkel um 10 mm nach hinten gebogen. Sie dient als Halterung für die drei Potentiometer ( $P_1$  = Lautstärke,  $P_2$  = Tiefe,  $P_3$  = Höhe).

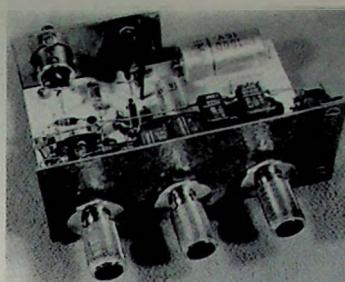


Bild 5. Blick auf die Frontplatte

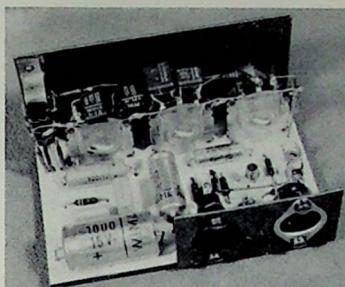


Bild 6. Rückansicht des Verstärkers mit Anschlußbuchsen

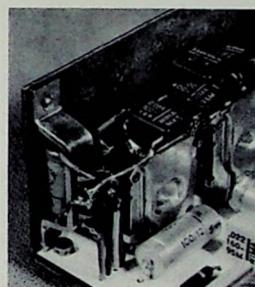


Bild 7. Die integrierte Schaltung (links am Kühlbügel) und ihre Verdrahtung

und den integrierten NF-Verstärker. An dem 10 mm breiten, nach hinten gebogenen Streifen ist die Resopalplatine mit den Bauteilen befestigt. Hinter dem Lautstärkepotentiometer  $P\ 1$  sind die zwei Lötösen für die Stromversorgung ( $I$  = Masse,  $II$  = + 18 V) angebracht. Der Vorverstärker und die externen Bauteile der integrierten Schaltung sind ebenfalls hinter der Platine aufgebaut.

Die Buchsen  $Bu\ 1$  (Eingang) und  $Bu\ 2$  (Lautsprecherausgang) werden an einem 55 mm  $\times$  25 mm großen Blechwinkel befestigt. Um längere Leitungen zu vermeiden, ist das Klangregelnetzwerk auf

Verwendete Einzelteile  
für den 1,5-W-NF-Verstärker

Widerstände, 0,5 W	(Siemens)
Trimmwiderstand „1-9833“	(Preh)
Potentiometer „1-4800“	(Preh)
Kondensatoren „MKS“, 100 V	(Wima)
Elektrolytkondensatoren, 12/15 V und 35 V	(Wima)
Transistor BC 109	(Siemens)
Integrierte Schaltung TAA 621	(SGS)
Eingangsbuchse „Mab 3“	(Hirschmann)
Ausgangsbuchse „Lb 2“	(Hirschmann)
Drehknöpfe „Mentor 490/8“	(Mozart)
Bezug der angegebenen Bauteile nur über den einschlägigen Fachhandel	

den jeweiligen Potentiometern verdrahtet. Die  $IS$  ist im Hinblick auf gute Wärmeableitung direkt an der Frontplatte mit zwei M-3-Schrauben gehalten (Bild 7). Elektrolytkondensator  $C\ 8$  liegt zwischen dem Kühlbügel der  $IS$  und der Frontplatte.

W. W. Diefenbach

## Service-Technik

### Universal-Bowdenzug „965/DX“

Mit einem neuen Philips-Bausatz „965/DX“ sind nahezu alle defekten Bowdenzüge in Fernseh-, Rundfunk-, Phono- und Tonbandgeräten zu ersetzen. Hierzu lassen sich die Längen der einzelnen im Sortiment enthaltenen



Teile wie Stahlseil, Spiral- und Isolierschlauch nach Bedarf kürzen. Dem Bausatz (Bestell-Nr. 4812 321 37003) liegt eine entsprechende Montageanweisung bei. Er enthält 1 Stahlseil 500 mm, 1 Spiralschlauch 500 mm, 1 Isolierschlauch 500 mm, 1 Gewindebuchse, 1 Sechskantmutter, 2 Klemmhülsen, 2 Rohrnielen, 2 Anschlußbuchsen mit Wulst und 2 Anschlußbuchsen ohne Wulst.

