

BERLIN

# FUNK- TECHNIK

r Öffnen des  
Gehäuses  
Netzstecker  
ziehen!

4 | 1973

2. FEBRUARHEFT

# Falls Sie Ihr Zweitgeräte-Geschäft sicher in den Griff bekommen wollen:



Wußten Sie schon, daß nur 4% aller Besitzer von Fernsehgeräten jemals den Batterieanschluß nutzen? 96% holen sich den Strom nur aus der Steckdose. Für sie haben wir unsere Zweitgeräte entwickelt. Zweitgeräte mit Erstgeräte-Technik. Also ohne Batterieanschluß – dafür aber mit dem leistungsstarken Chassis unserer hunderttausendfach bewährten Großgeräte. Mit der gleichen Leistungsreserve.

Mit der gleichen Bildbrillanz.

Anders gesagt: Wir können nur 96% aller Kundenwünsche erfüllen. Diese aber hundertprozentig.

Und 96% zufriedene Kunden sind mehr als 4% – finden Sie nicht auch?

**Graetz** bekennt sich zum  
**Fachhandel**  
Denn Graetz bekennt Farbe.

**Graetz**

gelesen · gehört · gesehen .....	112
FT meldet .....	114
Selbstbau von Amateurfunkgeräten .....	117
FT-Informationen .....	118
Zur Fehlerphysik elektronischer Geräte .....	119
<b>Verstärker</b>	
Schaltungstechnische Besonderheiten des Hi-Fi-Stereo-Verstärkers „RH 521“ .....	122
Umschaltung von Verstärkereingängen mit Dioden .....	125
<b>Persönliches</b> .....	123
<b>Fertigungstechnik</b>	
Untersuchung von Halbleiterstrukturen mit dem Rasterelektronenmikroskop .....	124
Abgleich- und Trennautomat „Nuwital“ .....	124
Digitales Kommunikationssystem für die Polizei .....	126
<b>Magnetton</b>	
Hi-Fi-Cassetten-Recorder „TCD 300“ .....	127
12 GHz-Kunststoff-Parabolspiegel .....	128
Taschenrechner für kaufmännische und finanztechnische Probleme .....	128
<b>Phono</b>	
Schneidkennlinien-Entzerrung für piezoelektrische Tonabnehmer .....	129
Stochastische Messungen für industrielle Steuerungen .....	130
<b>Für den Schmalfilm-Amateur</b>	
Vertonungssystem für die kombinierte Projektion von Film und Dias .....	131
Neue Epoxidglaslamine für die Leiterplattentechnik .....	136
<b>Mefßtechnik</b>	
Einfache Messungen an Feldeffekttransistoren .....	138
<b>Lautsprecher</b>	
Der „Orgelpfeifen“-Lautsprecher .....	140
<b>Lehrgänge</b> .....	141
Unser Titelbild: Abgleich- und Trennautomat „Nuwital“ von Siemens (s. a. S. 124) (Aufnahme: Siemens)	
Aufnahmen: Verfasser, Werkaufnahmen, Zeichnungen vom FT-Atelier nach Angaben der Verfasser	

VERLAG FÜR RADIO-FOTO-KINOTECHNIK GMBH, 1 Berlin 52 (Borsigwalde), Eichborndamm 141-167, Tel.: (03 11) 4 12 10 31, Telex: 01 81 632 vrfkt, Telegramme: Funktechnik Berlin, Chefredakteur: Wilhelm Roth; Stellvertreter: Albert Jänicke, Ulrich Radcke; Techn. Redakteur: Wolfgang Kamecke, sämtlich Berlin, Chefkorrespondent: Werner W. Diefenbach, Kempten/Allgäu, Anzeigenleitung: Marianne Weidemann, Stellvertreter: Dietrich Gebhardt, Chefgraphiker: Bernh. W. Beerwirth, Zahlungen an VERLAG FÜR RADIO-FOTO-KINOTECHNIK GMBH, Postcheckkonto Berlin West 76 64-103, Bank für Handel und Industrie AG, 1 Berlin 65, Konto 2 191 854 (BLZ 100 800 00). Die FUNK-TECHNIK erscheint monatlich zweimal. Preis je Heft 3,- DM, Auslandspreise lt. Preisliste (auf Anforderung). Die FUNK-TECHNIK darf nicht in Leserkreis 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, 1 Berlin 42.



## Internationaler Treffpunkt der Experten

Leipzig – ein Kompaß für Experten aus aller Welt. Hier können Sie den Trend der dynamischen Entwicklung in Wissenschaft, Technik und Produktion erkennen. Ein zukunftsorientiertes Angebot – ergänzt durch ein fachbezogenes Vortragsprogramm – bietet beste Voraussetzungen für internationalen Erfahrungsaustausch und Leistungsvergleich. Wer am weltoffenen Handel und technischen Fortschritt interessiert ist, kommt nach Leipzig.

Messeausweise bei Reisebüros und an allen Grenzübergangsstellen der DDR erhältlich.

Auskünfte: Zweigstellen des Leipziger Messeamtes, DDR-108 Berlin, Friedrichstr. 167/168, Tel. 22 24 52, Telex 112 420, und 6 Frankfurt/Main, Liebfrauenberg 37, Tel. 28 72 07 und 28 72 08, Telex 411 394

## Leipziger Messe Deutsche Demokratische Republik

11. – 18. 3. 1973



### Funkausstellung 1973 ohne Händlertage

Die Funkausstellung 1973 in Berlin wird keine Händlertage haben. In einem Interview erklärte AMK-Direktor Horst-Ludwig Stein der Zeitung „werben und verkaufen“: „Die Ausstellung ist wieder an allen Tagen für das Publikum geöffnet; den Wünschen der Industrie, durch Einführung von Händlertagen den Fachmessen-Charakter zu fördern, wurde nicht entsprochen“.

### 3<sup>te</sup> Salon International Audiovisuel & Communication

Unter der Schirmherrschaft der Fédération Nationale des Industries Electroniques (FNIE) veranstaltet die Société pour la Diffusion des Sciences et des Arts (SDSA) in der Zeit vom 2. bis 7. April 1973 in Paris, Parc des Expositions, die 3. Internationale Fachausstellung „Audiovision und Kommunikation“. Weitere Auskünfte erteilt die Société pour la Diffusion des Sciences et des Arts, 14 rue de Presles, Paris 15; Telephon: 273 24-70.

### ZVEH-Jahrestagung 1973

Der Zentralverband des Deutschen Elektrohandwerks will seine Jahrestagung 1973 vom 8. bis 12. April in München anlässlich der dort veranstalteten 25. Internationalen Handwerksmesse abhalten.

In Halle 14 dieser Messe werden die fünf Elektrohandwerke einen Überblick über ihre Tätigkeitsgebiete geben. Die zentrale Informationsschau „Handwerk – Zulieferer der Industrie“ in Halle 17 wird unter dem Motto „Elektrotechnik – Elektronik“ stehen.

### NTG/IEEE-Fachtagung „Signalverarbeitung“

Vom 11. bis 13. April 1973 führt der Fachausschuß 1 (Informations- und Systemtheorie) der Nachrichtentechnischen Gesellschaft im VDE (NTG) in Zusammenarbeit mit der Deutschen Sektion des Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) in Erlangen die Fachtagung „Signalverarbeitung“ durch. Gegenstand der Tagung sind Methoden und Systeme zur Signalverarbeitung insbesondere mit digitaler Technik. Wissenschaftlicher Tagungsleiter ist Professor Dr.-Ing. G. Schüssler, Technische Universität Erlangen/Nürnberg, 852 Erlangen, Egerlandstraße 5.

### Kabelfernseh-Versuchsanlagen der Deutschen Bundespost

In Hamburg und Nürnberg ist mit der Planung für den Aufbau je einer Kabelfernseh-Versuchsanlage begonnen worden. Die Hamburger Anlage wird in einem Gebiet an der Hamburger Straße, in dem der Fernseh- und Stereotonrundfunkempfang durch mehrere Hochhäuser gestört ist, errichtet. Die Nürnberger Anlage soll in unmittelbarer Nähe des Neubaus der Bundesanstalt für Arbeit entstehen. Die mit den beiden Projekten verfolgten Zielsetzungen reichen entsprechend dem Versuchscharakter der Anlagen über den Gesichtspunkt der Wiederherstellung der Rundfunkversorgung hinaus. Ihr Aufbau und Betrieb sollen unter anderem zur Erarbeitung von Systemkennwerten großflächiger Kabelfernseh- beziehungsweise breitbandiger Fernmeldetze beitragen und gleichzeitig zur Festlegung von Schnittstellenbedingungen verhelfen, um eine sinnvolle Integration privater Gemeinschafts-Antennenanlagen in übergeordnete Kabelnetze zu ermöglichen.

### Spannungsverdreifacher für Farbfernsehempfänger

Eine umfangreiche Typenreihe von Spannungsverdreifachern mit Silizium-Bauelementen für den Einsatz in Farbfernsehgeräten hat General Instrument Europe entwickelt. Folgende Typen sind lieferbar: Typ SF (Folienkondensatoren, niedrige Impedanz, besonders für den Einsatz in Ablenkhaltungen mit Thyristoren geeignet); Typ LC (Keramikkondensatoren, frei von Corona-Problemen, hohe Zuverlässigkeit, besonders für Hybrid-Geräte bestimmt); Hybrid-Typ (zwei Keramikkondensatoren und drei Folienkondensatoren). Bei der neuesten Entwicklung, dem Typ LH, sind die Vorteile des Keramikkondensators mit denen des Folienkondensators (großes Kapazitäts-Volumen-Verhältnis) kombiniert. Dieser Typ hat eine niedrige Impedanz und gute Regeleigenschaften und eignet sich besonders für Farbfernsehgeräte mit Transistorablenkung, weil keine gefährlichen Spannungsspitzen auftreten und deshalb keine aufwendigen Schutzschaltungen erforderlich

sind. Alle Typen sind mit fünf oder sechs Gleichrichtern erhältlich und mit nicht oder nur schwer brennbaren Materialien aufgebaut.

### Kompaktes Kartenrelais „SN“

Das Kartenrelais „SN“ von Siemens hat eine Bauhöhe von nur 10,2 mm und eine Grundfläche von 39 mm × 32 mm beziehungsweise 39 mm × 37 mm. Es handelt sich hier um ein ungepoltes Relais für Gleichspannungsansteuerung, das mit vier oder sechs Umschaltkontakten geliefert wird. Die Kontakte schalten Leistungen bis 30 W oder 50 VA bei 110 V Gleichspannung beziehungsweise 125 V Wechselspannung. Der zulässige Schaltstrom darf maximal 1 A betragen. Das Relais kann in Leiterplatten mit den Rastermaßen 2,5 mm oder 2,54 mm direkt eingesetzt werden. Eine durchsichtige Kappe schützt das Relaisystem vor Staub.

### AM-FM-Meßsender „LF 202“

Der AM-FM-Meßsender „LF 202“ für 2...480 MHz von Ferisol gestattet Frequenzmodulation mit einem Frequenzhub von 1, 3, 10, 30 und 100 kHz sowie mit Modulationsfrequenzen von 30 Hz bis 100 kHz. Der Sender ist damit stereomodulierbar. Für Amplitudenmodulation sind Modulationsgrade von 0 bis 80% und Modulationsfrequenzen von 0 bis 20 kHz einstellbar. Die maximale Ausgangsleistung ist 0 dBm (1 mW an 50 Ohm).

### 1-MHz-Toleranzmeßbrücke „CDBI“

Der Meßbereich der Toleranzmeßbrücke „CDBI“ von Danbridge (deutsche Vertretung: Kontron, 8051 Eching) erstreckt sich von 0,01 pF bis 10 nF. An getrennten Instrumenten werden die Kapazitätsabweichungen (in Prozent) und der Verlustfaktor (Absolutwert) angezeigt. Das Gerät hat die Toleranzbereiche  $\pm 2\%$ ,  $\pm 6\%$ ,  $\pm 20\%$  und  $\pm 60\%$ ; für den Verlustfaktor sind die Bereiche 0...0,3%, 0...1%, 0...3% und 0...10% bei einer maximalen Auflösung von 0,01% vorhanden. Um Kabelfehler auszuschalten, wird eine Brückenschaltung (Kelvin) mit vier Anschlüssen verwendet, die zur Erreichung der hohen Meßgenauigkeit zusammen mit den dekadischen Normalkondensatoren und den Meßanschlüssen als getrennte Baueinheit ausgeführt ist. Dadurch können beispielsweise bei automatischen Messungen lange Verbindungsleitungen vermieden werden. Die Meßfrequenz beträgt 1 MHz, und die Meßspannungen sind 30 mV, 300 mV beziehungsweise 3 V. Analogausgänge ermöglichen den Anschluß der Brücke an Klassiergeräte.

### Elektronenstrahlröhre D 14-220

Unter der Typenbezeichnung D 14-220 hat AEG-Telefunken eine neue Elektronenstrahlröhre für transistorbestückte Breitband-Oszillografen herausgebracht. Die Röhre hat einen metallhinterlegten Planschirm mit einer ausnutzbaren Fläche von minimal 100 mm × 80 mm und eine Baulänge von maximal 380 mm. Um den gewünschten kleinen Ablenkkoeffizienten (3,3 V/cm in y-Richtung, 8,5 V/cm in x-Richtung) zu erreichen, wurde sie mit einer Netzelektrode zwischen Ablenksystem und Nachbeschleunigung ausgerüstet. Das Verhältnis zwischen Nachbeschleunigungsspannung und dem mittleren Plattenpotential beziehungsweise der ersten Beschleunigungsspannung konnte bis auf maximal 15 : 1 gesteigert werden. Infolge der hohen Gesamtbeschleunigungsspannung von maximal 20 kV werden auch schnelle einmalige Vorgänge noch mit guter Helligkeit wiedergegeben.

### Rechner für mittlere Unternehmen

Für einen ungefähren Mietpreis von 6500 DM im Monat (Verkauf: knapp unter 300000 DM) bringt die NCR als Rechner für mittlere Unternehmen die EDV-Anlage „Century 75“ auf den Markt. Die Kapazität ihres Zentralspeichers kann von 16 über 24, 32, 48 bis auf 64 K Bytes ausgebaut werden. Das Basissystem besteht aus der Zentraleinheit mit Zentralspeicher (16 K), einem integrierten Lochkartenleser, zwei Plattenspeichereinheiten sowie einem Schnelldrucker. Die Plattenspeichereinheiten haben eine Speicherkapazität von je 5 Mill. Bytes. Ein integrierter Multiplexer für Datenfernübertragung erlaubt den Anschluß von Terminals. Die Software der „Century 75“ ist voll kompatibel mit der Software der übrigen Typen der „Century“-Serie.



# Elektronische Cassetten-Diktiergeräte von SONY- die bewältigte Zukunft.

Erfolge in der Leistungsgesellschaft hängen auch davon ab, wie wir in Zukunft mit der Fülle der Kommunikationsprobleme fertig werden. SONY hat diese Probleme mit den Cassetten-Diktiergeräten TC-55 und TC-40 bereits gelöst. Und zwar mit dem für SONY typischen Selbstverständnis. Denn außergewöhnliche Leistungsfähigkeit wird erfahrungsgemäß durch außergewöhnliche Technik erreicht. Input gleich Output.

Nehmen Sie zum Beispiel das integrierte Elektret-Kondensator-Mikrofon, das

durch die SONY-O-MATIC unterschiedliche Lautstärken und unterschiedliche Entfernungen automatisch ausgleicht. Oder den servogesteuerten Motor, der Gleichlaufschwankungen auf ein Minimum reduziert. Oder die Schwingbalancierung für den stabilen Gleichlauf in jeder Lage. Oder, oder . . .

Über viele weitere technische Raffinessen sowie das gesamte SONY System der elektronischen Kommunikation sollten Sie sich informieren.



SONY GmbH  
5 Köln 30  
Mathias-Brüggen-Str. 70/72

**SONY**  
Wegbereiter für die audio-visuelle Zukunft.

**Blaupunkt-Lizenzen nach Südafrika**

Die *Television & Electrical Distributors, Ltd*, Johannesburg, hat jetzt von der Regierung der Südafrikanischen Union die Genehmigung zur Fertigung von Fernsehgeräten erhalten. Sie wird in diesem Jahr mit der Fertigung von Schwarz-Weiß- und Farbfernsehgeräten nach *Blaupunkt*-Lizenzen beginnen; die Geräte werden unter dem Markennamen „*Blaupunkt*“ vertrieben.

**Philips erwartet Steigerung im Rundfunk-, Phono- und Magnetbandgeräte-Geschäft um 15%**

Einer Verlautbarung der *Deutschen Philips GmbH* zur Entwicklung im Rundfunk-, Phono- und Magnetbandgeräte-Geschäft ist zu entnehmen: Im Jahre 1972 hat sich die Tendenz zu höherwertigen Rundfunk-, Phono- und Magnetbandgeräten verstärkt fortgesetzt. In den letzten Monaten des Jahres belebte sich der Absatz bei Hi-Fi-Stereo-Anlagen in einem solchen Maße, daß sich teilweise Lieferengpässe ergaben. Nach dem sehr guten Jahr 1971 brachte 1972 zwar keine große Expansion der Stückzahl, aber doch sehr interessante Verschiebungen in den einzelnen Artikelgruppen. Insgesamt hat sich eine deutliche Steigerung ergeben. Im Bereich der Koffergehäuse zum Beispiel waren Radio-Recorder noch stärker als bisher gefragt. Gleichzeitig weitete sich auch das Cassetten-Recorder-Geschäft aus. Der Stereo-Geräte-Markt tendiert deutlich zu normgerechten Geräten. Für Hi-Fi-Stereo-Spulenmagnetbandgeräte sieht *Philips* nach wie vor gute Marktchancen. Hi-Fi-Stereophonie findet auch im Bereich der Phonogeräte einen breiten Markt. Bei Autoempfängern gewinnt die Kombination mit Cassetten-Recordern zunehmende Bedeutung. Das Audio-Geschäft ist in den vergangenen fünf Jahren um 115% gestiegen.

1973 wird nach der Überzeugung der *Deutschen Philips GmbH* für die Branche ein erfolgreiches Jahr. Der steigenden Kaufkraft der Verbraucher stehen in dieser Sparte

nur geringfügige Preissteigerungen gegenüber. Trotz des harten Wettbewerbs erwartet *Philips* eine Steigerung seiner Verkäufe in diesem Bereich um 15%. Hi-Fi-Stereo-Geräte, speziell auch Cassetten-Geräte nach DIN 45 500 sowie Cassetten-Kombinationen in verschiedenen Ausführungen, werden an dieser günstigen Absatzentwicklung in besonderem Maße beteiligt sein. Für 1973 erwartet *Philips* auch eine starke Ausweitung des Video-Cassetten-Recorder-Marktes.

**Das elropa-Ergebnis 1972**

Im Geschäftsjahr 1972 erreichte die *elropa marktgemeinschaft freier elektro-rundfunk-fernseh-fachgroßhändler-gmbh & co. kg* ein Gesamt-Umsatzvolumen von 1,2 Mrd. DM. Der Unternehmensgruppe gehören 95 Großhandelshäuser an, die von 42 Gesellschaftern betrieben werden. Für 1973 wird ein Umsatzplus von 13% für die Bereiche Installationsmaterial, Elektrogeräte, Rundfunk - Fernsehen - Phono und Leuchten angestrebt.

Die Gruppe hat sich im Zuge größerer Märkte und Unternehmenseinheiten in vielen Bereichen neu formiert. Neben einem zentralen Handelsmarketing wurde auch die Kooperation mit Fachhandel und Handwerk als Pendant zu den Großbetrieben des Einzelhandels weiter ausgebaut.

**H. Metzger Sprecher des Vorstands der Loewe Opta GmbH**

Diplomvolkswirt Helmut Metzger wurde mit Wirkung vom 1. Januar 1973 als Sprecher der Geschäftsführung der *Loewe Opta GmbH*, Berlin/Kronach, bestellt. H. Metzger war bislang als Generalbevollmächtigter der *Standard Elektrik Lorenz AG* verantwortlich für den Bauelemente-Sektor.

**Prognose für Mono-Rundfunkgeräte-Umsatz 1973**

Nach einer Prognose aus dem Hause *Saba* wird 1973 im Fachhandel ein Mono-Rundfunkgeräte-Umsatz von 100 Mill. DM erreicht werden.

# Quarz aus der UdSSR

V/O Almazjuvelirexport offeriert kultivierten (synthetischen) Quarz mit piezoelektrischen Eigenschaften Q von 1 bis 4.10<sup>6</sup> an.



Diesbezügliche Anfragen richten Sie bitte direkt an den Alleinexporteur in der UdSSR:



**V/O ALMAZJUVELIREXPOR T**

Moskau, G-19  
Kalinin-Prospekt 29  
Telefon: 202-81-90  
Telex: 7125

**Kofferradios werden meistens  
von jungen Leuten gekauft.  
Und junge Leute hören  
meistens Radio Luxemburg.  
(Täglich 5,1 Mio.)**

**Können Sie sich nun vorstellen,  
warum wir Ihnen Koffergeräte  
mit der grünen Luxemburg-  
taste anbieten?  
Als einziger übrigens.**



**Technik von Telefunken. Schöne Gehäuse bauen andere auch.**

5,1 Millionen Radio-Luxemburg-Hörer brachten uns auf die Idee, diesem Sender eine Extrataste zu geben. Was unsere Techniker aus dieser Idee machten, sehen Sie am Beispiel unseres Partner Universal 401: Luxemburgtaste quarzstabilisiert, IC-bestückt (nur noch drei herkömmliche Transistoren), 3 Watt, Elektronische Batterie-/Netzumschaltung, Automatische Batterieaufladung.



# Eine technische Ohrfeige

Der einzige FM Stereo Receiver, dem sogar die Konkurrenz absolute Spitzenwerte bescheinigen mußte.

Der TR 1000 von Tandberg zeigt selbst da hervorragende technische Meßwerte, wo andere, dreimal teurere Geräte die Kurve kratzen oder bei Rechteckdurchgängen für den Endverstärker das große Flattern bekommen.

Internationale Vergleichsmessungen haben aufgrund der fantastischen technischen Daten den TR 1000 von Tandberg als Sieger aus vielen Tests hervorgehen lassen.

Ogleich solch ein Test Äpfel mit Birnen vergleicht. Jedenfalls vom Preis. Denn der Preis von 1.675,- DM (empf. Preis) liegt genauso weit unter dem der Konkurrenz, wie die technischen Werte darüber.

So wurden z. B. am TR 1000 gemessen: 100 Watt Sinus Gesamtleistung bei weniger als 0,15% Klirr- 10— 85000 Hz Übertragungsbereich — 1  $\mu$ V UKW — Eingangsempfindlichkeit bei 26 dB Signal/Rauschspannungsabstand — über 80 dB Fremdspannungsabstand bei den linearen Eingängen...

Auch der Bedienungskomfort läßt keinerlei Wünsche offen: Anschlußmöglichkeit für drei Tonbandgeräte und zwei Lautsprechergruppen — drei Vorpegelregler — drei Filter — zwei Anzeigeeinstrumente mit drei Funktionen usw.



Das Beste: Das Beste von den Dreibesten  
**SCOTT TANDBERG ORTOFON**

Den TR 1000 von Tandberg haben die Leute für Sie nach Deutschland geholt, die regelmäßig das Beste von den Dreibesten ausfindig machen.

syma electronic gmbh  
4 Düsseldorf, Grafenberger Allee 39  
Tel. (02 11) 68 27 88



# von Tandberg.



Chefredakteur WILHELM ROTH

Chefkorrespondent WERNER W. DIEFENBACH

## Selbstbau von Amateurfunkgeräten

Vor Jahrzehnten war der Selbstbau von Amateurfunkgeräten noch unbedingt erforderlich, da es an einem einschlägigen Industrieangebot fehlte. Wer damals eine Sendelizenz erhielt, mußte Empfänger und Sender selbst bauen, was für Funkamateure ohne größere technische Kenntnisse erhebliche Schwierigkeiten bedeutete. Einen Ausweg bot der Umbau kommerzieller Geräte auf die Amateurfunkbänder. Aber auch hier gab es Komplikationen, und die Beschaffung preisgünstiger kommerzieller Sender und Empfänger war nur selten möglich. Heute ist das Angebot amerikanischer, deutscher und japanischer Hersteller so umfassend, daß Amateurfunkgeräte aller Klassen und Gattungen in reicher Auswahl zur Verfügung stehen. Trotzdem gibt es noch zahlreiche Funkamateure mit Selbstbauambitionen, vorwiegend aus technischem Interesse, um sich weiterzubilden oder aus Kostengründen zunächst klein anzufangen.

Die früher oft angewandte Methode, Bauelemente nach eigenen Ideen anzuordnen und zu verdrahten, ist heute (abgesehen von einigen Spezialschaltungen) kaum noch üblich, da sie mit Risiken aller Art verbunden ist. Schwer auffindbare unerwünschte Kopplungen, Kurzschlüsse und — nicht zu vergessen — der manchmal komplizierte Abgleich bereiteten oft viel Ärger. Gedruckte Schaltungen und die Halbleitertechnik, der Entwicklungstrend der letzten Jahre, förderten den Selbstbau beträchtlich. Wer nach Prinzzeichnungen eine gedruckte Schaltung selbst anfertigt, vermeidet die meisten Verdrahtungsschwierigkeiten, da die Lage der Bauelemente von einem erfahrenen Entwickler festgelegt wurde. Noch einfacher ist es, fertige Bausteine zu kaufen, die von einigen Spezialfirmen angeboten werden.

Besonders zahlreich sind die Bausteine für 2-m-Geräte. Interessant ist beispielsweise ein 2-m-Konverter für die Frequenzbereiche 144 ... 146/20 ... 30 MHz. Sein geringes Eingangsrauschen wird durch einen verlustarm aufgebauten Eingangskreis mit Luftspule und Lufttrimmer und einen rauscharmen Eingangsfeldeffekttransistor in einer für minimale Eingangsrauschen ausgelegten Eingangsschaltung erreicht. Bemerkenswert ist auch die hohe Kreuz- und Intermodulationsfestigkeit. Der für 13,5 V Betriebsnennspannung ausgelegte Baustein hat verschiedene Schutzschaltungen, zum Beispiel gegen zu hohe Antennenspannungen, Falschpolung der Betriebsspannung und der Regelspannung usw. Zu diesem Konverter gibt es einen passenden Nachsetzer. Aus Übersteuerungsgründen wird hier auf eine Vorstufe verzichtet und eine extrem rauscharme Mischstufe mit einem Dual-Gate-MOSFET eingesetzt. Ein abgestimmtes Bandfilter mit hoher Einzelkreisgüte bewirkt eine hohe Vorselektion. Unmittelbar auf die Mischstufe folgt ein 4-MHz-Dreikreisfilter; für die Trennschärfe wird also schon weit „vorn“ gesorgt, und Kreuzmodulation und Übersteuerung sind hinter diesem Filter höchst unwahrscheinlich. Dem Dreikreisfilter folgt eine 4-MHz-Verstärkerstufe mit einem Dual-Gate-MOSFET. Schließlich wird von 4 MHz auf 400 kHz umgesetzt, ohne die Kreuzmodulationsfestigkeit zu verschlechtern. Wer auf dem 70-cm-Band empfangen will, kann einen zum Vorschalten an einen 2-m-Empfänger geeigneten Konverterbaustein verwenden (Eingangsfrequenz 432 ... 434 MHz, Ausgangsfrequenz 144 ... 146 MHz). Er ist in der Vorstufe mit einem Ge-UHF-Transistor und in allen übrigen Stufen mit Si-Transistoren bestückt.

