

A 3109 D

BERLIN

# FUNK- TECHNIK

Bayern

3

UKW

98.5

07296  
5800  
km/h

16 | 1971 +

2. AUGUSTHEFT

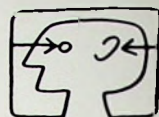
BENZINA

ACQUA



# Zur Internationalen Funkausstellung 1971 Berlin ...

27. August bis  
5. September



Stand 1302 · Halle 3

---

**... in erweitertem Umfang — in erhöhter Auflage**

---

## **FUNK-TECHNIK**

Rundfunk · Fernsehen · Phono · Magnetton · Hi-Fi-Technik · Amateurfunk · Meßtechnik  
Halbleiter · Elektronik

---

## **INTERNATIONALE ELEKTRONISCHE RUNDSCHAU**

Hochfrequenz · Fernsehen · Elektroakustik · Halbleiter / Messen · Steuern · Regeln

---

## **FERNSEH- UND KINO-TECHNIK**

Offizielles Organ

der Deutschen Kinotechnischen Gesellschaft für Film und Fernsehen (DKG)  
in Zusammenarbeit mit der Fernseh-Technischen Gesellschaft (FTG)

des Fachnormenausschusses Kinotechnik für Film und Fernsehen (FAKI) im DNA  
des Verbandes Technischer Betriebe für Film und Fernsehen (VTFF)

---

## **RUNDFUNK-FERNSEH-GROSSHANDEL**

Alleiniges Organ

des Verbandes Deutscher Rundfunk- und Fernseh-Fachgroßhändler (VDRG) e. V.

---

Unsere Zeitschriften, Bücher und Kataloge  
finden Sie an unserem Ausstellungsstand.

KW-Amateuren zeigen wir interessante  
Selbstbaugeräte aus unserem FT-Labor.

Wir würden uns freuen, Sie an unserem  
Stand begrüßen zu dürfen.

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

gelesen · gehört · gesehen	580
FT meldet	582
40 Jahre elektronisches Fernsehen	585
Wirtschaft	
Max Grundig in eigener Sache	586
High-Fidelity	
In den USA: Hi-Fi ohne Musikleistung	586
Elektroakustik	
Quadrophonie – ja oder nein?	587
Service-Welle des Bayerischen Rundfunks	589
Schallplatten	
SQ – ein neues Quadrophonie-Schallplattensystem	590
Magnetische Bildaufzeichnung	
Video-Cassettenrecorder „N 1500“	591
Persönliches	592
Fernsehen	
Technische Zuverlässigkeit von Fernsehgeräten	593
Zeitindikator für die Überwachung der Betriebsstunden-	
zahl von Tonabnehmern	597
Antennen	
Short-Backfire-Antennen als UHF-Fernsehantennen	598
Magnetton	
Mischpult „stereo trimixer“	603
Elektronische Rauschunterdrückung für Compact-	
Cassetten-System	605
Service-Technik	
Elektronisches Fehleranzeigergerät mit universellen	
Einsatzmöglichkeiten	606
Für den KW-Amateur	
10. Internationales Bodenseetreffen	
der Funkamateure in Konstanz	610

Unser Titelbild: An zahlreichen Stellen der Autobahn in Bayern sind jetzt Hinweisschilder aufgestellt worden, die auf die Frequenz des jeweils zu empfangenden UKW-Senders des Bayerischen Rundfunks hinweisen, der laufend Verkehrsinformationen für die Autofahrer durchgibt (s. a. S. 589)

Aufnahme: Bayerischer Rundfunk

Aufnahmen: Verfasser, Werkaufnahmen, Zeichnungen von FT-Atelier nach Angaben der Verfasser

VERLAG FÜR RADIO-FOTO-KINOTECHNIK GMBH, 1 Berlin 52 (Borsigwalde), Eichborndamm 141-167 Tel.: (0311) 4121031 Telex: 01 81 632 vrftk Telegramme: Funktechnik Berlin Chefredakteur: Wilhelm Roth; Stellvertreter: Albert Janicke, Ulrich Radke, sämtlich Berlin, Chefkorrespondent: Werner W. Diefenbach, Kempten/Allgäu Anzeigenleitung: Marianne Weidemann; Chefgraphiker: B. W. Beerwirth. Zahlungen an VERLAG FÜR RADIO-FOTO-KINOTECHNIK GMBH Postscheck-Konto: Berlin West 7664 oder Bank für Handel und Industrie AG, 1 Berlin 65, Konto 79302. Die FUNK-TECHNIK erscheint monatlich zweimal. Preis je Heft 2,80 DM. Auslandspreis laut Preisliste. Die FUNK-TECHNIK darf nicht in Lesezirkel aufgenommen werden. Nachdruck – auch in fremden Sprachen – und Vervielfältigungen (Fotokopie, Mikrokopie, Mikrofilm usw.) von Beiträgen oder einzelnen Teilen daraus sind nicht gestattet – Satz und Druck: Druckhaus Tempelhof

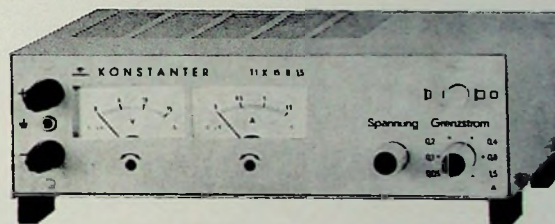


**GOSSSEN**

# KONSTANTER T1

stabilisierte Stromversorgungsgeräte für

## LABOR PRAKTIKUM SERVICE



242 x 85 x 160 mm

### KONSTANTER T1 – Serie

vier stapelbare kleine Stromversorgungsgeräte

#### Ausgangsspannung/Ausgangsstrom

0 ... 8 V / max. 2,5 A

0 ... 15 V / max. 1,5 A

0 ... 30 V / max. 0,8 A

2 x 0 ... 20 V / max. je 0,5 A \*

Elektronische Strombegrenzung, von ca. 5...100% des max. Ausgangsstromes stufig einstellbar.

Bei dem Doppelgerät \* ist die Strombegrenzung fest eingestellt.

Informieren Sie sich über unser umfangreiches KONSTANTER-Programm. Fordern Sie bitte unsere KONSTANTER-Liste an.

**GOSSSEN GMBH**  
Telefon (09131) 827-1

**8520 Erlangen**  
Telex 629845



**Salon International des Composants Electroniques 1972**

Um die verschiedenen internationalen Veranstaltungen der elektronischen Industrie besser zu koordinieren und gleichzeitig die Teilnahme der Aussteller an der Hannover-Messe zu erleichtern, haben die Veranstalter der Internationalen Bauelemente-Ausstellung in Paris den Termin der nächsten Ausstellung verschoben. Sie wird 1972 vom 6. bis 11. April stattfinden.

**Telefunken-Fernsehergeräte mit VDE-Zeichen**

Alle Typen der laufenden Farb- und Schwarz-Weiß-Fernsehergeräteproduktion von AEG-Telefunken sind vom VDE anerkannt worden und entsprechen damit in vollem Umfang den VDE-Sicherheitsbestimmungen. Als äußeres Merkmal dieser Anerkennung tragen die Fernsehgeräte auf dem Typenschild das VDE-Zeichen und sind an der Geräte-Frontseite mit einem Original-VDE-Anhänger gekennzeichnet. Eine der Voraussetzungen für die VDE-Anerkennung sind genormte IEC-Antennenbuchsen. Damit sind gleichzeitig für die Antennenanschlüsse am Einsatzort der Geräte Original-IEC-Antennenstecker erforderlich.

**Braun-Hi-Fi-Geräte störstrahlungsfrei**

Seit dem 1. Juli 1971 müssen alle in Deutschland verkauften UKW-Empfänger den Störstrahlungsbestimmungen der Bundespost entsprechen. Als Nachweis dafür wird den geprüften Geräten eine FTZ-Nummer zugeteilt, wie dies seit langem schon bei Fernsehgeräten vorgeschrieben ist. Alle Braun-Hi-Fi-Geräte mit UKW-Teil genügen diesen Störstrahlungsbestimmungen und haben die entsprechende Prüfung ohne Änderungsaufgabe bestanden.

**Vierkanal-Nachrüstsatz „TQE 1000“**

Mit dem Vierkanal-Nachrüstsatz „TQE 1000“ zum Braun-Hi-Fi-Tonbandgerät „TG 1000“ ist die quadrophone Wiedergabe quadrophonisch bespielter Bänder möglich. Außerdem läßt sich das „TG 1000“ zur Vierspür-Stereo-Wiedergabe benutzen.

Der Vierkanalkopf wird an der im Kopfträger dafür vorgesehenen Stelle eingebaut. Für den Elektronik-Baustein mit den beiden Wiedergabeverstärkern für die hinteren Kanäle ist auf dem Chassis ebenfalls bereits Platz vorgesehen. Ein zusätzlicher Schalter im Kopfträger schaltet die beiden vorderen Spuren auf die im Gerät vorhandenen Wiedergabeverstärker. Alle vier Kanäle werden wiedergabeseitig an die Phono-Buchse geführt, so daß man zum Anschluß eines Quadrophonie-Verstärkers nur ein normales vierpoliges Diodenkabel benötigt. Da die Buchse „Verstärker“ nach DIN für Stereo-Aufnahme- und -Wiedergabe beschaltet ist, kann die vierkanalige Wiedergabe aber auch mit zwei normalen Hi-Fi-Stereo-Verstärkern erfolgen.

**Video-Langspielband mit Rückseitenschutz**

Die 3M Company ergänzt jetzt ihr Magnetbandangebot durch das Video-Langspielband „Scotch 363“ mit Rückseitenschutz, bei dem die Dicke des Polyester-Trägers auf  $\frac{1}{2}$  mil reduziert wurde. Diese geringe Trägerdicke bewirkt natürlich auch eine geringere Banddicke und damit eine fast um die Hälfte längere Laufzeit. Das „Scotch 363“ eignet sich daher besonders für den Einsatz auf tragbaren Videorecordern, die mit kleiner Spule arbeiten.

**Lumineszenzdiode LD 30 für rotes Licht**

Die GaAsP-Lumineszenzdiode LD 30 von Siemens, die auch von TTL-Schaltungen angesteuert werden kann, emittiert bei Betrieb in Durchlaßrichtung (1,6 beziehungsweise 2 V;  $I_f = 20$  mA) Licht der Wellenlänge 660 nm. Die Leuchtdichte beträgt dabei 25 300 beziehungsweise 12 600 cd/m<sup>2</sup>. Die LD 30 wird eingesetzt als optischer Indikator zur Betriebskontrolle von Dick- und Dünnschichtschaltungen und zur Betriebsanzeige von Geräten mit diskreten und integrierten Halbleiterbauelementen.

**7-Segment-Anzeiger mit 120 mm Symbolhöhe**

Der neue Anzeiger „M 100“ mit 120 mm Symbolhöhe von TWK-Elektronik ermöglicht eine Ablesung aus 15 ... 50 m Entfernung. Das Gerät enthält sieben oder acht Segmente, die jeweils durch mehrere Glühlämpchen gebildet werden. Die Ansteuerung erfolgt im BCD-Code oder im 1-aus-10-Code, mit denen sich die Ziffern 0 ... 9 ohne zusätz-

liche Decodierung darstellen lassen. Der Anzeiger hat eine Bautiefe von weniger als 20 mm.

**Mikrowellen-Panoramaempfänger „PM 7800“**

Die Philips Elektronik Industrie GmbH hat jetzt den Mikrowellen-Panoramaempfänger „PM 7800“ in den Vertrieb übernommen, mit dem sich gleichzeitig alle empfangenen Mikrowellensignale zwischen 1 und 18 GHz mit einer Empfindlichkeit von -40 dBm anzeigen lassen. Der „PM 7800“ arbeitet mit einem selektiven Dreikreis-YIG-Filter, dem ein empfindlicher Detektor und ein logarithmischer beziehungsweise linearer Verstärker nachgeschaltet sind. Dieses Schaltungsprinzip verhindert, daß Mischprodukte oder andere Störsignale entstehen, so daß nur die tatsächlich vorhandenen Signale angezeigt werden. Jeder Teil des gesamten Frequenzbereiches kann bis zu 40fach gedehnt werden, um Signale genauer untersuchen zu können.

**Batteriebetriebene Seenot-Funkboje**

Die C. Plath GmbH, Hamburg, hat eine batteriebetriebene Seenot-Funkboje entwickelt, die ein schnelles Auffinden von Schiffbrüchigen garantiert. Bei der neuen Bojenkonstruktion sorgt eine halbkugelförmige Aufhängevorrichtung dafür, daß sie bei einem überraschend schnellen Sinken oder Kentern des Schiffes von selbst aufschwimmt. Sobald sie im Wasser schwimmt, beginnt die Aussendung des Alarmzeichens. Die Boje besteht aus einem Schwimmkörper aus Polyurethanschaum, der außen mit schlagfestem glasfaserverstärktem Kunststoff beschichtet ist, sowie aus dem Metall-Unterteil mit Sender, Trockenbatteriesatz und automatischer Einschaltvorrichtung. Zur Stromversorgung dienen 16 Mallory-Alkali-Mangan-Zellen, die das Aussenden des Alarmsignals auf der Seenotfrequenz 2182 kHz für etwa 100 Stunden sicherstellen. Das Alarmsignal kann wenigstens auf 30 Seemeilen (rund 50 km) Entfernung mit den Funkpeilern auf Hilfsschiffen eingepilt werden.

**Seekabel Europa-Kanada mit 1840 Kanälen**

Zwischen Widemouth Bay in Cornwall (England) und nahe Halifax auf Neuschottland (Kanada) wird die Standard Telephones and Cables Limited, eine Schwestergesellschaft von SEL, ein Tiefseekabel von mehr als 5000 km Länge auslegen und bis Anfang 1974 in Betrieb nehmen. Das „CANTAT II“ genannte Kabel erhöht mit 1840 Sprechkreisen die Kapazität der sieben bisher im Nordatlantik betriebenen Kabel auf mehr als das Doppelte. Die hohe Kanalzahl bedingt eine Übertragungsweite von 14 MHz und die Verwendung von 455 Zwischenverstärkern in Abständen von etwa 11 km.

**Zwischenfrequenz-Schalteneinrichtung für das schwedische Rundfunknetz**

Die Verwaltung für das schwedische Fernmeldewesen (Televerket) erteilte SEL einen Auftrag im Wert von mehr als 2 Mill. DM über ZF-Schaltverteiler „ZFV 4“ und Schutzschaltgeräte „SSG 70“, mit denen die Programmversorgung der Fernseh- und Rundfunksender über das landesweite Richtfunknetz flexibler und zuverlässiger gestaltet werden soll. Über die Schaltverteiler lassen sich Programme oder Meßsignale in beliebiger Richtung weiterschalten. Die Anlagen arbeiten nach dem Kreuzschienenprinzip und schalten in der ZF-Ebene (70 MHz). Die Steuerung erfolgt über eine Fernwirkanlage. Mehrere Verbindungswege lassen sich gleichzeitig schalten, wobei der eigentliche Schaltvorgang etwa 1 ms dauert.

**Elektronische Datenverarbeitung zur Untersuchung von Verkehrsunfällen**

Das Arizona Highway Department hat mit der IBM einen dreijährigen Vertrag abgeschlossen, um mit Hilfe der elektronischen Datenverarbeitung dem Verkehrsunfall auf die Spuren zu kommen. Hierzu soll ein Fernstraßen-Datensystem entwickelt werden, das die Todesrate und den wirtschaftlichen Verlust durch Autounfälle herabsetzen soll. Ein „IBM System/360 Modell 50“ soll dazu beitragen, gefährliche oder potentiell gefährliche Streckenabschnitte auf dem 40 000-Meilen-Straßennetz Arizonas zu erkennen. Außerdem sollen isolierte Fakten, die für sich allein keine Bedeutung erkennen lassen, zu einem komplexen Bild von Unfalltrends und Unfallmustern zusammengefügt werden.



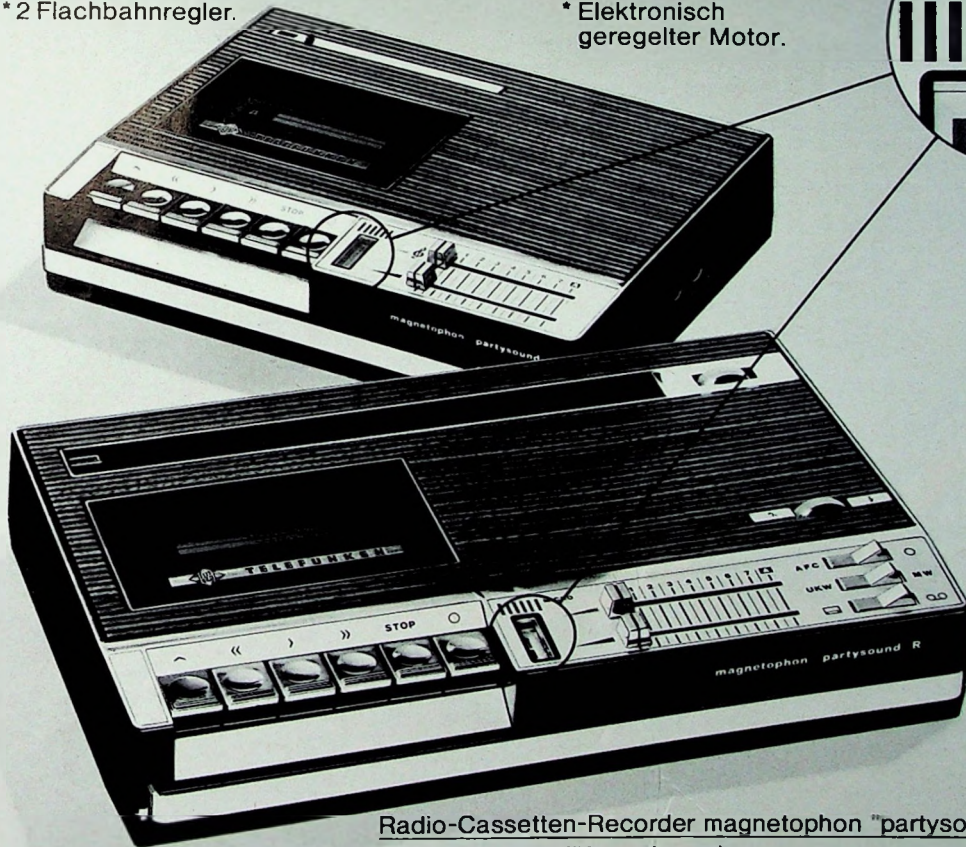
# Umsatz-Recorder

**magnetophon "partysound" und "partysound R".**  
**Die TELEFUNKEN Cassetten- und Radio-Cassetten-Recorder**  
**mit eingebautem Mikrophon.**

Leichter können wir Ihren Kunden die Aufnahmen nicht mehr machen:  
 unsichtbar eingebautes Mikrophon und abschaltbare Aufnahme-Automatik. Party-Spaß  
 und Bedienungskomfort für die Besitzer – schlagkräftige Verkaufsargumente für Sie.  
 Entscheiden Sie sich für die TELEFUNKEN Umsatz-Recorder "partysound" und  
 "partysound R". Die mit den vielen Extras.

## Cassetten-Recorder magnetophon "partysound"

- \* Mikromatic – integriertes Mikrophon.
- \* Batterie- und Netzbetrieb.
- \* Ausgangsleistung bei Netzbetrieb: 2 Watt.
- \* 3-stelliges Zählwerk.
- \* Beleuchtetes Cassettenfach bei Netzbetrieb.
- \* 2 Flachbahnregler.
- \* Abschaltbare Aussteuerungsautomatik.
- \* Mithören über Lautsprecher bei Aufnahme von externen Quellen.
- \* Start/Stop fernbedienbar.
- \* Elektronisch geregelter Motor.



## Radio-Cassetten-Recorder magnetophon "partysound R"

- Technik wie "partysound", jedoch noch:
- \* Eingebautes Rundfunkempfangsteil UKW und Mittelwelle.
  - \* Elektronische Scharfabstimmung (AFC).
  - \* Direktüberspielung Rundfunk/Cassette (dabei Mithören über Lautsprecher).
  - \* Bei Netzbetrieb Beleuchtung von Skala und Cassettenfach.
  - \* Teleskop- und Ferritantenne.