### Ableichbesteck „800/NTX“

Die 34 Einzelteile des neuen Philips-Ableichbestecks „800/NTX“ sind in einem unterteilten Plastikkästchen

**Weil es so viele Transistoren gibt,  
ist Heninger so einmalig.**

 **Heninger  
Servix**

übersichtlich aufbewahrt. Sie eignen sich für alle in Werkstatt und Labor vorkommenden Abgleicharbeiten (auch an Fremdfabrikaten).

Das Abgleichbesteck (Bestell-Nr. 4822 310 50014) besteht aus 3 zweifabigen Haltern, 2 Verlängerungshaltern, 2 Tuner-Abgleichspitzen, 17 verschiedenen auswechselbaren Abgleichspitzen und 7 Ersatzspitzen.

Für Nachbestückung sind  $2 \times 4$  verschiedene Abgleichspitzen aus Kunststoff in einer gemeinsamen Beutelpackung lieferbar (Bestell-Nr. 4812 395 57001).

Als weitere Ergänzung des Sortiments „800/NTX“ oder als Nachbestückung können noch ein Abgleicheinsatz mit Nickelchromspitze und ein Abgleicheinsatz mit verstärkter Glas spitze bezogen werden (Bestell-Nr. 4812 395 57002).

#### Der „Wassersack“ in Antennenanlagen

In den Siemens-Antenneninformationen Nr. 27/1970 fanden wir den nachstehend wiedergegebenen, recht kurzweilig geschriebenen Fehlerbericht.

Wissen Sie eigentlich, wie Tropfsteinhöhlen entstehen? Natürlich werden Sie sagen: Wasser ist es, das in Jahrtausenden Stalagmiten und Stalaktiten einander entgegenwachsen lässt. Doch was hat das mit Antennenanlagen zu tun, werden Sie sich fragen.

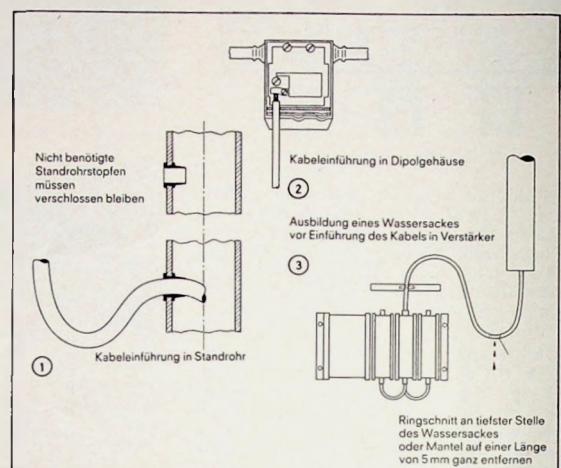
Nun, wir entdeckten gewisse Parallelitäten! Von einem unserer Kunden erhielten wir einen Umsetzer, der nach mehrmonatigem Betrieb plötzlich seinen Dienst versagte. Was wir da entdeckten, verschlug uns fast die Sprache: In allen Farben schillerte es, von der Eingangsbuchse angefangen, bis hin zum Ausgang; herrliche kleinen Säulen, farbig leuchtende kristalline Flecken aber auch häßliche Oxydationspuren stellten überall dort, wo sie völlig fehl am Platz sind, leitende und halbleitende Verbindungen her. Richtige kleine Tropfsteinhöhlen waren die Kammern des Umsetzers geworden.

Und die Ursache? Wasser, ganz gewöhnliches elektrisch leitfähiges Regenwasser, das sich zwischen Schirm und Mantel des unsachgemäß installierten Niederführungs kabels hindurchgequält hatte und an der Eingangsbuchse des Umsetzers tropfchenweise in die Kammern eingedrungen war. Durch Elektrolyse an den spannungsführenden Teilen bildeten sich die „Tropfsteine“ aus, die den Umsetzer schließlich außer Betrieb setzten.

Und das alles, weil ein paar Grundsätze der Installation

völlig außer Acht gelassen wurden. Wir überzeugten uns davon.

Nehmen Sie es uns deshalb nicht übel, wenn wir hier wieder aufwärmen. Wir wollen im Endeffekt Sie vor Schaden bewahren: Der Mantel des Koaxialkabels muß ins Innere des Dipolgehäuses eingeführt werden (Bild 2). Er darf nicht vorher aufhören, da sonst Wasser zwischen Mantel und Geflecht eindringt.