Ein bekannter deutscher Hersteller bietet eine Reihe von 12-V-AM/FM-Bausteinen an, die den Aufbau moderner AM/FM-Empfänger, Sender und Transceiver für 2-m-Geräte für portablen, mobilen oder stationären Einsatz ermöglicht. Zu dieser in Halbleitertechnik ausgeführten Reihe gehören Empfänger, 48-MHz-VFO, AM/FM-Sender, Einbau-Linearverstärker für alle Betriebsarten (Ausgangsleistung etwa 12 W) und die Einbau-Netzstromversorgung. Außerdem wird verschiedenes Zubehör angeboten.

Lieferanten, die nur Bausteine anbieten, überlassen dem Funkamateure Fragen bezüglich des Einbaues, wobei natürlich manche Schwierigkeiten auftreten können. Man denke nur an das Skalenproblem und die damit verbundene Eichung, an die Gestaltung der Frontplatte und des Gehäuses, die Besorgung des Kleinmaterials für die Montage usw. Deshalb sind vollständige Bausätze mit ausführlicher Bauanleitung und komplettem Bauelemente-Sortiment sehr beliebt. Sie enthalten alles, was zum Aufbau eines Amateurfunkgerätes benötigt wird, einschließlich des Gehäuses mit beschrifteter Frontplatte, Verdrahtungs- und Montagmaterial. Die Bauanleitungen sind so ausführlich gehalten, daß auch weniger Geübte keine Schwierigkeiten haben. Genaue Anleitungen machen den Abgleich unkompliziert, zumal fast alle frequenzbestimmenden Baueinheiten vorabgeglichen sind. Gegenüber der Anschaffung eines fertigen Geräts ist die Geldersparnis bedeutend.

Mit diesen kompletten Bausätzen kann man von vornherein eine dem neuesten technischen Stand entsprechende Amateur-KW-Station für die heute auf den Bändern 10 ... 80 m üblichen Betriebsarten (Telegrafie, SSB-Telefonie) bauen. Die Anschaffung der einzelnen Geräte kann nach und nach vorgenommen werden. Sollen Empfänger und Sender getrennt sein, wird man zunächst mit dem Empfänger-Bausatz beginnen und anschließend den Sender-Bausatz erwerben. Wesentlich preisgünstiger ist die Anschaffung eines Transceivers, der entweder als Empfänger oder als Sender arbeitet. Es gibt auf dem Markt schon leistungsfähige Transceiver-Bausätze (10 ... 80 m) für CW und SSB in der Preisklasse um 1200 DM. Dafür erhält man eine komplette Send- und Empfangsstation, abgesehen von Antenne, Mikrofon und Taste. Wichtiges Zubehör ist ein Universal-Netzteil-Bausatz für etwas unter 200 DM.

Die KW-Amateurfunk-Bausätze der Spitzenklasse eines amerikanischen Herstellers stellen Höchstleistungen in Perfektion, technischer Leistung und Design dar. Eine solche Anlage besteht in der Grundausstattung aus einem Transistorsuper (27 Transistoren, darunter vier Dual-Gate-MOSFET mit Schutzdioden und eine integrierte Schaltung), einem SSB-Sender mit neuartigem Betriebsartenschalter für Transceiver-Betrieb, Vox- und PTT-Steuerung und 180 W PEP-Input sowie aus einer SSB-Linear-Endstufe für 1200 W PEP-Input. Wichtiges Zubehör sind ein formschöner Stationslautsprecher, ein hochwertiges Mikrofon und ein HF-Leistungsmesser. Nach dem Zusammenbau macht das Gerät den Eindruck einer hochwertigen Amateurfunkanlage, die formschön und leistungsstark ist, ob man nun die Funkverbindungen in SSB-Telefonie (unteres beziehungsweise oberes Seitenband) oder in Telegrafie abwickelt. Eine solche selbstgebaute Anlage zu besitzen, ist der Wunsch manches aktiven Funkamateurs.

Werner W. Diefenbach

**Funkausstellungen nach 1973.** Das in unserem Verlag erscheinende alleinige VDRG-Organ „Rundfunk-Fernseh-Großhandel“, gibt in seiner Januarheft ein in der Tagespresse erschienenen Interview mit Diplomkaufmann Hermann Brunner-Schwab (Saba), dem Vorsitzenden des Fachverbandes Rundfunk und Fernsehen im ZVEI, wieder und zitiert ihn unter anderem dahingehend, daß die Internationale Funkausstellung 1973 Berlin gesichert ist. Zur Frage, ob die Industrie danach den zweijährigen Ausstellungsrythmus beibehalten werde, wird gesagt: „Man hat sich Gedanken darüber gemacht, ob derartige Großveranstaltungen für die 70er und 80er Jahre richtig sind. Die Verbandsorganisation erstellt zur Zeit eine Studie, die sich mit dieser Frage befaßt. Seine persönliche Meinung ist, daß kleinere Veranstaltungen, die auf „Wanderschaft“ gehen, sicherlich zweckmäßig sein werden. Man sollte aus den klassischen Messestandorten hinausgehen und dorthin wandern, wo Kaufkraftvoraussetzungen und Markterfordernisse ein Auftreten wünschenswert erscheinen lassen. Die Unterschiede in der Farbfernsehgeräte-Versorgung im Bundesgebiet liefern interessante Ansätze. München, Hamburg und Hannover wären Plätze, die zu berücksichtigen sind. Natürlich wäre keine Ausstellung im Rahmen der Hannover-Messe denkbar, denn dann würde eine Funkausstellung untergehen. Köln und Essen sind ebenfalls von Interesse. Wie dem auch sei – bis Ende 1973 muß die Entscheidung für die dann kommende Funkausstellung gefallen sein. Der Beirat wird den Mitgliedern des Fachverbandes rechtzeitig sein neues Konzept vorlegen.“

**BASF.** Für 1973 bis 1975 hat die Firma einen Exklusiv-Vertrag mit der Berliner Schlagersängerin Manuela. Ende Januar kam die erste Single auf den Markt.

**Grundig.** Für den Radio-Recorder „C 400 Automatic“ kam die Schutztasche „806“ aus schwarzem geräuterten Kunstleder auf den Markt. Ihr Handtrageriemchen kann durch einen Schulterriemen verlängert werden. Empfohlener Preis: 39,50 DM.

**Harting.** Das Espelkamper Unternehmen hat am März 1973 eine neue Telefonnummer: (0 57 72) 30 71.

Mit 88 Seiten Umfang kam das Prospektheft „Elektro-Betätigungsmagnete“ heraus. Es gibt eine gute Übersicht über das Magnet-Fabrikationsprogramm des Unternehmens und informiert über Klappankermagnete, polarisierte Kleinmagnete, offene Hubmagnete, geschlossene Hubmagnete, Umkehrhubmagnete, Drehmagnete, Magnetaggregate, Magnetzubehör und Anschlußgeräte.

**Hitachi.** Der 32seitige Katalog „Hitachi die ganze Welt perfekter Unterhaltungselektronik“ führt das hiezulande vertriebene Gerätesortiment in folgenden Kategorien vor: „Farbfernseher“ – „Tragbare Fernseher“ – „Koffer-Super“ – „Radio-Kassetten-Recorder“ – „Kassetten-Recorder“ – „Radio-Weckuhren“ – „Funk-Sprechgeräte“ – „Tape-Decks“ – „Lautsprecher“ – „Stereo-Radio-Kombinationen“ – „Steuergeräte + Verstärker“ – „Plattenspieler“ – „Autoradios“ – „Auto-Kassetten-Stereo“ – „Auto-Lautsprecher“ – „Batterien“ – „Kassetten-Tonbänder“ – „EVR + Memory-Vision“.

Vor Monaten hatte Geschäftsführer Peter Frank dazu aufgefordert, ihm bei einem Reparaturfall bei Farbfernsehempfänger des Fabrikats persönlich zu schreiben (vgl. FUNK-TECHNIK 21/72, S. 776). Per Jahresanfang erklärte er, bislang einen einzigen Anruf in der Sache erhalten zu haben; die Reklamation sei binnen Stunden erledigt gewesen. Dem Geschäftsjahr 1973 sehe man mit Gelassenheit und Zuversicht entgegen.

Für die drei Farbfernsehempfänger wurden gesenkte empfohlene Richtpreise genannt: „CAP-165“ 1468 DM – „CEP-185“ 1548 DM – „CNP 865“ 1598 DM.

**Industrie-Elektronik.** In Erweiterung des Lieferprogramms für Hersteller von Dick- und Dünnfilm-Schaltungen hat die in Pirmasens ansässige Firma (mit Technischem Büro in Sindelfingen) nunmehr auch Keramik-Chip-Kondensatoren von Maida in das Sortiment aufgenommen. Ebenfalls von Maida sind neu im Vertriebsprogramm Scheibenkondensatoren mit axialen oder radialen Drahtanschlüssen.

Die Firma hat auch ein neues Bauelement von Metalfix ins Sortiment aufgenommen, es handelt sich um Glimmer-Chip-Kondensatoren die vorzugsweise für den Einsatz in Dick- und Dünnfilm-Hybrid-Schaltungen vorgesehen, aber auch für Kondensatorenhersteller geeignet sind.

**ITT Schaub-Lorenz.** Als Spitzen-Koffereempfänger offeriert die Firma den Typ Touring international 104“ (U4KML, Gegentakt-Endstufe mit etwa 4W bei Batterie, Auto und Netzbetrieb). Das Gerät soll zwei Kundenwünsche erfüllen: störungsfreien Fernempfang auf KML und volle Nutzung der Klangwiedergabe auf UKW. Der gebundene Preis für die Ausführung mit Lochgrin in Holzdekor ist 329 DM, es gibt auch für (gebunden) 349 DM eine Ausführung im Metall-Look, die „Touring studio 104“ heißt.

**Metz.** Sowohl die Schwarz-Weiß- als auch die Farbempfinger des Fabrikats sind nun ausschließlich mit „kühlen“ Halbleitern – Transistoren, Thyristoren und integrierten Schaltungen – bestückt. Dadurch gelang es, die Leistungsaufnahme bis zu 30% zu senken. Entsprechend geringer ist die Wärmeentwicklung, so daß nun auch die Farbempfinger ohne Bedenken in Schrankwände gestellt werden können. Ausnahmslos haben die neuen Farbempfinger nun die „flache“ 110° Bildröhre.

**Mirotronic.** Der in Hamburg und München ansässige Elektronik-Vertragshändler führt nun auch Bauteile der amerikanischen Firma Dale Electronics Inc.

**Philips.** Die neuen Konstant-Gleichspannungsgeräte „PE 1515“ (30 V, 12,5 A) und „PE 1505“ (7,5 V, 40 A) wiegen im Gegensatz zu ihren Vorläufer Typen nur noch 9,7 kg, sie haben etwa ein Drittel der früheren Abmessungen.

**Saba.** Neu im Mono-Rundfunkempfänger-Sortiment ist „Bregenz“ (UKML, 3W Ausgangsleistung, Gehäuse Nußbaum, Natur, oder mattweiß, Festpreis 248 DM). Der Hersteller läßt das Modell in der gehobenen Leistungsklasse rangieren.

„cassetten-deck 335 Stereo“ arbeitet als Stereo-Tape-Deck für Stereo-Anlagen sowie als Stereo- oder Mono-Recorder für unterwegs mit Batteriebetrieb und Stereo-Kopfhörer beziehungsweise parallel geschalteten Stereo-Kanälen (Ausgangsleistung 2W selbsttätige Umschaltung zwischen Batterie- und Netzbetrieb, Festpreis 298 DM).

**SGS-Aies TAA 630 S** ist eine monolithisch integrierte Schaltung, die für die Anwendung in Farbfernsehempfängern entwickelt wurde. Im wesentlichen erfüllt sie folgende Funktionen: aktive Synchronmodulation der Blau- und Rot-Signale, Matrix für Grün-Signal, Flip-Flop für den Kennungsschaltkreis, PAL-Schalter und Farbschalter.

Der monolithische Schaltkreis TCA 511 erfüllt 6 Fernsehempfinger-Funktionen: er benötigt die Hälfte der für diskrete Lösungen erforderlichen externen Bauteile. Im Einsatz ohne Spulen oder Trafos werden folgende Funktionen von ihm ausgeführt: Horizontal-Oszillator, Phasenvergleich und Nachstimm-Schaltung, Stör-austausung und Bandbreitenumschaltung, Vertikal-Oszillator und Sägezahn-generator. Seine wichtigsten elektrischen Parameter sind hohe Frequenzstabilität, großer Fangbereich und enge Rauschbandbreite.

Die Reihe der NF Verstärker des Fabrikats wurde durch den „TBA 820“ erweitert. „TBA

820“ eignet sich besonders für den Einsatz in netz- und/oder batteriebetriebenen Geräten wie in Kofferradios und fernsehergeräten, Tonbandgeräten und Cassetten-Recordern, Plattenspielern. Bordsprechanlagen-Systemen usw. Dieser NF Verstärker arbeitet im Versorgungsspannungsbereich 3 – 16V und liefert 0,75 W bei 6 V und 4  $\Omega$ , 1,6 W (9 V und 4  $\Omega$ ) und 2 W (12 V und 8  $\Omega$ ). Weitere Daten dieses NF Verstärkers für Niederstrom-Batteriegeräte sind: Ruhestrom 35 mA (9 V) – keine Übernahmeverzerrungen bei sehr niedrigen Versorgungsspannungswerten – Brummspannungsunterdrückung besser als 44 dB – externe Elemente 2 Elkos 2 Keramik-kondensatoren, 1 Widerstand – thermischer Widerstand 80 °C/W.

**Stephan.** Die Göppinger Großhandlung beging kürzlich ihr 50jähriges Firmenjubiläum.

**Teldec.** Als „Start einer neuen attraktiven Preisklasse“ kündigte die Firma neue Musi-Cassetten zum Preis von 12,50 DM an. Zunächst wurde Musik unter den Sammeltiteln „Man soll die Feste feiern“, „Oldies but Goldies“ und „Schlager des Jahres“ angeboten.

**Telefunken.** Neu im Reiseempfindersortiment sind die für Batterie- und Netzbetrieb ausgelegten Modelle „partner special 101“ (UKML, Ausgangsleistung 2W bei Netzbetrieb, 0,8W bei Batteriebetrieb, gebundener Preis 199 DM) und „partner universal 401“ (UKML, Luxemburg, Stationstaste, Ausgangsleistung 3W bei Netzbetrieb, 1,5W bei Batteriebetrieb, gebundener Preis 229 DM).

Neu bei den Tonbandgeräten ist der Vierspuren-Cassetten-Recorder für Mono- und Stereo-Aufnahme und Wiedergabe mit Compact Cassetten „magnetophon partysound stereo“ (Batterie- und Netzbetrieb, integriertes Mikrofon, Mono-Ausgangsleistung bei Netzbetrieb 2W bei Batteriebetrieb 1,5W, Stereo-Wiedergabe nur über Stereo-Anlage).

„TL 500“ ist eine neue Hi-Fi-Lautsprecherbox (1 Tiefton-Lautsprecher 203 mm  $\varnothing$ , 1 Mittel-Hochtון-Kalotte, geeignet für Steuergeräte um 35 W Sinus, Grenzbelastbarkeit 50 W, lieferbar in Nußbaum, hell matt und Weiß, gebundener Preis pro Satz 598 DM).

**Zettler.** „Magical“, genannt „das elektronische Telefonbuch“, ist ein in den USA erfundenes und jetzt auch in Deutschland vertriebenes Speichergerät mit Bandschleife die Telefonnummern bis zu 16 Ziffern aufnehmen kann. Es ist zum Anschluß an Lautsprecher-telefone und an herkömmliche Fernsprecher von der Bundespost zugelassen. Man setzt das motorgetriebene Band in Bewegung und stoppt es, wenn der Name des gewünschten Teilnehmers im Sichtfenster erscheint. Dann nimmt man den Telefonhörer ab, und das Gerät stellt elektronisch die Verbindung her. Ein Programmiergerät zum Einspeichern der gewünschten Rufnummern gehört zum Lieferumfang. Preise komplett für Anlage bis zu 400 Nummern 1496 DM für Anlage bis zu 1000 Nummern 1676 DM, jeweils zuzüglich Mehrwertsteuer.

## Neue Serviceschriften

**Blaupunkt**  
Farbfernsehempfänger „Cortina Color“ (7 663 610)

**Philips**  
Farbfernsehempfänger „Goya“ (D 26 K 260)  
Hi-Fi-Empfangsgerät „22 RH 702“  
Hi-Fi-Empfangsgerät „22 RH 712“  
Hi-Fi-Verstärker „22 RH 521“  
Kofferempfänger „Blues SL“ (90 RL 114)  
Auto-Stereo-Radio-Recorder „22 RH 712“  
Hi-Fi-Lautsprecher-Box „22 RH 426“  
Hi-Fi-Lautsprecher-Box „22 RH 427“

**Saba**  
Farbfernsehempfänger „T 3715 telecommander G“, „S 3715 telecommander G“, „T 3716 telecommander G“, „S 3716 telecommander G“

# Zur Fehlerphysik elektronischer Geräte

## 1. Allgemeines

Will man bei der Herstellung von elektronischen Geräten Fehler vermeiden, dann müssen Fehlerursprung und Fehlerursachen sorgfältig studiert werden. Es ist billiger, durch erhöhte Aufmerksamkeit bei der Entwicklung, Konstruktion und Fertigung Fehler zu verhindern als solche später durch Reparaturen zu beseitigen.

Die Analyse von Funktionsausfällen elektronischer Geräte führt zu einer systematischen Unterscheidung der Ursachen und bestätigt physikalische Zusammenhänge. Die Geräte enthalten sehr viele Elemente, und zwar neben aktiven und passiven elektrischen Bauteilen auch mechanische und elektromechanische Teile wie Motoren, Antriebe, Abstimmaggregate, Schalter und dergleichen. Das einwandfreie Arbeiten aller dieser Bauelemente im Gerät hängt von drei grundsätzlichen Faktoren ab: von der Entwicklungskonzeption, von der konstanten Güte der Bauteile und von der einwandfreien Montage in der Fertigung.

Infolge der vielen Schaltverbindungen und Funktionen in einem elektronischen Gerät ist es erfahrungsgemäß schwierig, für alle möglichen Umstände zu garantieren, daß in der Zukunft keine Fehler vorkommen. Solange versteckte Fehler bereits im Werk oder beim Händler vor der endgültigen Inbetriebnahme eines Gerätes beim Kunden auftreten und sofort beseitigt werden können, sind die sich daraus ergebenden Nachteile noch nicht allzu schwerwiegend. Die bei der Fehlerbeseitigung gewonnenen Erkenntnisse lassen sich dann noch schnell genug über die Fehlermeldung an den Hersteller für eine Verbesserung der Qualität ausnutzen. Oft handelt es sich aber um Ausfälle, die erst nach längerer Betriebszeit auftreten und somit die Zuverlässigkeit der Geräte beeinflussen.

## 2. Ursprung der Fehler und Möglichkeiten der Beseitigung

Das gesamte Fehlerbild läßt sich allgemein nach den folgenden vier Entstehungsgruppen aufschlüsseln: Mensch, Material, Maschine und Methode. Innerhalb dieser Gruppen kann man jeweils Maßnahmen zur Abstellung von Fehlern einleiten. Dabei sind durch den Menschen herbeigeführte Fehler nicht immer direkt abzustellen. Die Analyse der Fehler führt zu zwei elementaren Ursachen: Mangel an Kenntnissen und Mangel an Aufmerksamkeit. In den USA entstand eine arbeitspsychologische Methode, das Null-Fehler-Programm (Zero Defects) für garantiert fehlerfreie Geräte [1].

Das Ziel eines neuen Forschungsgebietes „Anthropotechnik“ besteht in der Entwicklung von Mensch-Maschine-Systemen, bei denen eine Überforderung der Menschen vermieden wird. Die Anthropotechnik ist ein Teilgebiet der Ergonomie, der Arbeitswissen-

schaft. Sie untersucht das Zusammenwirken von Mensch und Maschine, um Regeln und Methoden zur Gestaltung funktionsgerechter Systeme zu erarbeiten, die möglichst hohe Anforderungen an die Sicherheit, Zuverlässigkeit und Wirtschaftlichkeit erfüllen [2]. Die Zielsetzung der Methoden betrifft alle Beteiligten der Entwicklung, Konstruktion, Fertigung und alle Hilfsabteilungen.

Fehler entstehen auch oft durch die Wahl der Bauteile. Nicht zuletzt sind einerseits Liefersituationen dabei besondere Umstände. Andererseits muß die Konsumgüter-Industrie mit äußerster Wirtschaftlichkeit produzieren. Schließlich besteht aber ein Zusammenhang zwischen Kosten und Gerätezuverlässigkeit. Es ist nun Aufgabe der Konstruktion und Entwicklung von Geräten, diesen Zusammenhang zu optimieren.

## 3. Fehlerverteilungsfunktionen

Je nach den Eigenschaften eines Produkts weist die statistische Fehlerauswertung Unterschiede in der Qualität der Werkstoffe, der Teile, der Montage und im Betriebsverhalten nach. Eine Folge davon ist die Verteilung des Auftretens der Fehler in verschiedenen Zeitperioden. Bei Prognosen auf Grund von Stichprobenergebnissen ist man also gezwungen, eine auf Erfahrung basierende mittlere Verteilung der Fehler anzunehmen. Grundsätzlich können folgende Verteilungsfunktionen unterschieden werden [3]:  
 a) Die lineare Verteilung (Kurve a im Bild 1) liegt vor beim Verschleiß un-

oder Wachstumsprozesse (wie zum Beispiel bei der Weltbevölkerung). Einen Abklingprozeß stellt auch die typische Verteilungsform der Zufallsausfälle von elektronischen Bauteilen und Geräten dar. Auch bei der Annahme von gemischter Verteilung benutzt man als Grundlage die Exponentialverteilung; sie ergibt die Zuverlässigkeitsfunktion

$$R(t) = e^{-\lambda \cdot t}$$

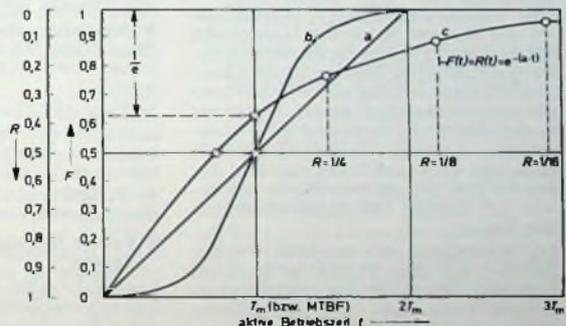
d) Die Weibull-Verteilung geht von der Exponentialverteilung aus und beschreibt zeitlich ansteigende oder abfallende Ausfallraten durch einen zusätzlichen Parameter  $\beta$ . Für diese Verteilung gilt

$$R(t) = e^{-\lambda \cdot t^\beta}$$

Im Falle der exponentialen Fehlerverteilung eines Gerätes wird oft die Zeit der mittleren Lebensdauer  $T_m$  beziehungsweise MTBF, die mittlere Zeit zwischen den Fehlern, angegeben. Zur Darstellung der Fehlerverteilung werden auch spezielle Lebensdauerprofile verwendet, die Fehlersätze zwischen 50 und 100% detaillierter projizieren.

Der langperiodische Verlauf der Exponential- und Weibull-Verteilung wird zu Beginn und am Ende durch einen stärkeren Anfall von systematischen Fehlern überlagert. Die Früh- und Spätausfälle liegen zum großen Teil noch im Fertigungsablauf. Alterungserscheinungen bei elektronischen Geräten machen sich durch eine Häufung von Reparaturfällen nach längerer Betriebszeit bemerkbar.

Bild 1. Grafische Darstellung verschiedener Fehlerverteilungsfunktionen. Kurve a: lineare Verteilung, Kurve b: Gaußsche Normalverteilung, Kurve c: Exponentialverteilung;  $T_m$  (bzw. MTBF) mittlere fehlerfreie Zeit,  $R$  fehlerfreier Bestand,  $F$  Fehlersatz



gleichmäßig belasteter kurzlebiger Elemente im Kollektiv. Ein typisches Beispiel dafür ist die Verdampfung von Wassermolekülen.

b) Die Gaußsche Normalverteilung (Kurve b im Bild 1) entspricht dem Verschleiß von Substanz der Elemente. Typische Beispiele dafür sind Glühlampen und Batterien. Auch der Verschleiß beweglicher mechanischer Bauteile folgt diesem Gesetz.

c) Nach der Exponentialverteilung (Kurve c im Bild 1) verläuft beispielsweise die Zerfallskurve radioaktiver Elemente. Das Exponentialgesetz beschreibt Abklingprozesse (wie hier)

Zwei praktische Beispiele sollen diese Regeln veranschaulichen. Bild 2 zeigt die empirisch ermittelte Fehlerverteilung für Magnetton-Cassetten-Geräte mit typischen Abnutzungsfehlern.

Aus Bild 3 geht die Ausfallverteilung bei Fernsehempfängern hervor [4]. Höhere Ausfallraten werden bis zu 50 Betriebsstunden beobachtet. Der Abklingprozeß der e-Funktion macht sich nach 1000 Stunden bemerkbar, wird aber überlagert durch Alterungsausfälle von Röhren ab etwa 5000 Stunden. Die Ausfallrate über die gesamte Zeit ist nicht konstant; sie folgt einer Weibull-Funktion.

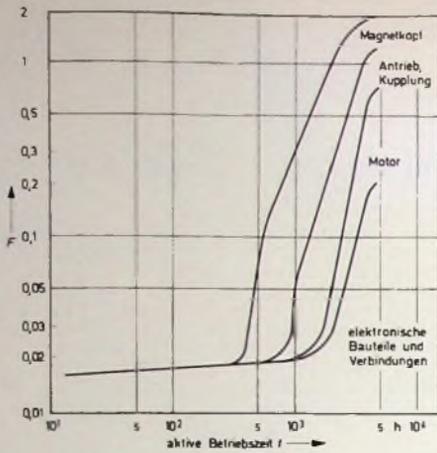


Bild 2 Empirische Fehlerverteilung für Magnetkopi-Geräte; Gaußsche Normalverteilung

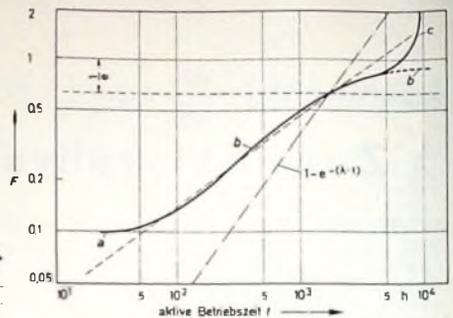


Bild 3 Empirische Ausfallverteilung für Farbfernsehempfänger. a Frühaustritte, b exponentiell verteilte Zufallsausfälle, c Überlagerung von Alterungsausfällen bei Röhren

Tab. 1 Beziehungen zwischen Fehlerarten

	Fit	Bit	Fehler/10 <sup>6</sup> h	%/1000 h	Fehler/10 <sup>3</sup> h	Fehler/h
Fit	1	10 <sup>-1</sup>	10 <sup>-3</sup>	10 <sup>-4</sup>	10 <sup>-6</sup>	10 <sup>-9</sup>
Bit	10	1	10 <sup>-2</sup>	10 <sup>-3</sup>	10 <sup>-5</sup>	10 <sup>-8</sup>
Fehler/10 <sup>6</sup> h	10 <sup>3</sup>	10 <sup>2</sup>	1	10 <sup>-1</sup>	10 <sup>-3</sup>	10 <sup>-6</sup>
%/1000 h	10 <sup>2</sup>	10 <sup>3</sup>	10	1	10 <sup>-2</sup>	10 <sup>-5</sup>
Fehler/10 <sup>3</sup> h	10 <sup>6</sup>	10 <sup>5</sup>	10 <sup>3</sup>	10 <sup>2</sup>	1	10 <sup>-3</sup>
Fehler/h	10 <sup>9</sup>	10 <sup>9</sup>	10 <sup>6</sup>	10 <sup>5</sup>	10 <sup>3</sup>	1

#### 4. Fehlertypus

Mit Ausnahme der typischen Frühaustritte treten bei Bauelementen einer kontrollierten Fertigung während der für diese vorgegebenen Gebrauchsdauer überwiegend Zufallsausfälle auf. Die Analyse der Fehler zeigt aber auch eine Abhängigkeit von der Beanspruchung.