**Alles spricht für TELEFUNKEN**

**TELEFUNKEN**





## KROHA - HiFi - Verstärker - Baustein - Programm

— ein Programm, das höchsten Ansprüchen genügt —

**Endstufe ES 40** in elkoloser Brückenschaltung; Nennleistung: 40 W  
**Endstufe ES 40** in Zwei-Kanal-Ausführung; Nennleistung: 2 x 20 W  
 Technische Daten:  
 Frequenzgang: 2 Hz ... 600 kHz  $\pm 1$  dB  
 Klirrfaktor: 5 Hz ... 40 kHz bei 0,8facher Nennleistung, kleiner 0,1 %  
 Preis für Fertiggerät ES 40 105.— DM Preis für Bausatz ES 40 75.— DM

**Endstufe ES 60** in elkoloser Brückenschaltung; Nennleistung: 60 W  
**Endstufe ES 60** in Zwei-Kanal-Ausführung; Nennleistung: 2 x 30 W  
 Technische Daten:  
 Frequenzgang: 2 Hz ... 600 kHz  $\pm 1$  dB  
 Klirrfaktor: 5 Hz ... 40 kHz bei 0,8facher Nennleistung, kleiner 0,1 %  
 Preis für Fertiggerät ES 60 115.— DM Preis für Bausatz ES 60 85.— DM

**Endstufe ES 100** in elkoloser Brückenschaltung; Nennleistung: 100 W  
**Endstufe ES 100** in Zwei-Kanal-Ausführung; Nennleistung: 2 x 50 W  
 Technische Daten:  
 Frequenzgang: 3 Hz ... 300 kHz  $\pm 1$  dB  
 Klirrfaktor: 6 Hz ... 20 kHz bei 0,8facher Nennleistung, kleiner 0,1 %  
 Preis für Fertiggerät ES 100 140.— DM Preis für Bausatz ES 100 110.— DM

**Endstufe ES 200** in elkoloser Brückenschaltung; Nennleistung: 200 W  
**Endstufe ES 200** in Zwei-Kanal-Ausführung; Nennleistung: 2 x 100 W  
 Technische Daten:  
 Frequenzgang: 3 Hz ... 300 kHz  $\pm 1$  dB  
 Klirrfaktor: 6 Hz ... 20 kHz bei 0,8facher Nennleistung, kleiner 0,1 %  
 Preis für Fertiggerät ES 200 250.— DM Preis für Bausatz ES 200 200.— DM  
**Sämtliche Endstufen sind kurzschlußsicher und können auf Wunsch mit eingebauten Frequenzweichen geliefert werden.**

**Stereo-Universalverstärker UV 10**  
 Bei diesem Verstärker besteht die Möglichkeit, durch Verändern der Gegenkopplung die Spannungsverstärkung von 1 bis 100 zu variieren.  
 Technische Daten:  $V_U = 1$   
 Frequenzgang: 10 Hz ... 100 kHz  $\pm 1$  dB  
 Klirrfaktor bei  $U_a = 9$  V, 0,05 %  
 Rauschspannungsabstand bei  $U_a = 9$  V, 130 dB  
 Preis für Fertiggerät UV 10 25.— DM Preis für Bausatz UV 10 17.— DM

**Stereo-Entzerrverstärker EV 51**  
 Verstärkt und entzernt das Signal von Magnettonabnehmern auf den Pegel der Klangreglerstufe. Verarbeitet auch große Dynamikspitzen ohne Verzerrung durch 30fache Übersteuerungssicherheit.  
 Technische Daten:  
 Frequenzgang: 20 Hz ... 20 kHz  $\pm 1$  dB  
 Klirrfaktor bei  $U_a = 0,2$  V von 20 Hz ... 20 kHz, kleiner 0,1 %  
 Rauschspannungsabstand: 65 dB  
 Entzerrung: nach CCIR  
 Preis für Fertiggerät EV 51 28.— DM Preis für Bausatz EV 51 19.— DM

**Stereo-Mikrofonverstärker MV 50**  
 Eignet sich zum Anschluß von dyn. Mikrofonen ohne Übertrager und ermöglicht lange Mi.-Leitungen.  
 Technische Daten:  
 Frequenzgang: 10 Hz ... 100 kHz  $\pm 1$  dB  
 Klirrfaktor bei  $U_a = 0,2$  V von 10 Hz ... 50 kHz, kleiner 0,1 %  
 Übersteuerungssicherheit: 30fach  
 Preis für Fertiggerät MV 50 26.— DM Preis für Bausatz MV 50 18.— DM

**Stereo-Vorstufe LSV 11**  
 Hat folgende sieben durch Drucktasten wählbare Eingänge:

	Eingangsspannung	Rauschspannungsabstand
Micro mit Übertrager	2 x 5 mV	65 dB
Micro ohne Übertrager	2 x 0,5 mV	62 dB
Platte (Kristalltonabnehmer)	2 x 2,5 mV	65 dB
Platte (Magnettonabnehmer)	2 x 2,5 mV	65 dB
Tuner	2 x 150 mV	85 dB
Tonband	2 x 150 mV	85 dB
Studio	2 x 1,5 V	85 dB

Klirrfaktor: Bei  $U_a = 300$  mV von 20 Hz ... 20 kHz, kleiner 0,1 %  
 Preis für Fertiggerät LSV 11 55.— DM Preis für Bausatz LSV 11 35.— DM

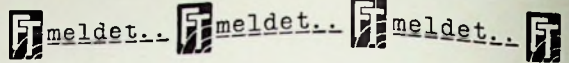
**Stereo-Klangreglerstufe KRV 50**  
 Sie eignet sich hervorragend zum Aussteuern der Endstufen ES.  
 Technische Daten:  
 Klirrfaktor bei  $U_a = 2$  V von 10 Hz ... 50 kHz, kleiner 0,1 %  
 Rauschspannungsabstand: 90 dB  
 Frequenzgang bei Mittelstellung der Tonregler: 10 Hz ... 100 kHz  $\pm 1$  dB  
 Regelbereich der Tonregler:  
 20 Hz + 16 dB - 14 dB  
 20 kHz + 22 dB - 19 dB  
 Preis für Fertiggerät KRV 50 41.— DM Preis für Bausatz KRV 50 31.— DM

**Stereo-Klangreglerstufe KRV 55**  
 Sie entspricht der KRV 50, hat aber einen zusätzlichen Präsenzregler und andere Übergangsfrequenzen.  
 Regelbereich der Tonregler:  
 30 Hz + 18 dB - 16 dB  
 5 kHz + 18 dB - 18 dB  
 15 kHz + 20 dB - 19 dB  
 Preis für Fertiggerät KRV 55 47.— DM Preis für Bausatz KRV 55 37.— DM

**Stereo-Klangreglerstufe LSV 10**  
 Technische Daten wie KRV 50 aber mit folgenden Schalterfunktionen:  
 Stereo-Mono Präsenzfilter  
 Band Monitor Linear - gehörigste Lautstärkeregelung  
 Rumpelfilter (60 Hz) mit sämtlichen Potentiometern  
 Rauschfilter (6 kHz)  
 Preis für Fertiggerät LSV 10 85.— DM Preis für Bausatz LSV 10 65.— DM

## KROHA - elektronische Geräte

731 Plochingen · Wilhelmstraße 31 · Telefon (071 53) 75 10



### SEL rechnet 1971 mit 12 % Umsatzsteigerung

Die **Standard Elektrik Lorenz AG (SEL)** erwartet für 1971 eine Umsatzsteigerung von 10 bis 12 %. Damit kommt die SEL-Gruppe, die 1970 mehr als 1,7 Mrd. DM umsetzte, an die Zwei-Milliarden-Umsatzschwelle heran.

### Halbjahresbericht der NCR Deutschland

Die **NCR-National Registrier Kassen GmbH** mit Werken in Augsburg, Berlin und Gießen konnte ihren Umsatz im ersten Halbjahr 1971 gegenüber dem Vergleichszeitraum des letzten Jahres um 8 % auf 186 Mill. DM steigern. Während im Inlandsgeschäft eine Steigerung um 19 % möglich war, konnten im Export die Werte des letzten Halbjahres nicht erreicht werden; das Exportgeschäft ging um 10 % zurück.

### Geschäftsausweitung bei automatischen Zeichenanlagen

Das Geschäft mit automatischen Zeichenanlagen wurde bei **AEG-Telefunken** planmäßig ausgeweitet. Gegenüber dem Vorjahr ergab sich eine Umsatzsteigerung um mehr als das Doppelte. Das Unternehmen stellt neben Steuerungen und Zeichenmaschinen auch die zugehörigen Programmierereinrichtungen her. Die jahrelange Geschäftsverbindung von **AEG-Telefunken** mit der **Aristo KG**, Hamburg, auf dem Gebiet der Präzisionszeichenmaschinen wurde weiter vertieft und hat dazu geführt, daß die beiden Firmen heute die bedeutendsten Hersteller automatischer Zeichenanlagen in Deutschland sind.

### Köllisch AG in GmbH umgewandelt

Die **Nürnberger Köllisch AG**, seit dem 1. Mai 1971 eine Tochtergesellschaft der **Braun AG**, Frankfurt, ist mit Wirkung vom 28. Juni 1971 in eine Gesellschaft mit beschränkter Haftung (GmbH) umgewandelt worden. Der neue Firmenname lautet jetzt **Consul GmbH**. Geschäftsführer sind Dipl.-Kfm. **Albrecht Schultz** und Dr. **Hartmut Hoeppe**. Das Unternehmen ist Hersteller der „Consul“-Feuerzeuge und erreichte im Geschäftsjahr 1969/70 einen Umsatz von rund 11 Mill. DM.

### Neuorganisation bei Caramant

Die **Caramant GmbH & Co. KG**, Wiesbaden, hat den Vertrieb und die Betreuung ihrer Industrie-Fernsehkameras und -anlagen der **Systel Gesellschaft für System-Elektronik mbH & Co. KG**, Pforzheim, übertragen. **Systel** ist ferner mit Entwicklung, Herstellung und Vertrieb von Geräten und Anlagen der Industrie-Elektronik, insbesondere auf dem Gebiet der audiovisuellen Technik und elektronischen Datenverarbeitung, beschäftigt.

### Inforex eröffnete neue Geschäftsstellen

Die **Inforex GmbH**, Frankfurt a.M., eine Tochtergesellschaft der **Inforex Inc.**, USA, die elektronische Datenerfassungssysteme herstellt, eröffnete kürzlich neue Geschäftsstellen in Stuttgart und Hamburg. Damit verfügt die Firma jetzt über elf Stützpunkte in der Bundesrepublik.

### Zenith produziert auf Formosa und in Hong-Kong

Um der ausländischen - insbesondere der fernöstlichen - Konkurrenz entgegenzuwirken, hat die **Zenith Radio Corporation**, einer der größten amerikanischen Hersteller von Rundfunk- und Fernsehgeräten, Produktionsanlagen auf Formosa errichtet und wird vom dritten Quartal 1971 an größere Stückzahlen von Schwarz-Weiß-Fernsehempfängern auf den amerikanischen Markt bringen. Die Gesellschaft wird demnächst auch in Hong-Kong die Produktion von Rundfunkgeräten aufnehmen.

### Visodata 71 auf 1973 verschoben

In der Zeit vom 25. bis 29. Oktober 1971 sollte in München die **Visodata 71**, Internationaler Kongreß für Technische Systeme und Elemente im Schul- und Ausbildungswesen mit Sonderschau und Fachausstellung, stattfinden. Wegen der Schwierigkeiten, die sich aus den währungs- und finanzpolitischen Maßnahmen in Bund und Ländern ergeben haben, hat man sich entschlossen, die Ausstellung nicht zum vorgesehenen Termin, sondern erst im Januar 1973 stattfinden zu lassen.

# Philips Plattenwechsler-Chassis sind bedeutende Bausteine der Rundfunk-Industrie:

Ihre Kunden verlangen Vielseitigkeit und Qualität. Rundfunk/Fernseh-Kombinationen mit Plattenwechslern gehören zu den beliebtesten Geräten auf dem Markt. Für diese Kombinationen bietet Philips ein Wechsler-Programm, das höchsten Ansprüchen gerecht wird. Zuverlässige, funktionsgerechte und ausgereifte Geräte, die von führenden Unternehmen zur Erweiterung ihres Angebots herangezogen werden.

Philips Plattenwechsler-Chassis haben sich millionenfach bewährt.

Rundfunk/Fernseh-Kombinationen mit Philips Plattenwechslern sind auch für Sie eine wertvolle Bereicherung Ihres Programms.

Ihre Kunden sind schon überzeugt – vom Philips Plattenwechsler.



## PHILIPS



# Auf der Internationalen Funkausstellung 1971 in Berlin: Hören und Sehen in neuen Dimensionen mit Siemens

Musik hören – und sehen  
durch Siemens-Laser-  
Elektronik.

Töne werden in Bilder  
umgesetzt, Rhythmen in  
Formen und Farben  
verwandelt. Siemens zeigt  
Ihnen ein Schauspiel  
modernster Technik.

Auf der IFA 71. In Halle 2.  
Vom 27. 8. bis 5. 9. 1971.

**Stereophonie im Laserlicht**  
Sie sehen stereophone  
Musik auf den Bildschirm  
projiziert. Eine Vision  
der Zukunft. Vorgeführt im  
Siemens-Stereo-Studio.

Fernsehen elektronisch  
gesteuert.

Sie sehen authentisches Fern-  
sehen in Schwarzweiß und  
Farbe. Elektronisch gesteuert.  
In den neuen Siemens-  
Fernsehgeräten **BILDMEISTER**.

**Musik am laufenden Band**  
Sie hören Musik vom Tonband.  
Vom Plattenspieler. Von der  
Cassette. Von den neuen  
Siemens-Koffersupern und  
-Cassettenrecordern.

**Siemens in Halle 2**  
Fernsehgeräte **BILDMEISTER**  
Stereogeräte **KLANGMEISTER**  
Radiogeräte und Koffersuper  
Cassettenrecorder  
und Plattenspieler.



Chefredakteur: WILHELM ROTH

Chefkorrespondent: WERNER W. DIEFENBACH

## 40 Jahre elektronisches Fernsehen

In knapp zwei Wochen beginnt die Internationale Funkausstellung 1971. Mit gespannten Sinnen — aufmerksamen Ohren und wachen Augen — werden die Besucher das großzügig gestaltete Ausstellungsgelände unter dem alten Berliner Funkturm durchstreifen, um alles das aufzunehmen, was deutsche und ausländische Hersteller der Unterhaltungselektronik an bewährten und neuen Geräten sowie Verfahren vielfältiger Art anzubieten haben. Gegenüber der ersten deutschen Funkausstellung vor 47 Jahren hat sich vieles geändert. Damals faszinierte in erster Linie die Möglichkeit, drahtlos über weite Strecken hinweg den Ton in allen seinen Varianten dem Ohr des Zuhörers nahe zu bringen. Bald war das lauschende Ohr in Millionen von Wohnungen bei großen und kleinen Ereignissen der weiten Welt stets mit dabei.

Schon ein Jahr zuvor hatte Staatssekretär Hans Bredow die Techniker aufgefordert, „neben dem Klang auch das lebende Bild durch den Rundfunk zu übertragen“. Diese Aufforderung kam nicht von ungefähr. Überall hatten Wissenschaftler, Techniker, Erfinder und phantasievolle Tüftler viele Vorarbeiten geleistet, die eine Realisierung der Bildübertragung in greifbare Nähe rückten. So demonstrierte Professor A. Karolus 1924 in Leipzig eine Sende- und Empfangsanlage mit Nipkow-Scheibe und Karolus-Zelle; Professor Schröter von *Telefunken* arbeitete eng mit ihm zusammen, und auf der Funkausstellung 1928 konnte man auf dem Telefunken-Stand einen Karolus-Fernsehempfänger vorführen. Die Deutsche Reichspost hatte engen Kontakt mit D. von Mihály, dessen Fernsehsystem ebenfalls schon auf dieser Funkausstellung präsentiert wurde. In England kämpfte John Baird zah, jedoch sehr erfolgreich mit den Tücken eines ebenfalls mechanisch-optischen Fernsehens.

Auf der Funkausstellung 1929 waren es bereits vier Fernsehsysteme mit Bildgrößen zwischen 2 cm × 2 cm und 10 cm × 10 cm, die um die Gunst der Fachwelt und des Publikums warben. Alle diese Systeme benutzten für die Abtastung und Wiedergabe des Bildes mechanisch-optische Verfahren mit motorisch angetriebenen Lochscheiben, Spiegelschrauben, Spiegelrädern oder ähnlichen Einrichtungen. Es wurden zwischen 12,5 und 20 Bilder je Sekunde bei Bildpunktzahlen zwischen 1200 und 2300 übertragen.

F. Schröter kündigte schon 1929 an, daß es später ein Fernsehen auf rein elektronischer Grundlage geben werde. „Schon 1906“, so wiederholte er vor vier Jahren anlässlich der Einführung des Farbfernsehens in Deutschland, „sah M. Diekmann in Ferdinand Braun's Katodenstrahlröhre mit fluoreszierendem Leuchtschirm das Modell eines Bildschreibers, das wir als Vorläufer der heutigen Fernsehbildröhren betrachten können. Angesichts des Fehlens der elektronischen Signalverstärkung und wegen der technischen Unzulänglichkeit der Elektronenstrahlerzeugung und -ablenkung sowie der Leuchtstoffe ist es damals trotz experimenteller Demonstration des Prinzips bei dem Vorschlag geblieben. Die Braunsche Röhre konnte sich, obwohl die trägheitslose Verstärkung hoher Frequenzen nach dem Ersten Weltkrieg schon längst möglich geworden war, doch nicht vor dem endgültigen Versagen der mechanisch-optischen Wiedergabegeräte gegenüber berechtigten Forderungen hinsichtlich Größe, Helligkeit und Schärfe eines Heimempfangsbildes durchsetzen“.

Zu diesem Durchsetzen trugen aber wesentlich Anregungen, Ideen und Arbeiten des jungen HF-Physikers Manfred von Ardenne — heute Leiter eines Forschungsinstitutes in Dresden — bei. Er erkannte, nachdem er 1928 auf der Funkausstellung in Berlin die Fernsehübertragung mittels Nipkow-Scheibe gesehen hatte, sofort die technischen Grenzen der mechanisch-optischen Systeme. Die je Schreibfleck zur Verfügung stehende Lichtmenge mußte bei Erhöhung der zu übertragenden Bildpunktzahl stark abnehmen, wo zu eine bedeutende Erhöhung der Kosten für die dann notwendig

werdende größere Präzision der Bildzerleger und Bildzusammen-setzer treten würde. Damals arbeitete von Ardenne in seinem Lichtfelder Laboratorium unter anderem an der Weiterentwicklung der Elektronenstrahlröhre für den Einsatz als Oszillograf in der Meßtechnik. Zusammen mit der Firma *Leybold* entstanden Elektronenstrahlröhren, bei denen die Helligkeit mittels Wehneltzylinders gesteuert wurde. Die Ablenkung des Elektronenstrahls erfolgte elektrostatisch mit zwei Plattenpaaren, die Erzeugung der Ablenkspannungen in synchronisierten Glühlampen-Kippschwingungsgeräten. Der von einer kleinflächigen Glühkatode ausgesandte Elektronenstrahl fokussierte sich durch das entstehende Raumladungsfeld selbst.

In dieser weiterentwickelten Elektronenstrahlröhre mit ihrer gesteigerten Bildhelligkeit sah M. von Ardenne die Lösung des Bildwiedergabeproblems. 1930 machte er unter anderem in einem Vortrag in der Technischen Hochschule Berlin auf die Vorteile der neuen Elektronenstrahlröhre mit Lichtsteuerelektrode für den Fernsehempfang aufmerksam und führte präzise und lichtstarke Raster vor. Nicht für sein System gewinnen konnte er aber den Engländer John Baird, mit dem er auf der Funkausstellung 1930 ausführlich sprach. „Dann mache ich das eben selbst!“ Wenn schon selbst, dann sollte es aber ein vollelektronisches System sowohl für die Bildabtastung als auch die Bildwiedergabe sein, und darauf richtete er seine weiterführenden Arbeiten aus. In einem Gespräch stellte er es so dar: „Es wurde mir klar, daß eigentlich im Lichtfelder Laboratorium fast alles betriebsbereit zur Verfügung stand, um einen ersten Versuch zu wagen. In febrilhafter Eile wurden zwei Einrichtungen zur Erzeugung der Ablenkspannungen aus Bestandteilen des Oszillografenlabors zusammengestellt, einer der Breitbandverstärker in Betriebsbereitschaft gebracht sowie dem optischen Labor eine Linse hoher Lichtstärke und eine Photozelle geringer Trägheit entlehnt. Noch am gleichen Abend, am 14. Dezember 1930, hatte ich zusammen mit meinem Helfer Emil Lorenz ein für mich schicksalhaftes Erlebnis: Ich nahm eine Schere, hielt sie vor den Schirm meines „Leuchtfleckabtasters“ und sah tatsächlich, wie ihre Konturen am anderen Ende des Zimmers auf dem Leuchtschirm der Empfangsröhre erschienen. Wir wiederholten den Versuch erfolgreich mit einem Diapositiv.“

Wenige Wochen später konnte M. von Ardenne sein System Fachleuten der Reichspost, der Industrie und der Forschung vorführen. Bereits im April 1931 begutachteten dann namhafte Berliner Fachjournalisten die erste, gemeinsam mit der Firma *Loewe* erstellte Anlage; die Wiedergabe von Filmen und Bildvorlagen beeindruckte sehr. Die Funkausstellung im August 1931 war dann die öffentliche Weltpremiere des vollelektronischen Fernsehens; *Loewe* zeigte dort einen Fernsehempfänger mit kleinem Bildschirm (10 cm × 10 cm) und 100-Zeilen-Bild mit 10 000 Bildpunkten bei 20 Bildwechseln je Sekunde. Zwar hatten die damaligen Elektronenstrahlröhren nur etwa 3 Stunden Lebensdauer; außerdem leuchteten sie stark nach. Der geringe Leistungsaufwand (Anodenleistung 0,3 W, Lichtsteuerleistung 0,01 W, Synchronisierleistung 0,1 W) bewies jedoch überzeugend die Überlegenheit des elektronischen Fernsehens gegenüber den bisher angewendeten, sehr hochgezüchteten mechanisch-optischen Verfahren.