Bilder 1—3. Kableinführung in Standrohre und Dipolgehäuse sowie Verwendung eines Wassersacks mit Ringschnitt

Die Einführung in das Standrohr soll in einem sackförmigen Bogen erfolgen (Bild 1). Aber bitte schneiden Sie diesen Bogen unten nie auf! Auch hier könnte Wasser in das Kabel eindringen.

Montieren Sie Antennenbauteile nie unmittelbar unter dem Standrohr. Das sich im Standrohr bildende Kondenswasser tropft sonst auf diese Teile und zerstört sie.

Bevor Sie Niederführungs kabel in Geräte einführen, sollten Sie einen unten aufgeschlitzten Wassersack vorsehen (Bild 3), aus dem in das Kabel eingedrungenes Wasser abfließen kann. So schützen Sie die kostbaren Geräte vor Korrosion und Zerstörung und sich selbst vor Regenansprüchen.

## Berlin

Zur Ergänzung unserer Redaktion  
suchen wir einen

## jüngeren Mitarbeiter

der Fachrichtung Hochfrequenztechnik.

Herren mit praktischen Erfahrungen in Wirtschaft oder Presse, die an einer entwicklungs-fähigen Dauerstellung interessiert sind, bitten wir um eine ausführliche Bewerbung mit Lebenslauf, Tätigkeitsnachweis und Gehaltsanspruch unter F. B. 8543

Wir sind ein

## Berliner Fachliteraturverlag

der seit fast 25 Jahren technische und technisch-wissenschaftliche Fachzeitschriften mit internationaler Verbreitung herausgibt.

Genauso interessant und vielseitig wie Berlin mit seinem technisch-wissenschaftlichen und kulturellen Leben sowie den Steuerpräferenzen sind auch unsere Zeitschriften.

Zur Mitarbeit in unserem Redaktionsteam suchen wir einen Hochschul- oder Fachschulingenieur als

## Technischen Redakteur

Bewerbungen mit Lebenslauf, Tätigkeitsnachweis und Gehaltsanspruch erbeten unter F. A. 8542

# Autofunk

PYE-Taxifunkgerät, ein Kompaktgerät. Lautsprecher u. Bedienelemente im Gerät eingebaut, 12 V, 149,50 D-Mark.

Siemens-Taxifunkgerät, 12 V, gebraucht, gut. Zust. m. ausführlichem Umbauplan 135,- DM

Storno-Taxifunkgerät, 12 W HF, bitte angeben, ob 6 od. 12 V, gebraucht, guter Zustand 135,- DM

Bosch-KF-T160-Feststation ohne Netzteil u. ohne Bedienelement, gebraucht, guter Zustand 90,- DM

Siemens-4-m-Meldeempfänger 220 V, geb. guter Zustand, nur 79,- DM

AIWA-Überwachungsempfänger f. Netz- u. Batteriebetrieb, bester Empfang auf 6 Wellenbereichen:

MW 525-1650 kHz  
MB 1,6-4 MHz (Marineb.)  
KW 4-12 MHz

UKW 88-108 MHz

VHF I 110-136 MHz (Flugfunk)

VHF II 148-174 MHz, Öffentl. Dienste (Taxifunk, Arztfunk, Autotelefon) kompl. m. Ohrhörer u. Batterien nur 234,50 DM

Mini-SWR-Stehwellenmesser, Imp. 75 Ω od. 52 Ω, 1,9-180 MHz nur 29,50 DM

Grid-Dip-Meter, 0,44 MHz-280 MHz, kompl. m. Ohrhörer u. 9-V-Batterie 118,- DM

Coaxstecker PL 259 2,- DM, 10 Stück 18,50 DM

Coax-Einbaubuchse SO 239, Bef. m. 4 Schraub. 2,- DM, 10 Stück 18,50 DM

Coax-Einbaubuchse SO 239 z. Einlochmont. 2,60 DM, 10 Stück 23,90 DM

Reduzierschrauben f. Coaxstecker PL 259 (für Kabel m. 6 mm Ø) 0,50 D-Mark.

Fordern Sie unseren neuen Gratiskatalog an!