Die Lebensdauer von Widerständen, Kondensatoren und Spulen wird durch Einflüsse wie Korrosion, chemischer Angriff, innere Spannungen und Materialermüdung bestimmt. Bei Halbleitern können Unterbrechungen an den Kristallanschlüssen entstehen. Über die Vielseitigkeit der Fehlererscheinungen und -ursachen läßt sich ein umfangreicher Katalog aufstellen [5].

Der Mechanismus der Totalausfälle ist auf wenige Kriterien beschränkt, nämlich Behinderung funktionsbedingter mechanischer Bewegungen, Leerlauf (Unterbrechung) elektrischer Leiter und Kurzschluß beziehungsweise Isolationsverlust zwischen zwei elektrischen Leitern. Änderungsausfälle beziehen sich auf Veränderung der Kennwerte bei aktiven Bauteilen sowie auf Mängel frequenzbestimmender Kreise.

Die Anschlüsse der Bauteile werden mit den auf eine Platine gedruckten Leiterbahnen durch ein maschinelles Lötbad verbunden. Zur Herstellung einer zuverlässigen Lötstelle müssen verschiedene Bedingungen bei der lötlenden Oberfläche, bei der Lotlegierung als Füllmaterial und beim Flußmittel erfüllt sein. Diese Faktoren sind weiterhin durch Temperatur und Verfahren korreliert. Typische Merkmale sind schnelles Aufheizen auf Löttemperatur (183...185°C) und Halten dieser Temperatur für einige Sekunden, damit das Lot (63% Sn, 37% Pb) in die Spalten eindringt. Fehler sind grundsätzlich wegen der unvollkommenen Benetzbarkeit legierter Metalle möglich. Bei den sehr vielen maschinellen und manuellen Lötverbindungen eines Gerätes können vereinzelt Risse entstehen, oder es kommt zu unerwünsch-

ten Zinnresten. Mit der Zeit sind chemische Zersetzungen oder Wärmedurchschlag möglich.

Durch Bewegung und Transport der Geräte und Teile entstehen Einwirkungen mechanischer Kräfte durch Stoß oder Schwingung. Mechanische Teile, die funktionelle Bewegungen ausführen (Antriebe, Kupplungen, Schalter und dergleichen) unterliegen normaler Abnutzung. Infolge Reibbewegung, Schlupf, Schrumpfspannung und Korrosion entstehen Verschleiß und unter Umständen zu frühe Lebensdauerbegrenzung. So hängt bei hochwertigen Geräten die Lebensdauer auch von der rechtzeitigen Wartung ab.

Man kann also nach Ursprung und Fehlerverteilungsfunktion drei Arten von Fehlern unterscheiden:

► Systematische Fehler als Frühaustritte oder infolge vorzeitiger Alterung; durch anomale Häufung erkennbar

► Verschleiß bei mechanisch-beweglichen Teilen nach bestimmter Betriebszeit; in der Häufung normalverteilt nach Gauß.

► Zufallsausfälle; nach dem Exponentialgesetz verteilt.

#### 5. Fehler mit außergewöhnlichen Folgen

Leerlauf- oder Kurzschlußfehler an Leitern mit hoher Spannung können das Basismaterial herkömmlicher Kunststoffe durch Lichtbogenbildung thermisch so hoch belasten, daß sie verkohlen oder in Brand geraten. Flammwidrige (glasfaserverstärkte) Materialien waren bisher schwierig zu verarbeiten. In letzter Zeit werden aber transluzente Phenol- und Epoxidharzlaminate angeboten, die sich besser verarbeiten lassen.

Als gefährlich für die Ausweitung eines Brandes haben sich Rückwände von Fernsehempfängern aus dem schnellbrennenden Polystyrol erwiesen. Mit Noryl steht nunmehr ein selbstverlöschendes Material zur Verfügung; es ist aber noch teurer und schwerer verarbeitbar als Polystyrol.

Als nicht unbedeutender Fehler muß auch eine Störung fremder Funkgeräte - ohne erkennbare Anzeichen beim primären Betrieb - gewertet werden. Hierbei handelt es sich entweder um ungewollte Schwingungen oder um Überschreitung der behördlich zugelassenen Funkstörswerte. Solche Fehler, sofern sie nicht konstruktiv bedingt sind, können entstehen durch Veränderung aktiver Bauelemente, defekte Sperrkreise und Mängel an Abschirmteilen.

Andere Fehlerquellen können infolge der Nichteinhaltung von Sicherheitsvorschriften auftreten. Sie machen sich bemerkbar durch Berührungsspannungen, schädliche Strahlung oder ähnliche Gefahren und entstehen im allgemeinen durch Mängel an mechanischen Verschlußvorrichtungen und Bedienungsorganen.

#### 6. Zuverlässigkeits-Nennwerte

Beispiele der Fehleranalyse von zwei sehr unterschiedlichen Geräten zeigen die praktische Vergleichsmöglichkeit der Zuverlässigkeit durch den Ausfallsatz in Prozent.

a) Gerät mit sehr großer Zuverlässigkeit: transistorbestücktes Tragerfrequenzgerät

710 elektrische Bauteile

Ausfallsatz: 1,7%/Jahr (bei 8640 Betriebsstunden)

Betriebsbedingungen: ohne Unterbrechung in klimatisierten Räumen; durchweg Niederspannungen

Kosten: hoch

Fehleranalyse (Umrechnung von Tab. 3 nach Lörcher [6]):

Lötungen	0,11
Halbleiter	0,40
Kondensatoren	0,31
Widerstände	0,08
Ferritspulen	0,12
	1,00

b) Schwarz-Weiß-Fernsehempfänger mit elektronischer Abstimmung

578 elektrische Bauteile

Ausfallsatz: 16,8%/Jahr (bei etwa 1000 aktiven Betriebsstunden)

Betriebsbedingungen: beliebig oft Ein- und Ausschaltung in klimatisch sehr unterschiedlichen Räumen; Hochspannungs-Impulsspitzen

Kosten: extrem niedrig

Fehleranalyse:

Lötungen	0,05
Halbleiter	0,58
Röhren	0,19
Kondensatoren	0,03
Widerstände	0,03
Regler	0,05
Transformatoren	0,06
	1,00

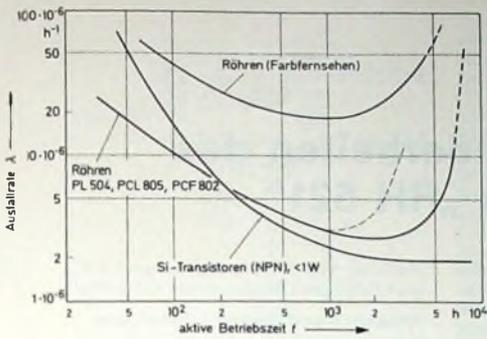
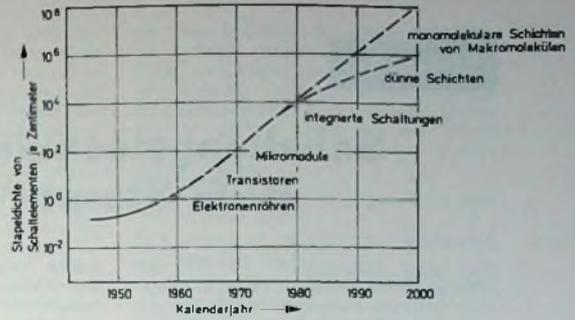


Bild 4. Zeitverhalten der Ausfallrate einiger aktiver Bauelemente

Bild 5. Entwicklungsprognose, Stapeldichte von Schaltelementen je Zentimeter (nach Graul und Franke)



## 7. Fehlerhäufigkeit je Gerät

Im allgemeinen wird mit dem Ausfallsatz die Anzahl der Fehler auf ein Gerätekollektiv bezogen. Die statistische Verteilung der Fehler auf die einzelnen Geräte folgt im Durchschnitt einer mathematischen Funktion, das heißt, beispielsweise 36,8% der Geräte werden im Jahr einmal, 18,4% werden zweimal, 6,2% werden dreimal, 1,5% werden viermal usw. repariert. Die „Ausreißer“ müssen bei Konsumgütern mit großen Stückzahlen begreiflicherweise Ärger hervorrufen.

## 8. Ausfallrate von Bauelementen

Die Betriebszuverlässigkeit wird als Ausfallsatz für eine bestimmte Zeitdauer unter gegebenen Bedingungen angegeben, für einen NPN-Transistor also etwa in der Art:

$$\text{Ausfallsatz} = 0,08\% / 1000 \text{ h}; \\ P_C = 200 \text{ mW}, T_U = 25^\circ \text{C}.$$

Die Ausfallrate wird nicht als Prozentzahl der Ausfälle während einer bestimmten Betriebszeit, sondern als Anzahl der Ausfälle je Bauelemente-stunde (reziproke Zahl der beim Ausfallsatz zugrunde gelegten Zeitdauer) angegeben, für das obige Beispiel demnach mit

$$\lambda = 0,8 \cdot 10^{-6} \text{ h}^{-1}.$$

Diese Zahl bezieht sich auf eine Betriebszeit gleich der mittleren Lebensdauer. Ist die Ausfallrate unabhängig von der Zeit konstant, dann lassen sich die Anzahl der Bauelemente und ihre jeweilige Betriebszeit vernachlässigen.

Vorstehend wurde ein Unterschied zwischen Ausfallsatz und Ausfallrate gemacht. Grundsätzlich besteht – mathematisch gesehen – ein Unterschied nur in den Bezugsgrößen für die Errechnung und in den entsprechend errechneten Werten. Im für die Arbeiten auf diesem Gebiet oft richtungweisenden amerikanischen Schrifttum wird auch bei Verwendung unterschiedlicher Bezugsgrößen meistens nur einheitlich von Fehlerrate (failure rate) gesprochen. Eine oft benutzte Einheit für die Bezeichnung von Fehlerraten ist in den USA das Bit; es bezieht sich auf 0,01 Fehler/1 Million Stunden. Da die Fehlerraten vieler Einzelteile in jüngster Zeit immer kleiner werden, benutzt man als Einheit auch das Fit; es ist 1/10 eines Bit.

In Tab. I sind die Umrechnungsfaktoren zwischen den sehr oft benutzten Fehlerraten angegeben [7]. Der Umrechnungsfaktor für das vorstehende

Beispiel (%/1000 h umgerechnet in Fehler/h) ist  $10^{-5}$  laut Tab. I  $0,08\% / 1000 \text{ h}$  entsprechen also  $0,08 \cdot 10^{-5} / \text{h} = 0,08 \cdot 10^{-5} \text{ h}^{-1} = 0,8 \cdot 10^{-6} \text{ h}^{-1}$ .

Nach dem Arrhenius-Gesetz nimmt die Zuverlässigkeit mit dem Grad der Belastung eines Bauelements ab. Die Kriterien sind: bei Widerständen der Leistungsumsatz, bei Kondensatoren die Spannung, bei Transistoren die Sperrschichttemperatur und bei Röhren die Verlustleistung sowie die Heizspannung. Man ermittelt den Belastungsfaktor aus dem Verhältnis der Betriebsbelastung zur Nennlast (Grenzwert).

Für die amerikanischen Militär- und Weltraumprojekte wurden durch die RCA im Jahre 1961 mit Hilfe theoretischer Überlegungen und praktischer Erfahrungen umfangreiche Anleitungen mit exakten Zahlen geschaffen, die das U.S. Department of Defense 1965 als MIL-HDBK-217A (Military Standardization [8]) herausgegeben hat. Diese Richtlinien werden oft zum Vergleich herangezogen.

Praktische Erfahrungen haben gezeigt, daß Halbleiter in Leistungsstufen überhöhten Ausfall haben können. Die Ursache ist eine Folgewirkung von Überschlägen hoher Impuls-spannungen in Röhren oder Gleichrichtern. Solche besonderen Verhältnisse sind im Belastungsfaktor im allgemeinen nicht enthalten.

Die Berechnung der Ausfallrate basiert – wie erwähnt – auf einer konstanten Ausfallverteilung mit der Zeit. Jedoch weist die Praxis nach, daß der tatsächliche Verlauf meistens davon abweicht [9]. Einige Ergebnisse über das Zeitverhalten von Ausfallraten bei aktiven Bauteilen in Fernsehempfängerschaltungen zeigt Bild 4. Die Ausfallrate ist also als zeitabhängige Variable anzusehen; deshalb empfiehlt sich immer auch die Angabe der Betriebsdauer.

## 9. Wartbarkeit und Miniaturisierung

Abschließend soll noch ein Problem der Zukunft angesprochen werden. Die Geräterwartung wird durch fortschreitende Miniaturisierung in der Elektronik beeinflusst. So sind heute Strukturen von weniger als  $5 \mu\text{m}$  Breite bei Kontaktierungen nicht mehr selten. Die winzigen Elektroden in Halbleitern werden zu Kontaktflächen über dem Oxid verlängert. Auch die passiven Bauteile in Miniaturausführung erhalten immer kleinere Abmessungen.

Das Fehlersuchen und Auswechseln von Bauteilen durch Lötung wird er-

schwert durch Arbeiten, die kaum noch mit bloßem Auge durchzuführen sind. Die untere Grenze der Entwicklung zu kleineren Schaltelementen ist aber noch nicht erreicht. Nach Graul und Franke [10] ist ein Übergang zu einer Molekularelektronik großer Stapeldichte (Bild 5) in der Zukunft möglich. Mit wachsender Komplexität der Systeme werden Reparaturen immer schwieriger. Nun hat aber die Entwicklung der Bauteile auch eine ständig wachsende Zuverlässigkeit nachgewiesen. Wünschenswert wäre in Zukunft trotzdem eine weitgehende Lösung durch das aus der Biologie bekannte Prinzip der Selbstreparatur von Fehlern. Beispiele sind bekannt im Ausheileffekt von MP-Kondensatoren und in redundanten Schaltungen.

## Schrifttum

- [1] Wagner, H.: Zero Defects Qualitätskontrolle Bd. 11 (1966) Nr. 6, S. 61–68
- [2] Geiser, G.: Mensch – Maschine – Systeme: Forschungsgebiet der Anthropotechnik Umschau Bd. 72 (1972) Nr. 12, S. 387–389
- [3] ● Görke, W.: Zuverlässigkeitsprobleme elektronischer Schaltungen Hochschulskripten (1969) B 1 820/820a  
● Hofmann, W.: Zuverlässigkeit von Meß-, Steuer-, Regel- und Sicherheitssystemen München 1968, Thieme
- [4] Fendler, E.: Zuverlässigkeit und Lebensdauer von Fernsehempfängern FUNK-TECHNIK Bd. 21 (1966) Nr. 3, S. 82–83  
Müller, A.: Zuverlässigkeit von Fernsehempfängern FUNK-TECHNIK Bd. 24 (1969) Nr. 18, S. 702–704  
Müller, A.: Technische Zuverlässigkeit von Fernsehgeräten FUNK-TECHNIK Bd. 26 (1971) Nr. 16, S. 593–597
- [5] Tretter, J.: Fehleruntersuchungen, Fehlerklassifikation und Fehlerphysik bei Bauelementen der Nachrichtentechnik fernmelde-praxis Bd. 46 (1968) Nr. 6, S. 197 bis 215
- [6] Lörcher, O.: Vollaussfall und Driftverhalten von einigen passiven Bauelementen Techn. Zuverl. in Einzeldarst. Bd. 1 (1967) Nr. 9, S. 27–56
- [7] ● Reference data book for radio engineers, Kap. 40: Reliability and lifetesting, S. 40–21, 5. Aufl., Indianapolis/Kansas City/New York 1968, Sams & Co.
- [8] ● MIL-HDBK-217A, Military Standardization: Handbook: Reliability stress and failure rate data for electronic equipment, Washington 1961
- [9] Haase, H.-J.: Zuverlässigkeit und Toleranz elektronischer Bauteile FUNK-TECHNIK Bd. 26 (1971) Nr. 19, S. 735–736
- [10] ● Graul, E. H., u. Franke, H. W.: Kybernetik, Bionik und Information – Menschen im Jahre 2000, Frankfurt 1968, Umschau

# Schaltungstechnische Besonderheiten des Hi-Fi-Stereo-Verstärkers „RH 521“

Das neue Spitzengerät „RH 521“ der Philips-Hi-Fi-Stereo-Verstärker enthält mehrere interessante schaltungstechnische Besonderheiten, die im folgenden beschrieben werden.

### Planar-Thyristor-Tetroden zum Schutz der Endstufen

Jede der beiden 30-W-AB-Leistungsendstufen des Hi-Fi-Verstärkers „RH 521“ ist mit einer Valvo-Thyristor-Tetrode BR 101 geschützt. Ihr Gate liegt am Abgriff eines Spannungsteilers, der parallel zu den Emitterwiderständen der oberen Hälfte der eisenlosen Quasikomplementär-Endstufe geschaltet ist. Sobald der Endstufenstrom einen bestimmten (positiven) Wert überschreitet, beginnt der Thyristor für die Dauer der Halbwelle zu leiten und schließt somit die Eingangsspannung an der Basis von T 433 b kurz (Bild 1). C 602 verhindert, daß der Thyristor auf sehr kurze Impulse anspricht. Da im Überlastungsfall der Auskoppelkondensator C 608 (Bild 2) rasch entladen wird, genügt es, nur die obere Transistorgruppe der jeweiligen Endstufe zu sperren. Die im Schaltbild neben dem Thyristor liegende Diode D 461 (Bild 1) schützt vor zu hohen in den Sperrbereich der Darlington-Gruppe T 433 b, T 434 b gerichteten Spannungen und begrenzt bei Ausgangskurzschlüssen die durch T 433 a und T 434 a fließenden Ströme.

Die Diode D 462 ist normalerweise gesperrt. Sie wirkt als Freilaufdiode, wenn Lasten mit stark induktivem Anteil (beispielsweise Ausgangstransformatoren) angeschlossen sind. Der Widerstand R 859 kompensiert Wechselspannungen zwischen den Fußpunkten der Emitterwiderstände R 855 und R 864 der Transistoren T 431 beziehungsweise T 433 a.

Eine weitere Besonderheit der Schaltung ist die Temperaturstabilisierung mit T 432. Der in unmittelbarer Nähe des Kühlblechs des Transistors T 433 b montierte T 432 ändert seinen Kollektorstrom mit der Umgebungstemperatur und verändert dabei die Gleichspannung zwischen den Basisanschlüssen von T 433 b und T 433 a derauf, daß der Ruhestrom der Endstufe im zulässigen Toleranzbereich bleibt. Ihr Arbeitsruhepunkt wird mit R 856 auf einen Mittelwert (390 mA) eingestellt.

### Aussteuerungsanzeige

Die Ausgangsleistung beider Kanäle des Verstärkers wird von je einem beleuchteten Aussteuerungsmesser angezeigt. Die recht gut angenähert logarithmische Skala wird für den linken Kanal mit den exponentiellen Anfangskennlinien der drei Diodenstrecken von zunächst T 438, dann D 463 und schließlich D 464 (Bild 2) er-

reicht. Sie haben unterschiedliche Durchlaßspannungen, so daß die Parallelwiderstände R 881 und R 882 mit wachsender Ausgangsspannung nacheinander zugeschaltet werden. Die Vollaussteuerung liegt bei 50 W; mit R 884 wird bei einer Ausgangs-

leistung von 1 W (entsprechend 2 V<sub>eff</sub> an 4 Ohm) auf Skalenmitte eingestellt.

### Ausgänge und Stereo-4-Schaltung

Der Verstärker „RH 521“ hat vier Lautsprecheranschlüsse und einen Kopfhöreranschluss. Sein Spannungs-

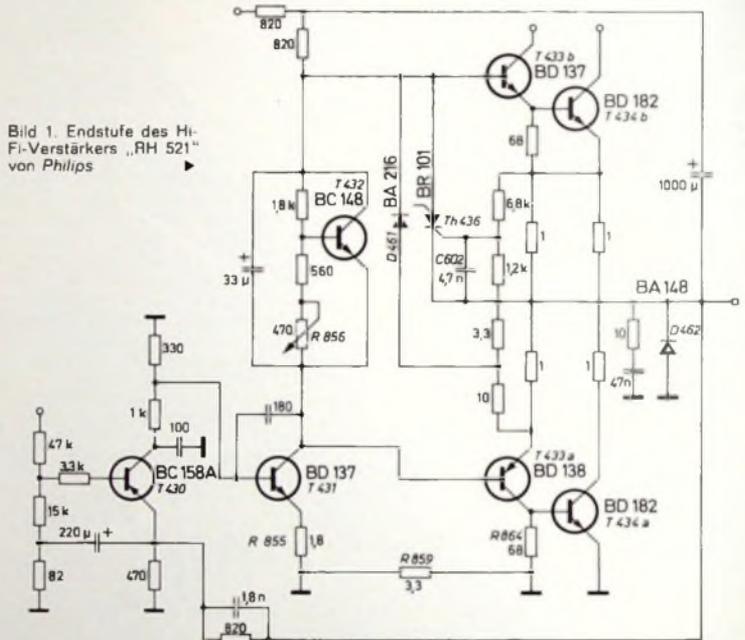


Bild 1. Endstufe des Hi-Fi-Verstärkers „RH 521“ von Philips

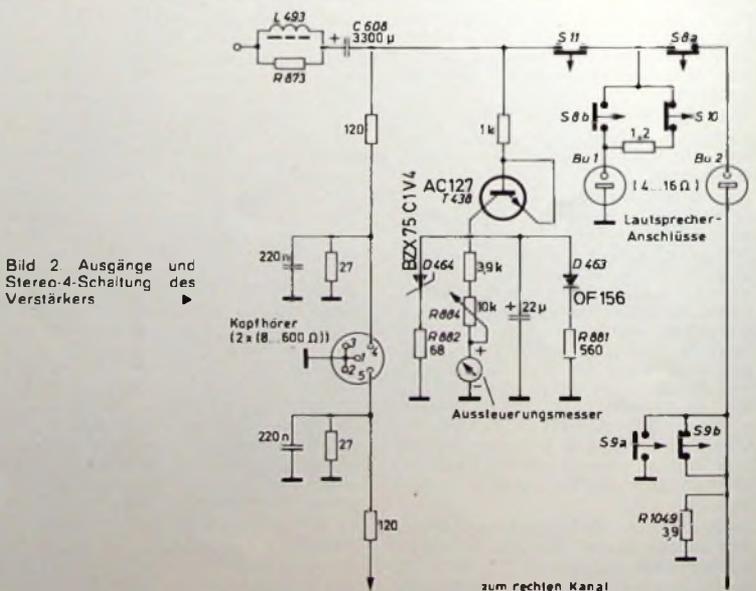


Bild 2. Ausgänge und Stereo-4-Schaltung des Verstärkers

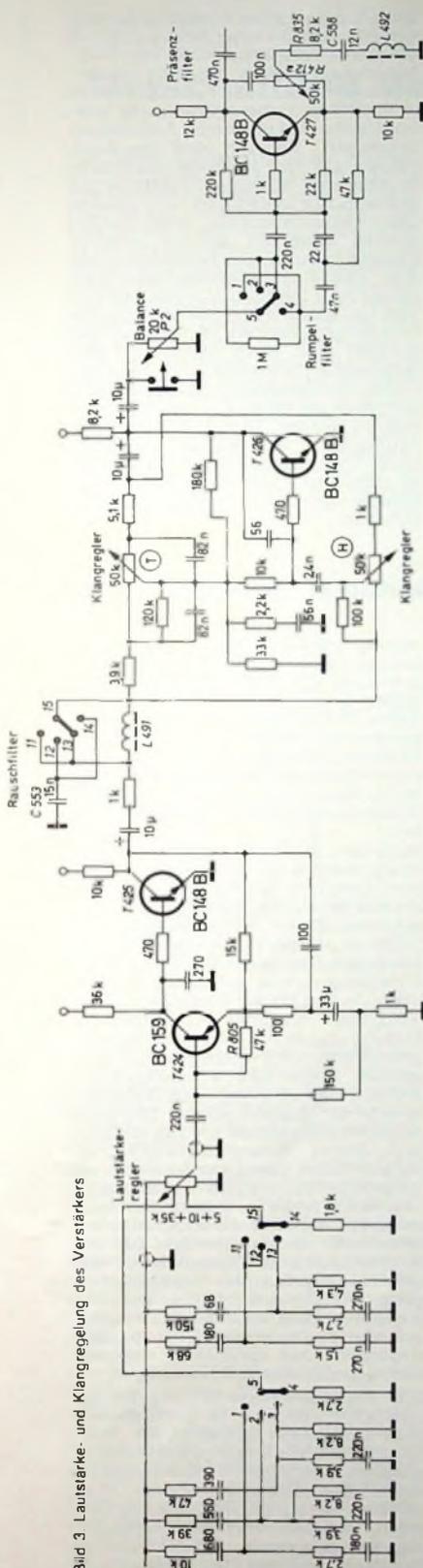


Bild 3 Lautstärke- und Klangregelung des Verstärkers

teiler ist so bemessen, daß sich bei Kopfhörern von 8 bis 600 Ohm Ausgangsimpedanz angenähert der gleiche Lautstärkeindruck ergibt. Die Lautsprecherboxen lassen sich bei Kopfhörerbetrieb über den Schalter S11 abschalten. Über die Schalter S8 beziehungsweise S9 können wahlweise die vorderen und die hinteren Lautsprecherboxen getrennt ausgeschaltet werden. Sie lassen sich in der Stereo-4-Stellung aber auch gemeinsam betreiben. Die vorderen Lautsprecherboxen sind dann über den Schalter S10 und die 1,2-Ohm-Widerstände angeschlossen, während die rückwärtigen nun in Reihe liegen. Ihr Verbindungspunkt liegt über R1049 an Masse. Durch die Reihenschaltung der rückwärtigen Lautsprecherboxen wird erreicht, daß sie vorwiegend die Differenz aus den Signalen der beiden Stereokanäle wiedergeben. Sie enthält vor allem die Raumanteile der Stereo-Signale, und es ergibt sich insgesamt eine räumlich wirkende Schallverteilung. Die mit R873 überbrückte HF-Drossel L493 verhindert, daß störende Hochfrequenzsignale über die Lautsprecherleitungen in den Verstärker eindringen.

#### Lautstärke- und Klangregelung

Schon in der Konstruktion unterscheidet sich die Lautstärkeeinstellung des Verstärkers von einer herkömmlichen. Die Achse des Lautstärke-Doppelpotentiometers ist geneigt, so daß sich der Drehknopf stets griffünstig bewegen läßt. Aber auch elektrisch weicht der Lautstärkere-

ler vom üblichen ab. Zwei Abgriffe an jedem Potentiometer und drei Schaltstellungen des Konturschalters erlauben es, die Lautstärke hörempfindungsgerecht einzustellen. Dabei ergeben sich in Höhe der bei -24 dB und -43 dB liegenden Abgriffe folgende Werte:

- In Stellung 1: +4/10 dB bei 50 Hz und +3/5 dB bei 10 kHz;
- in Stellung 2: +6/15 dB bei 50 Hz und +4/7 dB bei 10 kHz;
- in Stellung 3: +10/20 dB bei 50 Hz und +5/9 dB bei 10 kHz;
- in einer vierten Stellung ist der Frequenzgang linear.