An vielen anderen Stellen ist auch an ähnlichen Lösungen gearbeitet worden, aber von Ardenne's Arbeiten und äußerst geschickt lancierte Demonstrationen lösten vor 40 Jahren zur richtigen Zeit den stimulierenden Impuls aus: Alle am Fernsehen interessierten Firmen stellten sich anschließend mit weiteren Vervollkommnungen auf der Aufnahmeseite (Kameraröhren) und im Empfangsteil (Zeilensprungverfahren, Bildröhren mit Leuchtstoffen höheren Wirkungsgrades usw.) schnell auf das vollelektronische Fernsehen um.

ja.



## Max Grundig in eigener Sache

Kürzlich – im Heft 12/1971 – wiesen wir wieder auf die multinationalen Bestrebungen hin, die sich überall in der elektronischen Industrie bemerkbar machen. Auch in der nachstehenden, in der zweiten Augusthälfte von Konsul Dr. Max Grundig herausgegebenen Verlautbarung klingt dieser Tenor durch. In der Wirtschaft kursierten zu dieser Zeit in bezug auf die Grundig-Werke mancherlei Spekulationen. Eins ist jetzt klargestellt: Grundig stellt sich auch weiterhin wirtschaftlich und personell konsequent auf die international gegebenen Marktverhältnisse ein, ohne dabei das Prinzip der persönlichen Entscheidungsfreiheit zu verlassen.

„In den letzten Monaten habe ich immer wieder eindeutig zu den von mir geplanten gesellschaftsrechtlichen Vorstellungen in den Grundig-Werken Stellung genommen. Der von mir eingeschlagene, nach meiner Ansicht konsequente Weg über die Max Grundig Stiftung, den Grundig Familien-Verein und die anschließende Gründung der Grundig AG am 1. 4. 1972 ist bekannt und in vielen Pressekommentaren hinreichend erläutert worden.

Wenn ich aus persönlichen Gründen ein umfassendes Revirement im Management der künftigen Grundig AG vorbereitete, so ist dies für jeden Fachmann verständlich. Die Grundig-Werke sind in eine multinationale Form und Größe hineingewachsen, die eine Neuordnung der Geschäftsführung bedingen. Es ist mir gelungen, branchenkundige Fachleute hierfür zu finden. Die Verhandlungen stehen vor dem Abschluß.

Ich bin überzeugt, daß in einiger Zeit Konzentrationen in unserer Branche in Deutschland stattfinden werden. Die Vorbilder aus anderen Ländern sind schon gegeben, und die überseeische Konkurrenz zwingt sicherlich nicht nur deutsche Firmen zu entsprechenden Überlegungen.

Es ist bekannt, daß europäische und amerikanische Konzerne erhebliche Aktivitäten in Deutschland entwickeln. Diese Bemühungen werden von uns zur Kenntnis genommen und mit Interesse verfolgt.

Der Stand meiner Firma ist gesellschaftsrechtlich noch völlig offen. Jegliche Überlegungen werden bei uns geprüft und auch informatorische Verhandlungen zur Abwicklung zukünftiger Probleme geführt. Kooperation irgendwelcher Art, eine mögliche Kapitalerhöhung über eine Minderheitsbeteiligung, Börseneinführung, Maßnahmen der Reorganisation persönlicher und sachlicher Art sind bei Großfirmen nichts Ungewöhnliches. Ich selbst halte solche Gespräche für die Zukunft für sachlich richtig.

Daß ich als Einzelunternehmer viele persönliche und geschäftliche Probleme zu bewältigen habe, verhehle ich nie, nur wurden sie in den meisten Fällen mißverständlich interpretiert. Alles in allem möchte ich betonen, daß sämtliche Maßnahmen für die Zukunft von mir in voller eigener Handlungsfreiheit geführt werden. Ich sehe auch keine Veranlassung, in den nächsten Jahren das Prinzip der persönlichen Entscheidungsfreiheit zu verlassen.“

## In den USA: Hi-Fi ohne Musikleistung

Die deutsche Hi-Fi-Norm DIN 45 500 läßt für die Angabe der Ausgangsleistung von Hi-Fi-Verstärkern auch die sogenannte Musikleistung zu, ohne jedoch dafür ein exaktes Meßverfahren anzugeben. Die Folge davon ist, daß die gegenüber der Sinus-Dauerleistung zahlenmäßig höhere Musikleistung zu einem reinen Werbeargument geworden ist, mit dem nur zu oft Mißbrauch getrieben wird. Hinzu kommt, daß auch manche Händler dem Kunden gern „Musikleistung verkaufen“, weil die große Zahl dem technischen Laien imponiert. Obwohl in der amerikanischen Hi-Fi-Norm im Gegensatz zu DIN 45 500 ausführliche Meßvorschriften für die Musikleistung angegeben sind, hat die amerikanische Federal Trade Commission jetzt ein Haar in der Suppe gefunden.

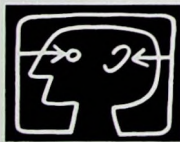
Zu den Aufgaben dieser Kommission gehört die Überwachung der Wettbewerbspraktiken, und sie hat festgestellt, daß mit der Musikleistung als Kurzzeit-Höchstleistung der unseriösen Werbung Tür und Tor geöffnet werden. Ein Hearing läuft bereits und wird sich voraussichtlich noch über wenige Monate hinziehen.

Der amerikanische Industrieverband EIA hat nun vor einiger Zeit den Antrag gestellt, ab Mitte 1972 eine einheitliche Kennzeichnung der Ausgangsleistung von Hi-Fi-Verstärkern einzuführen, und zwar nur noch die sogenannte effektive Dauerleistung (continuous RMS power). Auch andere

Gruppen haben sich diesem Vorschlag angeschlossen. Gegensätzliche Auffassungen bestehen in den USA noch in der Frage, ob mit der Angabe der Ausgangsleistung auch der Klirrfaktor bei Vollaussteuerung angegeben werden soll oder ob man ihn stillschweigend mit 5 Prozent ansetzen soll.


Es wäre zu begrüßen, wenn man sich auch bei uns sehr bald von der ominösen Musikleistung distanzieren würde, denn sie hat technisch kaum Aussagekraft und ist nur geeignet, Verwirrung beim Käufer zu stiften. Den Klirrfaktor für die effektive Dauerleistung nach amerikanischem Muster aber stillschweigend mit 5 Prozent anzusetzen, das scheint uns jedoch total verfehlt zu sein, denn bei 5 Prozent Klirrfaktor kann man beim besten Willen nicht mehr von Hi-Fi sprechen. Man sollte deshalb in DIN 45 500 zwar die Musikleistung sterben lassen, aber gleichzeitig für die Sinus-Dauerleistung einen maximal zulässigen Klirrfaktor angeben oder vom Hersteller die verbindliche Angabe des Klirrfaktors fordern, der bei der angegebenen Sinus-Dauerleistung des Verstärkers in keinem Fall überschritten wird. Unter allen Umständen aber sollte man neben der Sinus-Dauerleistung auch die Leistungsbandbreite mit herstellerseitig garantiertem Klirrfaktor angeben, denn gerade sie ist für den kritischen Vergleich von Hi-Fi-Verstärkern besonders aussagekräftig. —th

Internationale Funkausstellung 1971 Berlin



27. 8.–5. 9.

Die FUNK-TECHNIK zeigt  
in Halle 13, Stand 1302

Selbstbau-Geräte  
aus dem -Labor

Bauanleitungen für alle im FT-Labor entwickelten und gebauten Geräte finden Sie in der FUNK-TECHNIK

### Hi-Fi

Hi-Fi-Stereo-Verstärker mit  
2 × 45 W Ausgangsleistung (Sinus)  
Hi-Fi-Stereo-Verstärker mit  
2 × 12 W Ausgangsleistung

Hi-Fi-Lautsprecherboxen selbstgebaut,  
35 W Sinus, 20 Liter

### Für den KW-Amateur

KW-Transistor-Doppelsuper  
Transistor-Dreifachsuper für das  
2-m-Band

AM-UKW-Kleinsender für 144 MHz  
Modulator und Netzteil für  
144-MHz-Kleinsender

### Für Werkstatt und Labor

Elektronisches Fehleranzeigergerät mit  
universellen Einsatzmöglichkeiten  
Transistoren- und Dioden-Prüfgerät  
Elektronischer Schalter  
Kombiniertes Gittervorspannungsgerät

### FT-Bastel-Ecke

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



# Quadrophonie – ja oder nein?

## I. Raumakustik und Abbildungsmöglichkeiten von Schallereignissen über Lautsprecher

Die 1970 begonnenen Versuche über Quadrophonie werden zur Zeit sehr unterschiedlich beurteilt. Die Skala reicht von uneingeschränkter Begeisterung bis zu großem Pessimismus. Die Bedenken sind einerseits, der akustisch erreichbare Gewinn rechtfertigt nicht den technischen Aufwand, und andererseits, dieses Verfahren werde von den Herstellern aus marktpolitischen Gründen hochgespielt.

Der folgende Beitrag behandelt grundlegend die akustischen Gegebenheiten in einem Raum mit Originaldarbietung und gibt die Parameter an, die für die elektroakustische Übertragung in einem Wiedergaberaum wichtig sind. Ferner werden die akustischen Gegebenheiten im Wohnraum und die Abbildungsmöglichkeiten von Schallereignissen über Lautsprecher betrachtet. Abschließend wird über Versuche berichtet, die in Wohnräumen mit Ein-Kanal- bis Vier-Kanal-Übertragung durchgeführt wurden.

Die Beantwortung der Frage, ob die Quadrophonie eine echte Qualitätsbeziehungweise Erlebnissteigerung bei der Wiedergabe in einem Wohnraum ergibt, erfordert die Beachtung einer ganzen Reihe von sowohl physikalischen und physiologischen als auch psychologischen Gesetzmäßigkeiten, von denen nachstehend die wichtigsten zusammengefaßt sind.

Bei der elektroakustischen Übertragung von Schallereignissen handelt es sich um das im Bild 1 dargestellte

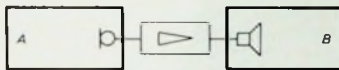


Bild 1. Grundprinzip einer elektroakustischen Übertragung

Grundprinzip. Darin sei der Raum A der Originalraum, aus dem natürliche Schallereignisse in den Wiedergaberaum B übertragen werden sollen. Soll die Übertragung hochwertig sein, dann müssen sowohl die physikalischen Gesetzmäßigkeiten im Raum A, die Eigenschaften des Mikrofons, der Übertragungsglieder (Schallspeicher, Verstärker usw.) und des Lautsprechers als auch die akustischen Gegebenheiten des Wiedergaberaums B und die menschlichen Höreigenschaften berücksichtigt werden.

Zunächst seien die Gesetzmäßigkeiten im Raum A betrachtet. Der Hörer nimmt dort bewußt oder unbewußt eine ganze Reihe von Schallereignissen wahr, die über sein Gehör psychologisch im Bewußtsein ausgewertet werden. Um eine umfassende Beschreibung der vom Hörer wahrgenommenen Schallereignisse zu ermöglichen, ist es zweckmäßig, vom allgemeinen Begriff Information auszugehen. Der Hörer in Raum A erhält über sein Gehör eine ganze Reihe von Informationen, beispielsweise über die Art der Schallquelle (Sprecher, Musikinstrumente usw.), die Intensität der verschiedenen Klänge und deren Verteilung im Spektrum der hörbaren Töne, die Richtung, aus der ihn die Schallereignisse an seinem Hörplatz erreichen, sowie Informationen in bezug auf die Raumeigenschaften wie Größe, Reflexionseigenschaften,

Klangveränderungen usw. Bei der Verarbeitung der verschiedenen Schalleindrücke nimmt das Gehör bereits eine gewisse Bewertung vor. Schallereignisse mit großem Informationsinhalt erregen eine größere Aufmerksamkeit als solche mit geringem. So enthält zum Beispiel ein einzelner Ton, der nur aus Sinusschwingungen besteht, nur zwei Informationen: die Tonhöhe oder Frequenz und die Schallstärke. Da diese beiden Informationen schon zu Beginn des Erklingens vorliegen, nimmt das Interesse beim Hörenden unbewußt sehr schnell ab, wenn sich der Ton nicht ändert, das heißt keine weiteren Informationen hinzukommen. Hierauf nimmt man zum Beispiel bei Kompositionen und Musikedarbietungen Rücksicht, indem lang anhaltende Töne durch ein Tremolo, das heißt immer neue Informationen, belebt werden, damit der Hörende die Töne nicht als tot empfindet. Betrachtet man vom Informationsgehalt her alle üblichen Schallereignisse, dann ergibt sich, daß Sprache und Musik zu mehr als 80 % aus Impuls- und Variationsklängen bestehen und nur zu einem geringen Anteil aus gleichbleibenden, sogenannten stationären Klängen.

Von besonderer Bedeutung bei elektroakustischen Übertragungen sind die Informationen, die durch den umgebenden Raum erzeugt werden. In welchem Maße diese allein schon für einen Hörer im Originalraum A eine Rolle spielen, wird einem bewußt, wenn man sich vorstellt, wie etwa ein großes Symphoniekonzert mit Geigen, Harfen usw. in einem Zirkuszelt klingen würde. Der Wohlklang eines Orchesterkonzerts ist derart von den Eigenschaften des Konzertraums abhängig, daß für seine architektonische Gestaltung in akustischer Hinsicht sehr viel Mühe aufgewendet werden muß. Es gibt nur eine begrenzte Anzahl von Konzerträumen mit besonders guten akustischen Eigenschaften. Fragt man nach den wichtigsten Einflußfaktoren, dann steht an erster Stelle die Raumgröße und danach die akustische Eigenschaft der Raumbegrenzungsflächen wie Wände und Decken. Diese reflektieren in bestimmtem Maße den von den Schallquellen ausgehenden Schall, werfen ihn durch vielfache Reflexion in verschiedene Richtungen, so daß vom Hörer zusätzlich zum direkten Schall ein diffuser Raumschall wahrgenommen wird. Man erfährt die Raumeinflüsse durch die sogenannte Nachhallzeit. Sie er-

gibt sich dadurch, daß beispielsweise der Schall bei plötzlichem Aufhören des Schallereignisses in dem Raum noch so lange nachklingt, bis die ursprüngliche Schallenergie infolge Absorption während der vielen Reflexionen vernichtet ist. Der daraus definierte Nachhall ist die Zeit, in der der Schall auf den millionsten Teil der anfänglichen Schallenergie abgeklungen ist. In Konzerträumen ist diese Nachhallzeit bei tiefen und bei mittleren Tönen bis etwa 5000 Hz rund 1,5 bis 2,5 s, während für die höheren Frequenzen die Nachhallzeit immer kleiner wird, weil die Absorption durch die Luft im Raum in stärkerem Maße wirkt als die der Wände und Decke. Physikalisch entsteht beim Anklingen eines Tons ein Anhall, der zeitlich genauso lang ist wie der Nachhall. Es ist interessant, daß das menschliche Gehör bei der Schallwiedergabe im Raum aber nur den Nachhall bewußt wahrnimmt und nicht den Anhall. Das liegt daran, daß das Gehör eine logarithmische Empfindlichkeit hat, das heißt eine Schallzunahme anders bewertet als eine Schallabnahme.

Betrachtet man jetzt unter den angegebenen Voraussetzungen das Schallfeld in einem Konzertraum in der unmittelbaren Umgebung eines Hörers, dann ergibt sich, daß der wahrgenommene Schall aus Anteilen des direkten Schalls der Schallquelle und des reflektierten Schalls aus dem Raum besteht. Je weiter man sich im Konzertraum vom Orchester entfernt, um so mehr überwiegt der reflektierte Schall (auch indirekter Schall genannt) gegenüber dem direkten Schall. So beträgt zum Beispiel in einem guten Konzertraum mit 20 m × 30 m Grundfläche in der Mitte des Raums der Anteil des direkten Schalls gegenüber dem indirekten Schall nur noch 2...5 % des Gesamtschalls. Nähert man sich der Schallquelle, dann wird der Anteil des direkten Schalls größer, und in einer bestimmten Entfernung von der Schallquelle sind der direkte und der indirekte Schallanteil gleich groß. Diese Entfernung bezeichnet man mit Hallradius. Er hängt zahlenmäßig ab vom Volumen und von der Nachhallzeit des Raums und ist in dem angeführten Beispiel eines Konzertraums etwa 4 m. Innerhalb des Hallradius ist der direkte Schallanteil um so größer, je näher man sich an der Schallquelle befindet.

Es ist aber auch bekannt, daß in einem Konzertsaal gerade die aku-

Professor Dipl.-Ing. Heinrich Williges ist Hochschullehrer an der Technischen Fachhochschule Berlin. Er ist Vorsitzender des Fachnormenausschusses „Lautsprecher“ im Deutschen Normenausschuß (DNA) und Wissenschaftlicher Berater der Isophon-Werke GmbH, Berlin.



stisch besten Sitzplätze nicht unmittelbar vorn am Orchester, sondern weiter zurück liegen, das heißt außerhalb des Hallradius. Da dort aber der indirekte Schall gegenüber dem direkten weit überwiegt, sollte man meinen, daß hierdurch die Richtungsempfindung für den Ort der Schallquelle gestört werde. Das ist aber überraschenderweise nicht der Fall, weil das Gehör eine besondere Eigenschaft hat. Nach dem „Gesetz der ersten Wellenfront“ wertet das Gehör immer den zeitlich zuerst ankommenden Schallanteil, also den direkten Schall, für die Richtungsinformation aus. Der mit geringer Verzögerung aus beliebiger Richtung eintreffende indirekte Schall wird als aus gleicher Richtung wie die erste Wellenfront kommend empfunden, wobei sich eine Raumempfindung überlagert.

Da die zeitliche Reihenfolge der Schallwellen in einem Raum von so großem Einfluß auf die subjektive Wahrnehmung des Hörers ist, hat man die Struktur der Schallrückwürfe näher untersucht und dabei weitere Gesetzmäßigkeiten festgestellt. So wurde zum Beispiel in dem Experimentalstudio von Professor Scherchen in Gravesano [1] folgender Versuch durchgeführt: Eine Originalmusik wurde im Freien auf Tonband aufgenommen, das heißt also nur direkter Schall ohne jeden Nachhall. Diese Aufnahme wurde dann über eine elektroakustische Halleinrichtung verhallt und das Originalband mit dem Nachhall auf getrennten Spuren in einen Wiedergaberaum eingespielt. Dabei wurde der Nachhall variiert, um die Wirkung auf den Hörer bei der Wiedergabe in einem Raum zu beurteilen. Die Ergebnisse sind im Bild 2 dargestellt. Der direkte Schall ist im dB-Maß als dicker Strich im

dem Pegel des direkten Schalls lagen. Von diesen Gesetzmäßigkeiten macht man heute in Tonstudios Gebrauch, um die Qualität von Aufnahmen zu verbessern.

Im folgenden seien nun die Wiedergabeprobleme bei der elektroakustischen Übertragung in den Wiedergaberaum B (Bild 1) diskutiert. Eine stereophonische Übertragung dieser Art wurde 1933 von Fletcher und Stokowski durchgeführt [2]. Man ging dabei von der Überlegung aus, daß man im Originalraum möglichst viele Mikrofone bei den Musikinstrumenten anordnen und über getrennte Kanäle alle Einzelinformationen im Wiedergaberaum auf getrennte Lautsprecher übertragen müsse. Hierbei stellte man sich vor, daß alle Lautsprecher in einer Fläche entsprechend dem abzubildenden Orchester über einem Konzertpodium anzubringen seien, um eine originalähnliche Wiedergabe zu erzeugen. Aus technischen Gründen standen jedoch nur drei Kanäle zur Verfügung, mit denen aber trotz der geringen Kanalzahl eine überraschend hochwertige Übertragung gelang. Dieses Ergebnis war damals verblüffend, denn man glaubte, daß mit einer Verringerung der Anzahl der Kanäle die Qualität der möglichst naturgetreuen Wiedergabe entsprechend schlechter werden müsse. Aus den Versuchen von Fletcher läßt sich folgern, daß zwischen der Anzahl der Übertragungskanäle und der Qualität der Übertragung keine proportionale Beziehung besteht, sondern ein Zusammenhang wie er im Bild 3 dargestellt ist. Kurve 1 zeigt für einen relativen Qualitätsmaßstab die subjektiv empfundene Qualität. Dagegen zeigt die Kurve 2 den Qualitätsverlauf, der sich bei proportionaler Empfindung ergeben würde.