## Meyer-Elektronik

Nachnahmeschnellversand  
757 Baden-Baden, Postf. 604

Tel. 0 72 21 / 2 54 87

Preise einschl. MWSt. zuzügl. Versandkosten.



stets griffbereit

Vor Verlust und Beschädigung geschützt, bilden die Hefte in den praktischen

### • Sammelmappen

*mit Stabeinhängevorrichtung*

für die Hefte des laufenden Jahrgangs oder in den

### • Einbanddecken

für jeweils einen kompletten Jahrgang

*ein Nachschlagewerk von bleibendem Wert*

Ausführung: Ganzleinen mit Titelprägung

Preis d. Sammelmappe 9,- DM zuzügl. Versandspesen (Berlin: 1 Sammelmappe 44 Pf, bis 4 Sammelmappen 1,11 DM; Bundesgebiet: bis 4 Sammelmappen 1,11 DM)

Preis d. Einbanddecke: 7,- DM zuzügl. Versandspesen (Berlin: 1 Einbanddecke 33 Pf, bis 5 Einbanddecken 44 Pf, bis 10 Einbanddecken 1,11 DM; Bundesgebiet: bis 2 Einbanddecken 1,- DM, bis 10 Einbanddecken 1,11 DM)

Sämtliche Preisangaben einschließlich Mehrwertsteuer

● Lieferung bei Voreinsendung des Betrages auf das Postscheckkonto VERLAG FÜR RADIO-FOTO-KINOTECHNIK GMBH, Berlin West 76 64

### VERLAG FÜR RADIO-FOTO-KINOTECHNIK GMBH

1 Berlin 52, Eichborndamm 141-167

# ENGEL-Löter

repräsentieren den neuesten Stand der Löttechnik



Kurze Anheizezeit,  
leichtes Gewicht,  
handliche, moderne Form,  
besonders geeignet für  
Feinlötarbeit an gedruckten  
Schaltungen.

## ENGEL GMBH

6200 Wiesbaden Schierstein,  
Rheingaustr. 34-36.  
Tel. 28 21, FS 4186 860

UT 60 Hopi Trans.-Einb.-Converter m. Ein- u. Ausg.-Symm.-Glied und Schaltung AF 239 und AF 139. 1 St. 33,50 3 St. à 32,50

UT 100 UHF-Markentuner 2 X AF 139 aus Gerätefertigung, jedes Stück geprüft, Eingang 240 Ω, Ausgang 60 Ω, ohne Feintrieb St. 18,50 5 St. à 15,50

Mentor-Feintrieb mit Knopf 4,50

I. Wahl Trans.-Orig. Siemens, Valvo gespleißt

AF 139 St. 2,80 10 à 2,50 100 à 2,25

AF 239 St. 3,60 10 à 3,10 100 à 2,75

CONRAD, 845 Amberg, Georgenstraße 3, Fach 57

### neu Technik-Katalog

Funktchnik - Elektronik - Meßgeräte - Bauteile - Bausätze - Hi-Fi-Stereo - techn. Neuheiten für Bastler, Techniker, Amateure. Über 300 Seiten, 10.000 Artikel. Schutzgebühr DM 3,50 (in Briefm. oder intern. Postanwartscheinen). Technik-KG, 28 Bremen 33, Abt. D 13

### Hans Kaminsky

Spezialröhren, Rundfunkröhren, Transistoren, Dioden usw., nur fabrikneue Ware, in Einzelstücken oder größerer Partien zu kaufen gesucht

8 München-Solln-Spindlerstr. 17



### Auto- und Kofferradios

Neueste Modelle mit Garantie. Einbaubehör für sämtliche Kfz.-Typen vorrätig. Sonderpreise durch Nachnahmeversand. Radiogroßhandlung W. Kroll, 51 Aachen, Postfach 865, Tel. 7 45 07 - Liste kostenlos

### Elektronik-Bastelbuch gratis!

für Bastler und alle, die es werden wollen. Viele Bastelvorschläge, Tips, Bezugssquellen u. a. m. kostenlos von TECHNIK-KG, 28 BREMEN 33 BE 6

### Preiswerte Halbleiter 1. Wahl

AA 117	DM .55
AC 187/188 K	DM 3,45
AC 192	DM 1,20
AD 133 III	DM 6,95
AD 148	DM 3,95
AF 239	DM 3,80
BA 170	DM .60
BAY 17	DM .75
BC 107	DM 1,20 10 DM 1,10
BC 108	DM 1,10 10 DM 1,-
BC 109	DM 1,20 10 DM 1,10
BC 170	DM 1,05 10 DM .95
BF 224	DM 1,75 10 DM 1,65
BRY 39	DM 5,20 10 DM 4,80
ZG 33	je DM 2,20
1 N 4148	DM .85 je DM .75
2 N 708	DM 2,10 10 DM 1,95
2 N 2219 A	DM 3,50 10 DM 3,30
2 N 3055	DM 7,25 10 DM 6,89

Alle Preise Incl. MWSt. Kostenl. Bauteile-Liste anfordern. NN-Versand

M. LITZ, elektronische Bauteile 7742 St. Georgen, Gartenstraße 4 Postfach 55, Telefon (07724) 71 13

# GREIFEN SIE ZU - EINMALIGE GELEGENHEIT!

Deutsche Industrie-Markenchassis, betriebsfertig - solange Vorrat!