Zur Klangregelung ist ein aktiver Fächerentzerrer nach Baxendale eingebaut. Sein Klangeinstellungsfang reicht von +14 dB bis -14 dB bei 50 Hz und von +14 dB bis -16 dB bei 10 kHz. Die Schaltung ist im Bild 3 wiedergegeben, das ebenfalls das kombinierte Rausch- und Rumpelfilter enthält. Beide dämpfen mit je 12 dB/Oktave (-3 dB bei 7 kHz beziehungsweise bei 80 Hz). Als Rauschfilter ist ein LC-Filter mit L491 und C533 eingesetzt; das Rumpelfilter liegt in einer aktiven Gegenkopplungsschaltung mit dem Transistor T427. Die Schaltung enthält darüber hinaus das aktive Präsenzfilter mit den zusätzlichen Bauteilen R412a, R835, C588 und L492, mit dem sich ein breiter Bereich um 2 kHz von -6 dB bis +6 dB kontinuierlich absenken beziehungsweise anheben läßt.

(nach Philips-Unterlagen)

## Persönliches

O. Zinke  
65 Jahre



Am 25. Februar 1973 begeht Professor Dr.-Ing. habil. Otto Zinke in Darmstadt seinen 65. Geburtstag. Der gebürtige Hannoveraner studierte an der Technischen Hochschule Berlin Elektrische Fernmeldetechnik und war mehrere Jahre lang Assistent und Oberingenieur bei Professor H. Fassbender am Institut für elektrische Schwingungslehre und Hochfrequenztechnik der Technischen Hochschule. Nach der Habilitation mit einer Arbeit über „Grundlagen der Strom- und Spannungsverteilung auf Antennen“ im Jahre 1940 wurde er zwei Jahre später zum a.o. Professor und Abteilungsleiter für Hochfrequenztechnik am Heinrich-Hertz-Institut für Schwingungsforschung in Berlin ernannt.

Nach dem Zweiten Weltkrieg arbeitete Zinke zunächst als Ingenieur beim Centre National d'Etudes des Telecommunications (CNET) in Paris auf dem Antennengebiet und später als Laboratoriumsleiter im Zentrallaboratorium und im Röhrenwerk der Siemens & Halske AG an der Schaltungstechnik zur Entwicklung einer Wanderfeldröhre hoher Verstärkung und an der absoluten elektromagnetischen Abschirmung hochfrequenztechnischer Arbeitsräume. Im Jahre 1955 wurde er dann als Ordinarius und Direktor des jetzigen Instituts für Hochfrequenztechnik an die Technische Hochschule Darmstadt berufen. Sechzig Publikationen in wissenschaftlichen Fachzeitschriften tragen seinen Namen als Verfasser

oder Mitverfasser. Er hat unter anderem das Buch „Widerstände, Kondensatoren und Spulen und ihre Werkstoffe“, das Werk „Hochfrequenz-Meßtechnik“ und – zusammen mit H. Brunsvick – ein „Lehrbuch der Hochfrequenztechnik“ verfaßt, das demnächst in zweiter Auflage erscheint. G. G.

#### Wechsel beim Granus-Vertrieb

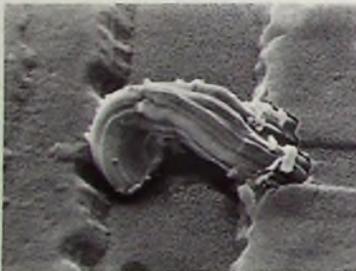
Dr. Klaus Dietrich Liehr übernahm die Leitung der Vertriebsorganisation der Granus-Werke GmbH Industribedarf, Hamburg. Er ist seit 1958 im Philips-Konzern sein Vorgänger, Prokurist Josef Lemanczyk, trat nach 33jähriger Tätigkeit im Konzern in den Ruhestand.

#### H. Schmitz 25 Jahre im ZVEI

Im Januar 1973 konnte Diplomkaufmann Obering. Hans Schmitz, Geschäftsführer des Zentralverbandes der Elektrotechnischen Industrie (ZVEI) auf 25 Jahre Tätigkeit in der elektroindustriellen Organisation zurückblicken. Von 1937 bis 1947 war er in den Siemens-Schuckertwerken Berlin tätig. Nach dem Kriege war er gleichzeitig Beauftragter des Landes Bayern und des Landes der US-Zone für den Bereich Elektroindustrie. Zu Beginn des Jahres 1948 wurde er zum Geschäftsführer der Arbeitsgemeinschaft Elektroindustrie berufen. Bei Wiedergründung des ZVEI wurde er einer der beiden Geschäftsführer und ist seit 1955 zugleich Stellvertreter des Hauptgeschäftsführers im ZVEI. In dieser Zeit hat er sich dem Aufbau des Normenwesens in der Elektrotechnik, der Wiedergründung technischer wissenschaftlicher Vereine und Fragen der Produktivität und der Arbeitsgestaltung sowie der Wiedereingliederung der deutschen Wirtschaft in die internationale Zusammenarbeit auf dem Gebiet der Elektrotechnik gewidmet. In den Folgejahren erweiterte sich sein Aufgabengebiet auf die Bereiche Forschung und Entwicklung, Elektroberatung, Werbung und Messwesen.

# Untersuchung von Halbleiterstrukturen mit dem Rasterelektronenmikroskop

In gleichem Maß, wie die wachsende Packungsdichte bei integrierten Schaltungen immer höhere Anforderungen an die Präzision der im Mikroätzverfahren hergestellten Strukturen stellt, müssen auch die Prüfmethode empfindlicher werden. Neben zahlreichen elektrischen Methoden ist die optische Kontrolle das wichtigste Verfahren, um fertiggeätzte Leitbahnen und Übergänge zu kontrollieren. Dabei ist nach einer jetzt abgeschlossenen Untersuchung im Forschungslaboratorium von Siemens das Rasterelektronenmikroskop am besten geeignet, um noch Einzelheiten deutlich hervortreten zu lassen, die weniger als 1 Mikrometer groß sind. Ausschlaggebend hierfür ist die hohe Schärfentiefe, die sich mit diesem Mikroskop erreichen läßt. Die Proben können während der Betrachtung sogar gedreht und somit aus allen Richtungen betrachtet werden, ohne daß im Gesichtsfeld unscharfe Partien erscheinen. Man erhält dadurch ein plastisch wirkendes Bild von der mikroskopisch feinen „Landschaft“ der Strukturen von Halbleiterbauelementen.



Diese perspektivische Aufnahme mit dem Rasterelektronenmikroskop „Autoscan“ zeigt in 10000facher Vergrößerung einen fadenförmig nachgewachsenen Aluminium-Einkristall (Whisker), der die Basis- und Emittierleitbahnen eines Transistors kurzschließt.

Beim Rasterelektronenmikroskop taucht ein stark fokussierter Elektronenstrahl das Untersuchungsobjekt Zeile für Zeile ab. Dabei werden in der untersuchten Oberfläche Sekundärelektronen ausgelöst, die ein Detektor empfängt. Die so gewonnenen Signale, die Informationen über die Objektfläche enthalten, werden in einem Photovervielfacher verstärkt und steuern die Helligkeit einer Wiedergabebildröhre, mit der das abgetastete Bild wieder zeilenweise zusammengesetzt wird. Damit ergibt sich ein getreues Bild des Objektes, ohne daß sich im Strahlengang eine abbildende Linse befindet.

Im Gegensatz zum Rasterelektronenmikroskop liefern Lichtmikroskope oder herkömmliche Durchstrahlungs-Elektronenmikroskope auf einer vor-

gegebenen Bildebene nur dann scharfe Bilder, wenn die Objektebene senkrecht zur Mikroskopachse steht. Die verwendeten Linsensysteme schließen es aus, daß zerklüftete oder geneigte Objektflächen vollständig scharf abgebildet werden können; Vorder- und Hintergrund erscheinen daher unscharf. Hinzu kommt noch, daß die Schärfentiefe mit zunehmendem Vergrößerungsgrad abnimmt. Solche Einschränkungen sind beim Rasterelektronenmikroskop nicht vorhanden. Die erreichbare Schärfentiefe ist im Vergleich zum Lichtmikroskop fast 1000-mal und gegenüber jedem anderen Elektronenmikroskop mindestens 10-mal größer.

## Abgleich- und Trennautomat „Nuwital“

Mehr und mehr findet man in elektronischen Geräten neben integrierten Halbleiterschaltungen auch Schichtschaltkreise, zum Beispiel wenn es sich um kleine Stückzahlen oder große Leistungen handelt. Diese Bauelemente weisen als Widerstände verschiedene keramische und metallische Schichten auf, die bei Temperaturen bis 1000 °C gesintert werden. Anschließend stellen sich stabile Widerstandskoeffizienten ein. Deshalb können die Widerstände der Schichtschaltkreise erst am Ende ihres Fertigungsprozesses durch nachträgliche Änderung der geometrischen Widerstandsformen abgeglichen werden. Bisher setzte man für diese Arbeiten Sandstrahl- oder Diamantwerkzeuge ein. Zu wesentlich günstigeren Ergebnissen führt der Einsatz eines materialbearbeitenden Lasers, da die berührungsfreie Arbeitsweise verschleißfrei und zugleich schneller ist. Außerdem schließt der erstarrende Glasfluß die bearbeitete Abgleichrille feuchtigkeitsdicht ab. Der ins Vertriebsprogramm von Siemens neu aufgenommene Abgleich- und Trennautomat „Nuwital“ (s. Titelbild) dient sowohl zum Abgleichen als auch zum Trennen von Schichtschaltkreisen, wobei eine Vielzahl von Schaltungen auf einer Substratfläche in einem Arbeitsgang fertiggestellt werden kann. Der Abgleich- und Trennautomat besteht aus drei Einheiten: dem Abgleichplatz mit CO<sub>2</sub>-Laser und Widerstandsmeßbrücke, dem Stromversorgungsgerät und der Programmierereinheit „Sinumerik“. Unter dem feststehenden Lasergerät wird die auf einem luftgelagerten Kreuztisch aufgespannte Keramikplatte in zwei Achsen mit elektrischen Schrittschaltmotoren bewegt, wobei jedem Drehschritt ein Weginkrement von 0,005 mm entspricht. Ein auswechselbarer Mehrfachadapter verbindet die einzelnen Schaltkreise (bis zu 20 Einzelwider-

Diese Eigenschaften haben die Wissenschaftler bei Siemens ausgenutzt, um die Oberflächenstrukturen von Halbleiterbauelementen mit dem Rasterelektronenmikroskop „Autoscan“ zu untersuchen. Dabei wurden sehr kontrastreiche und plastische Aufnahmen hergestellt. Vielfach sind die Leitbahnen auf der Halbleiteroberfläche in mehreren Schichten übereinander geflechtartig angeordnet und müssen über verhältnismäßig hohe Stufen hinweg fehlerfrei geführt werden. Feinste Risse in den Leitbahnen und Ätz- oder Kontaktierungsfehler entdeckte man häufig nur, wenn das Objekt bei hoher Vergrößerung aus der jeweils geeignetsten Perspektive betrachtet wird. Auch sogenannte Materialwandlungseffekte, die bei elektrisch hochbelasteten Bauelementen auftreten und deren Lebensdauer verringern können, lassen sich mit dem „Autoscan“ analysieren. Zeitrafende Belastungsversuche gestatten es außerdem, diese Vorgänge auf rationelle Weise zu verfolgen und zu erforschen.

stände) nacheinander mit der Meßbrücke, um bereits während der Bearbeitung die Veränderung der Widerstandswerte festzustellen. Sollwerte und Toleranzen für die abzugleichenden Widerstände sind durch Drahtbrücken oder Vergleichswiderstände bestimmt. Außerdem liefert die Meßbrücke auch die erforderlichen Steuersignale an die Programmierereinheit.

Nach dem Einlegen des Vielfachsubstrats werden zunächst die Trennlinien zwischen den einzelnen Schaltkreisen bei eingeschaltetem Laser abgefahren. Dabei wird die Keramikplatte so perforiert, daß sie nach dem Herausnehmen leicht von Hand in die Einzelschaltkreise gebrochen werden kann. Zu Beginn der Abgleicharbeiten wird dann der erste Schaltkreis im Elgang angefahren, der Adapter aufgesetzt und der Widerstandswert vorgeprüft. Liegen alle Widerstände innerhalb der vorgegebenen Toleranz, so hebt der Adapter ab und fährt den nächsten Schaltkreis an. Ein Meßobjekt, dessen Widerstandswerte irreparabel falsch liegen, wird durch einen diagonalen Laserstrich gekennzeichnet. Ist ein Abgleich erforderlich (und möglich), so liefert die Programmierereinheit die Anfangsposition für das Substrat mit 20 µm Genauigkeit sowie die Richtung für die Abgleichbewegung. Die Geschwindigkeit der Abgleichbewegung ist abhängig von der geforderten Genauigkeit bis 40 mm/s einstellbar und kann auch während des Abgleichs verändert werden.

Die Abgleichstrecken können als gerade Einstiche oder in L-Form verlaufen. Maximal bewältigt der CO<sub>2</sub>-Laserstrahl (Wellenlänge 10,6 µm, Ausgangsleistung 120 W) 0,7 mm Substratdicke. Der gesamte Vorgang läuft vollautomatisch ab; lediglich das Einlegen, Herausnehmen und Unterteilen der gemessenen und perforierten Substrate muß von Hand erfolgen.

# Umschaltung von Verstärkereingängen mit Dioden

Die Umschaltung mehrerer Steuerquellen auf einen Verstärker mit Hilfe von Dioden hat neben einer Vereinfachung der Schalter den Vorteil, daß sich die NF-Verdrahtung vereinfacht, da die Dioden gegenüber Störeinflüssen unempfindlich sind. Diodenschaltungen arbeiten in bezug auf Rauschen und Übersprechen einwandfrei, wenn sie mit einem ausreichend hohen NF-Signal (Bezugspegel für Vollaussteuerung der Endstufe etwa 300 mV) an einem nicht zu hohen Quellenwiderstand betrieben werden. Unter diesen Voraussetzungen ist es ohne weiteres möglich, Rauschspannungen von unter 10 µV (einschließlich des Eigenrauschens des Eingangsverstärkers) zu erreichen, woraus sich ein Signal-Rausch-Abstand von 90 dB und ein

Klirrfaktor außerdem noch dadurch herab, daß die Stromaussteuerung der Diode kleiner bleibt. Ein Linearisierungswiderstand zwischen Steuerquelle und Diode bewirkt dasselbe bei kleinen Amplituden; er schränkt jedoch wegen des Spannungsabfalls die erreichbare Ausgangsspannung ein. Am Ausgang der Diodenschaltung sollte man aktive Bauelemente möglichst vermeiden. Man sollte hier, um Übersteuerungen zu vermeiden, den Lautstärke- oder Pegelsteller anordnen, der mit Rücksicht auf gute Rausch- und Übersprechwerte nicht sehr hochohmig dimensioniert sein sollte. In diesem Bereich der Schaltung werden im allgemeinen auch die Betriebsarten Mono-, Stereo- und eventuell Quadro-Betrieb geschaltet,

und wenn man berücksichtigt, daß sich der Lastwiderstand bei Mono-Betrieb im schlimmsten Falle auf ein Viertel vermindern kann, dann entspricht die Diodenschaltung mit einer Last von 10 kOhm den zu erwartenden Betriebsbedingungen.

Die passive Diodenschaltung nach Bild 1 zeigt bei einer Belastung mit 10 kOhm eine merkliche Verschlechterung des Klirrfaktors und eine Verminderung der erreichbaren Ausgangsspannung (um die Hälfte) und damit der Übersteuerungssicherheit. Um eine Belastung der Steuerquelle durch die Zuführungswiderstände für den Öffnungsstrom zu vermeiden, wurde eine Schaltung entwickelt, bei der die Schaltdiode im Kollektorstromkreis des Eingangsverstärkers (oder Entzerrerverstärkers) liegt. Aus den Kurvendarstellungen ist zu sehen, daß bei einer Last von 10 kOhm und einem Klirrfaktor von 0,1% mit der passiven Schaltung eine Ausgangsspannung von 2,25 V (Bild 2 Kurve 1), mit der aktiven Schaltung aber eine von 4,75 V (Bild 3, Kurve 1) erreichbar ist. Selbst bei einer Ausgangsspannung von 6 V ist der Klirrfaktor mit 0,22% bei der aktiven Schaltung gerade noch vertretbar, wenn man diesen Spannungsbereich als Reserve für die Übersteuerungssicherheit ansieht. Mit der passiven Schaltung erreicht dagegen der Klirrfaktor bei 6 V Ausgangsspannung selbst unbelastet 0,65%.

Dennoch können die Ergebnisse der Kurve 1 im Bild 3 noch nicht vollauf befriedigen, wenn der Klirrfaktor des Eingangsverstärkers allein (Kurven 3 und 4 Bild 2) bis zu 4 V Ausgangsspannung nur bei 0,02% liegt. Abgesehen von der bereits bekannten Möglichkeit, die Krümmung der Durchlaßkennlinie der Diode D 1 (Bild 4)

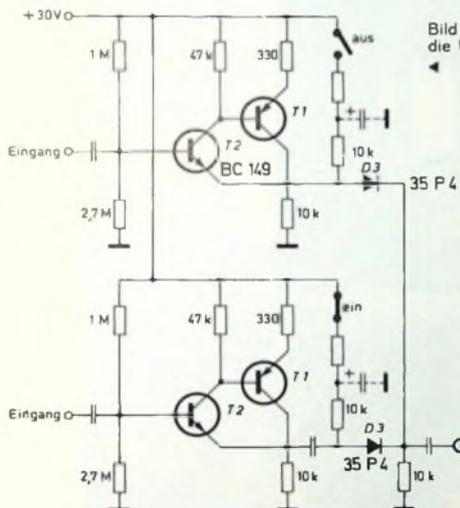


Bild 1. Passive Schaltung für die Umschaltung mit Dioden

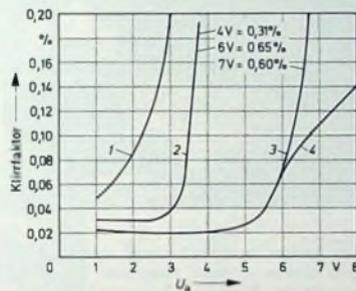


Bild 2. Klirrfaktor in Abhängigkeit von der Ausgangsspannung für die passive Schaltung (1 mit 10-kOhm-Last und  $I_D = 1,5$  mA; 2 unbelastet mit  $I_D = 0,27$  mA; 3 mit 10-kOhm-Last, ohne Diodenschaltung; 4 wie 3, aber unbelastet)

Übersprechabstand von 120 dB bei 10 kHz (bei 1 kHz nicht mehr meßbar) ergibt. Somit verbleiben als Kriterien die Einschränkung der erreichbaren Ausgangsspannung und die Zunahme des Klirrfaktors.

Die Verminderung der erreichbaren Ausgangsspannung hat ihre Ursache im Zusammenhang von Öffnungsstrom und Aussteuerbarkeit der Dioden. Mit Rücksicht auf die begrenzte Belastbarkeit des Eingangsverstärkers muß hier ein Kompromiß gemacht werden. Der Klirrfaktor wird sowohl vom nichtlinearen Durchlaßwiderstand der Diode als auch von der zusätzlichen Belastung des Eingangsverstärkers durch die Zuführungswiderstände für den Öffnungsstrom verursacht. Wenn die Wechselstrombelastung am Ausgang der Schaltung hochohmig ist, bleiben diese Auswirkungen jedoch gering. Es genügt dann ein kleiner Öffnungsstrom, wodurch sich die Last vermindert. Der niedrigere Signalwechselstrom setzt den

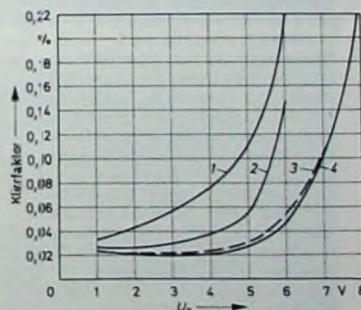
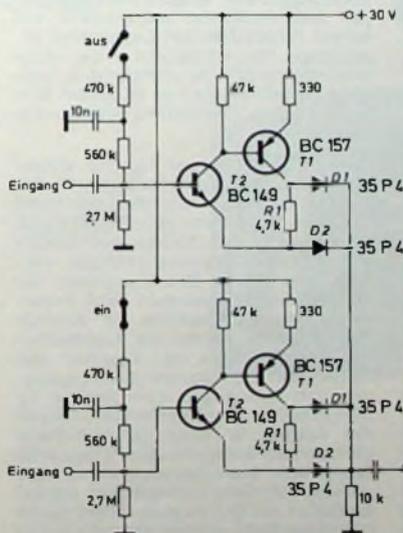


Bild 3. Klirrfaktor in Abhängigkeit von der Ausgangsspannung für die aktive Schaltung (1 mit 10-kOhm-Last, ohne Diodengegenkopplung; 2 mit 10-kOhm-Last und Diodengegenkopplung; 3 unbelastet, ohne Diodengegenkopplung; 4 unbelastet, mit Diodengegenkopplung)

Ing. Anton Bauer ist Mitarbeiter im NF-Labor der Braun AG, Frankfurt a. M.

Bild 4. Aktive Schaltung für die Umschaltung mit Dioden

mit einem Vorwiderstand etwas zu linearisieren, besteht noch die Möglichkeit, diese Diode, die sich bei den bisher bekannten Schaltungen immer außerhalb der im Verstärker vorhandenen Gegenkopplung befindet, in den Gegenkopplungsweg des Eingangsverstärkers einzubeziehen. Die Trennung der nichtbenutzten Eingänge muß dabei selbstverständlich erhalten bleiben. Dazu wird eine weitere Diode  $D_2$  benötigt, die nach der Unterbrechung des Basisstromes des abzuschaltenden Eingangsverstärkers auch die Zuführung der Gegenkopplungsspannung vom Ausgang trennt.

Die beiden Dioden der nichtbenutzten Eingangsverstärker sind gesperrt, da ihre Kathoden durch den Kollektorstrom des eingeschalteten Eingangsverstärkers auf etwa halber Betriebsspannung liegen; die Transistoren der nichtbenutzten Eingangsverstärker sind praktisch stromlos, wodurch die dazu gehörenden Dioden mit den Anoden fast an Masse liegen. Diese Dioden sind also mit etwa 10 V in Sperrrichtung vorgespannt, und der hohe Sperrwiderstand von einigen zehn M $\Omega$ , der als Vorwiderstand für den differentiellen Ausgangswiderstand des eingeschalteten Eingangsverstärkers von nur etwa 20  $\Omega$  wirkt, ergibt ein entsprechendes Teilverhältnis, wodurch der erwähnte hohe Über-sprechabstand erreicht wird.

Infolge der Einbeziehung der Diode  $D_1$  in die Gegenkopplung des Eingangsverstärkers wird der von den Transistoren und der Diode  $D_1$  verursachte Klirrfaktor wegen des hohen Gegenkopplungsgrades der Schaltung so weit reduziert, daß er selbst bei Ansteuerung durch einen guten Tongenerator nicht mehr einwandfrei meßbar ist.

Das trifft allerdings nur zu, solange man die Diode  $D_2$  überbrückt. Wird sie jedoch in die Schaltung mit einbezogen, so wird das Meßergebnis durch diesen stromabhängig veränderbaren Gegenkopplungswiderstand spürbar verschlechtert. Die negative Halbwelle der Steuerspannung setzt die Kollektorströme beider Transistoren herab, so daß auch die Diode  $D_2$  in diesem Aussteuerungszustand von einem kleineren Strom durchflossen wird. Dadurch nimmt ihr Durchlaßwiderstand zu und der Gegenkopplungsgrad ab, was eine Überhöhung der Ausgangsspannung im Bereich des negativen Maximums bewirkt. Läßt man die Diode  $D_1$  außerhalb der Gegenkopplung, womit  $D_2$  entfällt, dann verläuft die Linearitätsabweichung umgekehrt. Der größere Durchlaßwiderstand von  $D_1$  im Bereich des negativen Maximums der Ausgangsspannung, die phasengleich mit den Strömen beider Transistoren ist, führt in diesem Fall zu einer Abflachung der Ausgangsspannung.

Die beiden beschriebenen Gegenkopplungsverläufe lassen also Linearitätsabweichungen bestehen, die zueinander gegensinnig verlaufen. Es wäre also sinnvoll, die Gegenkopplungsspannung teilweise über  $D_2$  und teilweise direkt vom Kollektor des zweiten Transistors über den Widerstand  $R_1$  zu beziehen, so daß sich  $D_1$  nicht

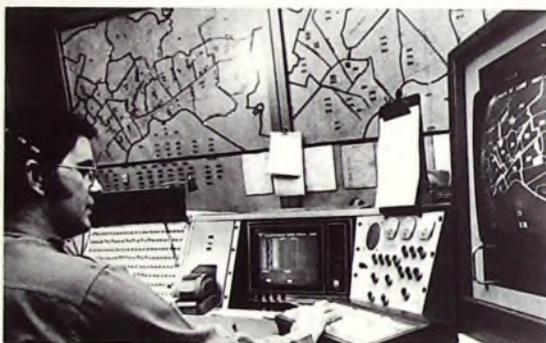
mehr voll im Gegenkopplungsweg befindet. Bei einer optimalen Dimensionierung von  $R_1$  heben sich dann die von beiden Dioden verursachten Linearitätsfehler einigermaßen auf (Bild 3, Kurve 2). Der geeignete Wert von  $R_1$  ist wesentlich schneller durch Versuche als rechnerisch zu finden, da unterschiedliche Werte nur den Klirrfaktor beeinflussen.

Die Verzweigung der Gegenkopplung erübrigt sich, wenn es sich um einen Mikrofonverstärker, Phono-Entzerrerverstärker oder Eingangsverstärker handelt, der für eine wesentlich höhere Spannungsverstärkung als 1 ausgelegt ist. Es liegt dann ein genügend großer Längswiderstand im Gegenkopplungsweg, um den durch  $D_2$  verursachten Effekt auszugleichen.

## Digitales Kommunikationssystem für die Polizei

Ein von *GTE Sylvania Incorporated* entwickeltes digitales Kommunikationssystem, das den Sprechfunkverkehr reduziert und der Polizei ein schnelleres Eingreifen bei Ernstfällen erlaubt, wurde in Oakland, Kalifornien, in Betrieb genommen. Daten-terminals, die in weniger als zwei

ein farbiger Punkt. Dadurch erübrigen sich die vom Einsatzleiter häufig durchgeführten Kontrollen über Sprechfunk und das manuelle Führen einer Statustafel der Streifenwagen. Das System erlaubt es dem Polizisten auch, mittels Drucktasten Routine-meldungen und Empfangsbestäti-



Die Anlage in der Kommandozentrale umfaßt einen Kleincomputer, einen Bildschirm (rechts) zur Anzeige des Wagenstandorts auf Lagekarten sowie ein Terminal mit Tastatur und Bildschirm (Mitte)

Unten: Die Einrichtung im Streifenwagen besteht aus einem Terminal mit Tastatur und Bildschirm sowie einem elektronischen Kartennetz

Sekunden Standort- und Lagemeldungen sowie andere Angaben an einen zentralen Rechner übermitteln können, wurden in 28 Polizeistreifenwagen installiert. Die Informationen werden in kurzen Datenstößen über den normalen Polizeisprechfunk gesendet, der somit jederzeit für Sprechverkehr freibleibt.

Der zentrale Rechner registriert alle Meldungen auf Magnetband, worauf die Informationen automatisch auf einem Bildschirm mit Lagekarten erscheinen. Das ermöglicht es dem Einsatzleiter, sofort zu entscheiden, welchen Streifenwagen er zu einem Unfall oder zum Tatort eines Verbrechens senden soll.

Jeder Streifenwagen ist mit einem elektronischen Kartennetz sowie mit einem Terminal mit Tastatur und kleinem Bildschirm zum Senden und Empfangen von Meldungen ausgerüstet. Die Kommandozentrale verfügt über einen Kleincomputer, der Informationen decodiert und verarbeitet, einen Bildschirm zur Anzeige des Wagenstandorts auf Lagekarten und ein Terminal mit Tastatur und Bildschirm zum Senden und Empfangen von Meldungen. Der Polizist im Streifenwagen meldet seinen Standort, indem er eine „Status“-Taste drückt und dann mit dem Finger die Karte dort kurz berührt, wo er sich gerade befindet. Unmittelbar darauf erscheint auf der Lagekarte der Kommandozentrale an der gleichen Stelle



ungen zu senden. Zusätzlich kann er auf der Terminaltastatur alphanumerischen Text übermitteln. Außerdem ist eine Sicherheitsvorrichtung vorhanden, die es dem Polizisten ermöglicht, durch einfaches Drücken einer Alarmtaste Hilfe von der Kommandozentrale anzufordern. Wegen der direkten Verbindung von Streifenwagen und Rechnerdatei dauert zum Beispiel die Überprüfung eines Fahrzeugkennzeichens jetzt nur noch wenige Sekunden.