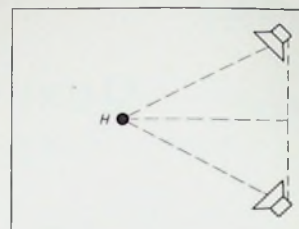
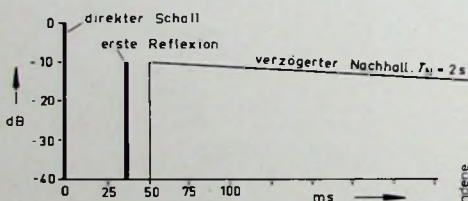


Bild 4. Lautsprecheranordnung für Zwei-Kanal-Übertragung

wenn die getrennten Schallinformationen des linken und rechten Kanals gleichzeitig und mit gleicher Intensität am Hörort H eintreffen. Obwohl diese Erscheinung bereits jedem Stereo-Hörer bekannt ist, handelt es sich eigentlich um einen erstaunlichen Effekt. Physikalisch betrachtet, kommt der Schall objektiv aus den Richtungen der beiden Lautsprecher. Der Hörer empfindet jedoch diese Schallrichtung nicht, sondern sein Gehör macht daraus eine subjektive Empfindung, bei der der Schall von einer Schallquelle mitten zwischen den Lautsprechern her zu kommen scheint, obwohl sich dort in Wirklichkeit gar keine Schallquelle befindet. Untersucht man diese Eigenschaft des Gehörs näher, dann ergeben sich folgende Zusammenhänge: Verzögert man das Signal des einen Lautsprechers zum Beispiel um 3 ms, dann ortet der Hörer die scheinbare Schallquelle seitwärts im Bereich des anderen Lautsprechers, dessen Signale früher eintreffen, was nach dem Gesetz der ersten Wellenfront auch zu erwarten ist. Es ergibt sich aber auch eine Seitenverschiebung der vermeintlichen Schallquelle, wenn man statt mit einer gegenseitigen zeitlichen Verschiebung mit unterschiedlichen Pegelhöhen der beiden Lautsprecher arbeitet. So läßt sich durch 15 dB Pegeldifferenz eine vollständige seitliche Verschiebung der vermeintlichen Schallquelle erreichen; davon macht man in der Praxis bei der Bedienung des Balance-Stellers am Stereo-Verstärker Gebrauch. Als weitere Gesetzmäßigkeit ergibt sich: Treffen die Schallinformationen beim Hörer mit mehr als 50 ms zeitlichem Abstand ein, dann ruft der zuletzt eingetroffene Schall ein störendes Echo beim Hörer hervor. Diese Störwirkung geht jedoch zurück, wenn der Pegel des verzögerten Schalls mindestens 10 dB niedriger ist als der des zuerst eintreffenden Schalls.

Wendet man nun die beschriebenen Gesetzmäßigkeiten auf die Übertragung aus dem Originalraum A in den Wiedergaberaum B an, dann ergibt sich daraus folgendes: Ist der Wiedergaberaum B ein Konzertsaal ähnlich wie der Raum A, dann läßt sich das Experiment von Fletcher für eine hochwertige Übertragung wiederholen, indem man die Mikrofone innerhalb des Hallradius aufstellt. Die Mikrofone übertragen um so weniger Rauminformationen aus dem Raum A, je weiter sie innerhalb des Hallradius der jeweiligen Musikinstrumente angeordnet sind. Bildet man die Schallquellen über die Lautsprecher in räumlich analoger Weise im



Zeitpunkt 0 mit einer Pegelgröße von 40 dB eingetragen. Der Nachhall begann erst 50 ms später und entsprach einer Nachhallzeit von 2 s. Diese Verzögerungszeit ergab sich als günstigste Verzögerungszeit, die man vom Verzögerungszeitpunkt 0 aus variiert hatte. Interessanterweise ergab sich ein besonders günstiger Raumeindruck, wenn man zwischen den direkten Schall und den verzögerten Nachhall eine um 35 ms verzögerte kurze Wiederholung des direkten Schalls von einer anderen Tonbandspur einfügte. Diese nachhallfreie Wiederholung entspricht etwa der ersten Reflexion, die in einem Konzertsaal von den Wänden am Mikrofonort eintrifft. Die erzeugte zusätzliche Raumempfindung ergab außerdem eine gute Durchsichtigkeit des Klangbilds, wenn die Nachbildung der ersten Reflexion sowie der verzögerte Nachhall etwa 10 dB unter

Bild 2. Zeitlicher Zusammenhang von direktem Schall, verzögerter Wiederholung und verzögertem Nachhall bei Hörversuchen in einem Raum

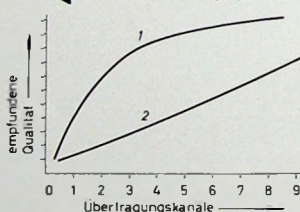


Bild 3. Übertragungsqualität in Abhängigkeit von der Anzahl der Kanäle bei einer elektroakustischen Stereo-Übertragung

Um die überraschend hohe Qualität bei den wenigen Übertragungskanälen erklären zu können, muß man die besonderen Höreigenschaften beachten, die bei der zur Zeit üblichen Zwei-Kanal-Stereo-Übertragung bereits allgemein bekannt sind. Hierfür ist im Bild 4 ein Wiedergaberaum mit einer Lautsprecherbasis aus linkem und rechtem Lautsprecher dargestellt sowie ein Abhörtort H. Wird über die Lautsprecheranordnung beispielsweise ein Musikinstrument wiedergegeben, dann empfindet der Hörer das Musikinstrument in der Mitte zwischen den beiden Lautsprechern,



Raum B über einem vergleichbaren Musikpodium ab, dann ergibt sich für den Wiedergaberaum B eine naturgetreue Abbildung der Originaldarbietung, wobei der Schall im Raum B sich entsprechend den akustischen Gegebenheiten des Raumes B ausbreitet. Die sich beim Hörer einstellende Empfindung einer natürlichen Wiedergabe hängt dabei von der akustischen Qualität des Raumes B selbst ab.

Ganz anders liegen aber die Probleme, wenn es sich darum handelt, eine originalähnliche akustische Darbietung in einem Wohnraum zu erzeugen. Ein Wohnraum hat völlig andere akustische Eigenschaften als ein Konzertraum. Infolge der stärkeren Dämpfung durch schwingungsfähige Holzflächen der Möbel sowie durch Teppiche, Gardinen und dergleichen ist die Nachhallzeit eines Wohnraums sehr klein und liegt bei etwa 0,4 ... 0,6 s. Dadurch kann sich praktisch kein diffuses Schallfeld wie in einem Konzertraum ausbilden. Andererseits bildet sich aber auch kein Schallfeld wie in einer freien Umgebung aus. Bei Originaldarbietungen im Freien sind nämlich die Hörabstände meistens so groß, daß sich der Hörer nicht mehr innerhalb kugelförmiger Schallwellen von in der Nähe befindlichen Schallquellen, sondern im Bereich ebener Schallwellen befindet. Bei den relativ kleinen Abmessungen eines Wohnraums sind die Schallwellen aus den nahestehenden Lautsprechern jedoch noch weitgehend kugelförmig. Berechnet man den Hallradius für Lautsprecher, die an einer Zimmerwand angeordnet sind, dann ergibt sich für normale Wohnräume ein Hallradius von nur etwa 1 ... 1,5 m unter der Voraussetzung kugelförmiger Schallabstrahlung der Lautsprecher. Exakt gilt die kugelförmige Abstrahlung des Lautsprechers praktisch nur für tiefe Frequenzen bis hinauf zu 500 ... 800 Hz; darüber nimmt die Schallbündelung und damit die Richtwirkung mit steigenden Frequenzen zu, womit sich der Hallradius vergrößert. Daraus folgt aber, daß sich der Hörer bei den üblichen Hörabständen in Wohnräumen für einen bestimmten Frequenzbereich innerhalb, für einen anderen Frequenzbereich außerhalb des Hallradius befindet. Die hierdurch hervorgerufene „zweiräumige“ Schallempfindung bei der Übertragung erklärt die vielfach beobachtete Eigenschaft von Lautsprecherboxen, in verschiedenen Wiedergaberäumen unterschiedlich zu klingen. Zur Verminderung dieses Effekts gibt es zwei Maßnahmen. Man gibt dem Tieftonbereich etwa die gleiche Richtwirkung wie dem Mittel- oder dem Hochtonbereich, oder man strahlt den Mittel- und den Hochtonbereich ebenso kugelförmig ab wie den Tieftonbereich, indem man als weitwinklige Strahler Kalottenlautsprecher verwendet.

Bei der Abbildung stereophonischer Schallbilder in Wohnräumen ergeben sich weitere Schwierigkeiten. Die günstigste Anordnung der beiden Lautsprecher zu einer geeigneten Abstrahlungsbasis für den Hörer muß wegen der vielfach verwickelten akustischen

Verhältnisse eines Wohnraums experimentell ermittelt werden. Die Ortung einer vermeintlichen Schallquelle wird um so genauer, je besser es gelingt, die Schallwellen des linken Lautsprechers nur das linke Ohr und die Schallwellen des rechten Lautsprechers nur das rechte Ohr erreichen zu lassen. Je mehr Schallanteile an das jeweils abgewandte Ohr gelangen, um so auffälliger ist die Verwischung der Schallquellenortung. Im allgemeinen ergibt sich für Wohnräume eine geometrische Beziehung, bei der der Hörwinkel zu den beiden Lautsprechern etwa 60° beträgt, das heißt, die Verbindungslinien zwischen den Lautsprechern und dem Hörort bilden ein gleichseitiges Dreieck.

Man hat experimentell versucht, durch besondere Maßnahmen die abschließliche Zuordnung der Rechts- und Links-Information zu den Ohren des Hörers künstlich herbeizuführen. Bei dem sogenannten Tradis-Verfahren [3] (True Reproduction of all Directional Information by Stereophony) kompensiert man die unerwünschten Schallanteile für die jeweils abgewandten Ohren des Hörers durch gegenphasige Zusatzinformationen.

Allen beschriebenen Maßnahmen zum Erzeugen eines stereophonen Klangbildes in einem Wohnraum ist eines gemeinsam: Infolge des fehlenden diffusen Schallanteils empfindet man vom Hörort aus zwar ein außerordentlich durchsichtiges und räumlich verteiltes Schallpanorama, so daß man den Höreindruck hat, als ob man über die Dreieckschenkel zu den Basislautsprechern hinweg in einen Konzertsaal hineinhöre. Der Hörplatz selbst bleibt dabei aber außerhalb des Bereichs des Konzertsaals, so daß

die wichtige Komponente für das Originalerlebnis in einem Konzertsaal, nämlich sich innerhalb der Rauminformation zu befinden, im Wohnraum nur unvollkommen abgebildet wird. Die Rauminformation des Konzertsaals wird zwar über die beiden Basislautsprecher zusätzlich wiedergegeben, kommt aber wegen des fehlenden indirekten Anteils des Wohnraumes immer aus der Richtung der beiden Basislautsprecher.

Der beste Weg, im Wohnraum auch ein vollkommenes Klangerlebnis wie innerhalb eines Konzertsaals zu vermitteln, besteht darin, über weitere Kanäle zusätzliche Informationen über Lautsprecher aus den übrigen Richtungen des Wohnraumes zum Hörort wiederzugeben. In dieser Entwicklungsrichtung liegt die stereophonische Übertragung mit Hilfe der Quadraphonie, das heißt der Vier-Kanal-Technik. Um die hierbei auftretenden Gesetzmäßigkeiten zu studieren, wurden im Akustiklabor der *Isophon-Werke* ausgedehnte Hörtests mit verschiedenen Wiedergabeverfahren von der Ein-Kanal- bis zur Vier-Kanal-Technik durchgeführt, über die im zweiten Teil dieses Aufsatzes berichtet wird.

#### Schrifttum

- [1] Lauridsen, H., u. Schlegel, F.: Stereophonie und richtungsdiffuse Klangwiedergabe. *Gravesaner Blätter* Bd. 2 (1956) Nr. 5, S. 28-50
- [2] Fletcher, H.: Symposium on wire transmission and its reproduction in auditory perspective basis requirements. *Bell Syst. Techn. J.* Bd. 13 (1934) Nr. 2 S. 259
- [3] Damaske, P., u. Mellert, V.: Ein Verfahren zur richtungstreuen Schallabbildung des oberen Halbtraumes über zwei Lautsprecher. *Acoustica* Bd. 22 (1969/70) Nr. 3, S. 153-162

## Service-Welle des Bayerischen Rundfunks



Der Bayerische Rundfunk sendet täglich von 5.30 Uhr bis (zur Zeit noch) 17.35 Uhr Verkehrsinformationen für die Autofahrer in seinem dritten Hörfunkprogramm „Bayern 3“. Die bisherigen Erfahrungen haben gezeigt, daß die Sendungen auf lebhaftes Interesse der Autofahrer gestoßen sind. Das geht aus der großen Anzahl von Zuschriften zu diesem Thema hervor. Bemerkenswert ist auch, daß die Verkehrsteilnehmer von dieser wichtigen Informationsmöglichkeit nicht nur im Fahrzeug, sondern vielfach auch bereits vor Antritt der Reise Gebrauch machen.

Das Bayerische Staatsministerium des Innern hat die Bemühungen des BR um eine rasche Information der Autofahrer über die jeweilige Verkehrs-

lage dadurch unterstützt, daß es noch rechtzeitig zum Beginn der Hauptreisezeit an zahlreichen Stellen der Autobahnen in Bayern Hinweisschilder auf „Bayern 3“ aufstellen ließ. Diese Schilder stehen insbesondere dort, wo die Verkehrsteilnehmer aus anderen Bundesländern oder aus dem Ausland in den Versorgungsbereich eines der B 3-Sender kommen, und an den Stellen, wo sie von dem Versorgungsbereich eines Senders in den eines Anschlußsenders überwechseln. Die Zahlen auf den Schildern, zum Beispiel „98,5“ (s. a. Titelbild), bedeuten, daß der zuständige B 3-Sender auf der Frequenz 98,5 MHz ausstrahlt und das Empfangsgerät auf diese Frequenz im UKW-Bereich eingestellt werden muß.



## SQ – ein neues Quadrophonie-Schallplattensystem

Columbia Records hat durch CBS (Columbia Broadcasting Systems, Inc.) ein quadrophonisches Schallplattensystem entwickeln lassen, das Clive Davis, ihr Präsident, kürzlich auf einer Pressekonferenz in den USA vorgestellt hat. Es handelt sich dabei um eine stereokompatible Quadrophonie-Schallplatte, für die das Warenzeichen „SQ“ eingetragen wurde. Ihr Erfinder ist Dr. Benjamin B. Bauer von den CBS Laboratories.

Obwohl die technischen Einzelheiten dieses Schallplattensystems bisher nur kurz angedeutet worden sind, handelt es sich ganz offensichtlich um ein sehr interessantes Prinzip, das man etwa folgendermaßen erklären kann.

Bei der Stereo-Schallplatte sind die Informationen des linken und des rechten Kanals auf der linken beziehungsweise rechten Flanke der Schall-

zeitig aus den Eingangsspannungen – technische Einzelheiten darüber sind noch nicht bekannt – zusätzliche Spannungen, die bei der Aufzeichnung dem Schneidstichel zusätzlich Rotations-Bewegungskomponenten erteilen. Dadurch wird während des

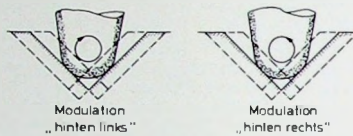


Bild 2. Aufzeichnung der Informationen „hinten links“ (links) und „hinten rechts“ (rechts)

Schneidens für die Information „hinten links“ eine rechtsläufige Spirale und für die Information „hinten rechts“ eine linksläufige Spirale aufgezichnet (Bild 2).

Mikrofotografien von Quadro-Schallrillen mögen das erläutern. Im Bild 3 ist die oberste Schallrinne nur mit der Information für den Kanal „vorn links“ und die zweite nur mit der Information für den Kanal „vorn rechts“ moduliert. Man erkennt aus den Schattenbildern, die senkrecht von oben nach unten verlaufen, daß die Abtasterspitze Bewegungen quer zur Spur ausführen muß, wenn die Spur etwa nach links an einer gedachten, festgelagerten Abtasterspitze vorbeigezogen wird. Die Zusatzinformationen sind nun so in den

zu erkennen. Die dritte Schallrinne (von oben) ist nur mit der Information des Kanals „hinten links“ und die vierte nur mit der des Kanals „hinten rechts“ moduliert.

Den Abtastvorgang kann man sich klarmachen, wenn man sich die Schallrillen nach links an einer Abtasterspitze vorbeigeführt denkt. Weil die Wellenberge und Wellentäler der Rinne zur Plattenoberfläche geneigt sind, führt die Abtasterspitze dann Kreisbewegungen aus, und zwar rechtsdrehende für den Kanal „hinten links“ und linksdrehende für den Kanal „hinten rechts“. Es ist einleuchtend, daß die Abtasterspitze auch alle Bewegungskomponenten erfassen kann, wenn beispielsweise in allen vier Kanälen gleichzeitig Informationen vorhanden sind. Das Abtastproblem liegt dann noch darin, ein Wandler-System zu finden, das die mechanischen Bewegungen des Abtaststifts in elektrische Spannungen umsetzt, und ein Decodersystem zu haben, das diese Spannungen so in vier Komponenten zerlegt, daß man damit einen Vier-Kanal-Verstärker ansteuern kann. Einzelheiten darüber sind noch nicht bekannt gegeben worden.

Das Herstellungsverfahren für Quadro-Schallplatten sowie das Schneid- und Abtastsystem einschließlich Coder und Decoder sollen schon so ausgereift sein, daß Columbia bis Ende dieses Jahres 50 SQ-Schallplattenaufnahmen auf den Markt bringen will. Die Quadro-Schallplatten sollen nur etwa 1 Dollar teurer sein als herkömmliche Stereo-Schallplatten. Um den Markt für Quadro-Schallplatten schnell zu erschließen, haben CBS und Sony einen Kooperationsvertrag geschlossen. Bei der ersten Vorführung in den USA führte Sony bereits einen Decoder und einen Vier-Kanal-Verstärker vor.

Das SQ-Prinzip eröffnet der Quadrophonie beachtliche Perspektiven. Da es voll kompatibel ist, lassen sich Quadro-Schallplatten ohne weiteres mit herkömmlichen Stereo-Abtastsystemen abspielen. Columbia glaubt, in nächster Zukunft Quadro-Schallplatten auch schon an Kunden verkaufen zu können, die sich erst zu einem späteren Zeitpunkt zur Anschaffung einer Vier-Kanal-Wiedergabeanlage entschließen. Darüber hinaus ist das SQ-Prinzip grundsätzlich auch für Rundfunkübertragungen anwendbar.

Im Augenblick ist noch nicht abzusehen, welches der bisher bekanntgewordenen Quadrophonie-Verfahren sich durchsetzen wird, denn über die Übersprechdämpfung der Kanäle, den Frequenzbereich und die Dynamik des SQ-Systems liegen noch keine Angaben vor. Man wird daher mit großem Interesse die Weiterentwicklung dieses Systems verfolgen. Wgs.

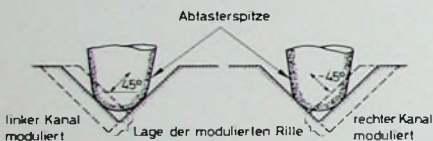


Bild 1. Zweikanalige Aufzeichnung bei der Stereo-Schallplatte: links: linker Kanal moduliert, rechts: rechter Kanal moduliert

rille aufgezichnet. Betrachtet man die Bewegung des Abtaststifts in der Schallrinne, dann führt seine Spitze für den Fall, daß nur eine Links-Information aufgezichnet ist, eine Bewegung unter einem Winkel von 45° aus, die im Bild 1 links durch den zweiseitigen Pfeil gekennzeichnet ist. Ist nur der rechte Kanal moduliert, dann bewegt sich die abtastende Spitze ebenfalls unter einem Winkel von 45°, jedoch stehen die beiden Bewegungsrichtungen senkrecht aufeinander. Deshalb ist der zweiseitige Pfeil rechts mit -45° gekennzeichnet. Sind beide Kanäle moduliert, dann ergibt sich eine Bewegung des Abtaststifts in senkrechter oder in waagerechter oder in einer beliebigen Richtung. Wie die Bewegungsrichtungen auch immer sein mögen, sie liegen grundsätzlich in einer gedachten Ebene senkrecht zur Längsrichtung der Schallrinne.