Schwarzweiß-Fernsehchassis für 59 cm 1023

Vertikalmontage, teiltransistorisiert, mit Bedienungseinheit, Lautstärke, Helligkeit, Kontrast und 6 Tasten, VHF/UHF-Trans-Tuner, Ablenkeinheit Maße: 355 mm hoch, 250 mm tief ..... nur 152,-

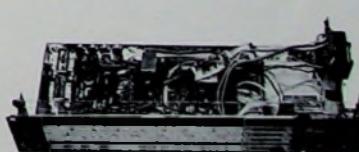
Komplett anschlußfertig ohne Bild-Röhre Bildröhre AW 59-91, original, 1 Jahr Garantie ..... nur 92,50

Lautsprecher-Chassis 4,5 W, oval 8,75 6 W, oval 9,75 12 W, mit Hochtonkegel 22,50

Lieferung per NN. ab Lager - Teilzahlungsmöglichkeit, 20 % Anzahlung. Rest bis 10 Monate.

K. Conrad

8452 HIRSCHAU/Bay.



Multiplex-Rdfk. Stereo-Steuergerät-Chassis 10366 Standardchassis m. großer Leistung: 2 X 3 W. U-K-M-L und Stereo. 18 Kreise, m. Stereodecoder, Chassis-Masse: 530 x 150 x 225 mm 149,50

2 Lautsprecherboxen, 6 W Musikleistung, Nußbaum natur ..... 69,-

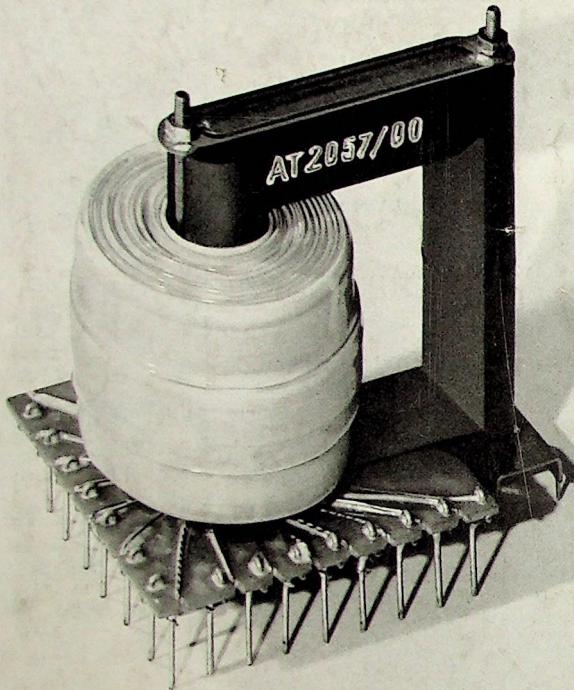
Telafunken-Stereo-Plattenspieler, auf Zarge mit glasklarer Abdeckhaube, 4 Geschwindigkeiten ..... 119,-

Komplette Stereo-Anlage ..... nur 329,50

Fach 56

# VALVO

Bauelemente  
für die gesamte  
Elektronik



## Spannungs- verdreifacher-Transformer für 110° Farbfernseh- geräte

Der Horizontalablenk- und Hochspannungstransformator AT 2057/00 bzw./05 wird für die sogenannte »Eintransformatorschaltung« in 110°-Farbfernsehgeräten benötigt.

Hierbei werden in einem einzigen Transformator die Horizontal-Ablenkströme und mit Hilfe eines Verdreifachers die Bildröhrenhochspannung von 25 kV erzeugt.

Der Transformator liefert außerdem alle Impulsspannungen, die für verschiedene Stufen in einem Farbfernsehempfänger benötigt werden.

Der AT 2057 ist zu verwenden mit der Ablenkeinheit AT 1060 und dem Linearitätsregler AT 4042/12.

E.-Thälmann-Str. 56

A 0171/105

10020

VALVO GmbH Hamburg

98329