## Hi-Fi-Cassetten-Recorder „TCD 300“

Als 1950 die ersten Tonband-Heimgeräte auf den Markt kamen, zu einem Zeitpunkt also, wo zumindest in Europa noch niemand von High-Fidelity sprach, war nicht vorauszusehen, daß man eines Tages auf einem nur 3,81 mm breiten, in einer handlichen Cassette untergebrachten Band qualitativ hochwertige Aufnahmen machen könnte.

Zweifellos bietet das Compact-Cassetten-System eine ganze Reihe interessanter Vorteile:

► Der Tonträger befindet sich in einem schützenden Gehäuse.

► Die Abmessungen der Cassette, die Bandgeschwindigkeit und die Spurlagen sind international genormt, so daß uneingeschränkter Bandaustausch möglich ist.

► Alle Bandführungseinrichtungen sind eingebaut, so daß umständliches Bänderfädeln entfällt und das Gerät in kürzester Zeit spielbereit ist.

► Ein umfangreiches Tonarchiv ist auf engstem Raum unterzubringen und einfach zu katalogisieren.

Die Popularität der Cassette läßt sich daran erkennen, daß heute etwa

Arbeiten mit vielbenutzten Cassetten ist dies leicht festzustellen. Die zum Doppel-Capstan-Antrieb gehörenden zwei Schwungmassen sind in einem Druckgußgehäuse untergebracht, und die Tonwellen sind in Bronzelagern gelagert. Der Antrieb erfolgt über einen 6 mm breiten, langlebigen Polyurethan-Riemen. Die Werte für Tonhöhen Schwankungen liegen zwischen 0,15 und 0,2 %.

Wie bisher nur bei Tonbandgeräten der Spitzenklasse üblich, wurden beim „TCD 300“ für den schnellen Vor- und Rücklauf zwei elektronisch gesteuerte Wickelmotoren eingesetzt. Das erübrigt eine komplizierte Umschaltmechanik, und das Umspulen von Bändern geht schneller vonstatten; so beträgt beispielsweise die Umspulgeschwindigkeit einer C 60-Cassette etwa 40 s.

Die Kopfrägerplatte wurde als sogenannter Schrittlern ausgebildet (Bild 3), der auf einer Dreipunkt-Kugellagerung gleitet. Die Steuerung dieses Tonkopfschlittens erfolgt über einen Andruckmagneten, der so gesteuert wird, daß nur die Köpfe und Capstan-Andruckrollen bei Aufnahme und

aus Druckguß befestigt. Damit wird erreicht, daß man diese Bauteile in jeder Richtung justieren kann, wodurch guter Band-Kopf-Kontakt und exakte Parallelität von Andruckrollen und Capstan-Tonwellen erreicht wird.

Für die Cassettenhalterung wurden neben hochfestem Kunststoffmaterial und einer aus Festigkeitsgründen tiefgezogenen Stahlgrundplatte ausschließlich Federn aus einer hochwertigen Bronzelegierung verwendet. Die Abdeckung der Halterung, aus rauchglasgefärbtem Plexiglas gefertigt, ist abnehmbar, so daß man guten Zugang zu den Köpfen und Andruckrollen hat.

### Elektronik

Der „TCD 300“ ist mit einer schaltbaren Dolby B-Schaltung [1, 2] ausgerüstet. Dieses System vermindert, verglichen mit konventionellen Systemen, das Bandrauschen um etwa 10 dB. Die von der Hi-Fi-Norm geforderten 50 dB Geräuschspannungs- und 45 dB Fremdspannungsabstand werden mit 58 beziehungsweise 50 dB übertroffen. Eine Rauschverminderung ist besonders bei Cassetten-Ge-

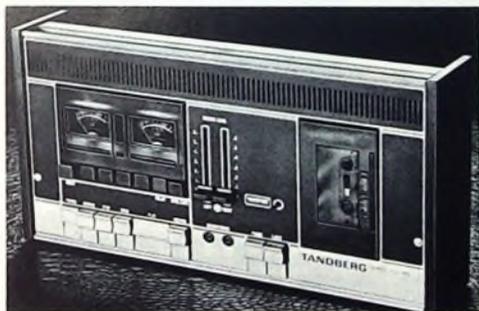


Bild 1. Hi-Fi-Cassetten-Recorder „TCD 300“ von Tandberg

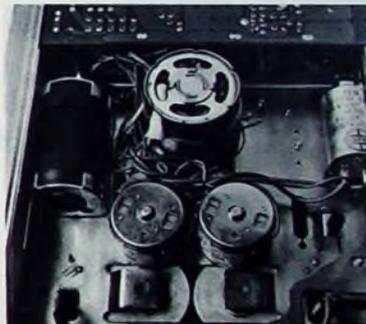


Bild 2. Synchron-Tonmotor, Gleichstrom-Wickelmotoren und Schwungmassen des Cassetten-Recorders

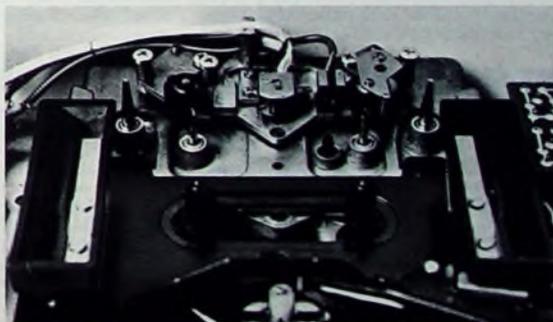
6 Mill. Geräte in der Bundesrepublik Deutschland in Betrieb sind und diese Zahl ständig zunimmt; die Entwicklung eines Cassettengeräts in Hi-Fi-Qualität ist daher ein logischer Schritt in der Weiterentwicklung dieses überaus praktischen und handlichen Systems.

Mit dem im folgenden beschriebenen Hi-Fi-Cassetten-Recorder „TCD 300“ (Bild 1) stellt Tandberg ein Gerät vor, das unter anderem mit drei Motoren (Bild 2) bestückt ist und der Hi-Fi-Norm DIN 45 500 entspricht.

### Mechanik

Um Tonhöhen Schwankungen, die besonders bei niedriger Bandgeschwindigkeit in verstärktem Maße auftreten, weitestgehend auszuschalten, wurde ein Präzisions-Synchronmotor als Tonmotor eingesetzt, der in Verbindung mit einem Doppel-Capstan-Antrieb eine außerordentliche stabile Bandbewegung bei Aufnahme und Wiedergabe bewirkt. Besonders beim

Bild 3. Bandführung des Geräts mit Tonkopfschlitten



Wiedergabe am Band anliegen. Bei schnellem Vor- und Rücklauf, bei Stop am Bandende usw. wird der Tonkopfschlitten automatisch zurückgefahren. Die Ferritköpfe und die Andruckrollen sind auf dem Schlitten mit Hilfe getrennter Taumelplatten

geräten von Vorteil, da wegen der Bandbreite, Magnetschichtdicke und Bandgeschwindigkeit das Bandrauschen hier stärker in Erscheinung tritt. Für die Verwendung von Chomdioxidband ist das Gerät mit einem Umschalter ausgerüstet. Die optimale Aussteue-

rung des Aufnahmepegels erfolgt über zwei getrennte Flachbahnregler und wird auf zwei geeichten Meßinstrumenten, die eigene Meßverstärker haben, angezeigt. Es handelt sich hierbei nicht um VU-Meter, sondern um Spitzspannungsmesser.

Wegen der Verwendung von getrennten Aufnahme- und Wiedergabeverstärkern sind alle Stufen optimal ausgelegt. Um bei Aufnahmen von UKW-Stereo-Sendungen unerwünschte Mischprodukte von Pilotton und Hilfstägerresten mit der Vormagnetisierungsfrequenz zu vermeiden, ist das Gerät mit den entsprechenden Filtern ausgerüstet. Alle Verstärker werden durch ein mehrstufig stabilisiertes Netzteil versorgt.

Die Wickelmotoren werden über zusätzliche elektronisch gesteuerte Stabilisierungsschaltungen betrieben, die lastabhängig arbeiten, das heißt, unabhängig vom Wickeldurchmesser wird bei jeder Betriebsart ein konstanter Bandzug erreicht. Unterschiedliche mechanische Eigenschaften der verschiedensten Cassettypen werden damit weitgehend kompensiert. Diese sogenannte Fühlelektronik spricht trägheitslos auf zu große Bandzugkräfte an, wie sie bei defekten Cassetten auftreten können, und schaltet dann nicht nur die Wickelmotoren ab, sondern führt auch den Tonkopfschlitten vom Band weg. Der gleiche Vorgang läuft automatisch auch am Bandende ab.

Durch eine beim Start wirksame Verzögerungselektronik ist eine sichere Bedienung der Bandlauffunktionen gegeben. Bedienungsfehler führen somit keinesfalls zu einer Beschädigung des Bandes beziehungsweise des Geräts. Steckbare Verstärkereinheiten garantieren einen unproblematischen Service.

#### Aufbau

Der gesamte mechanische Aufbau des Geräts ist robust und zweckmäßig. Vorder- und Rückseite bestehen aus gezogenen und oberflächengeschliffenen Profilen aus Aluminium. An der Vorderseite befinden sich in gerästrten Führungskehlen die ebenfalls aus Aluminium gefertigten Drucktasten. Das rückseitige Profil ist so ausgebildet, daß die Anschlußbuchsen so weit zurückgesetzt sind, daß keine Stecker über die Frontfläche herausragen. Die Seitenplatten sind wahlweise in Nußbaum, Teak, Palisander, Eiche und Schleiflack lieferbar. Infolge der sinnvollen Anordnung der Bedienungselemente und des Cassetenschlaches kann das Gerät horizontal sowie vertikal betrieben werden. Für die Wandmontage sind auf der Rückseite entsprechende Aussparungen angebracht.

(nach Tandberg-Unterlagen)

#### Schrifttum

- [1] Berkovitz, R u. Gundry, K.: Das Dolby B-System - Grundbegriffe und Anwendungsbereiche FUNK-TECHNIK Bd. 28 (1973) Nr. 2, S. 55-57
- [2] Berkovitz, R u. Gundry, K.: Das Dolby B-System - Arbeitsweise und Anwendungsbereiche FUNK-TECHNIK Bd. 28 (1973) Nr. 3, S. 83-86

## 12-GHz-Kunststoff-Parabolspiegel

Für zukünftige 12-GHz-Satelliten-Fernsehempfangsanlagen ist ein 60-cm-Antennenmodul aus mechanisch hochwertigem Kunststoff bestimmt, das gegenüber herkömmlichen Metallausführungen wesentliche Vorteile hat. Der Kunststoff-Parabolspiegel wurde von der Abteilung Mikrowellentechnik der Grünzweig + Hartmann und Glasfaser AG in Zusammenarbeit mit der Kunststoffgalvanik der Keiper KG



entwickelt. Bei den Galvanisierungsarbeiten leistete die Schering AG technisch-wissenschaftliche Beraterdienste. Den aus Kunststoffvollmaterial bestehenden Erreger entwickelte Rohde & Schwarz.

Bemerkenswert bei dieser Konstruktion ist, daß die Bauteile Spiegel und rückwärtiges Gerätegehäuse zu einem einzigen, im Preßverfahren sehr preisgünstig herstellbaren Werkstück mit geringem Gewicht zusammengefaßt sind. Die Konturengenauigkeit des formgepreßten und nach einem besonderen Verfahren galvanisch verkupferten Spiegels weist Meßantennenqualität auf. In einem separaten Zentralstück des Spiegels, das gleichzeitig das Gerätegehäuse nach vorn abschließt, ist ein nach neuen Gesichtspunkten ausgebildeter Erreger eingesetzt. Der im Spritzverfahren hergestellte Kunststoffkörper des Erregers ist mit Ausnahme der Zone unterhalb des Subreflektors vollständig metallisiert. Somit entsteht eine Erregerinheit, die gleichzeitig den Speisehohlleiter, den Subreflektor, die Strahlungsoffnung mit Anpaßtransformator sowie ein Kompensationselement umfaßt. Die Empfangsenergie wird kurz vor dem Hohlleiterende im rückwärtigen Gerätegehäuse ausgekoppelt. Um Kabeldämpfungen zu vermeiden, kann die Mischdiode der Empfängereinheit unmittelbar im Hohlleiter eingesetzt werden. Nach diesem Konstruktionsprinzip lassen sich Parabolantennen für jeden Frequenzbereich herstellen.

## Taschenrechner für kaufmännische und finanztechnische Probleme

Mit dem „HP-80“ stellte Hewlett-Packard jetzt einen Taschenrechner für kaufmännische und finanztechnische Berechnungen vor. Er unterscheidet sich vom „HP-35“ (dem ersten Taschenrechner von Hewlett-Packard für wissenschaftliche Berechnungen) durch seine festverdrahteten Programme, die es ermöglichen, Gleichungen mit einem Tastendruck zu berechnen. Der eigentliche „Gag“ des Gerätes aber ist ein integrierter elektronischer Kalender, in dem alle Daten der 200-Jahre-Spanne von 1900 bis 2099 gespeichert sind. Damit kann zum Beispiel die Anzahl der Tage zwischen zwei beliebig festgelegten Daten innerhalb dieses Zeitraums genau festgestellt werden.

Die wichtigsten im Bank-, Finanz-, Buchhaltungswesen und im Maklergeschäft verwendeten Formeln sind im „HP-80“ fest verdrahtet. Zuerst werden die Werte eingegeben, und anschließend wird die Taste für die



Unbekannte gedrückt. Das Gerät arbeitet dann die entsprechenden Programme ab, wobei Unterprogramme automatisch abgerufen werden.

Die vier Arbeitsregister des „HP-80“ sind wie bei dem Taschenrechner „HP-35“ als „Stack“ angeordnet. Auch hier wird die umgekehrte polnische Notation (nach Lukaiewicz) angewandt. Die Kombination von „Stack-Technik“ und polnischer Notation ist bis heute das zweckmäßigste Verfahren, mathematische Formeln mit Computern abzuarbeiten. Ein weiterer Vorteil dieser Technik ist, daß sie nur sehr wenig Raum beansprucht.

Zwischenergebnisse werden automatisch im „Stack“ gespeichert und können für weitere Rechnungen wieder abgerufen werden.

Der „HP-80“ ist wie der „HP-35“ mit MOS-LSI-Schaltungen aufgebaut. Die Programme sind in sieben Halbleiterspeichern (ROM) gespeichert. Die Lösungen erscheinen auf einer 15stelligen Leuchtdioden-Anzeigeeinheit. Dabei bleibt die Stelle, an der das Komma angezeigt wird, unbenutzt, damit die Zahlen leichter ablesbar sind.

# Schneidkennlinien-Entzerrung für piezoelektrische Tonabnehmer

Beim Betrieb von magnetischen Tonabnehmern ist immer eine Schneidkennlinien-Entzerrung erforderlich. Aber auch bei piezoelektrischen Tonabnehmern kann die Wiedergabequalität durch eine Entzerrung wesentlich verbessert werden.

## 1. Wirkungsweise des piezoelektrischen Wandlers

Bei der Auslenkung  $x$  der Nadel entstehen die entgegengesetzten Ladungen  $Q$  und  $-Q$  an den Elektroden, die der Auslenkung proportional sind. Durch Differentiation nach der Zeit  $t$  erhält man

$$i \sim v, \quad (1)$$

wobei der Ladestrom  $i$  der Kurzschlussstrom der Quelle und  $v$  die Schnelle der Nadel ist. Für die Spannung  $u$  zwischen den Elektroden gilt  $C \cdot u = Q$ , wobei  $C$  die Kapazität zwischen den Elektroden ist. Die Leerlaufspannung  $u$  ist der Auslenkung proportional

$$u \sim x \quad (2)$$

Es sei hier vermerkt, daß nur aus Gl. (1) und Gl. (2) hervorgeht, daß die Quellenimpedanz des Wandlers durch einen Kondensator gebildet wird. Differentiation von Gl. (2) nach  $t$  ergibt  $\dot{u} \sim v$ , also ist  $\dot{u} \sim i$  oder  $C \cdot \dot{u} = i$ .

## 2. Schneidcharakteristik nach CCIR

Wenn  $E$  die Spannung mit der Kreisfrequenz  $\omega$  am Eingang der Schneidmaschine und  $v$  die Schnelle des Schneidstichels bedeutet, dann ist

$$v \sim \frac{(1 + j\tau_1\omega) \cdot (1 + j\tau_2\omega)}{1 + j\tau_0\omega} \cdot E \quad (3)$$

wo die Zeitkonstanten  $\tau_0 = 1/\pi$  ms,  $\tau_1 = 75 \mu$ s und  $\tau_2 = 10/\pi$  ms sind.

## 3. Normale Verwendung des piezoelektrischen Tonabnehmers

In den meisten Fällen wird der mit dem Widerstand  $R$  belastete Tonabnehmer am Verstärker angeschlossen. Die Ersatzschaltung ist im Bild 1 dargestellt, wo  $C$  die Kapazität des Wandlers und des Kabels (etwa 800 pF + 200 pF = 1 nF) darstellt. Es ist also

$$i = \left( \frac{1}{R} + j\omega C \right) \cdot u_1 \quad (4)$$

Durch Elimination von  $v$  und  $i$  aus den Gleichungen (1), (3) und (4) erhält man

$$\frac{u_1}{E} \sim \frac{1}{1 + j\omega RC} \cdot \frac{(1 + j\tau_1\omega)(1 + j\tau_2\omega)}{1 + j\tau_0\omega} \quad (5)$$

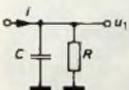
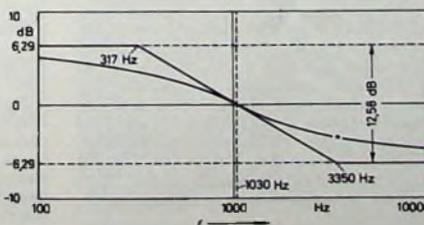


Bild 1. Ersatzschaltung eines piezoelektrischen Tonabnehmers mit Belastung

Bild 2. Wiedergabekennlinie eines zu schwach belasteten piezoelektrischen Tonabnehmers mit Eckfrequenzen von 317 und 3350 Hz



Es ist ersichtlich, daß die rechte Seite von Gl. (5) bei keinem Wert von  $R$  eine Konstante sein kann. Setzt man  $R = 3,18$  MOhm, dann ist  $R \cdot C = 3,18$  ms =  $\tau_0$  und

$$\frac{u_1}{E} \sim \frac{1 + j\tau_1\omega}{1 + j\tau_0\omega}$$

Die entsprechende Kennlinie ist im Bild 2 dargestellt. Sie ist in der Mitte des Frequenzbereiches gekrümmt, was besonders störend ist und nicht mit Klangreglern auszugleichen ist. Wenn man wie üblich  $R$  im MOhm-Bereich wählt, wird die Kennlinie im mittleren Frequenzbereich etwas verbessert, aber die tiefsten Frequenzen gehen verloren. Die Kennlinie kann mit Hilfe von Gl. (5) ermittelt werden.

## 4. Möglichkeiten der Entzerrung

Eine Möglichkeit besteht darin, den Tonabnehmer mit einem entsprechend kleinen Widerstand zu belasten und an den Entzerrer-Vorverstärker für magnetische Tonabnehmer anzuschließen. Aus Gl. (1) und Gl. (4) ergibt sich

$$u_1 \sim \frac{v}{1 + j\omega RC} \quad (6)$$

Bei  $C = 1$  nF und  $R = 5$  kOhm ist  $\omega RC$  im Niederfrequenzbereich vernachlässigbar klein, und die Spannung  $u_1$  in Gl. (6) ist der Schnelle annähernd proportional. In dieser Schaltung wirkt der piezoelektrische Tonabnehmer ähnlich wie der magnetische als „Schnellewandler“.

Wenn jedoch eine Anlage für piezoelektrische Tonabnehmer geplant wird, ist die folgende Lösung sinnvoller. Das Entzerrernetzwerk ist im Bild 3 dargestellt;  $C$  ist hier die Kapazität des Wandlers. Eine Analyse mit Hilfe der Knotenregel ergibt

$$\begin{pmatrix} \frac{1}{R_0} + j\omega(C + C_0) & -\frac{1}{R_0} - j\omega C_0 \\ -\frac{1}{R_0} - j\omega C_0 & \frac{1}{R} + \frac{1}{R_0} + j\omega C_0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} u_1 \\ u_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} i \\ 0 \end{pmatrix}$$

$$u_2 = \frac{R(1 + j\omega R_0 C_0)}{1 + j\omega(RC + R_0 C_0 + R_0 C) - \omega^2 RC R_0 C_0} \cdot i \quad (7)$$

Durch Elimination von  $v$  und  $i$  aus den Gleichungen (1), (3) und (7) enthält man

$$\frac{u_2}{E} \sim \frac{1 + j\omega R_0 C_0}{1 + j\omega(RC + R_0 C_0 + R_0 C) - \omega^2 RC R_0 C_0} \cdot \frac{(1 + j\tau_1\omega)(1 + j\tau_2\omega)}{1 + j\tau_0\omega} \quad (8)$$

Setzt man jetzt in Gl. (8)  $R_0 C_0 = \tau_0$ ,  $RC R_0 C_0 = \tau_1 \tau_2$  und  $RC + R_0 C_0 + R_0 C = \tau_1 + \tau_2$  oder

$$R_0 C_0 = \tau_0 = 0,318 \text{ ms}, \quad (9)$$

$$RC = \frac{\tau_1 \tau_2}{\tau_0} = 0,75 \text{ ms}, \quad (10)$$

$$C(R + R_0) = \tau_1 + \tau_2 - \tau_0 = 2,94 \text{ ms} \quad (11)$$

ein, dann wird die rechte Seite von Gl. (8) eine Konstante (und zwar 1). Dadurch wird  $u_2 \sim E$ , und man erreicht eine vollkommene Entzerrung für einen Keramiktonabnehmer. Bei einem Kristalltonabnehmer dagegen ist die Kapazität  $C$  temperaturabhängig. Aus Gl. (8) geht hervor, daß der wichtigste Faktor  $1 + j\tau_0\omega$  durch  $1 + j\omega R_0 C_0$  kompensiert wird, der von  $C$  unabhängig ist. Es verschlechtert sich also die Entzerrung an den

Tab. 1. Kapazitätswerte gebräuchlicher piezoelektrischer Tonabnehmersysteme

Hersteller	System	Kapazität je Kanal pF
Dual	CDS 650	1000
	CDS 700	4000
Elac	piezoelektrische Systeme	700
Perpetuum Ebner	PE 8 B	740
	PE 192 B	1000
Philips	GP 204	700
	GP 205	700
	GP 380	1200
	GP 390	1200

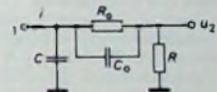


Bild 3. Entzerrernetzwerk

Enden des Frequenzbereichs, was mit Klangreglern ausgeglichen werden kann.

## 5. Berechnung des Entzerrernetzwerkes

Es sei angenommen, daß der Entzerrer in einem Plattenspieler eingebaut wird, daß also  $C$  die Kapazität des Wandlers ohne Kabel ist (in Tab. 1 sind die Kapazitäten von Piezo-

tonabnehmern einiger Hersteller aufgeführt). Für einen Keramiktonabnehmer wird C mit 400 pF angenommen. Aus Gl. (10) und Gl. (11) errechnet man  $R = 1,875 \text{ MOhm}$  und  $R + R_0 = 7,35 \text{ MOhm}$ , also ist  $R_0 = 5,475 \text{ MOhm}$ ; aus Gl. (9) wird  $C_0$  mit 58 pF errechnet. Für die Schaltung

sem Fall  $R = 910 \text{ kOhm}$ ,  $R_0 = 2,7 \text{ MOhm}$  und  $C_0 = 120 \text{ pF}$ .

### 6. Schaltung

Die Schaltung des Entzerrers ist im Bild 4 dargestellt. Die Masseanschlüsse des Plattenspielers und des Tonarmes werden an die Abschirmung des

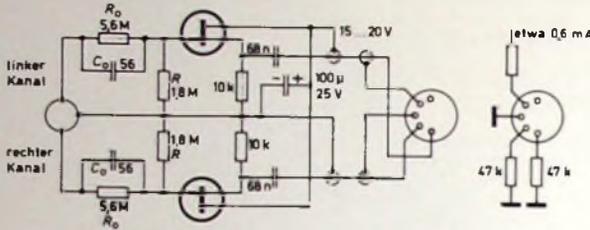


Bild 4 Entzerrerverstärker für einen keramischen Tonabnehmer mit Kapazitäten von 400 pF je Kanal

kann man die folgenden normierten Werte annehmen:  $R = 1,8 \text{ MOhm}$ ,  $R_0 = 5,6 \text{ MOhm}$  und  $C_0 = 56 \text{ pF}$ . Hat ein Kristalltonabnehmer eine Kapazität von 800 pF werden die Widerstände halbiert und wird die Kapazität verdoppelt. Nach Abrundung auf normierte Werte erhält man in die-

rechten Kanals angeschlossen. Die Abschirmung des linken Kanals dient der Versorgung. Zwei N-Kanal-JFET haben den erforderlichen hohen Eingangswiderstand und als Sourcefolger Ausgangswiderstände von etwa 1 kOhm. Die Koppelkondensatoren von 68 nF ergeben bei einem Verstärkereingangswiderstand von 47 kOhm eine untere Grenzfrequenz von 50 Hz.

## Stochastische Messungen für industrielle Steuerungen

Zwischen einem Prozeßrechner und die anzusteuern Maschine müssen im allgemeinen Umsetzer geschaltet werden, die einerseits die physikalischen Größen der Maschine wie Geschwindigkeit, Druck oder Temperatur in Binärzahlen umsetzen und die andererseits die Binärzahlen in physikalische Größen umwandeln. Die herkömmlichen A/D- und D/A-Umsetzer arbeiten zwar nach einem vergleichsweise einfachen Prinzip; um zwischen Rechner und Maschine eine Verbindung zu schaffen, benötigt man aber eine sehr große Anzahl von Umsetzern.

Die Abwicklung der physikalischen Vorgänge, die das Arbeiten einer rechnergesteuerten Maschine bestimmen, geht vergleichsweise langsam vor sich. Wenn aber ein Vorgang langsam abläuft, so kann man ihn über einen bestimmten Zeitraum hinreichend genau abschätzen. Wird der Meßwert sehr schnell verarbeitet, wie das in einem Elektronenrechner der Fall ist, dann verfügt man über genügend Zeit, um eine genaue Berechnung des Meßwerts durchzuführen. Dabei kann nach den Gesetzen der Wahrscheinlichkeitsrechnung verfahren werden, nach denen man nur ein ausreichend großes Los von Zahlen zu betrachten hat, um eine genaue Aussage zu bekommen.

Wie mißt man nun eine physikalische Größe „per Zufall“? Die Lösung dieses Problems ist mit Hilfe eines „elektronischen Roulettes“ möglich. Eine solche Schaltung besteht im wesentlichen aus zwei Elementen, dem „Spieler“, der bei jeder Spielrunde eine Zahl setzt, und dem „Croupier“, der die gesetzte Zahl mit der bei Stillstand des Roulettes angezeigten Zahl vergleicht

und dann dem Spieler einen Jeton gibt oder von ihm nimmt. In der elektronischen Schaltung entspricht dies einem Komparator, der eine Pseudo-Zufallszahl mit einer anderen Zahl vergleicht, die den Augenblickswert der gemessenen physikalischen Größe darstellt. Immer wenn die Pseudo-Zufallszahl kleiner oder gleich der Maßzahl ist, gibt der Croupier einen Jeton, eine logische „1“ im Binärsystem, und er nimmt einen Jeton, was einer logischen „0“ entspricht, wenn die Pseudo-Zufallszahl über der Maßzahl liegt.