Das SQ-System arbeitet zunächst grundsätzlich genauso, das heißt, die Modulation der linken Rillenflanke enthält die Information „vorn links“ und die der rechten Rillenflanke die Information „vorn rechts“. Um nun die zusätzlichen quadrophonischen Informationen „hinten links“ und „hinten rechts“ aufzeichnen zu können, gibt man die vier Informationen auf den SQ-Coder. Dieser Coder verändert die Signale für die beiden vorderen Kanäle nicht, so daß sie wie bei der Zwei-Kanal-Stereophonie aufgezichnet werden. Er bildet aber gleich-

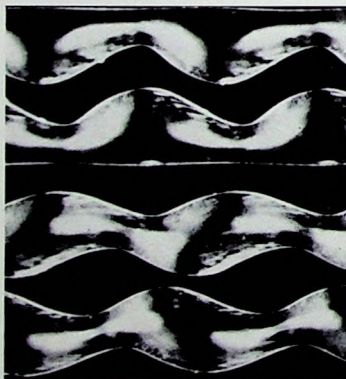


Bild 3. Mikrofotografien von Schallrillen: von oben nach unten: „vorn links“, „vorn rechts“, „hinten links“, „hinten rechts“

Rillenflanken untergebracht, daß die Wellenzüge nicht senkrecht zur Rillenachse, sondern schräg dazu geneigt sind. Je nach Zuordnung der beiden hinteren Kanäle liegt die Neigungsrichtung entweder nach vorn oder nach hinten, bezogen auf die Laufrichtung der Schallrinne. Entsprechend dem Pegel (Aussteuerung) ist die Neigung zur Rillenachse mehr oder weniger groß. Das ist auf den beiden unteren Spurbildern im Bild 3 deutlich



## Video-Cassetten-Recorder „N 1500“

### Technische Daten

Bandvorschub- geschwindigkeit:	14,29 cm/s
Bandrelativ- geschwindigkeit:	8,1 m/s
Magnetband:	1/2" = 12,7 mm
Cassette:	13 cm × 15 cm × 3,5 cm
Video- spurbreite:	130 µm
Videospurmitten- abstand:	187 µm
Spielzeit maximal:	60 min
horizontale Auflösung:	2,7 MHz
Y-Rauschabstand:	> 40 dB
Gehäuse- abmessungen:	56 cm × 33 cm × 16 cm
Gewicht:	etwa 16 kg

### 1. Allgemeines

Auf der Internationalen Funkausstellung Berlin 1971 ist unter anderem die Premiere des Video-Cassetten-Recorders „N 1500“ von Philips. Er ist für das Aufzeichnen und Wiedergeben von Schwarz-Weiß- und Farbprogrammen des Fernsehens entwickelt worden. Zur Ausstattung gehören außer der Magnetbandeinrichtung ein Fernsehempfänger für die VHF- und UHF-Bereiche sowie ein Sender, um dem angeschlossenen Fernsehempfänger das auf Magnetband gespeicherte Programm hochfrequent direkt in die Antennenbuchsen überspielen zu können. Das Magnetband ist in einer Cassette enthalten und daher für den Benutzer einfach zu handhaben, weil jetzt das umständliche Einlegen des Bandes in das Gerät entfällt. Außerdem schützt die Cassette das Band vor Beschädigung und Verschmutzung.

### 2. Aufbau

Wie aus Bild 1 hervorgeht, hat das neue VCR-Gerät – sieht man einmal von den Größenverhältnissen ab – auf den ersten Blick eine gewisse Ähnlichkeit mit Heim-Cassetten-Recordern für den Audiobereich. Die flache Bauform und die Anordnung der Bedienungselemente rufen diesen Eindruck hervor. Mit der Schaltuhr auf der rechten Seite des schrägen Bedienungsfeldes kann sich der neue Video-Cassetten-Recorder „N 1500“ zur vorbestimmten Zeit einschalten, das gewünschte Programm aufnehmen und wieder ausschalten. Mit den sechs Tasten neben der Uhr wählt man die Bandlauffunktionen (Aufnahme, Stop, Wiedergabe, Vorlauf, Rücklauf) und löst (mit der Taste ganz links) den sogenannten Cassettenlift aus. (Dieser verbirgt sich unter der großen rechteckigen Abdeckung auf der linken Seite des Geräteoberteils.) Das umschaltbare Anzeigeinstrument gibt sowohl den Audiopegel (A) als auch den Video-

Bild 1. Video-Cassetten-Recorder „N 1500“ von Philips für die Aufnahme und Wiedergabe von Schwarz-Weiß- und Farbfernsehsendungen

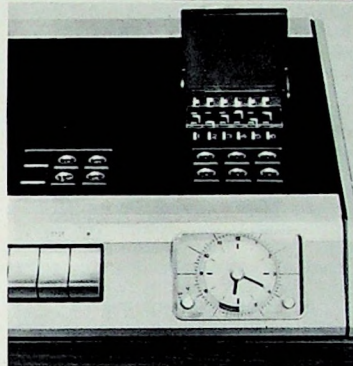
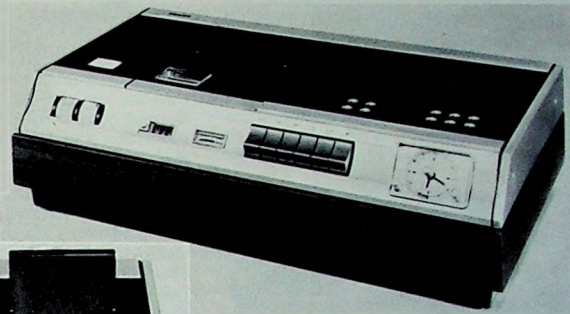


Bild 2. Der eingebaute Fernsehempfänger des Recorders ist mit einem Programmspeicher für sechs verschiedene Fernsehsender ausgestattet, die über Tasten gewählt werden können; eine Schaltuhr erlaubt das Aufnehmen von Programmen zu vorbestimmten Zeiten in Abwesenheit des Benutzers.

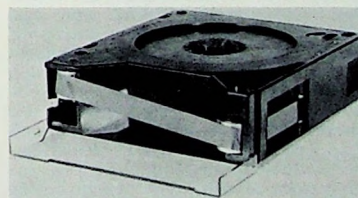


Bild 3. Die VCR-Cassette (von hinten gesehen) enthält zwei übereinanderliegende Bandschulen für eine maximale Spielzeit von 60 min; die diagonale Bandführung an der Kopftrommel der Cassette ist deutlich zu erkennen

pegel (V) an. Es folgen auf dem Bedienungsfeld ein vierstelliges Bandzählwerk mit Rückstelltaste sowie (ganz links) zwei Einstellregler für den Audioaufnahmepegel (Aussteuerung von Hand möglich, im Normalfall automatisch) und die Feinregulierung des Bildstandes bei Wiedergabe, genannt Tracking.

Auf dem Oberteil des „N 1500“ liegen rechts sechs Drucktasten für die Wahl der Fernsehsender. Der Tuner ist mit dem auch von Philips-Fernsehgeräten her bekannten separaten Programmwähler ausgestattet. Die erstmalige Vorwahl erfolgt mit den Schaltern und Potentiometern im abdeckbaren Fach hinter den Tasten (Bild 2). Mit den Tasten links daneben wird das VCR-Gerät ein- und ausgeschaltet, das Anzeigeinstrument umge-

schaltet (A-V) und die Farbsperre (colorkiller) wahlweise ein- oder ausgeschaltet. Zwei Indikatorlampchen im Tastenfeld zeigen an, wenn ein Farbträger im aufgezeichneten Signal vorhanden ist (grüne Lampe) beziehungsweise die Cassette noch nicht ein- oder ausgefädelt ist (rote Lampe). An der Geräterückseite befinden sich Anschlußbuchsen für die Antennenkabel (Koaxial-Ein- und -Ausgang), separate Tonquellen (Ein- und Ausgang) sowie das Netzkabel.

### 3. VCR-Cassette

Das Gehäuse der VCR-Cassette (Bild 3) hat die Außenmaße 13 cm × 15 cm × 3,5 cm und besteht aus dem Kunststoff ABS. In der Cassette sind

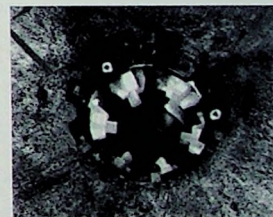


Bild 4. Die übereinanderliegenden Bandschulen der VCR-Cassette werden von koaxial geformten Antriebszapfen (s. Bild 5) bewegt, die in die Nocken der zentralen Öffnungen der Spulen eingreifen

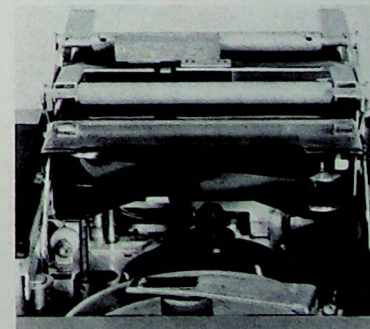


Bild 5. Blick auf die Antriebsmechanik des VCR-Gerätes (von der Kopftrommelseite); die Cassette wird von den dunklen Antriebszapfen, die unterhalb der eingeschobenen Cassette sichtbar sind, angetrieben



zwei Bandspulen übereinander untergebracht, deren Antriebsnocken (Bild 4) von entsprechend geformten koaxialen Antriebszapfen (Bild 5) in Bewegung gesetzt werden. Wegen der gewählten Anordnung verläuft das Magnetband an der offenen Cassettenseite diagonal von der oberen zur unteren Umlenkrolle. Die Öffnung ist durch eine Klappe verschlossen, wenn die Cassette nicht benutzt wird. Bei industriell vorbespielten Cassetten ist eine Aufnahmesperre vorhanden, die ein versehentliches Löschen des Bandes verhindert. Verwendet wird ein hochkoerzitives Magnetband mit

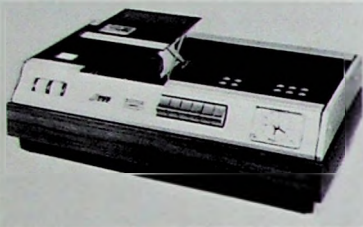


Bild 6. Der Cassettenlift gleitet auf Tastendruck nach oben, so daß die Cassette eingeschoben werden kann

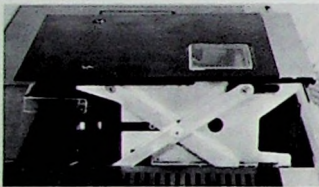


Bild 7. Der Cassettenlift (hier von der Seite gesehen) nimmt die VCR-Cassette auf, deren Schutzklappe sich beim Einschieben in das Cassettenfach öffnet

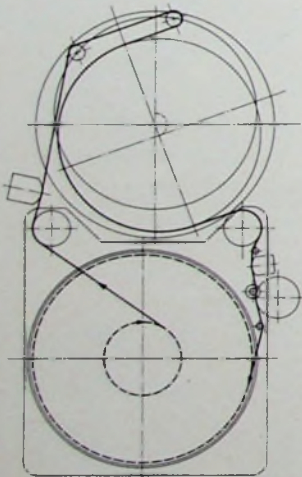


Bild 8. Schema der Bandführung: unten VCR-Cassette, darüber Kopftrummel

einer Breite von 12,7 mm. Die VCR-Cassette wiegt etwa 370 g; ihre Spielzeit ist maximal 60 min.

#### 4. Cassettenlift

Will man die Cassette unabhängig von der jeweiligen Bandposition gegen eine andere austauschen, so müssen dafür besondere konstruktive Maß-

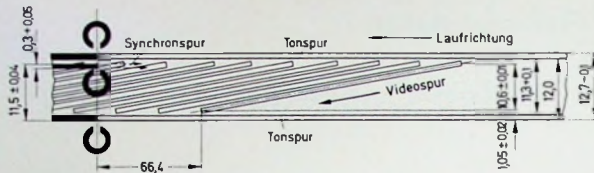


Bild 9. Spureinteilung des Videobandes (Blick auf die Schichtseite)

nahmen getroffen werden. Hierzu gehören beispielsweise der Cassettenlift und die Art der Bandein- und -ausfädelung sowie die Umschlingung der Kopftrummel. Der Cassettenlift „fährt“ auf Tastendruck aus der Geräteoberseite nach oben (Bilder 6 und 7), so daß man die Cassette von vorn in das beleuchtete Aufnahmefach einschieben und den Lift dann wieder in das Gerät zurückdrücken kann, wo er einrastet.

Die Bandführung ist aus Bild 8 ersichtlich. Gezeichnet ist die Endstellung bei spielbereiter Cassette. Das Magnetband wird von zwei beweglichen Führungsstiften, die bei eingestasteter Cassettenlift zwischen dem Band und den Bandspulen stehen, aus der Cassette herausgezogen und halb um die Kopftrummel herumgeführt, die mit 1500 U/min rotiert. Bei Bandende oder Bandlaufunterbrechung bringt die Ausfädelautomatik sofort die Führungsstifte mit dem Band in die Ausgangsposition zurück. Erst danach kann der Cassettenlift betätigt und die Cassette dem Fach entnommen werden.

#### 5. Spurschema

Beim „N 1500“ wird die bekannte Schrägschuraufzeichnung (Bild 9) angewendet. Da der Trommeldurchmesser 105 mm beträgt, ergibt sich bei genau halber Umschlingung der Trommel eine Videospurlänge von fast 165 mm. Die Videospurbreite wurde auf 130 µm und der Videospurmittenabstand auf 187 µm festgelegt. Für den Ton stehen im VCR-System zwei Spuren zur Verfügung. Sie liegen an der oberen und unteren Bandkante und sind jeweils 0,7 mm breit. Es besteht daher im Prinzip die Möglichkeit, stereophonische Musik oder zweisprachige Kommentare zu verwenden. Darüber hinaus ist eine nachträgliche Vertonung synchron zur Bildaufzeichnung durchführbar. Dicht unterhalb der oberen Tonspur liegt die Synchronspur, deren Nadelimpulse bei der Wiedergabe zur Synchronisierung der Servoeinrichtungen dienen.

Wie beim mit Spulen arbeitenden Philips-Video recorder „LDL 1000“ wird auch beim VCR-Gerät eine Kopftrummel verwendet, die aus zwei Hälften besteht. Die untere ist fest mit dem Chassis verbunden, während die obere (Bild 10) in Bandlaufrichtung rotiert und zwei in Reihe geschaltete Videoköpfe trägt. Weil das Magnetband die Trommel lediglich halb umschlingt, berührt immer nur ein Magnetkopf das Band und zeichnet dabei ein vollständiges Halbbild auf. Die rotierende Kopfscheibe ist an der Außenseite mit Riefen versehen, die unter anderem dazu beitragen, daß sich zwischen Band und Trommel ein dünnes Luftpolster aufbaut, wodurch die Reibung zwischen beiden vermindert

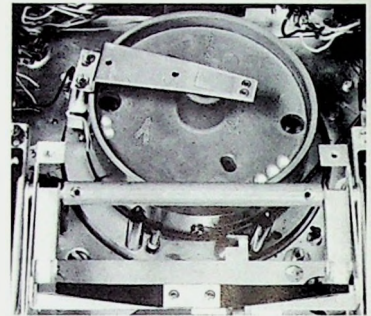


Bild 10. Das Magnetband wird von den beiden Zapfen vor der Kopftrummel aus der Cassette herausgezogen und halb um die Kopftrummel herumgeführt

wird. Die eigentliche Vorschubgeschwindigkeit des Bandes ist 14,29 cm/s mit einer Toleranz von  $\pm 1\%$ , während die Abtastgeschwindigkeit der Videoköpfe 8,099, also rund 8,1 m/s ist.

#### 6. Chassis

Das Chassis besteht aus einer stabilen Grundplatte, auf der praktisch alle mechanischen Bauteile wie Motoren, Schwungscheiben, Schalter und dergleichen enthalten sind, während man die elektrischen Schaltungen größtenteils auf Printplatten übersichtlich anordnete. Die Prints sind in Rahmen montiert und lassen sich für Servicezwecke ausklappen. Im Farbteil wurden einige spezielle Stufen in Abschirmbehältern untergebracht, die als geschlossene Einheit steckbar angeordnet sind und daher leicht ausgetauscht werden können.

(nach Philips-Unterlagen)

### Persönliches

#### Neuer Aufsichtsratsvorsitzender bei SEL

Die Jahreshauptversammlung von SEL entsprach der Bitte des Aufsichtsratsvorsitzenden Dr. jur. B. F. V. Jaffe, ihn mit Rücksicht auf sein Alter vorzeitig von seinen Rechten und Pflichten zu entbinden, und wählte ihn zum Ehrenvorsitzenden. Nachfolger wurde das bisherige Aufsichtsratsmitglied Prof. Dr. oec. Walter Cordes, Vorstandsmitglied der August-Thyssen-Hütte AG, Duisburg-Hamborn. Neu in den Aufsichtsrat kam Prof. Dr.-Ing. Dr. phil. Heinrich Mandel, Vorstandsmitglied der Rheinisch-Westfälischen Elektrizitätswerke AG, Essen.

#### R. Busch leitet Produkt-Marketing bei Grundig

Innerhalb der Marketing-Direktion, die zum Geschäftsbereich Marketing und Vertrieb der Grundig Werke gehört, wurde Rudolf Busch mit der Leitung des Produkt-Marketing beauftragt. Der Elektronik-Industrie gehört er seit zehn Jahren an.



# Technische Zuverlässigkeit von Fernsehgeräten

„Bei allen positiven Beurteilungen der heutigen Absatzlage von Fernsehgeräten bereitet dem Kunden die bei der Massenproduktion nicht immer zufriedenstellende Zuverlässigkeit der Geräte einige Sorge.“ Das schrieb vor einem Jahr – während der Funkausstellung in Düsseldorf – die Presse. Diskussionen über die Zuverlässigkeit gibt es wohl praktisch bei jedem hochgezückelten Gerät des Massenkonsums. Gerade die Fernsehempfänger bauende Industrie widmet dieser Frage jedoch seit langer Zeit ihre ganz besondere Aufmerksamkeit und ist stets bestrebt, die Störanfälligkeit noch weiter zu verringern. Hierüber wurde unter anderem in [1] berichtet. Die damaligen Ausführungen bezogen sich insbesondere auf die Schwachstellenbeseitigung. Der nachstehende Beitrag behandelt nun vor allem die Vorausplanung der Optimierung der Zuverlässigkeit; er basiert auf einem kürzlich vom Verfasser gehaltenen Vortrag [2].

## 1. Allgemeines

Ein Fernsehgerät wird im Mittel 2 bis 3 Jahre nach der gleichen Entwicklungskonzeption gefertigt. Nach dieser Zeit erfordern neue Bauelemente und neue Techniken auch neue Entwicklungskonzeptionen (zum Beispiel elektronisch abgestimmte Tuner, Einführung integrierter Schaltungen, Volltransistorisierung). Die Schwachstellenanalyse und -beseitigung benötigt eine zu lange Zeit, so daß einer großen Anzahl von Geräten diese Zuverlässigkeitsverbesserung nicht zugute kommt. Dies erhöht die Kosten für Garantieleistungen. Außerdem sind Arbeitskräfte der Entwicklungsabteilung mit diesen Arbeiten beschäftigt. Nicht in Geld auszudrücken ist der damit verbundene Verlust an „Qualitätsruf“ für den Hersteller und ein dadurch verursachter Umsatzrückgang.

Alle diese Gründe und die Erfahrungen führen dazu, durch Vorausplanung die Zuverlässigkeit zu optimieren. Unter Optimierung der Zuverlässigkeit ist ein optimales Verhältnis zwischen Zuverlässigkeit und erfaßbaren Kosten zu verstehen.

## 2. Voraussetzungen zur Zuverlässigkeitsplanung

### 2.1. Übersicht

Bild 1 zeigt die Meilensteine für eine Zuverlässigkeitsplanung.

Obering, Alfred Müller ist Leiter des Qualitätswesens der Standard Elektrik Lorenz AG, Geschäftsbereich Rundfunk, Fernsehen, Phono, in Pforzheim.

### 2.2 Zuverlässigkeitsforderung und -bestimmung

Als erstes hat die Geschäftsleitung die Zuverlässigkeitsforderung entsprechend den Kundenanforderungen festzulegen. An Hand von Ausfallcharakteristiken (Bild 2) eigener Geräte und – falls möglich – auch von Konkurrenzgeräten kann man die mittlere fehlerfreie Zeit (MTBF) ähnlicher Entwicklungskonzeptionen ermitteln und daraus die Zuverlässigkeitsforderung aus der Sicht des Kunden beziehungsweise der Mitbewerber festlegen.

### 2.3 Umgebungseinflüsse

Der nächste für eine Zuverlässigkeitsplanung notwendige Schritt ist die

Festlegung der die Zuverlässigkeit beeinflussenden Umgebungseinflüsse. Im Falle von Fernsehgeräten sind dies hauptsächlich Klimaeinflüsse (Umgebungstemperatur und Luftfeuchtigkeit), ungefähres Volumen des Gehäuses sowie die Kühlungsmöglichkeiten des Gerätes. Für andere Produkte mögen noch andere die Zuverlässigkeit beeinflussende Faktoren hinzukommen.

## 3. Produktgeschichte

### 3.1 Schwachstellenanalyse

Ein wesentlicher Beitrag für die Zuverlässigkeitsplanung ist die Produktgeschichte ähnlicher Entwicklungskonzeptionen. Bild 3 zeigt die bei SEL für die Schwachstellenanalyse durchgeführten Maßnahmen.

Bild 1. Meilensteine für Zuverlässigkeitsplanung

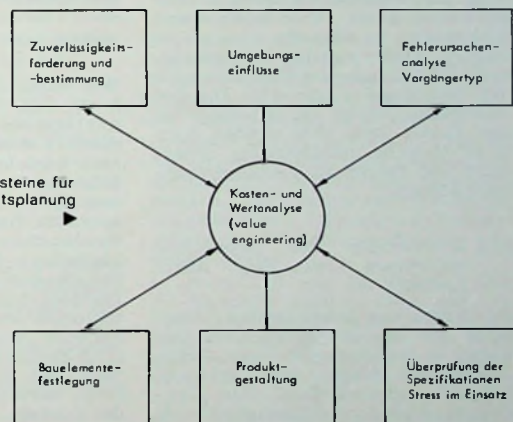


Bild 2. Ausfallcharakteristik für Farbfernsehempfänger (verschiedene Hersteller)

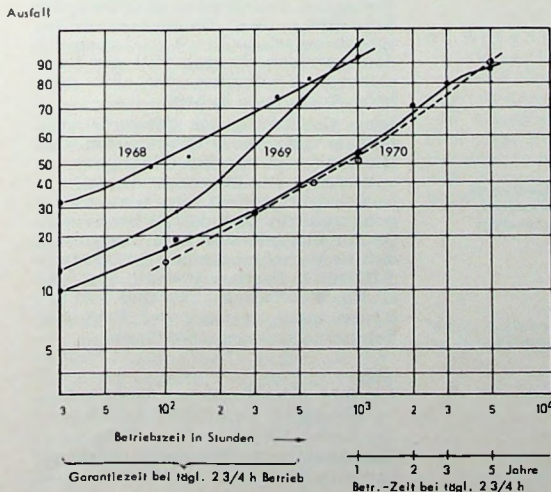
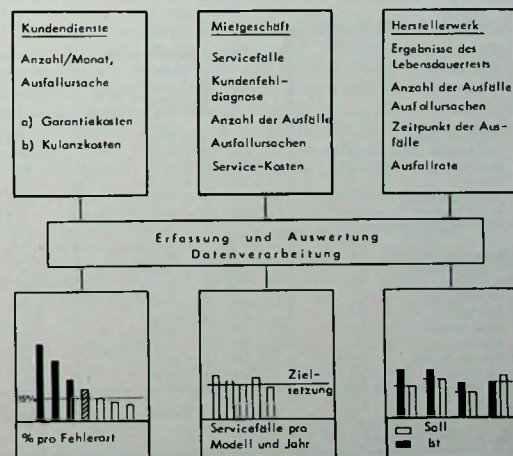


Bild 3. Schwachstellenanalyse



Ableitung von Verbesserungsmaßnahmen



HERSTELLER		KLASSE	ZEIT NR. CODE	LEISTUNGS- MENGE	FEHLER- GEFÄHRE	FEHLER- MENGE	FEHLE- CODE	FEHLERHAUFIGKEIT	SEITE
SEL	RMB	12	171	0596	005	328	33	TASTATUREN POTENTIOMETER	05 17,9
SEL	RMB	12	171	0596	005	328	24	M. F. SPIREN	04 14,3
SEL	RMB	12	171	0596	005	328	62	LEITENPLATTEN	03 10,7
SEL	RMB	12	171	0596	005	328	38	VERDRÄHTUNG STECKER BUCHSEN	03 10,7
SEL	RMB	12	171	0596	005	328	32	SCHIEBESCHALTER TASTATUREN	03 10,7
SEL	RMB	12	171	0596	005	328	41	WIDERSTÄNDE	02 7,1
SEL	RMB	12	171	0596	005	328	41	WIDERSTÄNDE	02 7,1
SEL	RMB	12	171	0596	005	328	61	METALLTEILE	01 3,6
SEL	RMB	12	171	0596	005	328	51	KONDENSATOREN	01 3,6
SEL	RMB	12	171	0596	005	328	31	DRUCKSCHALTER	01 3,6
SEL	RMB	12	171	0596	005	328	23	ABLENKMITTEL	01 3,6
SEL	RMB	12	171	0596	005	328	21	NETZTRANSFORMATOREN	01 3,6
SEL	RMB	12	171	0596	005	328	00	EMPFANGERSCHWUNGEN	01 3,6
SEL	RMB	15	171	0596	005	328	00	EMPFANGERSCHWUNGEN	08 72,7
SEL	RMB	15	171	0596	005	328	33	TASTATUREN POTENTIOMETER	01 3,6
SEL	RMB	15	171	0596	005	328	33	TASTATUREN POTENTIOMETER	01 3,6
SEL	RMB	22	171	0596	005	328	33	TASTATUREN POTENTIOMETER	06 27,0
SEL	RMB	22	171	0596	005	328	13	TRANSISTOREN	05 23,6

Bild 4. Datenverarbeitung; Verdichtung nach Fehlerhäufigkeit

### 3.1.1. Auswertung der Reparaturunterlagen der Kundendienste

Die Kundendienste liefern ihre Reparaturunterlagen an die Datenverarbeitung. Ein monatlicher Bericht über Fehlerhäufigkeit, Fehlerursache und fehlerhaftes Bauelement wird je Gerätetyp, Fehlerursache und Bauelement beziehungsweise Fehlerort nach der Pareto-Regel ausgewertet. Die drei häufigsten Fehler beziehungsweise alle Fehler über 15 % werden nach ihrer Ursache routinemäßig untersucht und führen zu Verbesserungsmaßnahmen.

### 3.1.2. Auswertung der Reparaturunterlagen aus dem Mietgeschäft

Die Mietkunden liefern gleiche Unterlagen wie die Kundendienste. Der Vorteil ist jedoch, daß die vermieteten Geräte nach Anzahl und Gerätetyp bekannt sind und damit eine Auswertung nach Ausfallhäufigkeit nach

Zeit (Monat oder Jahr) und Gerätetyp erfolgen kann. Außerdem erfolgt die Auswertung zusammen mit den Kundendienstergebnissen nach Fehlerhäufigkeit, Fehlerursache und fehlerhaften Bauelementen.

### 3.1.3. Auswertung von Lebensdauertests

Wie schon in [1] angegeben, werden in den SEL-Werken Lebensdauertests mit täglichen Entnahmen aus der Produktion durchgeführt. Diese Ergebnisse wertet man so aus, daß sich Ausfallraten der einzelnen Bauelemente und Fertigungsfehler ermitteln lassen. Die festgestellten Ausfallraten werden mit denen der Bauelementehersteller – falls vorhanden oder bekanntgegeben – verglichen. Für Ausfallraten, insbesondere auch für Fertigungsfehler, bestehen von Seiten ITT-SEL sowie im MIL-Handbuch 217A Empfehlungen. Eine Überschreitung der empfohlenen Fehlerraten führt ebenfalls zu Untersuchungen der Ausfallursache.

### 3.2. Auswertung der Ausfallursachen

Bild 4 zeigt ein Beispiel der von der Datenverarbeitung verdichteten und ausgewerteten Ausfallursachen.

### 4. Optimierung der Entwurfszuverlässigkeit

#### 4.1. Entwurfsbedingte Ausfallrate

Die Zuverlässigkeit eines Gerätes ist durch die Ausfallraten der Bauteile gegeben. Mit den bekannten Fehlerraten (Bauelementehersteller, MIL-Handbuch 217A und firmeneigene Empfehlungen) kann man die entwurfsbedingte Geräteausfallrate berechnen, wie dies zum Beispiel in Tab. 1 durchgeführt ist.

Wenn berücksichtigt wird, daß die Ausfallraten der Bauelemente stark von der Beanspruchung (Stress) im Gerät abhängig sind, dann erkennt man sofort, daß eine wesentliche Maßnahme zur richtigen Vorausbestimmung der Gerätezuverlässigkeit die Ermittlung der Bauelementebeanspruchung ist. In Tab. 1 sind auch für den durchgerechneten Fall die Bauelemente erkennbar, die eine sehr hohe Ausfallrate haben.

Diese Ermittlung der Entwurfs-Ausfallrate gibt dem Geräteentwickler Hinweise, um die Zuverlässigkeit zu optimieren. Die Entwurfs-Ausfallrate berücksichtigt nicht die eigene Fertigungsqualität und die Herstellqualität der Bauteile. Die Erfahrung zeigt, daß die Verschlechterung der Ausfallrate durch Fertigungs- und Bauteileinflüsse zwischen 1:1,5 und 1:5 betragen kann, je nach der Güte der Fehlerverhütungsmaßnahmen.

#### 4.2. Die Zuverlässigkeit der Geräte vermindernde Einflüsse

Einflüsse, die die Entwurfsausfallrate verschlechtern, sind:

Typische Fehlerquoten Fernsehen Farbe			
Art der Bauteile	Menge	Fehlerquote für ein Bauteil $\left(\frac{1}{\text{Stunden}}\right)$	Fehlerquote $\left(\frac{1}{\text{Stunden}}\right)$
VHF-UHF-Tuner	1	$35 \times 10^{-6}$	$35 \times 10^{-6}$
Widerstände	424	77,8	26,2
Kondensatoren	268	9,9	9,9
Spulen	47	$20 \times 10^{-6}$	20,0
Hochspannungstransformatoren	1	0,3	0,9
Transformatoren	3	13 / 5	18,0
Ablenkung/Konvergenz	2	0,5	0,5
Quarz	1	20	20
Metallgleichrichter	1	1,9	67
HF-Transistoren	36	5	20
Leistungstransistoren	4	0,8	3,2
HF-NF-Röhren	4	25	125
Impulsröhren	5	6,5	6,5
Farbbildröhre	1	0,3	15,9
Dioden	53	9,1	9,1
Sonstige Bauteile	25	0,01	23,0
Leitstellen	2655		
		Entwurfs-Ausfallrate $480 \times 10^{-6}$	
MTBF = 2080 Stunden			

Tab. 1.  
Vorausbestimmte  
Zuverlässigkeit,  
entwurfsbedingt



Tab. II. Zuverlässigkeits-Untersuchung

Gerätetyp: Kurfürst Color electr. 2040										
Sym- bol	Bauteil	Funktion	x) Temp. °C	Belastung			Faktor	Ausfallrate %/1000 h		
				ist	Nenn (Grenz.)			Soll	ist	+
V 501	PL 509 (Imp.-Leist.-Röhre)	Zeilen- endstufe	Kolben 200 °C Stifte 112 °C	28,5W	300 °C	P <sub>A</sub> 40 W	0,7	0,84	3	
		Extrem- fall		43,8W			1,1			
V 503	GY 501 (Hochsp.-GI) 25 kV	Bildröhren- Strahl	Kolben 42 °C Stifte 140 °C			I <sub>A</sub> 100mA			4,7	
			Stifte		140 °C					
GI 703	B 30 C 400 Selen-Gleichr.	24 V	Leht. 41 °C						2,8	3 %
T 300	BF 125 Transistor	1. Ton-ZF	Gehäuse 30 °C	4mW	45 °C	330 mW	0,09		0,01	
T 801	BF 125 Transistor	Farbanti- verst.	Gehäuse 44 °C	118mW	45 °C	330 mW	0,5	1,2	2,6	

Bemerkung: x) bezogen auf 25 °C Zimmertemperatur  
+ ) Ausfall während der Vorserienfertigung

- Einfluß der Gerätekonzeption auf die Bauteile
  - mangelhafte Schaltungsauslegung
  - Driftverhalten der Bauteile
- Erhöhung der Ausfallrate durch Abnutzung sich verbrauchender Bauteile
- schlechte Fabrikationsqualität der Bauteile
  - schlechte Fabrikationsqualität bei der Gerätefertigung
- falsche Behandlung der Geräte bei Kunden
  - schlechte Qualität durchgeführter Reparaturen.

#### 4.3. Ermittlung der Beanspruchung der Bauelemente und Zuverlässigkeitsverbesserungen

Um die Zuverlässigkeit zu optimieren, muß nun, nachdem die Entwurfs-Ausfallrate an Hand der Gerätekonzeption ermittelt wurde, für alle Bauelemente – zumindest aber für die kritischen Bauelemente, die hohe Ausfallraten aufweisen – eine Ermittlung der Beanspruchung durchgeführt werden. Ein Protokoll für eine solche Beanspruchungsuntersuchung ist in Tab. II wiedergegeben. Die Zuverlässigkeit kann nun dadurch verbessert werden, daß man den Faktor Nennbelastung zu Istbelastung verringert. Das bedeutet jedoch eine Verteuerung der Bauelemente. Man kann aber auch dadurch, daß man zum Beispiel beim Farbfernsehergerät die Impulsröhren durch Leistungstristoren ersetzt, eine bessere Ausfallrate von  $380 \times 10^{-6}$  erreichen, was einer mittleren fehlerfreien Zeit (MTBF) von 2630 h entspricht.

Da alle diese Zuverlässigkeitsverbesserungen des Entwurfs Kosten verursachen, müssen Überlegungen zur Optimierung angestellt werden. In vielen Unternehmen werden heute schon die Wertanalyse und „Value Engineering“ durchgeführt. Die damit betrauten Personen sollten sich der Beantwortung dieser Frage annehmen.

#### 5. Planung der Zuverlässigkeits-sicherung

##### 5.1. Aufgaben der Entwicklungsabteilung und der Qualitätssicherung

Aus der Übersicht im Abschnitt 4.2. ist zu erkennen:

a) Von der Entwicklungsabteilung müssen

- der Einfluß der Gerätekonzeption auf die Bauelemente,
- das Driftverhalten der Bauteile in bezug auf Betriebszeit,
- die Schaltungsauslegung,
- der Einfluß sich abnutzender Teile im Labor untersucht werden. Alle feststellbaren Mängel sind bis zum Beginn der Nullserie des Produktes auszumerzen, was im Amerikanischen mit „debugging“ bezeichnet wird.

b) Von der Qualitätssicherung müssen

- die Sicherung der Zuverlässigkeit der einzukaufenden Bauelemente geplant und
- die eigenen Fertigungsverfahren auf ihre „capability“ (Leistungsfähigkeit) untersucht und kontrolliert werden.

##### 5.2. Erfahrungsaustausch zwischen Bauelemente- und Gerätehersteller

Zur Sicherung der Zuverlässigkeit von eingekauften Bauelementen ist eine enge Zusammenarbeit zwischen Hersteller und Verbraucher erforderlich. Hierzu gehört vor allem Austausch von Erfahrungen von Ausfall-

raten der Bauelemente, festgestellt vom Hersteller und vom Anwender. Es sei aber darauf hingewiesen, daß diese Ausfallraten infolge der unterschiedlichen Beanspruchung nicht direkt vergleichbar sind. Der Käufer von Bauelementen sollte sich beim Hersteller über dessen Zuverlässigkeitssicherungssystem informieren. Es ist auch empfehlenswert, wenn der Bauelementehersteller die Maßnahmen zur Zuverlässigkeitssicherung beim Gerätehersteller kennt. Einen solchen regelmäßig stattfindenden Erfahrungsaustausch zwischen Bauelemente- und Gerätehersteller führt SEL seit längerer Zeit mit den wichtigsten Bauelementeherstellern durch.

Dieser Erfahrungsaustausch zeigt Maßnahmen, die sowohl dem Geräteentwurf als auch der Konstruktion der Bauelemente zugute kommen kann. Hierzu einige Beispiele aus der Praxis:

Bei einem Gerätemodell wurden die in Tab. III angegebenen Ausfallraten gefunden. Bevor nun eine Reklamation beim Bauelementehersteller erfolgt, sollten – wie bereits erwähnt – folgende Untersuchungen stattfinden:

- Hat die Gerätekonzeption die hohe Ausfallrate verursacht (zum Beispiel infolge von Überschlagen usw.)?
- Wurden bei der Fertigung die Verarbeitungsvorschriften beachtet (zum Beispiel Löttemperatur, Lötzeit usw.)?

Bei diesen Analysen und bei den Besprechungen mit den Bauelementeherstellern findet man immer wieder neue Hinweise, auf die bei der Zuverlässigkeitsplanung zu achten ist.

In diesem Beispiel konnte die Ursache der erhöhten Ausfallrate zweimal bei der Bondung der Halbleiter gefunden werden. Der Bauelementehersteller benutzte diesen Hinweis zur Verbesserung des Fertigungsverfahrens des Bauelementes.

In einem Fall war die Ursache, daß die wirkliche mittlere Belastung bei der angegebenen Nennbelastung des Bauelementes lag. Wegen der normalerweise vorhandenen Streuungen hatte sich die Ausfallrate dieses Bauelementes durch Überlastung in einigen Fällen erhöht. Eine Schaltungsänderung brachte Abhilfe. Bei der Diode 1 konnte nur im Lebensdauertest des Werkes eine erhöhte Ausfallrate festgestellt werden. Es mußte sich also um eine höhere Ausfallrate bei einem bestimmten Fertigungslos gehandelt haben.

Tab. IV gibt Hinweise zur Analyse der Bauelementeausfälle. Die Auswertung nach diesen Kriterien dient wie-

Tab. III. Ausfallraten von Bauelementen

	Lebensdauertest der laufenden Produktion (110 h bzw. 550 h/Gerat)	Lebensdauertest von 200 Geräten (alle Geräte 2500 h)	Sollausfallrate (Quelle: Hersteller bzw. MILHDB 217 A)
Transistor 1	$35 \times 10^{-6}$	$40 \times 10^{-6}$	$1 \times 10^{-6}$
Transistor 2	$10 \times 10^{-6}$	$10 \times 10^{-6}$	$0,5 \times 10^{-6}$
Diode 1	$15 \times 10^{-6}$	0	$0,5 \times 10^{-6}$
Diode 2	$10 \times 10^{-6}$	$10 \times 10^{-6}$	$1 \times 10^{-6}$



der zur Zuverlässigkeitssicherung der Bauelemente für den Qualitätssicherungs-Ingenieur.

### 5.3. Vorserientest

Da von der Geschäftsleitung eine bestimmte Produktzuverlässigkeit gefordert wird, ist es notwendig, den Entwurf einem Lebensdauertest zu unterwerfen. Im Handbuch „Quality Control and Reliability H 108“ des amerikanischen Verteidigungsministeriums sind solche Tests beschrieben.

Es gibt verschiedene Möglichkeiten für den Vorserientest. So testet man beispielsweise eine bestimmte Anzahl von Geräten (das heißt eine Stichprobe) während einer festgelegten Zeit und registriert die dabei aufgetretenen Fehler. Die defekten Geräte werden dann repariert und weitergetestet. Nach Beendigung des Tests ergibt sich die MTBF aus der Beziehung,

$$MTBF_{Test} = \frac{\text{Anzahl der Geräte} \times \text{Anzahl der Betriebsstunden}}{\text{Anzahl der Fehler}}$$

Sie wird als beste Schätzung des Mittelwertes bezeichnet, da sie mit dem echten Mittelwert (der unbekannt ist) nicht übereinstimmt.

Nun wird danach gefragt, wie genau dieser empirisch gefundene Wert ist, das heißt, in welchen Vertrauensgrenzen er liegt und mit welcher Sicherheit dieser Wert bei einem zweiten gleichen Test zu erwarten ist. Diese Frage wird durch die Anwendung der Chi-Quadrat-Berechnung gelöst. Sie ergibt einen Streubereich, in dem mit einer frei wählbaren Wahrscheinlichkeit die wahre mittlere MTBF liegt.

Bei SEL wird das sequentielle Verfahren angewendet. Zur Erklärung dieses Verfahrens mag das folgende Beispiel dienen:

Die Zuverlässigkeitsforderungen seien dabei mit einer mittleren Lebensdauer (beispielsweise 1500 Stunden) und einer minimalen Lebensdauer (beispielsweise 390 Stunden) festgelegt. Den Vorserientest durchlaufen nun  $n$  Geräte. Von diesen Geräten werden im Testprotokoll für jedes Gerät (fortlaufend vom Ausfall 1 bis zum Ausfall  $n$ ) die Betriebsstunden  $t_i$  bis zum Ausfall des Gerätes festgehalten (Tab. V). In einer weiteren Spalte bildet man nun das Produkt  $T = n \cdot t_i$ . Dieses Produkt wird als Treppenkurve in ein Diagramm eingetragen (Bild 5). In dem Handbuch H 108 lassen sich nun an Hand der geforderten mittleren und minimalen Lebensdauer die Anfangspunkte auf der Ordinate für zwei Geraden eines „Toleranzfeldes“ auffinden (im Beispiel +1165 Stunden und -1165 Stunden), ebenso die Steilheit dieser beiden Geraden (im Beispiel 710 Stunden/Ausfall). Damit ergeben sich die Annahme- und Ablehnungsgrenzen. Man kann nun auch andere Operationscharakteristiken (s. Handbuch H 108) als die im Beispiel verwendeten auswählen.

Fehlerart	Fehlerquelle	Fehlerursache
Bauelemente-Funktions-Fehler	Schaltung	Physikal.-Chemische Fehler-Physik
Kapazität	Konstruktion	
Verlustfaktor	Gerätefertigung	Korrosion
Widerstand usw.	Prüfung	Migration
"Mechanische" Fehler	Montage	Deformation
Lot-Fehler	Bauelementeherstellung	Durchschlag usw.
Bestückungs-Fehler		Fehler-Mechanismen
Verdrähtungs-Fehler usw.		Atlas
Geräte-Funktions-Fehler		
Pegel		
Frequenzgang		
Rauschen usw.		
Prinzip-Fehler		
Chargen-Fehler		
Primär-Fehler		
Folge-Fehler		
Unterbrechung		
Kurzschluß		
Drift		
Wacko		
Früh-Ausfall		
Normal-Ausfall		
Verschleiß-Ausfall		
Leichter Fehler		
Schwerer Fehler		
Kritischer Fehler		

Tab. IV.  
Produktgeschichte  
Bauelemente;  
Fehlerarten,  
Fehlerquellen,  
Fehlerursachen

## 6. Optimierung der Kosten für Zuverlässigkeit

### 6.1. Aufwand

Will man den Aufwand für die diskutierten Maßnahmen ermitteln (Tab. VI), dann ist es zweckmäßig, diese in zwei Kategorien aufzuteilen, nämlich

- Mehraufwand für zusätzliche Ingenieurarbeit,
- Mehrkosten für kritische Bauelemente.