Diese Zählmethode per Zufall bezeichnet man auch als stochastische Methode. Soll zum Beispiel dem Rechner die Nachricht übermittelt werden, daß die Drehzahl eines Motors  $0,6 \cdot 10^3 \text{ U/min}$  beträgt, so empfängt die stochastische Schaltung einseitig eine der Maßzahl 0,6 proportionale Spannung, beispielsweise 6 Volt, und erzeugt ihrerseits eine pseudo-zufällige Folge von veränderlichen Spannungen. Jedesmal wenn die erzeugte Spannung kleiner oder gleich 6 V ist, liefert die Schaltung einen Ausgangsimpuls von logisch „1“, und sie weist einen Pegel von logisch „0“ auf, wenn die erzeugte Spannung über 6 V liegt. Die Regeln der Wahrscheinlichkeitsrechnung zeigen, daß es unter 10 Fällen 6 mögliche gibt, bei denen die erzeugte Pseudo-Zufallsspannung kleiner oder gleich 6 V ist. Wenn dieses Verfahren genügend oft wiederholt wird, kann man sicher sein, daß die resultierende Impulsfolge die Zahl 0,6 mit sehr guter Genauigkeit wiedergibt. Es ist natürlich eine Folge von tausend Binärzahlen erforderlich, um der fraglichen Zahl auf wenige Promille nahezukommen.

Wird ein Befehl in umgekehrter Richtung, also vom Rechner zur Maschine weitergeleitet, so arbeitet das Roulette in entsprechender Weise, indem es die vom Rechner ausgegebene Zahl mit einer Pseudo-Zufallsfolge von Zahlen vergleicht. Die sich daraus ergebende binäre Impulsfolge wird in eine entsprechende Analogspannung umgeformt. Diese Mittelwertbildung erfolgt in einem RC-Integrator. Die gesamten Funktionen der Schnittstelle einer automatischen Steuerung können somit durch nur drei Schaltungen dargestellt werden, und zwar durch zwei digitale Schaltungen der beschriebenen Art und durch einen RC-Integrator, der die stochastischen Impulse in einen Analogwert umsetzt. Der Grundgedanke, einen stochastischen Prozeß zur Beherrschung der Schnittstelle zwischen Maschine und Rechner heranzuziehen, geht auf eine Arbeit der Studiengruppe CGE der Gesellschaft Alstom zurück.

General Instrument Europa S p. A hat mit Alstom ein Abkommen über die wirtschaftliche Nutzung und Fertigung dieser beiden stochastischen Schaltungen getroffen. Die neuen Bauelemente haben die Typenbezeichnungen AY-6-5053 und AY-6-5054. Dabei handelt es sich um DTL- und TTL-kompatible P-Kanal-MOS-Schaltungen. AY-6-5053 ist ein D/A-Umsetzer, der serielle oder parallele Dateneingabe erlaubt. AY-6-5054 ist ein numerischer Integrator, der aus einem Oszillator und der gesamten für die A/D-Wandlung benötigten Logik besteht. Das Bauelement liefert ausgangsseitig eine serielle Folge von Binärzahlen mit Paritäts-Bit. Beide Schaltungen bilden zusammen mit einem äußeren RC-Netzwerk das notwendige Interface in industriellen Steuerungen und erlauben außerdem wegen ihrer stochastischen Arbeitsweise eine Vereinfachung gewisser Abläufe im Rechner.

Diese neuen Schaltungen können auch einige Grundrechenarten ausführen und damit den Rechner entlasten. Wenn man zwei „elektronische Roulettes“ hintereinanderschaltet, so erhält man als Ergebnis das Produkt der Wahrscheinlichkeiten aus beiden Schaltungen. Soll zum Beispiel die erste Schaltung die Zahl 0,6 und die zweite Zahl 0,25 übertragen, so befinden sich die Ausgänge beider Schaltungen in 15 von 100 Fällen gleichzeitig auf dem Pegel logisch „1“. Eine Koinzidenzschaltung wird daher die Zahl 0,15 wiedergeben.

Die Entwicklungskonzeption für industrielle Steuerungen wird durch das neue Prinzip in Bewegung kommen und insbesondere zu einer Preissenkung führen. Dies dürfte den beschleunigten Einsatz der stochastischen Interface-Schaltungen begünstigen. Aber auch auf anderen Gebieten dürfte damit der Einsatz von Kleinstrechnern interessant werden. Die stochastischen Interface-Schaltungen könnten möglicherweise zur Lösung von Problemen beitragen, die die Anwendung von Prozeßrechnern im Kraftfahrzeug mit sich bringt, zum Beispiel bei Antiblockiersystemen, bei der elektronischen Benzineinspritzung oder bei der Abgasentgiftung.

# Vertonungssystem für die kombinierte Projektion von Film und Dias

## 1. Allgemeines

Das im folgenden beschriebene System ermöglicht die synchrone Steuerung eines Film- und eines Diaprojektors durch ein den Begleitton lieferndes Tonbandgerät (Bild 1). Es bietet ferner die Möglichkeit der vom Tonbandgerät gesteuerten kombinierten Projektion von Film und Dias während einer Vorführung, so daß es beispielsweise möglich ist, an durch Steuersignale des Tonbandgerätes bestimmten Stellen den Filmprojektorlauf zu unterbrechen, um in der Zwischenzeit Dias zu projizieren. Dias mit hellen Unterti-

standprojektion. Das System gestattet sowohl die Nachsynchronisation als auch die direkte Tonfilmaufnahme. Die Anpassung des Systems an die jeweils vorhandenen Geräte und eventuelle Modifikationen bleiben dem Verbraucher überlassen. Will er auf bestimmte Besonderheiten verzichten, so kann er die jeweiligen Baugruppen weglassen und erspart sich damit Kosten.

## 2. Arbeitsprinzip des Systems

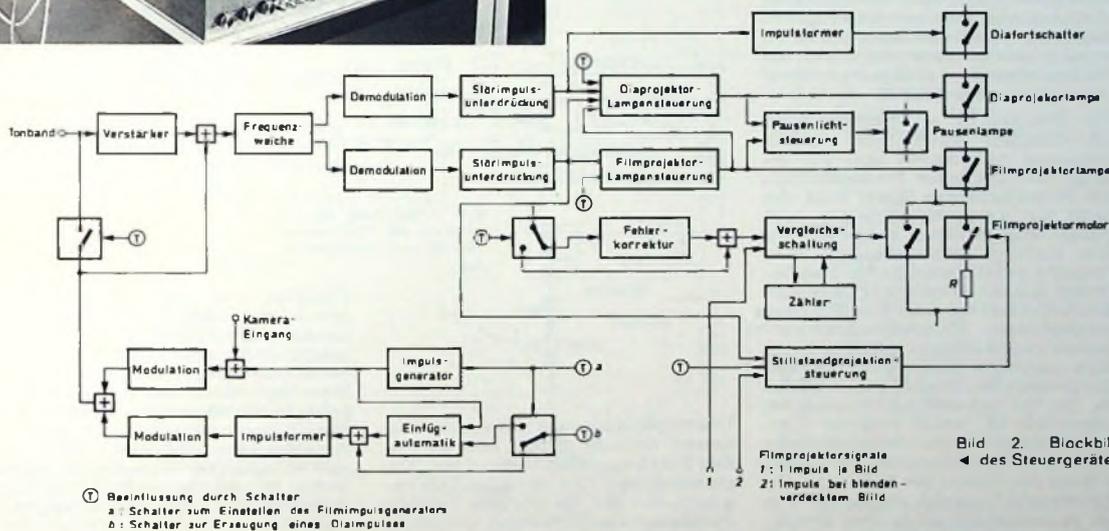
Das System (Bild 2) arbeitet nach einem Impulsverfahren. Die Steuer-

rend der Filmprojektion ein Diawechsel möglich ist. Die auf diese Art erzeugten Rechteckimpulse werden, um eine Unterscheidung zu ermöglichen, mit verschiedenen Frequenzen moduliert, zusammengefaßt und bei der entsprechenden Schalterstellung auf das Tonband aufgezeichnet.

Bei der Wiedergabe werden die Impulse vom Tonband abgetastet, verstärkt und gelangen in eine Frequenzweiche, in der die beiden Impulsarten voneinander getrennt werden. Anschließend werden die NF-Impulse in Rechteckimpulse umgewandelt und kurze Störimpulse unterdrückt. Die Diaimpulse werden zur Steuerung der Diaprojektorlampe und des Diafortschaltmechanismus benutzt, die Filmimpulse zur Steuerung der Filmprojektorlampe, der Diaprojektorlampe und zusammen mit Steuersignalen des Filmprojektors zur Steuerung der Laufgeschwindigkeit des Filmprojektors und der Stillstandprojektion. Die Filmimpulse laufen wahlweise über eine Korrekturautomatik, die ausgefallene Impulse ersetzt. Die Ausgänge der beiden Lampensteuerungen wer-



Bild 1. Vertonungssystem für die Projektion von Film und Dias (Aufnahme Schwahn)



teilen in den laufenden Film einzublenden oder erläuternde Zeichnungen, Landkarten usw. neben den Film zu projizieren. Selbstverständlich besteht auch die Möglichkeit, Film und Dias getrennt zu vertonen. Eine digitale Regelschaltung bewirkt exakten Synchronismus des Filmes zum Ton und ermöglicht eine automatische Still-

Thomas Jentsch erhielt im Landeswettbewerb Berlin 1972 des Wettbewerbs „Jugend forscht“ für den Entwurf und Bau eines Synchrongerätes für die Projektion von Film und Dias den dritten Preis in der Gruppe Technologie.

impulse befinden sich neben dem aufgezeichneten Ton auf einer zweiten Tonbandspur. Zur Steuerung der beiden Projektoren sind zwei Impulsarten notwendig, von denen je eine einem Projektor zugeordnet ist. Zur Aufnahme werden die Impulse entweder durch Generatoren (für die Nachsynchronisation) oder durch einen Kamerakontakt erzeugt (direkte Tonfilmaufnahme). Bei der Nachsynchronisation werden die dem Diaprojektor zugeordneten Impulse durch eine Einfügeautomatik in die Lücken der Filmimpulsreihe gesetzt, so daß auch wäh-

den außerdem zur Steuerung des Pausenlichtes verwandt.

## 3. Filmprojektorsteuerung

### 3.1 Motorzahlsteuerung

Hierbei steuern die vom Tonband abgetasteten Impulse über das Steuergerät die Laufgeschwindigkeit des Projektors, was gegenüber dem in [1] angewandten Verfahren (Steuerung des Tonbandgerätes durch den Projektor) folgende Vorteile hat:

► Das Auge reagiert auf Laufgeschwindigkeitsschwankungen schwä-

cher als das Ohr auf Tonhöhen-schwankungen

► Schmalfilmprojektoren haben oft keine ausreichende Gleichlaufstabilisierung.

► Es ist möglich, für eine Vorführung verschiedene Bildgeschwindigkeiten zu wählen

► Es ist nur eine Startmarke notwendig (der Film muß immer von derselben Stelle aus gestartet werden, um Synchronismus zu gewährleisten)

Die Steuerung der Laufgeschwindigkeit des Projektors erfolgt durch auf dem Tonband aufgezeichnete Steuerungssignale. Das Gerät arbeitet nach dem Einbildsystem, das heißt, ein Filmpuls bedeutet, daß der Film um ein Bild weitertransportiert werden soll. Trifft ein Filmpuls in dem Steuergerät ein, so erhält der Filmprojektor-motor volle Spannung, bis er den Film um ein Bild weitertransportiert hat. Dies wird dem Steuergerät durch einen Impuls signalisiert, der von einem im Filmprojektor einzubauenden Impuls-

daß bei einer Steuerung mit Hilfe eines RS-Flip-Flop die Mehrfachimpulse nicht berücksichtigt werden. Diese Mehrfachimpulse werden deshalb von den anderen Impulsen unterschieden und gezählt, um sie nachher zu einem günstigen Zeitpunkt in die entsprechende in den Flip-Flop gelangende Impulsreihe wieder einzufügen, damit sie diesmal berücksichtigt werden und der Synchronismus wiederhergestellt wird. Gibt der Zähler einen Impuls ab, so wird sein Betrag daraufhin um einen Impuls verringert. Der günstigste Zeitpunkt zur Abgabe eines Impulses durch den Zähler liegt unmittelbar nach dem Eintreffen eines Impulses der anderen Herkunft (dieser unterbricht den notwendigen Beschleunigungsvorgang) so wird der Beschleunigungsvorgang kaum unterbrochen.

### 3.1.1.1 Impulsformerstufen und Taktgeneratoren

Die Regelschaltung arbeitet zur Vermeidung von Fehlern infolge zeitlicher

müssen sie erst in Impulsformerstufen mit den entsprechenden Takten synchronisiert werden.

Zum Aufbau der Schaltung werden integrierte Digital-schaltungen der preiswerten TTI.-Serie SN74N (Bild 4) benutzt. Der astabile Multivibrator zur Erzeugung der Taktfrequenz wird mit zwei integrierten monostabilen Multivibratoren des Typs SN74121N aufgebaut. Die Verzögerungszeit des einen Mono-Flop bestimmt die Länge des Impulses, die andere die der Impulspause. Die Verzögerungszeit wird durch eine externe RC-Kombination bestimmt, mit der die IS beschaltet wird. Für die Verzögerungszeit gilt

$$t_v = C_{ext} R_{ext} \ln 2 \quad (1)$$

mit  $t_v$  in ns, C in pF und R in kOhm.

Um eine Taktfrequenz von etwa 4 kHz zu erhalten, werden beide IS mit  $C = 0,1 \mu F$  und  $R = 1,8 k\Omega$  beschaltet.

Da es vorkommen kann, daß der astabile Multivibrator bei einem relativ langsamen Ansteigen der Betriebsspannung nicht zu schwingen beginnt, wird vom Eingang einer IS ein Kondensator mit Masse und ein Widerstand mit der Betriebsspannung verbunden. Hat der Kondensator einen bestimmten Ladepunkt erreicht – die Betriebsspannung liegt inzwischen voll an –, so wird der Mono-Flop sicher getriggert. Für die Steuerschaltung werden außerdem zwei auf Lücke stehende Takte  $T_1$  und  $T_2$  benötigt, die aus der zentralen Taktfrequenz  $T_z$  mit Hilfe eines JK-Master-Slave-

geber, der je Bild einen Impuls abgibt, erzeugt wird. Diese Steuerfunktion kann leicht durch einen RS-Flip-Flop (elektronische Speicherschaltung), der durch die entsprechenden Tonbandimpulse gesetzt wird und durch die Projektorimpulse rückgesetzt wird, realisiert werden (Bild 3).

Die Regulierung der Projektionsgeschwindigkeit durch diese einfache Schaltung funktioniert aber nur solange, wie auf jeden Tonbandimpuls ein Projektorimpuls direkt folgt, das heißt, nur wenn der Projektor stark genug beschleunigen kann, um vor dem nächsten Tonbandimpuls einen Projektorimpuls abzugeben. Das bedeutet, daß der Projektor beim Beginn der Projektion bei einer vom Tonband vorgegebenen Projektionsgeschwindigkeit von 18 Bildern je Sekunde nahezu innerhalb von  $1/18$  s auf die Sollgeschwindigkeit beschleunigen müßte. Da das bei den meisten Projektoren unmöglich ist, treten mehrere Tonbandimpulse direkt hintereinander auf, und der Synchronismus verschiebt sich um die Anzahl der Bilder, die der der Mehrfachimpulse entspricht. Um das zu vermeiden, ist in dem Steuergerät eine digitale Regelschaltung mit einem Vorwärts-Rückwärts-Zähler eingebaut. Die Vorteile des Einbild- gegenüber dem Vierbildsystem (Voll-landsystem, ein Impuls je vier Bilder), wie größere Genauigkeit, einfachere Kontakte im Projektor und der Kamera, leichter Schnitt usw., müssen also durch einen größeren Aufwand der Steuerschaltung erkauft werden; dafür garantiert die Steuerschaltung exakten Synchronismus auch bei Projektionsgeschwindigkeiten, die dicht unter der Maximalgeschwindigkeit des jeweiligen Projektors liegen.

Bei der im folgenden beschriebenen Steuerschaltung geht man davon aus,

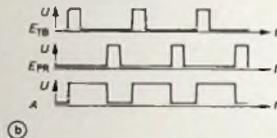


Bild 3 RS-Flip-Flop zur Steuerung der Projektorgeschwindigkeit: a) Schaltsymbol, b) Impulsverlauf ( $E_{TB}$  Eingang für die Tonbandimpulse,  $E_{PR}$  Eingang für die Projektorimpulse, A Ausgang zur Steuerung des Projektormotors)

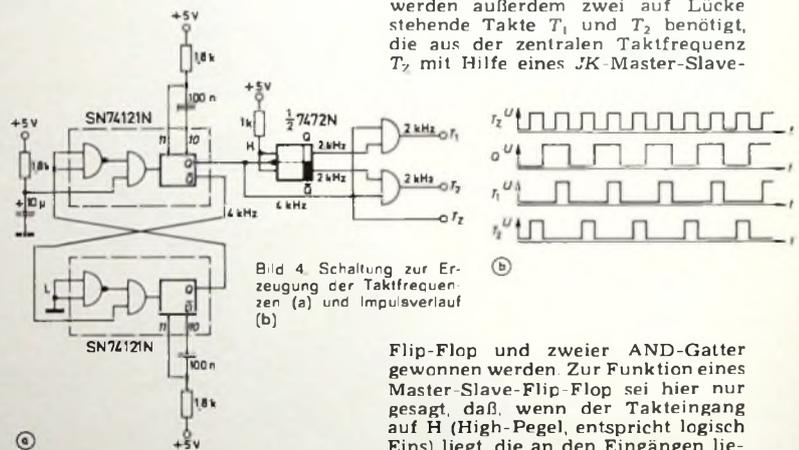


Bild 4. Schaltung zur Erzeugung der Taktfrequenzen (a) und Impulsverlauf (b)

Überschneidungen synchron; die einzelnen Abläufe finden also zu von den Taktfrequenzen bestimmten Zeitpunkten statt. Die zentrale Taktfrequenz, aus der die übrigen Taktfrequenzen gewonnen werden, wird durch einen astabilen Multivibrator erzeugt. Da die zur Regelung benutzten Impulse (Tonband- und Projektorimpulse) völlig beliebig liegen können,

Flip-Flop und zweier AND-Gatter gewonnen werden. Zur Funktion eines Master-Slave-Flip-Flop sei hier nur gesagt, daß, wenn der Takteingang auf H (High-Pegel, entspricht logisch Eins) liegt, die an den Eingängen liegende Information vom Master-Flip-Flop übernommen wird und erst dann, wenn der Takt auf L (Low-Pegel, entspricht logisch Null) liegt, diese Information an den Slave-Flip-Flop und damit an den Ausgang übergeben

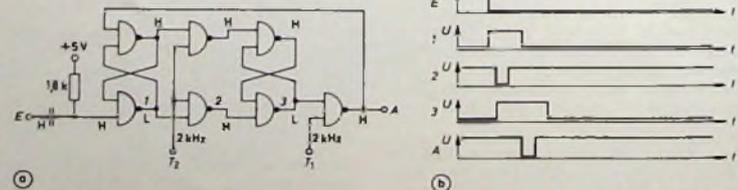


Bild 5. Schaltung der Impulsformerstufe (a) und Impulsverlauf (b)

wird. Ein JK-MS-Flip-Flop ist so aufgebaut, daß, wenn beide Eingänge (J, K) und der Takteingang auf H liegen, der Ausgang dann, wenn der Takt auf L liegt, die dem vorherigen Zustand komplementäre Lage einnimmt. Liegen also J und K auf H und wird an den Takteingang der Takt  $T_2$  gegeben, so wird die Taktfrequenz durch zwei geteilt.  $T_1$  und  $T_2$  erhält man durch Verknüpfung der Ausgänge des Flip-Flop mit dem Takteingang

In den Impulsformerstufen (Bild 5) werden die eintreffenden Impulse mit den Takten  $T_1$  und  $T_2$  synchronisiert. Ein aus zwei NAND-Gattern zusammengesetzter RS-Flip-Flop wird durch die fallende Flanke des Eingangsimpulses gesetzt. Wenn der Takt  $T_2$  ( $T_1$ ) auf H liegt, wird das Signal an einen zweiten Flip-Flop und, wenn  $T_1$  ( $T_2$ ) H ist, an den Ausgang gegeben. Gleichzeitig wird der erste Flip-Flop rückgesetzt und später der zweite. Da die Flip-Flop selbst in den Ruhezustand zurückkehren, brauchen sie beim Anlegen der Betriebsspannung nicht gesetzt zu werden. Man muß lediglich darauf achten, daß die Impulse, die dabei eventuell die Stufe verlassen, nicht berücksichtigt werden

des Gatters 14 auf H liegt, wenn der Betrag des Zählers größer als 0 ist. Da in der TTL-Serie keine OR-Gatter existieren, wird ein NAND-Gatter verwendet, und die Ausgänge des Zählers werden invertiert.

Dazu werden alle Ausgänge zu Beginn auf H gesetzt, die Mehrfachimpulse herunter- und die abgegebenen Impulse heraufgezählt. Diese Impulse werden vor den Eingängen durch die AND-Gatter 11, 12 zusammengefaßt. Der Zähler gibt dann über eines der Gatter 9, 10 Impulse ab, und zwar wenn der Zählerinhalt größer als 0 ist, der dem Vorzeichen entgegengesetzte Ausgang des Flip-Flop 5 auf H liegt und der entsprechende Takt auf H liegt. Diese Impulse werden einerseits durch die NAND-Gatter 3, 4 in die jeweilige Impulsreihe eingefügt und andererseits vom Zählerbetrag subtrahiert. Durch dieses System wird erreicht, daß der Beschleunigungsvorgang nach Auftreten von Mehrfachimpulsen und bei einer Taktfrequenz  $T_2 = 4$  kHz nur um  $1/4000$  s unterbrochen wird, wenn ein Impuls eintrifft, der diese Beschleunigung stoppen will. Durch die Verwendung des 4-bit-Zählers vom Typ SN74193N ist es möglich, bei Beschleunigungsvorgängen

meist nicht tragbar ist, sollte man den Projektor vor Beginn der Projektion warmlaufen lassen, da dann eine Kapazität von 4 Bit völlig ausreichend ist. Zur Kontrolle des Synchronismus kann man Anzeigelampen einsetzen, von denen eine anzeigt, wenn der Synchronismus vorübergehend verschoben ist (der Zähler hat Mehrfachimpulse gespeichert), und eine andere, die anzeigt, wenn der Synchronismus vom Regelsystem nicht mehr hergestellt werden kann (Speicherüberlauf infolge zu hoher Sollgeschwindigkeit). Die Anzeige kann entweder direkt über Leuchtdioden oder über von Transistoren geschaltete Glühlampen erfolgen. Eine Anzeige wird von dem Ausgang des Gatters 14 gesteuert, die andere vom Ausgang des Flip-Flop 15, der durch den Borg-Ausgang des Zählers gesetzt wird.

Nach dem Anlegen der Betriebsspannung müssen die Flip-Flop 5 und 15 und der Zähler 13 durch den Takt  $T_0$  gesetzt werden, da diese Speicherschaltungen eine definierte Ausgangslage haben müssen.

### 3.1.2. Stillstandprojektionsteuerung

Durch eine Unterbrechung der Filmimpulsreihe auf dem Tonband kann man erreichen, daß der Projektor an vorherbestimmbaren Stellen zum Stillstand kommt. Bei Projektoren, die über keine spezielle Einrichtung verfügen, kann es allerdings vorkommen, daß beim Stillstand die Umlaufblende das Bild verdeckt. Um dies zu vermeiden, kann man in das Steuergerät eine Schaltung (Bild 7) einbauen, die dem Projektormotor dann, wenn er abstoppt oder bereits steht und die Blende das Bild verdeckt, eine reduzierte Spannung zuführt, um die Blende aus dem Strahlengang zu

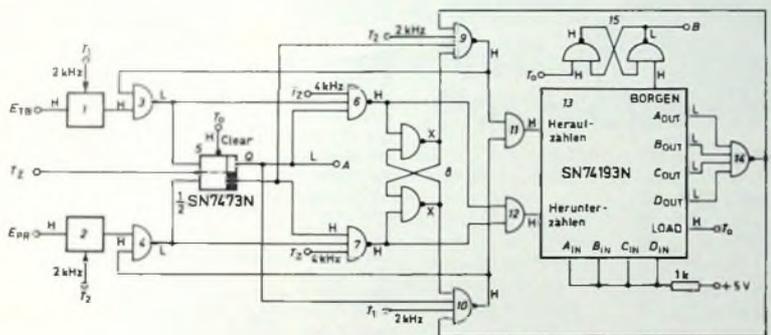


Bild 6. Digitale Motorsteuerschaltung

#### 3.1.1.2. Steuerschaltung

Nachdem die Tonband- und Projektorimpulse in den Impulsformerstufen 1, 2 (Bild 6) jeweils mit den Takten  $T_1$  und  $T_2$  synchronisiert wurden, gelangen sie nach Durchlaufen je eines NAND-Gatters 3, 4 an die Eingänge J, K eines Master-Slave-Flip-Flop 5, dessen Takteingang mit dem zentralen Takt  $T_2$  verbunden ist und dessen Ausgang Q den Filmprojektormotor steuert. Da die Tonband- und Projektorimpulse mit verschiedenen Takten synchronisiert sind, können sie nie gleichzeitig an den Flip-Flop gelangen. Die Mehrfachimpulse werden durch die Gatter 6 und 7 erkannt (die Gatter sind zusätzlich mit  $T_2$  verbunden, um durch Durchlaufverzögerungen der Bausteine erzeugte Fehler auszublenen). Der Betrag der Mehrfachimpulse wird von einem synchronen Vorwärts-Rückwärts-Zähler 13 und das Vorzeichen (Tonband- oder Projektorimpuls) von einem aus zwei NAND-Gattern zusammengesetzten Flip-Flop 8 gespeichert. Die Ausgänge des Vorwärts-Rückwärts-Zählers SN74193N werden so zusammengefaßt, daß der Ausgang

entstehende Verschiebungen des Synchronismus bis zu 15 Bildern auszugleichen. Bei Beschleunigungsvorgängen mit kalten Projektoren bei Sollgeschwindigkeiten, die dicht unter der Maximalgeschwindigkeit des warmgelaufenen Projektors liegen, mag die Zählerkapazität von 4 Bit oftmals nicht ausreichen, und man könnte deshalb die Zählerkapazität durch Hinzufügen eines weiteren Zählerbausteins erhöhen.