Diese Kosten sind – soweit das Unternehmen ein System zur Erfassung und Kontrolle der Qualitätskosten hat – genau zu ermitteln.

Tab. VII zeigt eine Aufstellung der Qualitätskosten in typische Kostenarten aufgeteilt (siehe auch Qualitätskosten AWF/ASQ Schrift 17).

Zweckmäßigerweise beginnt man mit der Kostenart D 1 „Fehlerverkütungskosten“. Diese Kosten enthalten Löhne, Gehälter und Gemeinkosten für die Qualitätsingenieurs-Abteilung, für Planung und Sicherung der Bauelementequalität sowie auch die Kosten für die Zuverlässigkeitssicherung in der Entwicklungsabteilung.

Hat man ferner die Prüfung in der Fertigung in Kostenstellen aufgeteilt, dann bestehen keine Schwierigkeiten, auch die dort anfallenden Kosten für Zuverlässigkeitsplanung und -sicherung zu ermitteln.

Die Kostenart D 2 „Prüfkosten“ enthält Löhne, Gehälter und Gemeinkosten für die Prüfer und das Personal der Qualitätskontrolle.

Bei diesen Verhütungs- und Prüfkosten, die aus Gründen der Sicherung der Qualität der Fertigung immer aufgewendet werden müssen, entsteht nur in der Entwicklung ein Mehraufwand für Zuverlässigkeitsplanung und die damit zusammenhängenden Untersuchungen.

Die Mehrkosten für kritische Bauelemente sind durch die Preise der Hersteller bekannt.

### 6.2. Einsparungen

Die Einsparungen ergeben sich hauptsächlich in der Reduzierung der Ga-

Tab. V. Ausfallprotokoll eines Vorserientests mit 12 Geräten

Modell/Produkt: TV Color Modell XY		
$n = 12$		
Ausfall Nr.	$t_i$ Betriebsstunden bis zum Ausfall	$T = n \cdot t_i$ Std
1	20	240
2	150	1800
3	180	2160
4	240	2880
5	300	3600
6	410	4920
7	550	6300
8	650	7800
9	825	9800
10	1410	16900
11	1620	19400
12 = n	1682	—

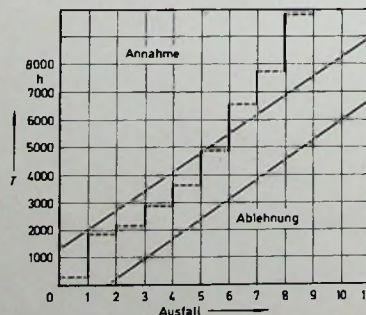


Bild 5. Sequentieller Lebensdauertest (Quality Control and Reliability Handbook H 108)



Tab. VI. Kosten für Zuverlässigkeit

	Lebensdauerest der laufenden Produktion (110 h bzw. 550 h/Gerät)	Lebensdauerest von 200 Geräten (alle Geräte 2500 h)	Sollausfallrate (Quelle: Hersteller bzw. MILHDBK 217 A)
Transistor 1	$35 \times 10^{-6}$	$40 \times 10^{-6}$	$1 \times 10^{-6}$
Transistor 2	$10 \times 10^{-6}$	$10 \times 10^{-6}$	$0,5 \times 10^{-6}$
Diode 1	$15 \times 10^{-6}$	0	$0,5 \times 10^{-6}$
Diode 2	$10 \times 10^{-6}$	$10 \times 10^{-6}$	$1 \times 10^{-6}$

rantiekosten. Erhöht man, wie im Beispiel des Abschnitts 4.3, die MTBF von 2080 auf 2630 Stunden, dann reduzieren sich die Ausfälle während der einjährigen Garantiezeit (entsprechend 1000 Betriebsstunden) von 0,477 auf 0,384 Ausfälle je Gerät. Das ist bei einer Jahresproduktion von 200 000 Geräten eine Einsparung von  $0,093 \times 200\,000 = 18\,600$  Reparaturen. Betragen die mittleren Kosten für eine Reparatur 35 DM, entspricht dies ungefähr 650 000 DM.

Diese Einsparung kommt nun dem Herstellerwerk sowie dem Groß- und Einzelhändler zugute. Eine Ermittlung der Einsparung kann man daher nur über die Verbesserung der MTBF berechnen. Hierzu muß man die durchschnittlichen Reparaturkosten kennen.

### 6.3. Optimierung

Die Rechenformel für die Optimierung der Zuverlässigkeit ergibt sich zu

$$K_{PU} + K_{KB} - (\Delta A \cdot K_{REP}) = \text{Minimum.}$$

Hierin bedeuten  $K_{PU}$  = Mehraufwand für Planung und Untersuchung,  $K_{KB}$  = Mehrkosten der kritischen Bauelemente,  $K_{REP}$  = durchschnittliche Kosten einer Reparatur,  $\Delta A$  = Reduzierung der Ausfälle in der Garantiezeit.

### 7. Schlußfolgerung

Zusammengefaßt kann man sagen, daß die Forderungen der Kunden – gleiche Zuverlässigkeit bei geringeren Kosten beziehungsweise verbesserte Zuverlässigkeit bei gleichen Kosten – Maßnahmen wie die beschriebenen erfordern.

Die logische Konsequenz des hier Gesagten ist, daß komplizierte Schaltungen mit vielen Bauelementen eine geringere Entwurfszuverlässigkeit aufweisen als einfache Schaltungen mit weniger Bauelementen. Ebenso führt sehr häufiger Schaltungs- und Entwurfswechsel dazu, daß sich die geschilderten Maßnahmen nicht mehr oder nur sehr aufwendig durchführen lassen, was zu Zuverlässigkeitsproblemen führen kann.

#### Schrifttum

- [1] Müller, A.: Zuverlässigkeit von Fernsehempfängern. Funk-Techn. Bd. 24 (1969) Nr. 18, S. 702-704
- [2] Müller, A.: Technische Zuverlässigkeit von Fernsehempfängern. Vortrag auf der Tagung der Deutschen Gesellschaft für Qualität und der Nachrichtentechnischen Gesellschaft (NTG) im VDE sowie der VDI-Fachgruppe Luftfahrt und Raumfahrttechnik am 6. Mai 1971 in Nürnberg

Tab. VII.

Qualitätskosten ▶

#### A. Nacharbeitskosten:

Aufwand an Fertigungslohn und -material, um fehlerhafte Teile auf zeichnungsgerechten Stand zu bringen.

Maximal vertretbar: 0,6 % des Umsatzes  
Ihr Istwert: \_\_\_\_\_

#### B. Ausschüßkosten:

Wert des zu Ausschüß erklärten Materials einschließlich des bis zum Zeitpunkt der Ausschüßklärung entstehenden Veredlungswertes.

Maximal vertretbar: 0,4 % des Umsatzes  
Ihr Istwert: \_\_\_\_\_

#### C. Garantiekosten:

Wert der vom Kunden auf Grund von Mängeln zurückgewiesenen Erzeugnisse und die für Instandsetzung, Ersatzteile und Reisen anfallenden Kosten.

Maximal vertretbar: 0,5 % des Umsatzes  
Ihr Istwert: \_\_\_\_\_

#### D. Kosten der Qualitätskontrolle: (D1 Fehlerverhütungs- und D2 Prüfkosten)

Löhne, Gehälter und Gemeinkosten für Prüfer, für Personal der Qualitätsingenieurabteilung, für Qualitätsrevisoren (Auditors), sowie für anderes Personal, das die Erzeugnisqualität feststellt.

Maximal vertretbar: 2,5 % des Umsatzes  
Ihr Istwert: \_\_\_\_\_

Als Summe maximal vertretbar: 4 % des Umsatzes  
Ihr tatsächlicher Prozentsatz: \_\_\_\_\_

## Zeitindikator für die Überwachung der Betriebsstundenzahl von Tonabnehmern

Wie wichtig die Überwachung der Betriebsstundenzahl des Abtaststiftes von hochwertigen Tonabnehmern ist, braucht dem Hi-Fi-Freund kaum gesagt zu werden. Wenn eine zu starke Abnutzung des Saphirs sich schon durch verzerrte Wiedergabe bemerkbar macht, ist es meistens zu spät. Hinzu kommt, daß dieser Zeitpunkt sich wegen der allmählichen Verschlechterung und des dadurch bedingten Gewöhnungseffekts nur schwer feststellen läßt. Viele Schallplattenfreunde benutzen deshalb schon seit Jahren nach dem Prinzip der Synchronuhr oder ähnlichen Prinzipien arbeitende Betriebsstundenzähler.

Im allgemeinen ist es oft nicht von primärer Bedeutung zu wissen, ob ein Gerät 50 oder 100 Stunden in Betrieb gewesen ist, sondern es genügt, wenn nach einer gewählten Zeit von beispielsweise 100 Stunden ein eindeutiges und deutlich erkennbares Signal anzeigt, daß die vorgegebene Betriebsstundenzahl erreicht oder schon überschritten ist. Das gilt auch für den Abtaststift in Tonabnehmern, weil er nach Überschreiten seiner mittleren Lebensdauer nicht schlagartig unbrauchbar wird. Das bleibende Signal erinnert aber ständig daran, daß es Zeit ist, den Saphir oder den Diamant auszuwechseln.

Einen für diesen und ähnliche Zwecke geeigneten relativ billigen elektrochemischen Zeitindikator hat die japanische Firma Japan Radio (Deutsche Vertretung: Magnetic AB) unter der Typenbezeichnung „J 9923“ herausgebracht. Der Glaskolben hat etwa die Abmessungen einer kleinen Skalenlampe. Er ist mit einem flüssigen Elektrolyten gefüllt, in dem sich eine kleine stabförmige Katode aus einem unedlen Metall und eine metallische Anode, die eine Art Tasche trägt, befinden. Sie enthält, dicht abgeschlossen gegen ihre Umgebung, eine pulverförmige chemische Substanz.

Unter dem Einfluß des hindurchfließenden Gleichstroms gehen Metallionen an der Anode in Lösung und schlagen sich auf der Katode als Me-

tall nieder; die Anode wird also abgebaut. Die abgeschiedene Metallmenge ist nach dem Faradayschen Gesetz dem Produkt aus Stromstärke und Zeit proportional. Je nach Stromstärke hat sich nach einer bestimmten Zeit so viel Metall von der taschenförmigen Anode gelöst, daß sich das darin befindliche Pulver mit dem Elektrolyten mischen kann. Als Folge der Mischung schlägt seine Farbe innerhalb kurzer Zeit deutlich sichtbar von Hellgelb in Dunkelblau um. Der Farbumschlag tritt auf, wenn das Produkt aus Strom in  $\mu A$  und Zeit in Stunden den Wert  $6000 \mu A h$  erreicht. Dieser Wert ist im Bereich von etwa 50 bis 1000 Stunden für das Stromstärke-Zeit-Produkt konstant. Durch Wahl der Stromstärke läßt sich somit die Zeit bis zum Ansprechen des Zeitindikators innerhalb dieser Grenzen vor-einstellen.

Da der innere Widerstand stromabhängig ist (einige hundert Ohm bis 1 kOhm), empfiehlt es sich, den Zeitindikator über einen großen Vorwiderstand (beispielsweise 200 kOhm) an die Gleichspannung (beispielsweise 24 V) anzuschließen. Da der benötigte Gleichstrom niedrig ist, genügt in vielen Fällen eine billige Halbleiterdiode zur Gleichrichtung der Wechselspannung. Man kann aber auch daran denken, den Zeitindikator mit einer Quecksilberzelle (Lebensdauer etwa zwei Jahre) zu kombinieren und über einen mit der Tonarmstütze verbundenen Schalter den Strom ein- und auszuschalten.

Der „J 9923“ läßt sich auch zur Steuerung anderer Vorgänge benutzen, wenn man die an den Elektroden auftretende Spannungsdifferenz als Schaltkriterium benutzt. Im Normalbetrieb liegt dieser Spannungsabfall je nach Exemplar und Arbeitstemperatur zwischen etwa 50 und 60 mV. Während der Auflösung des Pulvers in der Anodentasche (Farbumschlag) steigt die Spannung auf etwa 500 bis 600 mV. Dieser Spannungssprung reicht in jedem Fall aus, um beispielsweise eine entsprechende Flip-Flop-Schaltung in den anderen Betriebszustand kippen zu lassen. -th



# Short-Backfire-Antennen als UHF-Fernsehantennen

In der Satellitentechnik haben sich Short-Backfire-Antennen (abgekürzt SBF) wegen ihres hohen Gewinnes, ihrer günstigen Strahlungsdiagramme und ihrer kleinen Abmessungen in weitem Umfang als Empfangsantennen für Bodenstationen bewährt. Die dort erreichten großen Fortschritte können auch in die Fernsehtechnik eingeführt werden, wo heute noch Empfangsantennen mit vielfach größerem Aufwand benutzt werden. Nach einer kurzen Beschreibung der zur Zeit verwendeten Typen von UHF-Fernsehempfangsantennen werden die Diskussionen zuerst auf die weit verbreiteten Mehrfach-Yagiantennen und dann auf die neuen Short-Backfire-Antennen und Short-Backfire-Längsstrahler konzentriert. Dabei werden sowohl das Arbeitsprinzip als auch der Aufbau und die Leistungen jeder dieser Antennentypen eingehend besprochen. In einem Vergleich wird gezeigt, daß die SBF-Antenne und der SBF-Längsstrahler als UHF-Fernsehantennen einige markante Vorteile gegenüber derzeitigen Antennentypen haben: Sie werden höhere Gewinne, kleinere Dimensionen, einfacheren Aufbau und geringeren Windwiderstand und dazu noch eine Verringerung der Typenzahl bringen; Gewinne bis 20 dB sind realisierbar.

## 1. Einleitung

Antennen für den Empfang von Sendungen, die über Satelliten ausgestrahlt werden, müssen besonders hohe Anforderungen erfüllen: Sie sollen bei kleinsten Abmessungen möglichst hohen Gewinn für ausreichenden Empfang schwacher Signalstärken haben; ihre Strahlungsdiagramme sollen möglichst frei von Nebenzipfeln sein, um möglichst wenig Reflexionsstrahlung und Rauschen aus der direkten Umgebung des Aufstellungs-ortes zu empfangen, und sie sollen durch möglichst einfachen und robusten Aufbau höchste Betriebssicherheit gewährleisten.

Eingehende Vergleichsmessungen mit verschiedenen Antennentypen ergaben, daß alle diese Forderungen am besten von der in den US Air Force Cambridge Research Laboratories, Bedford, Mass., USA, entwickelten Short-Backfire-Antenne (SBF) [1, 2] erfüllt werden. Deshalb wurde dieser Antennentyp als Sende- und Empfangsantenne in sämtlichen Bodenstationen des Satelliten-Nachrichtennetzes TACSATCOM eingeführt.



Bild 1. Short-Backfire-Antenne für den Satellitenempfang

Außer den für den Aufbau auf Landfahrzeugen und Schiffen entwickelten Modellen ist eine zusammenfaltbare tragbare Ausführung von besonderem Interesse (Bild 1). Diese Antenne hat bei einem Durchmesser von nur 1,5 m einen Gewinn, der für eine einwandfreie, fast den halben Erdrundumfang überbrückende Sprechverbindung

über den stationären Satelliten TACSAT 1 ( $f \approx 300$  MHz) ausreichend ist.

Neuerdings fanden auch noch andere SBF-Typen Anwendung in der Satellitentechnik. So werden zum Beispiel mittels den erwähnten Telefonantennen ähnlichen Strahlern Satellitenwetterkarten empfangen, und ein größerer Strahler mit vier SBF-Elementen dient als Sende- und Empfangsantenne für weitraumige momentane Übertragung von ozeanografischen Messungen über Satelliten. Ferner werden derartige Strahler mit 16 SBF-Elementen neuerdings als Telemetrie- und Monopuls-Trackingantennen in dem weltweiten Führungsnetz der NASA eingesetzt.

Samtliche der genannten Forderungen müssen auch an Fernsehempfangsantennen gestellt werden, wenn einwandfreier Bildempfang erreicht werden soll. Höchstgewinn für klare Bilder, niedrigste Nebenzipfel zur Vermeidung von Geisterbildern und Farbveränderungen und einfachster mechanischer Aufbau für höchste Betriebssicherheit und kleinsten Windwiderstand. Deshalb ist die Frage sehr naheliegend, ob es nicht an der Zeit ist, daß die mit SBF-Antennen in der Satellitentechnik erreichten großen Fortschritte nun auch in der Fernsehtechnik für den Bau vereinfachter und weiter verbesserter Empfangsantennen angewendet werden.

## 2. Gebräuchliche Typen von Fernsehempfangsantennen

Die zur Zeit gebräuchlichsten Typen von UHF-Fernsehantennen sind nachstehend kurz behandelt, bevor näher auf die SBF-Antennen eingegangen wird.

Die Yagiantenne, lange Zeit die führende Fernsehantenne für alle Bereiche, wird immer weniger für UHF-Empfang verwendet, da sie die für schwierigere Empfangsverhältnisse benötigten Gewinne nicht erreicht. Auch wirkt sich ihre mit niedrigeren Frequenzen stark abfallende Gewinnkurve, die im Yagiantennen-Prinzip begründet ist, bei Mehrbereichsempfang sehr ungünstig aus.

Der Cornerreflektor ist, obwohl er eine einfache und gute UHF-Antenne darstellt, in letzter Zeit immer mehr von anderen Antennentypen verdrängt worden. Zwar hat er eine mit tieferen Frequenzen langsamer als bei der Yagiantenne abfallende Gewinnkurve, doch ist der Höchstgewinn sehr begrenzt. Eine Vergrößerung der Reflektorfläche

führt nicht zu einer Erhöhung des Gewinnes.

Mit der Gitterwandantenne, einer ebenfalls einfachen Antenne, hat man wegen ihres aus mehreren Dipolen bestehenden Speisesystems Schwierigkeiten, die Nebenzipfel niedrig zu halten. Ihr Gewinn ist auf die mit Yagiantennen erreichbaren Werte begrenzt.

Die Mehrfach-Yagiantenne, die eine Kombination eines Cornerreflektors und mehrerer (zwei bis acht) davor parallel zueinander angeordneter Reihen von Direktorelementen darstellt, ist in der letzten Zeit stark hervorgetreten. Sie läßt sich für höhere Gewinne bauen und hat vor allem günstigere Diagramme und ein besseres Vor-Rück-Verhältnis als die meisten anderen Antennentypen. Wenn diese Verbesserungen auch nur durch eine wesentliche Vergrößerung von Abmessungen, Materialaufwand und Windwiderstand erreicht werden könnten, so brächte die Einführung dieser Antenne doch einige Verbesserungen in empfangstechnischer Hinsicht.

Es ist vor allem diese Mehrfach-Yagiantenne, die andere Antennentypen insbesondere im UHF-Bereich weitgehend verdrängt hat. Die folgenden Diskussionen können sich daher hauptsächlich auf den Vergleich dieser Antenne mit einer aus der Satellitenantenne entwickelten UHF-Fernsehantenne beschränken, wenn die Frage beantwortet werden soll, ob deren Einführung einen Fortschritt in der Technik der Fernseh-Empfangsantennen bringen wird. Im Rahmen dieser Diskussionen wird zuerst die Mehrfach-Yagiantenne, dann die SBF-Antenne und der SBF-Längsstrahler in allen wichtigen Einzelheiten genau beschrieben und kritisch betrachtet. Sodann wird ein Vergleich der Antennen durchgeführt, und ihre Vor- und Nachteile werden besprochen.

## 3. Die Mehrfach-Yagiantennen

### 3.1. Beschreibung von Mehrfach-Yagiantennen mit X-, U- und H-förmigen Strukturen

In die Gruppe der Mehrfach-Yagiantennen fallen alle jene Antennen, bei denen vor einem Cornerreflektor (Cornerwinkel  $75^\circ \dots 150^\circ$ ) ein Dipol-speisesystem und eine aus mehreren parallelen Reihen von Direktordipolen (Direktorreihen) gebildete Verzögerungsstruktur (V-Struktur) angeord-



net ist. Dabei stellt jede einzelne Direktorreihe zusammen mit dem allen Reihen gemeinsamen Speisedipol und Cornerreflektor eine Yagiantenne für sich dar. Von den Antennenherstellern mit den verschiedensten Namen bezeichnet, unterscheiden sich die bekanntesten Typen von Mehrfach-Yagiantennen nur in der Anordnung der zwei bis acht Direktorreihen. Es könnte nun vielleicht der Eindruck entstehen, daß diese „vielreihigen“ Yagiantennen in ihren Leistungen der „einreihigen“ bekannten Yagiantenne und auch anderen ähnlichen Antennentypen – vor allem hinsichtlich Gewinn – weit überlegen seien. Die folgenden Betrachtungen zeigen aber klar, daß diese Annahme keinesfalls zutrifft und daß die erreichten Gewinnerhöhungen vor allem im Hinblick auf den wesentlich erhöhten Materialaufwand in Wirklichkeit nicht groß sind.