Da aber eine - wenn auch nur vorübergehende - Verschiebung des Synchronismus um mehr als eine Sekunde

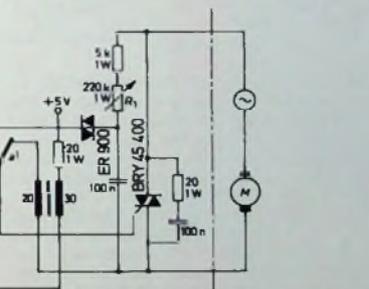
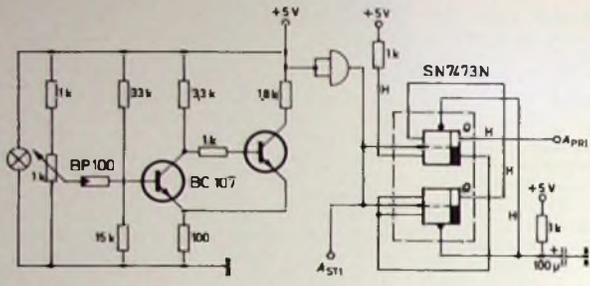


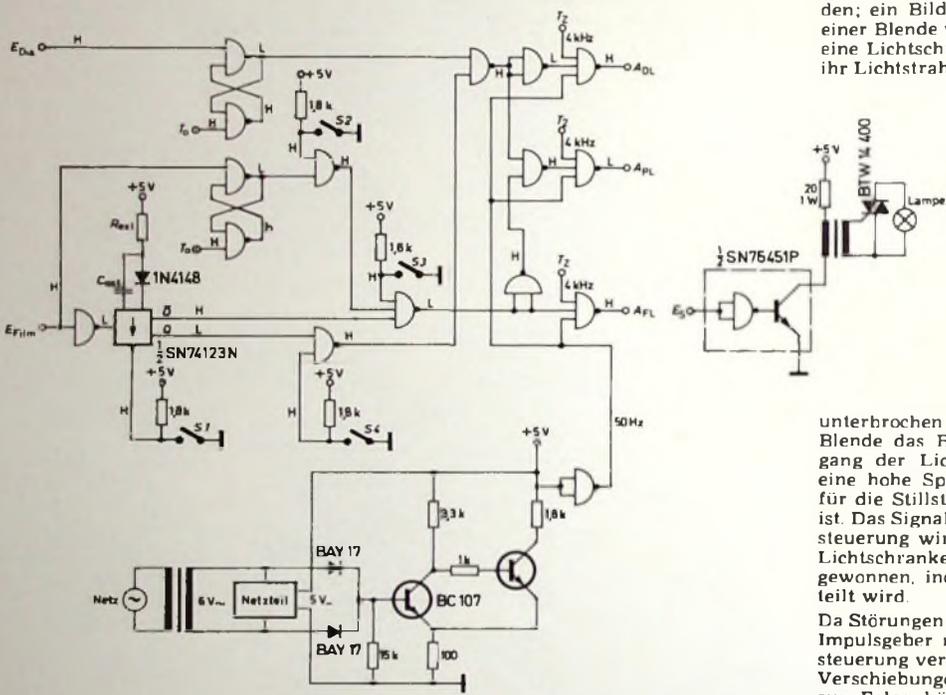
Bild 7. Schaltbild der Stillstandprojektionsteuerung und der Triac-Motorsteuerschaltung ( $E_S$ , Eingang für die Impulse zur Steuerung der Stillstandprojektion,  $E_M$  Eingang für die Impulse zur Steuerung der Motordrehzahl)

transportieren. Dazu muß im Filmprojektor ein Impulsgeber eingebaut werden, der dann, wenn die Blende das Bild verdeckt, ein Signal abgibt. Der Ausgang des Impulsgebers wird mit dem Ausgang Q eines nachtriggerbaren monostabilen Multivibrators (SN74122N oder  $\frac{1}{2}$  SN74123N) verknüpft, der durch die vom Tonband kommenden Filmimpulse getriggert wird und dessen Verzögerungszeit größer als der Abstand der Anfänge zweier derartiger Impulse ist (dieser



◀ Bild 8. Schaltung eines der Impulsgeber im Filmprojektor (A<sub>5T1</sub> Ausgang der Impulse für die Stillstandprojektionsteuerung, A<sub>5P1</sub> Ausgang der Impulse für die Motordrehzahlsteuerung)

nen einer ein Signal abgibt, wenn die Blende das Bild verdeckt, der andere, wenn der Projektor den Film um ein Bild weitertransportiert hat. Als Impulsgeber eignet sich am besten eine Lichtschranke (Bild 8), da sie – im Gegensatz zu einem eingebauten Relaiskontakt – nicht mechanisch beansprucht wird und es keine Kontaktzitterungen gibt. Der Einbau der Impulsgeber muß sich nach dem verwendeten Filmprojektor richten. Bei Noris-Projektoren befinden sich beispielsweise an der Greiferachse drei im gleichen Winkel befestigte Blenden; ein Bild wird also dreimal von einer Blende verdeckt. Man kann nun eine Lichtschranke so anbringen, daß ihr Lichtstrahl dann von einer Blende



◀ Bild 9. Schaltbild für die Steuerung der Film- und Diaprojektorlampen und des Pausenlichts (S1: Ausschalten der Filmprojektorlampe, S2: Ausschalten der Stillstandprojektionstellung der Lampensteuerung, S3: Einschalten der Filmprojektorlampe, S4: Ausschalten der mit der Filmprojektorlampe gleichzeitig leuchtenden Diaprojektorlampe)

Mono-Flop kann gleichzeitig zur Steuerung der Filmprojektorlampe verwendet werden; s. Abschnitt 3.2). Dadurch wird erreicht, daß die Stillstandprojektionsteuerung nur dann einsetzt, wenn die Impulsreihe abbricht. Ist die Impulsreihe abgebrochen und verdeckt die Blende das Bild, so erhält der Motor über den Triac eine reduzierte Spannung, die möglichst klein sein soll, damit der Projektor schnell zum Stehen kommt, die aber gleichzeitig auch ausreichend sein muß, um die Blende aus dem Strahlengang zu transportieren. Da es für andere Betriebsarten wünschenswert ist, daß der Projektor möglichst schnell abstoppt, ist die Stillstandprojektionsteuerung mit S1 abschaltbar.

**3.1.3. Triac-Motorsteuerschaltung**

Die Motorsteuerung erfolgt über einen Triac, der durch die Motordrehzahlsteuerschaltung ein- und ausgeschaltet wird und für die Stillstandprojektionsteuerung in konstanter Phasenanschnittsteuerung betrieben wird. Um den Triac (hier BRY 45 400 von Transiron; U<sub>i</sub> = 400 V, I<sub>eff</sub> = 3 A) galvanisch von der Steuerschaltung zu tren-

nen, wird er dann über einen Trenntransformator ein- und ausgeschaltet (Bild 7). Da er, um leitend zu bleiben, bei Beginn jeder Halbwelle von neuem gezündet werden muß, wird das von der Motordrehzahlsteuerschaltung kommende Signal mit der Taktfrequenz T<sub>Z</sub> verknüpft und zündet den Triac über einen Transistor und den Transformator.

Bei der Stillstandprojektionsteuerung muß dem Projektor eine reduzierte Spannung zugeführt werden, was hier durch Phasenanschnittsteuerung erreicht wird. Die Spannung, die der Projektor erhält, kann man durch Einstellen des Potentiometers R<sub>1</sub> dem jeweiligen Projektor anpassen. Das Gate des Triac ist über den Ruhekontakt eines Relais mit dem Transformator und über den Arbeitskontakt mit dem Phasenanschnittgenerator verbunden. Das Relais wird über einen Transistor durch die Stillstandprojektionsteuerung erregt. Um Überspannungen am Triac zu vermeiden, sind Anode und Katode mit einer RC-Kombination verbunden.

**3.1.4 Impulsgeber im Filmprojektor**

In den Filmprojektor müssen zwei Impulsgeber eingebaut werden, von de-

unterbrochen wird, wenn eine andere Blende das Bild verdeckt; am Ausgang der Lichtschranke steht dann eine hohe Spannung, die das Signal für die Stillstandprojektionsteuerung ist. Das Signal für die Motordrehzahlsteuerung wird nun aus der von der Lichtschranke gelieferten Frequenz gewonnen, indem sie durch drei geteilt wird.

Da Störungen auf der Leitung, die den Impulsgeber mit der Motordrehzahlsteuerung verbindet, schwerwiegende Verschiebungen des Synchronismus zur Folge hätten, ist diese Leitung sorgfältig abzuschirmen. Es empfiehlt sich weiterhin, die Leitung im Steuergerät über einen Kondensator von etwa 0,1 µF mit Masse zu verbinden, um so eingekoppelte Störimpulse zu unterdrücken. Dadurch wird zwar die für das TTL-System erforderliche Flankensteilheit nicht erreicht, was aber in diesem Fall nicht schadet, da die Impulsformerstufe die durch Schwingungen um den Triggerpunkt entstehenden Fehler unterdrückt. Störungen auf der Leitung zur Stillstandprojektionsteuerung sind vernachlässigbar, da sie nicht gespeichert werden, sondern den Projektorlauf nur kurzfristig stören können.

**3.2 Lampensteuerung**

Die Lampensteuerung muß der Betriebsart entsprechend erfolgen. Normalerweise ist es wünschenswert, daß die Lampe nur dann aufleuchtet, wenn der Projektor läuft. Für die Stillstandprojektion soll sie aber auch dann leuchten, wenn der Projektor stehenbleibt. Außerdem sollte es möglich sein, die Lampe beliebig ein- und auszuschalten (zum Beispiel für das Rückspulen des Films).

Zur Steuerung der Filmprojektorlampe (Bild 9) werden, um einen un-

# COUPON

**Ich will  
die Klingel  
von Loewe  
haben.  
Postwendend.**



Ich weiß zwar im Augenblick noch nicht, um was es dabei geht, aber ich vermute, daß es sich um eine außergewöhnliche Aktion handelt. Außerdem denke ich, daß diese Klingel etwas ganz bestimmtes mit sich bringt.

Ferner möchte ich erwähnen, daß ich keine Enttäuschung erleben möchte. Denn sonst hätte ich diese Anzeige nicht ausgeschnitten und an meinen Loewe-Lieferanten geschickt.

Also: Hier ist meine Anschrift.

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

Firma: \_\_\_\_\_

Anschrift: \_\_\_\_\_



## LOEWE OPTA

nötig hohen Aufwand zu vermeiden, die vom Tonband kommenden Filmimpulse verwendet. Um zu erreichen, daß die Lampe nur während des Filmprojektorlaufes aufleuchtet, triggern die Filmimpulse ständig einen nachtriggerbaren monostabilen Multivibrator, dessen Verzögerungszeit größer ist als der Abstand der Anfänge zweier Filmimpulse. Die Lampe verlischt erst dann, wenn innerhalb der Verzögerungszeit nach dem letzten Filmimpuls kein weiterer Impuls eintrifft. Um ein Verlöschen der Lampe zu verhindern, wenn ein Impuls ausgefallen ist oder das Tonband schlecht geschnitten ist, sollte die Verzögerungszeit  $t_v$  etwa dreimal so groß wie der Abstand der Anfänge zweier Impulse sein. Eventuell kann man die Verzögerungszeit an die jeweils verwendete Bildfrequenz anpassen. Die Verzögerungszeit der Mono-Flop der Bausteine SN74122N und SN74123N ist

$$t_v = 0,28 R_{ext} C_{ext} (1 + 0,7/R_{ext}) \quad (2)$$

mit  $t_v$  in ns, C in pF und R in kOhm. In Tab. 1 sind die Widerstandswerte für die entsprechenden Frequenzen angegeben ( $C_{ext} = 50 \mu F$ )

Tab. 1 Widerstandswerte zur Veränderung der Verzögerungszeit nach Bild 9

f Hz	$R_{ext}$ kOhm
16 18	15
20 22	12
24 26	10

Der Mono-Flop kann außerdem für die Stillstandprojektion und die noch zu besprechende Korrekturautomatik mitbenutzt werden. Für die Stillstandprojektion wird die Lampe durch einen Flip-Flop gesteuert, der durch einen Filmimpuls gesetzt wird. Da die Lampe nicht automatisch ausschaltet, könnte man die Schaltung noch so verändern, daß die Lampe durch einen Diaimpuls ausgeschaltet wird.

Die Filmprojektorlampe wird wie der Motor durch einen Triac geschaltet. Da moderne Filmprojektoren meistens Niedervoltlampen haben, muß hier ein Triac mit höherer Strombelastbarkeit eingesetzt werden (zum Beispiel BTW 14 400;  $U_s = 400 V$ ,  $I_{eff} = 10 A$ ). Wegen der dann entstehenden hohen Verlustleistung ist der Triac auf einem ausreichend großen Kühlkörper zu montieren. Insbesondere beim Betrieb von Hochspannungslampen ist der Triac mit Hilfe von superflinken Sicherungen (zum Beispiel „GS 450/10A“ von Wickmann) und Drosseln gegen einen beim Durchbrennen der Lampen eventuell entstehenden Kurzschlußstrom zu sichern.

Es müssen außerdem noch Maßnahmen zum Schutze des unmittelbar danebenliegenden relativ störempfindlichen TTL-Systems getroffen werden. Störungen, die durch das Schalten starker Ströme entstehen können, kann man dadurch stark herabsetzen, daß man bei Nulldurchgang schaltet. Ein Nulldurchgangsdetektor gibt dann ein Signal ab, wenn die Netzspannung durch den Nullpunkt geht. Der Detektor besteht aus einem Schmitt-Trigger, der über zwei Dioden an die Se-

kundärseite des Netztransformators, der zur Stromversorgung des Gerätes dient, angeschlossen ist. Das Signal der Lampensteuerung wird mit dem negierten Ausgangssignal des Schmitt-Triggers und dem Takt  $T_2$  verknüpft und zündet über einen Trenntransformator den Triac.

#### 4. Diaprojektorsteuerung

##### 4.1 Diafortschaltsteuerung

Die Diafortschaltsteuerung für automatische Diaprojektoren – nur solche sind hierfür geeignet – ist, im Ver-

tet (da zum Fortschalten oft mehrere Kontakte umgeschaltet werden müssen, ist dies die einfachere Möglichkeit) oder, um Störungen zu vermeiden, über einen oder mehrere Triacs, die kurz nach dem Nulldurchgang des Netzes geschaltet werden (s. 3.2.)

##### 4.2 Diaprojektorlampen-steuerung

Die Diaprojektorlampe muß der Betriebsart entsprechend gesteuert werden. Die Lampe kann nur dann leuchten, wenn ein Diaimpuls durch einen

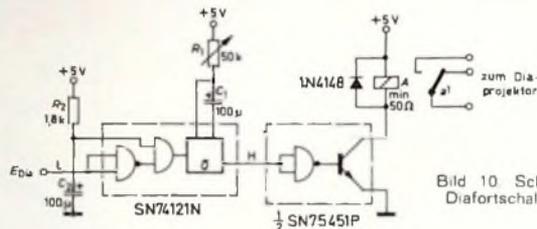


Bild 10 Schaltbild der Diafortschaltsteuerung

gleich zur Filmprojektormotorsteuerung, sehr einfach. Der vom Tonband kommende Diaimpuls wird in einem monostabilen Multivibrator vom Typ SN74121N (Bild 10) auf das erforderliche, dem jeweiligen Projektor angepaßte Maß verlängert und schaltet über ein Relais oder einen Triac den Projektor. Der integrierte Bauelement wird mit einem Kondensator von  $100 \mu F$  und einem Trimpotentiometer von  $50 k\Omega$  beschaltet, so daß man die Schaltzeit über einen weiten Bereich einstellen kann. Um zu vermeiden, daß der Projektor beim Anlegen der Betriebsspannung des Steuergerätes fortgeschaltet wird, wird der Schmitt-Eingang der IS über den Kondensator  $C_2$  mit Masse und über den Widerstand  $R_2$  mit der Versorgungsspannung verbunden. So kann der Mono-Flop erst dann, wenn der Kondensator genügend aufgeladen ist, getriggert werden. Der Projektor wird entweder über ein Relais geschal-

te. Flip-Flop gespeichert ist. Bei einer Schalterstellung kann man erreichen, daß die Lampe nur dann leuchtet, wenn die Filmprojektorlampe nicht leuchtet (s. Bild 9). Die Steuerung der Diaprojektorlampe erfolgt ebenfalls über einen Triac (s. 3.2.).

#### 5. Pausenlichtsteuerung

Es läßt sich eine Pausenlichtsteuerung in das Gerät einbauen, die das Pausenlicht (Raumbeleuchtung) dann einschaltet, wenn keine der beiden Projektorlampen leuchtet. Dazu müssen die negierten Ausgänge der Lampensteuerungen mit einem AND-Gatter verbunden werden, dessen Ausgang das Pausenlicht dann über einen Triac steuert (s. Bild 9) (Schluß folgt)

#### Schrifttum

- (1) Rumland, R.: Tonfilmsystem für die gleichzeitige Aufnahme von Bild und Ton. FUNK-TECHNIK Bd. 25 (1970) Nr. 18, S. 722, 724, Nr. 19, S. 755-756, u. Nr. 20, S. 800, 802

## Neue Epoxidglaslaminate für die Leiterplattentechnik

Während die Stanztechnik bei der Herstellung von gedruckten Schaltungen auf der Basis kupferkaschierter Hartpapiere in breitem Umfang eingesetzt wird, ergibt sich beim Stanzen von kupferkaschierten Epoxidglas-hartgeweben eine Reihe von Problemen. So bilden sich an der Kupferschichtoberseite Grate, und beim Lochaustritt an der Unterseite stülpt oder franst das Material aus. Hier kann sich unter Umständen auch die Kupferschicht abheben. Eine weitere Gefahr ist, daß es wegen der meistens nicht sauberen Abscherung der Glasfasern zu kaum vermeidbarer feiner Rißbildung in der Bohrung kommt. Außerdem führt das Stanzen von konventionellem kupferkaschiertem Epoxidglashartgewebe zu einem sehr hohen Werkzeugverschleiß.

Die AEG Isolier- und Kunststoff GmbH (AIK) entwickelte daher neue Basismaterialien, die wesentliche Vorteile gegenüber konventionellen Materia-

lien bieten. Zum Beispiel stellen die Epoxidglaslaminate „G 10-1760-Spezial“ und „FR 4-1770-Spezial“ einwandfrei stanzbare Epoxidglaslaminate dar, mit denen sich Lochqualitäten erzeugen lassen, die sogar für die Herstellung von durchkontaktierten Schaltungen sehr gut geeignet sind.

Besonders hervorzuheben ist die Tatsache, daß bei gestanzten Löchern im 2,5-mm-Raster keine Hofbildung – die bei konventionellen Materialien immer auftritt – festgestellt werden konnte. Auch der Aufbruch des Kupfers ist im Gegensatz zu normalen Qualitäten sehr gering. Die Bohrbarkeit ist wesentlich günstiger als bei allen konventionellen G 10-Materialien. Das bedeutet glattere Wandungen, wie vergleichende Schliffbilder zeigen, und geringeren Aufwand für die Bohrlochreinigung. Außerdem ist auch der Bohrverschleiß erheblich geringer.

# Nicht drücken – streicheln!



Fransösische Rokoko-Illustration

Wer wird denn heftig drücken, wenn sanftes Streicheln viel besser und schneller zum Ziel führt. Dies gilt auch für Fernseh- und Rundfunkgeräte:

Tastendrücken gibt's nicht mehr; Programmwahl erfolgt vielmehr durch bloßes »Berühren« von Kontaktfeldern. Diesen Bedienungskom-

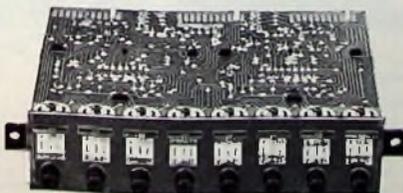
fort ermöglichen EPS\* von AEG-TELEFUNKEN, Programme werden in weniger als einer hundertstel Sekunde direkt gewählt. Mit diesem Bedienungskomfort liegen Ihre Geräte ganz bestimmt attraktiv im Markt.

\* EPS (elektronischer Programmspeicher) von AEG-TELEFUNKEN

- basiert auf Computer-Technik
- voll integrierbar in Fernseh- und Rundfunkgeräte
- harmoniert mit jedem Geräte-Design
- normalerweise 8 Speicherstellen – jedoch beliebige Anzahl möglich
- Fernbedienung mit Draht oder über Ultraschall – bis 3000 Fortschaltungen je Sekunde möglich
- leichter Einbau – nur zwei Schrauben

- kein mechanischer Verschleiß
- extrem temperaturstabil – kein Nachstimmen oder AFC erforderlich
- servicegerecht – und fällt trotzdem nie aus.

AEG-TELEFUNKEN  
 Fachbereich Bauteile NSF  
 85 Nürnberg  
 Obere Kanalstraße 24-26



WAK 474B



# Einfache Messungen an Feldeffekttransistoren

Feldeffekttransistoren mit Sperrschichtgate (JFET) zeigen oft eine erhebliche Streuung der Kennwerte, und zwar auch bei Einzel-exemplaren desselben Typs. Dagegen sind sie in bezug auf den allgemeinen Verlauf ihrer Kennlinien weitgehend identisch. Eine technologische Beeinflussung dieses Verlaufs (wie bei Elektronenröhren mit veränderbarer oder gleitender Steilheit) ist bei Halbleitern kaum möglich. Für die meisten Anwendungsfälle ist es daher ausreichend, den Transistor durch zwei Punkte seiner Drainstrom-Gatespannungs-Kennlinie  $I_D = f(U_{GS})$  zu beschreiben.

Besonders einfach zu messen sind die Kennwerte  $U_p$  (Pinch-off-Spannung, das heißt diejenige Gatespannung, bei der  $I_D = 0$  geht) und  $I_{DSS}$  (Drainstrom bei  $U_{GS} = 0$ ). Nach Bild 1 kann man  $U_p$  hinreichend genau messen, indem man ein Voltmeter mit genügend hohem Innenwiderstand (20 kOhm/V) in die Sourceleitung legt. Die dabei angezeigte Gate-Source-Spannung entspricht demjenigen Wert, der notwendig ist, um den vom

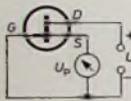


Bild 1 Messung der Pinch-off-Spannung (Sperrspannung)  $U_p$

Voltmeter aufgenommenen Strom  $I_D$  fließen zu lassen. Wegen des hochohmigen Voltmeters bleibt dieser Strom aber so niedrig, daß der angezeigte  $U_{GS}$ -Wert mit dem von  $U_p$  praktisch identisch ist. Die Betriebsspannung  $U_B$  muß einige Volt höher als  $U_p$  sein. Bei gebräuchlichen FET-Typen ist jedoch  $U_p > 10$  V nicht zu erwarten, so daß  $U_B = 15$  V im allgemeinen ausreicht.

Bei der Messung von  $I_{DSS}$  (Bild 2) muß mit geringerer Betriebsspannung

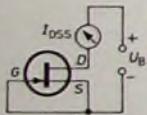


Bild 2 Messung des Drainstroms  $I_{DSS}$  bei  $U_{GS} = 0$  V

gearbeitet werden, da bei Feldeffekttransistoren für Schalterbetrieb  $I_{DSS} > 100$  mA sein kann. Bei  $U_B = 15$  V würde dann eine Verlustleistung von mehr als 1 W im Prüfling auftreten.

### Meßschaltungen

Auf das Umschalten der Betriebsspannung kann verzichtet werden, wenn der Spannungsverdoppler nach Bild 3 zur Speisung benutzt wird. Bei geringem Strombedarf laden sich die Siebkondensatoren C1 und C2 auf etwa 8 V auf. Die Messung von  $U_p$  erfolgt somit bei einer Speisespannung (zwischen den Punkten A und B) von etwa 16 V. Durch Drücken der Taste

S1 ergibt sich die Schaltung nach Bild 2. Der nun stark ansteigende Drainstrom vergrößert den Spannungsabfall an R1, bis D3 leitend wird. Damit bleibt nur noch ein Zweig der Verdopplerschaltung wirksam, und die

Bild 3 Eine Speisquelle mit lastabhängigem Innenwiderstand begrenzt die Verlustleistung im Prüfling

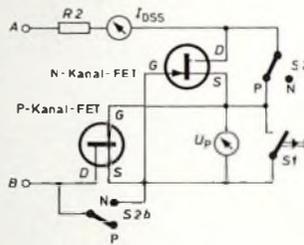
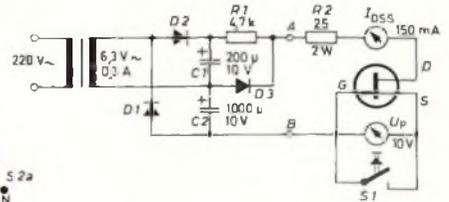


Bild 4 Eine einfache Polaritätsumschaltung erhält man, wenn für N- und P-Kanal-Typen getrennte Sockel verwendet werden

Betriebsspannung geht wegen der Verluste in D3 und am Innenwiderstand der Speisespannungsquelle auf etwa 5 V zurück. Der Schutzwiderstand R2, dessen Wert auch den Innenwiderstand des Meßgerätes für  $I_{DSS}$  enthält, begrenzt den Maximalstrom auf  $5 \text{ V} / 25 \text{ Ohm} = 200$  mA. Im ungünstigsten Falle beträgt die Verlustleistung im Prüfling 250 mW.

Bei der Messung von P-Kanal-Transistoren muß eine Umpolung an den Punkten B und D und eine weitere am Meßinstrument für  $U_p$  vorgenommen werden. Eine einfachere Umschaltung

ergibt sich, wenn für N- und P-Kanal-Typen getrennte Sockel angeordnet werden (Bild 4). Es genügt dann, am jeweils nichtbenutzten Sockel die Drain-Source-Strecke kurzzuschließen.



Mit nur einem Meßgerät kann man auskommen, wenn man, wie im Bild 5, ein Vielfachmeßgerät mit getrennten Eingängen für Strom- und Spannungsmessungen benutzt. Die Anzeige von  $U_p$  erfolgt beim Einschalten des entsprechenden Spannungsbereiches, die von  $I_{DSS}$  nach Umschalten auf einen Strombereich und anschließendem Drücken der Taste S1. Bild 6 zeigt die Erweiterung dieses Prinzips auf die zwei Kanalpolaritäten. Bei  $I_{DSS}$ -Messungen an P-Typen er-

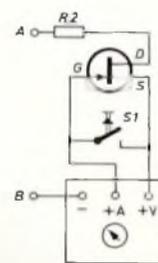


Bild 5 Messung der Kennwerte mit einem Vielfachmeßgerät

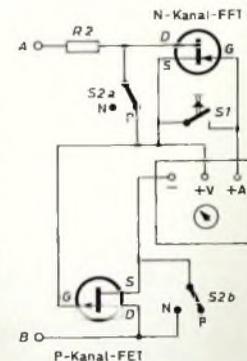
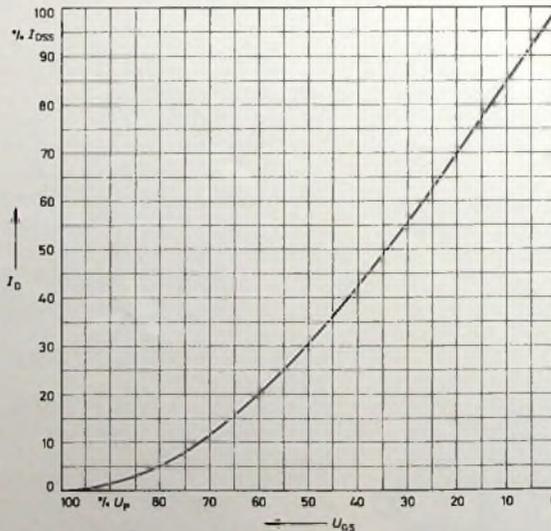


Bild 6 (oben) Erweiterung der Meßschaltung nach Bild 5 für N- und P-Kanal-Typen

Bild 7. Nach Auswertung der Meßergebnisse mit Hilfe dieser normalisierten Kennlinie erhält man die für einen gegebenen Arbeitspunkt gültigen Betriebsdaten des Feldeffekttransistors

folgt die Gaterückführung über den im Meßgerät zwischen den Klemmen „-“ und „+V“ liegenden Widerstand. Wenn dieser Widerstand bei Einschaltung des gewünschten Strombereiches mehr als 5 MOhm beträgt, dann ist es vorteilhaft, ihn durch einen an die genannten Klemmen angeschlossenen Widerstand von etwa 1 MOhm zu verringern. Trotzdem ist Brummeinstreuung auf die Gateleitung zu vermeiden.

#### Auswertung der Messungen

Bild 7 zeigt die „normalisierte“  $I_D$ - $U_{GS}$ -Kennlinie eines Sperrschicht-Feldeffekttransistors. Die Drainstromwerte sind hierbei als Prozentsatz des Meßwertes  $I_{DSS}$  und die Werte der Gate-Source-Spannung als Prozentsatz der Pinch-off-Spannung  $U_p$  ausgedrückt. Da diese beiden Meßwerte die Endpunkte der Kennlinie darstellen, ist der Mittelwert der Steilheit durch das Verhältnis  $I_{DSS}/U_p$  gegeben. Die vom Hersteller angegebene Nominalsteilheit gilt meistens für  $U_{GS}=0$  und ist etwa 1,5mal höher als der Mittelwert.

Am Beispiel eines Transistors, bei dem  $U_p = 5$  V und  $I_{DSS} = 20$  mA gemessen wurde, sei die Auswertung der Messungen mit Hilfe von Bild 7 dargestellt. Der Mittelwert der Steilheit errechnet sich zu  $20/5 = 4$  mA/V und der Nominalwert zu  $4 \cdot 1,5 = 6$  mA/V. Soll dieser Transistor mit einem mittleren Drainstrom von  $I_D = 5$  mA betrieben werden, dann stellt dieser  $I_D$ -Wert 25% des Wertes von  $I_{DSS}$  dar. Aus

Bild 7 ergibt sich der entsprechende Wert der Gatevorspannung zu 55% von  $U_p$ , in diesem Beispiel also zu  $U_{GS} = 2,75$  V. Der in die Sourceleitung zu legende Polarisationswiderstand  $R_s$  errechnet sich damit zu  $2,75/5 = 550$  Ohm. Durch Anlegen einer Tangente an den Punkt  $I_D = 25\%$ ,  $U_{GS} = 55\%$  ergibt sich für die Steilheit im Arbeitspunkt 4 mA/V. Soll dagegen mit einem Ruhestrom von  $I_D = 1$  mA

$U_{GS} = 4$  V,  $R_s = 4$  kOhm und etwa 2 mA/V für die Steilheit im Arbeitspunkt.

Die angeführten Beispiele zeigen, daß sich mit den beschriebenen Verfahren trotz ihrer Einfachheit alle für die Praxis erforderlichen Betriebswerte bestimmen lassen. Die Notwendigkeit, beim Auswerten etwas nachdenken zu müssen, ist dabei besonders für den mit der Materie noch wenig Vertrauten nicht unbedingt ein Nachteil.

## INTERNATIONALE ELEKTRONISCHE RUNDSCHAU

brachte im Januarheft 1973 unter anderem folgende Beiträge:

Nachrichtenreduktion für Videosignale

Interframe-Codierung für Videosignale

Experimente zur Nachrichtenreduktion bei Bildfernsehsignalen

Ein adaptiver Intraframe-Codierer für Fernsehsignale

Experimente zur Codierung von Fernserehdunksignalen

Implantation und Analyse mit Hilfe von Ionenbündeln

Angewandte Elektronik · Aus Industrie und Wirtschaft · Persönliches · Neue Bücher · ELRU-Informationen · ELRU-Kurznachrichten

Format DIN A 4 · Monatlich ein Heft · Preis im Abonnement 16,50 DM vierteljährlich einschließlich Postgebühren; Einzelheft 5,75 DM zuzüglich Porto

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

VERLAG FÜR RADIO-FOTO-KINOTECHNIK GMBH · 1 BERLIN 52



# internationale fachausstellung der elektronischen bauelemente

**PARIS**  
von Montag, dem 2., bis Sonnabend,  
dem 7. April 1973,  
alle Tage von 9 00 bis 19 00 Uhr

Die führende  
Elektronikschau der Welt

organisiert von der S D S A (Societe pour  
la Diffusion des Sciences et des Arts)  
Wegen genauer Auskünfte und Eintrittskarten  
wenden Sie sich schriftlich oder telefonisch an:  
Französische Fachausstellungen, 5 Köln 1,  
Salierring 12 · Tel. 31 80 45, Telex 888 1133 salon d

Hier abschneiden

Ich bitte um Informationen  
über die internationale  
Fachmesse der Elektronischen  
Bauelemente in Paris sowie  
um eine Eintrittskarte

Name: \_\_\_\_\_  
Firma: \_\_\_\_\_  
Anschrift: \_\_\_\_\_

Senden Sie diesen Abschnitt an:  
Französische Fachausstellungen, 5 Köln 1, Salierring 12

PUBLI SERVICE

# Der „Orgelpfeifen“-Lautsprecher

Im folgenden wird eine leicht nachzubauende Lautsprecheranordnung für elektronische Orgeln und ähnliche Instrumente beschrieben. Für die Hi-Fi-Wiedergabe von Musik und Sprache ist sie allerdings nicht geeignet.

## Konstruktionsprinzip

Im Grunde handelt es sich bei der im Bild 1 dargestellten Anordnung um eine geschlossene Box, die mit einer Art Horn aus mehreren abgestimmten Rohren versehen ist. Jede dieser zwölf „Pfeifen“ ist auf einen Ton der unmittelbar unterhalb  $c^1$  liegenden Oktave abgestimmt und der effektive Querschnitt aller Rohre zusammen, in Verbindung mit ihrer mittleren Länge, entspricht in der Wirkung einer zusätzlichen Pfeife für den niedrigsten Pedalton (32,9 Hz) einer elektronischen

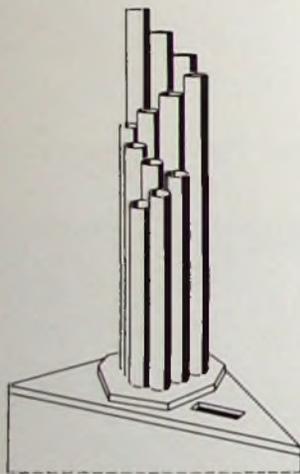


Bild 1 „Orgelpfeifen“-Lautsprecher

Orgel. Die Baßwiedergabe des Pfeifen-Lautsprechers ist sehr gut, und auch die Wiedergabe der mittleren und hohen Lagen ist zufriedenstellend. Das System verleiht der gesamten linkshändig gespielten Begleitung einer Orgel einen besonderen Effekt und hat einen ausgezeichneten Wirkungsgrad.

## Lautsprechersystem

Als Lautsprechersystem muß eine Spezialausführung für Musikinstrumente eingesetzt werden. Hi-Fi-Ausführungen oder solche für Baßreflexboxen sind ungeeignet, da die akustische Anpassung Schwierigkeiten macht. Am besten hat sich ein 100-W-System mit 38 cm Durchmesser bewährt, aber auch ein 30-cm-System ist brauchbar. Liefert die Orgel Töne von mehr als 10 kHz, dann kann die Anordnung noch durch einen zusätzlichen Hochtonlautsprecher ergänzt werden, der mit in das Gehäuse eingebaut werden kann.

## Lautsprechergehäuse

Beim Entwurf des Lautsprechergehäuses ist das Volumen von besonderer Bedeutung. Es sollte etwa 165 l betragen, wobei die Form nicht kritisch ist. Die für den Bau des Gehäuses erforderlichen Teile werden aus etwa 2 cm dickem Sperrholz gefertigt und zusammengeleimt. Zusätzlich sollten noch Senkkopf-Holzschrauben (alle 15 cm) verwendet werden. Von innen wird das Gehäuse mit schallschluckendem Material (Polyfoam oder Glaswolle) ausgekleidet.

## Pfeifenanordnung

Die „Pfeifen“ werden aus  $3\frac{1}{4}$ “-Plastik-Abwasserrohr gefertigt und zu einem Bündel zusammengefaßt (Bild 2). Die genauen Längen jeder Pfeife sind Tab. I zu entnehmen. Aus

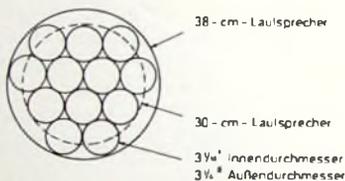


Bild 2. Anordnung des Pfeifenbündels über der Austrittsöffnung sowie Überdeckung der Lautsprecher

Tab. I. Länge der Pfeifenrohre

Tonhöhe	Resonanzfrequenz (Hz)	Rohrlänge (cm)
$c^1$	261,6	
h	246,9	68,2
a <sub>1s</sub>	233,1	71,4
a	220,0	76,2
g <sub>1s</sub>	207,7	80,6
g	196,0	84,4
f <sub>1s</sub>	185,0	91,4
f	174,6	96,5
e	164,8	102,3
d <sub>1s</sub>	155,6	108,9
d	146,8	114,4
c <sub>1s</sub>	138,6	122,0
c	130,8	128,6

dem Deckel werden entsprechende Löcher für die Rohre ausgesägt und die außenliegenden Rohre der Anordnung mit Hilfe von kurzen Holz- oder Blechschrauben im Deckel befestigt. Nachdem die äußeren Pfeifen mit einem Anschlagwinkel ausgerichtet sind, kann man die drei inneren Rohre einführen. Sie werden etwa 25 mm unterhalb der oberen Öffnung mit kurzen Blechschrauben an die benachbarten Pfeifen geschraubt. Zwischenräume zwischen den Rohren und dem Deckel sind mit flüssigem Holz auszufüllen, und auch die Zwischenräume zwischen den einzelnen Pfeifen am oberen Ende und am unteren Ende sollten abgedichtet werden. Es empfiehlt sich, die jeweilige Öffnung erst mit einem Wattebausch zu verstop-

fen, der dann mit Spachtelmasse überstrichen wird. Baut man die Anordnung für einen 38-cm-Lautsprecher, dann kann dieser entsprechend Bild 2 zentriert und montiert werden. Für den Einbau eines 30-cm-Systems ist ein Zwischenbrett erforderlich.

## Frequenzgang

Der Frequenzgang des „Orgelpfeifen“-Lautsprechers ist sehr gut. Frequenzspitzen treten bei etwa 35 Hz und bei jedem der Grundtöne der abgestimmten Pfeifen auf. An beiden Enden offene Pfeifen haben die Eigenschaft, die Harmonischen im Hörbereich stärker in Erscheinung treten zu lassen. Wie und wo der Pfeifen-Lautsprecher angeschlossen wird, hängt von der verwendeten Orgel ab. Im allgemeinen betreibt man ihn an Stelle des Hauptlautsprechers oder mit diesem gemeinsam. Es ist vorteilhaft, einen Schalter zum Umschalten der Lautsprecher mit einzubauen; der Organist kann dann zwischen den Systemen wählen, ohne daß die Gefahr besteht, daß der Verstärker leerläuft. Räumlich sollte der „Orgelpfeifen“-Lautsprecher möglichst weit entfernt von den anderen Lautsprechern aufgestellt werden, wodurch man die beste Klangwirkung erhält. Sie

(Smith, J. R. „The „pipe“ speaker system“ Electronics World Bd. 86 (1971) Nr. 6, S. 24-26)

## Mittelton-Lautsprechersystem „KO 40 MRF“

Mit dem „KO 40 MRF“ stellt Peerless ein neues kompaktes Mittelton-Lautsprechersystem mit geschlossenem Korb vor, das speziell zur Verwendung in Studio-Monitoren und Hi-Fi-Lautsprecheranlagen der Spitzenklasse bestimmt ist. Es hat einen besonders linearen Frequenzgang, sehr niedrige nichtlineare Verzerrungen, hohe Belastbarkeit, großen Abstrahlwinkel, guten Wirkungsgrad und niedrige Resonanzfrequenz. Die Abmessungen sind 122 mm × 122 mm × 110 mm, und der Schwingspuldurchmesser ist 25 mm.

Das druckgegossene Leichtmetallgehäuse und das Magnetsystem bilden eine Einheit, die als Lautsprecherkorb dient. Dadurch werden die Nachteile der Korbfenster vermieden. Die Lautsprechermembran hat einen spezialimpragnierten Rand aus expandiertem Polyurethan, der die Verzerrungen auf ein Minimum reduziert. Die auf einen Aluminiumkörper gewickelte Schwingspule kann sehr hohe Temperaturen vertragen. Der Hohlraum im Leichtmetallgehäuse ist mit Mineralwolle akustisch gedämpft. Weitere technische Daten: magnetischer Fluß  $440 \cdot 10^{-6}$  Wb, Eigenresonanz 230 Hz, Frequenzbereich 500 bis 5000 Hz, Betriebsleistung 3 W; Nennbelastbarkeit 50 W (bei einer Übergangsfrequenz von 500 Hz), Impedanz 4 und 8 Ohm.

## Lehrgänge

### Philips-Fernsehschule

Die Fernsehschule Hamburg der Philips-Service-Zentrale führt auch 1973 Lehrgänge für je 28 Teilnehmer durch. An ihnen können alle Techniker des Fachhandels teilnehmen, die die Grundlagen der Farbfernsehtechnik und der Farbfernsehempfänger-Schaltungstechnik beherrschen. Die Kosten für die Übernachtungen in Vertragshotels, für Mittagessen und Kaffee übernimmt Philips. Anmeldeformulare gibt es bei den Philips-Filialbüros.

### dhfi-Seminare

In der nächsten Zeit führt das Deutsche High-Fidelity Institut e. V. (dhfi), 6 Frankfurt 1, Karlstraße 19-21, Telefon (06 11) 2 55 64 16, die folgenden Fachhandelsseminare durch:

- 19.-23. 2.: XX Grundseminar (in Düsseldorf)
  - 4.- 8 6.: II Fortbildungsseminar (in Hilstrup)
- Anmeldungen nimmt das dhfi entgegen.

### Seminare in Wuppertal

Die Technische Akademie e. V., 56 Wuppertal 1, Hubertusallee 18, Telefon (0 21 21) 30 40 66, Telex 85 92 525 taw d, führt im Februar 1973 unter anderem die folgenden Seminare durch:

- 5.- 9 2.: Daten-Fernübertragung (Teleprocessing)
  - 12 2.: Computergestütztes Berichtswesen in Industrie- und Dienstleistungsbetrieben
  - 12.-16. 2.: Datenfernverarbeitungsprobleme im BTAM-Training
  - 19.-24. 2.: Statistische Verfahren der Regelungstechnik und ihre Anwendung zur Kennwertermittlung und zur Prozeßidentifizierung
  - 21.-23. 2.: Arbeiten mit Magnetband/Platte
- Nähere Auskünfte gibt die Technische Akademie.

### Lehrgänge des VDI-Bildungswerkes

Das VDI-Bildungswerk, 4 Düsseldorf 1, Postfach 11 39, Telefon (02 11) 6 21 42 14, veranstaltet in der nächsten Zeit unter anderem die folgenden Lehrgänge:

- 26 2.-2. 3.: Einführung in die Regelungstechnik (in Düsseldorf)
- 19.-23 3.: Meßdaten-Erfassung und -Verarbeitung mit digitalen Systemen (in Düsseldorf)
- 26.-30. 3.: Regelung in der Verfahrenstechnik (in Frankfurt)

### Vortragsprogramm „Haus der Technik“, Essen

Aus dem Vortragsprogramm im Haus der Technik, Essen, für die nächsten Monate weisen wir auf folgende Veranstaltungen hin: (K Kursus, L Lehrgang, S Seminar)

- 12. 3. S Zuverlässigkeit in der Elektronik
- 12. 3. S Zentrale Fertigungssteuerung und Datenerfassung

- 14. 3. S Planung funktions- und materialfluß-gerechter Industriebetriebe
- 22. 3. S Programmierung als Grundlage elektronischer Datenverarbeitung
- 22. 3. L Problem-Lösungen mit Klein-Computern (4 Tage und 2 Tage Praktikum)
- 27. 3. S Fertigungsregelung mit EDV
- 28. 3. K Einführung in die praktische Regelungstechnik - Teil I - (6 Abende)
- 9. 4. S Foto-Elektronik - Opto-Elektronik
- 9.-10. 5. S Entwurf und Instrumentierung von verfahrenstechnischen Anlagen
- 16. 5. S Schutzmaßnahmen in elektrischen Anlagen
- 22.-23. 5. S Zerstörungsfreie Werkstoffprüfung mit Ultraschall

Weitere Einzelheiten der Vortragsprogramme sind erhältlich beim Haus der Technik e.V., 43 Essen, Hollestraße 1, Telefon (0 21 41) 23 50 07

### Kurse in Esslingen

Die Technische Akademie Esslingen e. V., 73 Esslingen, Rotenackerstraße 71, Postfach 748, Telefon (07 11) 3 79 36/37, führt im März und April 1973 unter anderem folgende Lehrveranstaltungen durch:

- 14.-16 3.: Konstruieren und Fertigen in der Elektronik - vom Stromlaufplan zum fertigen Gerät
  - 28.-30. 3.: Digitaltechnik mit integrierten Schaltungen
  - 28.-30. 3.: Laser in der Industrie
  - 2.- 3 4.: Werbung und Schulung audiovisuell
  - 9.-11. 4.: Numerisch gesteuerte Werkzeugmaschinen
  - 12.-13. 4.: Fluidische Steuerungen
- Nähere Auskünfte gibt die Akademie.

### Jülicher Kurse über Kerntechnik und Elektronik

Die Kursstätte an der Abteilung Jülich der Fachhochschule Aachen, 517 Jülich, Ginsterweg 1, Postfach 533, Telefon (0 24 61) 40 51, führt regelmäßig Sonderlehrgänge auf den Gebieten der Kerntechnik, des Strahlenschutzes, der Elektronik usw. durch. In diesem Jahr werden unter anderem folgende Kurse durchgeführt, die für Diplomingenieure, Ingenieure und Teilnehmer mit vergleichbarer Vorbildung bestimmt sind:

- 5. 3.-27. 4.: Grundlehrgang Kerntechnik (Labor-Ersatzgeld 36 DM)
- 7. 5.- 1. 6.: Regelungstechnik (Labor-Ersatzgeld 20 DM)
- 1.-19 10.: Einführung in die Elektronik (Labor-Ersatzgeld 20 DM)
- 22. 10.-19. 11.: Nukleare Elektronik (Labor-Ersatzgeld 20 DM)
- 29. 10. Aufbaulehrgang Reaktortechnik
- 18. 1. 1974: (Labor-Ersatzgeld 26 DM)



Über die einzelnen Lehrgänge können bei der Kursstätte Prospekte angefordert werden. Lehrgangsgebühren werden zur Zeit nicht erhoben; über die Höhe des Labor-Ersatzgeldes erhält der Teilnehmer einen Überweisungsschein. Anmeldungen erbittet die Kursstätte möglichst 6 Wochen vor Lehrgangsbeginn

#### DGQ-Lehrgänge und -Seminare

Die Deutsche Gesellschaft für Qualität (DGQ) ist ein Zusammenschluß von Firmen und Fachleuten, die den Erfahrungsaustausch und die Gemeinschaftsarbeit auf dem Gebiet der Planung, Steuerung und Überwachung der Qualität und der technischen Zuverlässigkeit pflegen und fördern wollen. Sie brachte ein Verzeichnis ihrer Lehrgänge und Seminare 1973 (24 S.) heraus, das kostenlos bei der Vereinsgeschäftsstelle angefordert werden kann. Anschrift: DGQ, 6 Frankfurt 50, Kurhessenstraße 95, Postfach 50 10 67, Telefon (06 11) 52 50 47/49.

#### Berichtigung

**Das Dolby B-System - Grundbegriffe und Anwendungsbereiche.** FUNK-TECHNIK Bd 28 (1973) Nr. 2, S. 55-57

Die Bildunterschrift zu Bild 3b muß richtig lauten: mit nur bei niedrigen Pegeln wirksamer Kompression, und auf S. 57 heißt der zweite Satz des zweiten Absatzes in der linken Spalte: Der Einsatz eines Rauschverminderungssystems ermöglicht jedoch eine bessere Bandbreite...

Außerdem sollte das linke Oszillogramm im Bild 8 um 180° gedreht sein, da sonst der Eindruck einer Phasenumkehrung bei der Codierung entstehen könnte.

**Transistor-Breithand-Oszillograf „TRO 70“.** FUNK-TECHNIK Bd 28 (1973) Nr. 2, S. 63-65

Auf S. 65, mittlere Spalte, fehlt in der dritten Zeile von unten die Spannungsangabe 10,8 V<sub>1</sub>, für den Sagezahnimpuls an Mp 7 und Bu 11.

Wir sind einer der bedeutendsten Hersteller von elektronischen Bauelementen, speziell auch auf dem Gebiet der Nachrichtentechnik. Unsere integrierten Halbleiterschaltungen für Fernsehempfänger sind wegweisend für den technologischen Fortschritt auf diesem Gebiet. Mit einem Stab qualifizierter Mitarbeiter werden wir unsere Position weiter ausbauen.

Wir suchen für unser **Applikationslabor** Anwendungsbereich Fernsehen

und unser **Entwicklungslabor** Integrierte Schaltungen

# Diplom-Ingenieure Ingenieure (grad.)

der Fachrichtung Nachrichtentechnik.

Ihr Arbeitsgebiet wird die Systementwicklung und Anwendungstechnik oder die Schaltungsentwicklung integrierter monolithischer Halbleiterbauelemente auf dem Rundfunk- und Fernsehsektor sein.

Zur Durchführung dieser Aufgaben stehen rechnergestützte Verfahren und moderne Fertigungsmethoden zur Verfügung

Wir bieten eine gründliche Einarbeitung, gute Konditionen und die hervorragenden Sozialleistungen des Philips-Konzerns.

Bitte richten Sie Ihre Bewerbung an unsere Personalabteilung

Bauelemente für die gesamte Elektronik



## VALVO

VALVO GMBH  
Röhren- und Halbleiterwerke  
2 Hamburg 54  
Stresemannallee 101  
Telefon 56 10 11

# KÖRTING

Für die Produktion unseres anspruchsvollen Programms der Unterhaltungselektronik suchen wir einen

## Rundfunk- und Fernsehtechniker oder -Meister

zur Zusammenstellung und Redigierung technischer Unterlagen im Kundendienstbereich, wie Service- und Bedienungsanleitungen, Führen der technischen Korrespondenz.

Schriftgewandten, kontaktfreudigen Herren bieten wir ein selbständiges Aufgabengebiet und Aufstiegsmöglichkeiten.

Außer einem guten Einkommen können wir eine moderne, preiswerte Wohnung bieten. Soziale Leistungen, wie günstiger Mittagstisch, sind selbstverständlich.

Ihre Bewerbung richten Sie bitte an

KÖRTING RADIO WERKE GMBH  
8211 Grassau/Chiemgau, Telefon 0 86 41/4 11

# KÖRTING

### Preiswerte Halbleiter 1. Wahl



AA 118	DM —,50	
AC 187/188 K	DM 3,45	
AC 192	DM 1,20	
AD 133 III	DM 6,95	
AF 138	DM 2,80	
AF 239	DM 3,60	
BA 170	DM —,25	
BAV 18	DM —,80	
BC 107	DM 1,—	10/DM —,90
BC 108	DM —,80	10/DM —,80
BC 109	DM 1,05	10/DM —,95
BC 170	DM —,70	10/DM —,60
BC 250	DM —,75	10/DM —,65
BF 224	DM 1,50	10/DM 1,40
BF 245	DM 2,30	10/DM 2,15
ZF 2,7 ... ZF 33	DM 1,30	
1 N 4148	DM —,30	10/DM —,25
2 N 708	DM 1,75	10/DM 1,60
2 N 2218 A	DM 2,20	10/DM 2,—
2 N 3055 (RCA)	DM 6,60	

Alle Preise inkl. MWSI. Bauteile-Liste anfordern. NN-Versand  
M. LITZ, elektronische Bauteile  
7742 St. Georgen, Gartenstraße 4  
Postfach 55 Telefon (07724) 71 13



**Elektronik-**  
**Bastelbuch gratis!**  
für Bastler und alle, die es werden wollen. Viele Bastelvorschläge, Tips, Bezugsquellen u. a. m. kostenlos von  
**TECHNIK-KG, 28 BREMEN 33 BG 28**

Ich möchte Ihre überzähligen

### RÖHREN und TRANSISTOREN

in großen und kleinen Mengen kaufen

Bitte schreiben Sie an

Hans Kaminsky  
8 München-Sölln · Spindlerstr. 17

### ● BLAUPUNKT

### Auto- und Kofferradios

Neueste Modelle mit Garantie. Einbaubehälter für sämtliche Kfz-Typen vorrätig. Sonderpreise durch Nachfrageversand. Radiogroßhandlung

W. Kroll, 51 Aachen Postfach 885,  
Tel. 7 45 07 — Liste kostenlos

### HAHN-MEITNER-INSTITUT für KERNFORSCHUNG BERLIN (GMBH)

(ein vom Bund und dem Land Berlin getragenes Großforschungszentrum)

Wir suchen einen

**Diplomingenieur (Physiker) Ingenieur**

für Planung, Entwicklung und Bau und späteren Betrieb von Leistungs-HF-Systemen.

An unserem Institut wird eine Beschleuniger-Anlage für schwere Ionen gebaut. Zu dieser Anlage gehören mehrere Hochfrequenz-Systeme mit Leistungen bis zu 100 kW im Bereich von 8–20 MHz. Entsprechende Erfahrungen sind sehr erwünscht. Wir bezahlen nach BAT und gewähren die Vergünstigungen der Kernforschungsanlagen. Richten Sie bitte Ihre Bewerbung unter Angabe der Kennziffer P 3 04 an.

PROF. DR. K. H. LINDENBERGER (Sektor Kernphysik)  
Hahn-Meitner-Institut für Kernforschung Berlin, GmbH  
1 Berlin 39, Glienicke Straße 100  
Telefonische Auskünfte über Berlin (03 11) 8 00 94 14 (Dr. Maier)

Wir sind ein

## Berliner Fachliteraturverlag

der seit mehr als 25 Jahren technische und technischwissenschaftliche 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

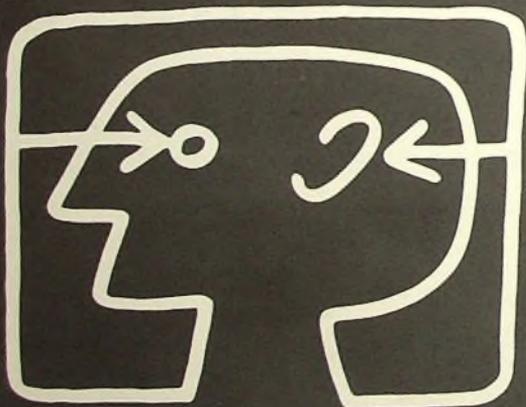
Bewerbungen mit Lebenslauf, Tätigkeitsnachweis und Gehaltsanspruch erbeten unter  
F. A. 8542

# De hele wereld van Ontspannings- electronica. In Berlijn.\*

\*Die ganze Welt der Unterhaltungs-Elektronik. In Berlin.

Internationale  
Funkausstellung 1973  
Berlin 31.8.-9.9.

50  
Jahre  
Deutscher  
Rundfunk



Internationale Funkausstellung 1973 Berlin. Industrie, Wissenschaft und Forschung zeigen, was heute ist und morgen sein wird. Die ganze Welt der Unterhaltungs-Elektronik präsentiert sich in neuen Dimensionen. Rundfunk, Fernsehen, Phono und Antenne. Mit über 230 Ausstellern. Auf 88.000 qm Gesamtfläche.

Erfahrungen werden ausgetauscht. Information führt zur Disposition. Die Weltstadt Berlin erwartet Gäste aus allen Erdteilen. Mit einem vielseitigen Rahmenprogramm rund um die Uhr. Kommen Sie doch rüber.

AMK Berlin  
Ausstellungs-Messe-Kongreß-GmbH  
1000 Berlin 19, Messedamm 22  
Telefon: (0311) 3 03 8-1, Telex 01 82 908 amkb d

**Berlin-Termin**  
Sehen, hören, erleben. Die  
Ausstellung des Jahres.  
Vormerken und buchen.  
31.8. - 9.9.73

Z 95476

E.-Thälmann-Str. 56

98329