Die Mehrfach-V-Struktur hat bei der Mehrfach-Yagiantenne die gleiche Funktion wie die einzelne V-Struktur bei der bekannten Yagiantenne, nämlich den Wellenkanal eines Längsstrahlers zu bilden, in dem (zum Beispiel für den Sendefall betrachtet) die elektromagnetische Welle vom Speisesystem zum Ende der Antenne geführt wird. Hier bildet sich eine virtuelle Apertur, aus der die Energie der Welle in den Raum abgestrahlt wird. Der einzige Unterschied zwischen einer Yagiantenne und einer Mehrfach-

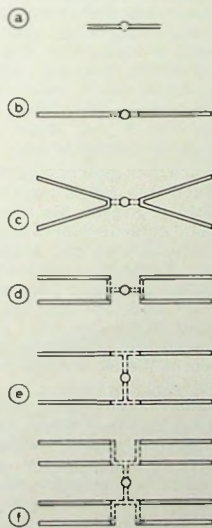


Bild 2. Verschiedene Ausführungen von Direktorgruppen

Yagiantenne ist daher – abgesehen von den bei beiden Antennentypen verschiedenen Reflektorgößen – nur der, daß jeder Direktor der ersten Reihe bei der letzteren durch eine Gruppe von zwei bis acht Direktoren ersetzt ist. Eine solche „Direktorgruppe“ kann die verschiedensten Formen erhalten. Die bekanntesten sind im Bild 2 schematisch gezeigt. Die geraden Stäbe stellen dabei immer die gleichen Direktordipole („Elemente“) dar. Der im Mittelpunkt jeder Direktorgruppe eingezeichnete kleine Kreis zeigt die Längsachse der Mehrfach-Yagiantenne, auf der jede Direktor-

gruppe mittels eines Isolierstoffteils (angedeutet durch die gestrichelten Linien) befestigt ist. Bild 2a zeigt ein einzelnes Direktorelement einer Yagiantenne, wie es zum Aufbau aller gezeigten Direktorgruppen verwendet wird. Bild 2b zeigt eine Zweifach-, Bilder 2c, 2d und 2e zeigen je eine Vierfach- und Bild 2f zeigt eine Achtfach-Direktorgruppe.

Einige der gezeigten Direktorgruppen lassen sich auch durch ihre Ähnlichkeit mit Buchstaben charakterisieren. Zum Beispiel zeigt die Direktorgruppe im Bild 2c die typische Form eines horizontal liegenden „X“, die in Bild 2d die Form eines doppelten „U“ und die in den Bildern 2e und 2f zeigen die Form eines „H“. Welche dieser Formen gewählt wird, ist für die Empfangseigenschaften der Antenne im Prinzip belanglos, solange die einzelnen Direktoren in Länge und gegenseitigem Abstand optimal für die verlangte Frequenz dimensioniert sind, das heißt, solange auf der V-Struktur die der jeweiligen Antennenlänge entsprechende optimale Phasengeschwindigkeit der Welle eingestellt ist. Über die optimale Dimensionierung der Elemente sind in der Fachliteratur zahlreiche Arbeiten erschienen (zum Beispiel [3, 4]).

### 3.2. Gewinn von Mehrfach-Yagiantennen

#### 3.2.1 Gewinn als Funktion der Aperturgröße

Der Gewinn einer Yagiantenne ist angenähert proportional der Fläche der strahlenden Apertur, die sich an dem dem Speisesystem der Antenne gegenüberliegenden Ende ausbildet. Das Hinzufügen weiterer Direktorreihen vergrößert grundsätzlich die Aperturfläche und bringt so den erhöhten Gewinn bei der Mehrfach-Yagiantenne. Doch ist der Gewinnanstieg keinesfalls proportional der Anzahl der Direktorreihen. Auch kann man die Dimensionen eines Strahlers mit vier einzelnen, in optimalen gegenseitigen Abständen angeordneten Yagiantennen nicht ohne beträchtliche Verkleinerung des Gewinns einfach dadurch in Abmessungen und Raumbedarf verkleinern, daß man sie ganz eng nebeneinander aufbaut, wie irrtümlicherweise manchmal angenommen wird.

Das einzig sichere Kriterium für den mit einer Mehrfach-Yagiantenne erreichbaren Gewinn ist die von der Direktorgruppe gebildete Aperturfläche, die hauptsächlich eine Funktion der gegenseitigen Abstände der Elemente innerhalb der Direktorgruppe ist. Nach dieser erstmals in [5] beschriebenen und durch gemessene Aperturbilder belegten Betrachtungsweise wurde dem einzelnen Längsstrahler eine virtuelle Apertur zugeordnet und damit eine einfache Gewinnvergleichsmethode eingeführt, die sich sowohl bei Längsstrahlern als auch bei Flächenstrahlern anwenden läßt. Neuerdings wurde diese Betrachtungsweise mit großem Erfolg auch auf Mehrfach-Antennenanordnungen angewandt [6], und damit konnten auch für Mehrfach-Yagiantennen gültige Unterlagen für „näherungsweise Dimensionierungen“ abgeleitet wer-

den. Ferner wird in [6] mittels Aperturskizzen die Vergrößerung der virtuellen Apertur abhängig vom Abstand der Direktorreihen sehr klar dargestellt. Es sei noch erwähnt, daß sich eine optimale Dimensionierung der Dipolreihen immer auf die höchste Betriebsfrequenz beziehen soll.

#### 3.2.2 Aperturgröße als Funktion der Direktorabstände

Im Bild 3 ist zur näheren Erläuterung des Aufbaus das Schema einer Vierfach-Direktorgruppe gezeigt. Die Längsachse der Mehrfach-Yagian-

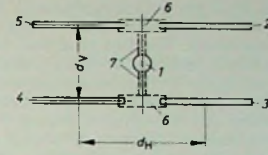


Bild 3. Aufbauschema einer H-förmigen Direktorgruppe

tenne ist dabei mit 1, die Direktoren sind mit 2...5 bezeichnet. 6 und 7 sind die horizontalen beziehungsweise vertikalen Abstandshalter. Der vertikale Abstand der Direktoren ist mit  $d_v$ , der horizontale (mittlere) mit  $d_h$  bezeichnet.

In [6] wird gezeigt, daß vier Yagiantennen mit je etwa 10 dB Gewinn in gegenseitigen Abständen  $d_h$  und  $d_v$  von ungefähr  $1,2\lambda$  angeordnet sein müssen, wenn von der Kombination maximaler Gewinn (etwa 16 dB) erhalten werden soll. Für Yagiantennen mit höherem Gewinn müßten die Abstände noch größer werden. Ein Blick in Antennenkataloge zeigt sofort, daß diese Bedingungen von keiner der bekannten Mehrfach-Yagiantennen auch nur annähernd erfüllt werden und deshalb auch die erwarteten Gewinnerhöhungen bei weitem nicht erreicht werden können.

Diese Verhältnisse verschlechtern sich um so mehr, je größer die Baulänge von Mehrfach-Yagiantennen wird. Besonders ungünstig liegen die Verhältnisse bei Mehrfach-Yagiantennen mit X- und U-förmigen Direktorgruppen (Bilder 2c und 2d), da hier für  $d_v$  nur Werte von  $1/8$  bis  $1/6\lambda$  erreicht werden. Derartig aufgebaute Mehrfach-Yagiantennen liegen daher bei gleichen Längen und Reflektorgößen in ihren Gewinnwerten nur sehr wenig über solchen, die nach Bild 2b nur aus zwei nebeneinanderliegenden Direktorreihen bestehen.

Es gibt aber auch noch andere Gründe, die eine Vergrößerung der Abstände  $d_h$  und  $d_v$  auf ihre Optimalwerte für Höchstgewinn verhindern. So würde zum Beispiel eine Vergrößerung von  $d_h$  bei einem seitlichen Herausragen der Direktoren über die Randlinie des Cornerreflektors das V/R-Verhältnis der Antenne ungünstig beeinflussen. Ebenso würde sich eine wesentliche Vergrößerung von  $d_v$  dadurch nachteilig auswirken, daß von dem nun weiter entfernten Speisesystem weniger Energie in die einzelnen Direktorreihen eingespeist und daher die erwartete Gewinnerhöhung nicht eintreten würde. In jedem Falle stellt eine aus Vier-



fach-Direktorgruppen nach Bild 3 aufgebaute Mehrfach-Yagiantenne hinsichtlich des erreichbaren Gewinns die optimale Lösung für diesen Antennentyp dar, da bei ihr die gegenseitigen Abstände der Direktorreihen leicht so gewählt werden können, daß sich ihre Aperturen überlappen. Dabei sollten für höchstmöglichen Gewinn bei gleichzeitig günstigen Strahlungsdiagrammen  $d_H$  und  $d_V$  so eingestellt werden, daß die Energieverteilungskurve in der gemeinsamen virtuellen Apertur in der Antennenachse ein Maximum hat, das nach außen in allen Richtungen nach einer Cosinusfunktion oder ähnlichen Funktion abnimmt. Da dies meistens nicht möglich ist, sollte die beste Annäherung an diese Verhältnisse angestrebt werden. Dabei sollten die Direktorabstände ein Minimum von  $\lambda/2$  nie unterschreiten. Aber auch selbst dieser – an sich noch zu niedrige – Wert ist bei den meisten Mehrfach-Yagiantennen in Verknüpfung dieser Optimalbedingungen nicht erreicht.

Bei Achtfach-Yagiantennen entsteht außerdem noch der Nachteil, daß die äußeren vier Direktorreihen loser als die inneren mit dem Speisesystem gekoppelt sind und deshalb nur einen geringeren Beitrag zur Vergrößerung der virtuellen Apertur und des Gewinns liefern können. Der große Aufwand von acht statt vier Direktorreihen lohnt sich in diesem Fall überhaupt erst dann, wenn gleichzeitig auch die Abmessungen des Cornerreflektors weiter vergrößert werden.

### 3.3. Vergleich von H- und X-förmigen Direktorgruppen

Die in der Praxis meist verwendeten Typen von UHF-Vierfach-Yagiantennen sind aus H- oder X-förmigen Direktorgruppen aufgebaut (Bilder 3 und 4). Im Bild 4 ist in Analogie zum

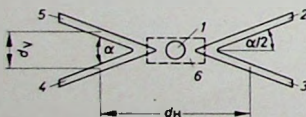


Bild 4. Aufbauschema einer X-förmigen Direktorgruppe

Bild 3 die Antennenachse mit 1, die Direktoren sind mit 2, 3, 4 und 5, und der horizontale Abstandshalter ist mit 6 bezeichnet.  $d_H$  und  $d_V$  stellen hier die „effektiven“ Abstände der Direktoren der Horizontal- beziehungsweise Vertikalebene dar.  $\alpha/2$  ist der Winkel, mit dem die Direktoren gegen die Horizontale geneigt sind.

Von den genannten beiden Formen ist die im Aufbau einfachere X-Form die ungünstigere, da bei ihr  $d_V$  am kleinsten ist. Das gleiche gilt auch für die U-Form. Während  $d_V$  bei der H-förmigen Direktorgruppe auf ein Optimum eingestellt werden kann, ist diese Möglichkeit bei der X-Form nicht gegeben, da wegen des Neigungswinkels  $\alpha/2$  der Direktoren nur der vertikale Abstand der elektrischen Mittelpunkte wirksam ist. Zwar könnte im Prinzip durch eine Vergrößerung von  $\alpha$  eine gewisse Ver-

größerung von  $d_V$  erreicht werden, doch würde diese in Wirklichkeit zu einer Verkleinerung des Gewinns führen, da die von den einzelnen Direktoren aus dem horizontal polarisierten Fernsehdell aufgenommene Spannung proportional mit  $\cos \alpha/2$  abnimmt. Mit dem bei kommerziellen Antennen meist verwendeten Wert von  $\alpha \approx 40^\circ$  errechnet sich eine nur kleine und vernachlässigbare Gewinnverminderung von etwa 0,2 dB. Würde man aber  $\alpha$  auf den doppelten Wert vergrößern, dann würde der Gewinn bei der Höchstfrequenz bereits um etwa 1,1 dB sinken und die geringe Gewinnerhöhung durch die Abstandsvergrößerung bei weitem aufheben.

### 3.4. Baulänge und Windwiderstand von Mehrfach-Yagiantennen

Es war das Hauptziel der Entwicklung der Mehrfach-Yagiantennen, die bei den bekannten Yagiantennen für Gewinne über 13 dB zu groß gewordene Baulänge zu verkürzen. Obwohl dafür die Reflektorfläche merklich vergrößert, komplizierte Mehrfach-V-Strukturen eingeführt und die Anzahl der Direktoren auf ein Vielfaches der bis dahin üblichen Zahlen erhöht werden mußte, konnte trotzdem – für gleiche Gewinne – nur eine Verkürzung um etwa 1/3 bei den meisten Vierfach-Yagiantennen und um etwas mehr als die Hälfte bei den in ihren Reflektorfächen größeren Achtfach-Yagiantennen und Vierfach-Yagiantennen mit weiteren Dipolabständen erreicht werden.

Leider wurde damit auch der Windwiderstand der Antennen auf das 1,5- bis 2,5fache erhöht. Als weiterer Nachteil mußte auch noch die von Einzel-Yagiantennen her bekannte Abstufung der Abstände (oder Direktorlängen) der einzelnen Direktorgruppen entlang der Antennenachse beibehalten werden. Deshalb brauchen auch Mehrfach-Yagiantennen (genau wie Yagiantennen) für verschiedene Gewinnbereiche verschieden ausgelegte Direktorreihen.

### 3.5. Verbesserungen durch Mehrfach-Yagiantennen

Wenn die Entwicklung der Mehrfach-Yagiantennen auch nicht die erwarteten markanten Fortschritte und Neuerungen gebracht hat, so hat sie doch zur Zeit ihrer Einführung zu einigen Verbesserungen im Fernsehempfang geführt. Sie brachte durch die Anwendung eines Cornerreflektors vor allem eine bessere Abschirmung der aus der Rückwärtsrichtung kommenden Störstrahlung. V/R-Verhältnisse von 25 bis 30 dB, wie sie bei Yagiantennen nur innerhalb eines engen Frequenzbereiches herstellbar sind, wurden nun über das gesamte UHF-Fernsehband erreicht.

Auch brachten die Mehrfach-Yagiantennen verbesserte Diagramme und etwas höhere Gewinne, die zu der angestrebten Verkürzung der Baulänge führten. Schließlich war dieser Antennentyp der erste, der mit einer gerade noch vertretbaren Baulänge – aller-

dings bei starker Erhöhung des Windwiderstands – Höchstgewinne zwischen 16 und 17 dB (über Dipol) ermöglichte.

## 4. Short-Backfire-(SBF-)Antennen und SBF-Längsstrahler

### 4.1. Die SBF-Antenne

#### 4.1.1. Beschreibung der SBF-Antenne

Im Gegensatz zu der Mehrfach-Yagiantenne, die zu der Kategorie der Längsstrahler zu zählen ist, stellt die SBF-Antenne einen Flächenstrahler dar. Bild 5 zeigt die Skizze eines ty-

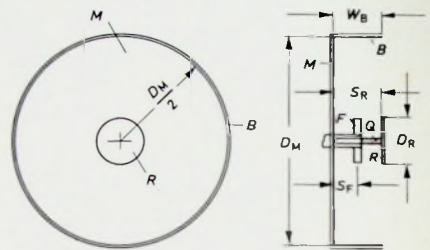


Bild 5. Schema der Short-Backfire-Antenne (SBF)

pischen Modells einer SBF, und zwar links eine Frontansicht und rechts den Querschnitt. Diese Antenne besteht aus einem kreisförmigen ebenen Reflektor M (Durchmesser  $D_M$ ) mit einem Randring B (Breite  $W_B$ ), einer kleineren Reflektorscheibe R (Durchmesser  $D_R$ ) und einem zwischen M und R liegenden Speisedipol F. Die Abstände zwischen M und F beziehungsweise R sind mit  $S_F$  und  $S_R$  bezeichnet. Die Fläche der Reflektorscheibe R soll klein gegenüber der vom Reflektor M sein.

Nach dem gleichen Prinzip ist auch die Satelliten-Empfangsantenne (siehe Bild 1) gebaut. Sie unterscheidet sich rein äußerlich von der SBF-Antenne dadurch, daß der Reflektor M wegen der Forderung nach Faltbarkeit eine achteckige statt der runden Form erhielt und daß hier als Speiseelement statt eines linearen ein Kreuzdipol verwendet wird, um zirkular polarisierte Wellen empfangen zu können.

Eingehende Untersuchungen des Nahfeldes der SBF-Antenne haben gezeigt, daß ihre Wirkungsweise auf der Mehrfachreflexion der vom Speisedipol F ausgehenden elektromagnetischen Wellen zwischen den ebenen Reflektoren M und R beruht. Dabei wirkt der dazwischenliegende Raum als Resonanzhohlraum, von dessen teilweise offener Seite die Energie von einer virtuellen Apertur abgestrahlt wird, die sich zwischen den äußeren Rändern von R und B bildet. Höchste Gewinne und günstigste Strahlungsdiagramme werden mit der gezeigten kreisförmigen Reflektorform erreicht; doch kann ohne große Gewinneinbuße auch eine leichter herstellbare rechteckige oder quadratische Form gewählt werden. Ferner kann bei SBF-Antennen für lineare Polarisation die Randfläche B an den senkrecht zur Polarisationsrichtung verlaufenden Seiten ganz in Wegfall kommen.



#### 4.1.2. Gewinn von SBF-Antennen

Der Gewinn einer SBF ist angenähert proportional der Fläche ihres Reflektors, solange dieser von dem davor angeordneten Speisesystem günstig „ausgeleuchtet“ ist. Obwohl die SBF und die Mehrfach-Yagiantennen in ihrer Wirkungsweise sehr verschieden sind, so lassen sie sich doch hinsichtlich des Gewinns in derselben Weise wie im Abschnitt 3.2.1. beschrieben durch die Betrachtung ihrer virtuellen Aperturen vergleichen. So brauchen zum Beispiel eine Yagiantenne und eine Mehrfach-Yagiantenne für einen Gewinn von 13 dB über Dipol – alle Gewinnwerte sind in dieser Arbeit auf den Halbwertsdipol bezogen – eine virtuelle Aperturfläche von etwa  $\pi \cdot \lambda^2$ , die sich bei ersterer mittels einer Einzel-V-Struktur von etwa  $5,5\lambda$  und bei letzterer durch eine Mehrfach-V-Struktur von etwa  $3\lambda$  Länge realisieren läßt. Andererseits muß bei einer SBF der Reflektor, dessen Größe selbst angenähert der Aperturfläche entspricht, die gleiche Fläche von  $\pi \cdot \lambda^2$  für den gleichen Gewinn (13 dB) haben. Dabei sinkt bei der SBF die axiale Länge infolge des völligen Wegfalls der Mehrfach-V-Struktur auf etwa  $0,5\lambda$  ab und ist damit nur noch ungefähr  $1/10$  beziehungsweise  $1/6$  der Baulängen der Yagi- und Mehrfach-Yagiantennen.

Eine genaue Messung des Gewinns einer SBF nach Bild 5 ergab für  $D_M = 2\lambda$  bei gleichen Halbwertsbreiten von  $34^\circ$  in der E- und der H-Ebene einen Höchstgewinn von 13,1 dB, woraus sich ein Flächenwirkungsgrad, bezogen auf die Fläche von  $M$ , von etwa 83 % errechnet. Bild 6

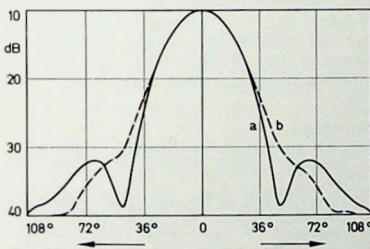


Bild 6. Strahlungsdiagramm der SBF (a Horizontalebene, b Vertikalebene)

zeigt die Strahlungsdiagramme dieses Modells in beiden Ebenen. Die ersten Nebenseitenkegel zu beiden Seiten des Diagrammaximums liegen unter  $-22$  dB und alle folgenden einschließlich des Rückwärtseckels unter  $-30$  dB.

Eine Vergrößerung des Reflektors allein führt nicht zu einer weiteren Gewinnsteigerung, da dann das Speisesystem die äußeren Teile der Reflektorfläche nicht mehr günstig ausleuchten kann. Man kann aber wesentliche Gewinnsteigerungen dadurch erreichen, daß man zwei oder mehr nach dem SBF-Prinzip gebaute Speisesysteme (SBF-Elemente) vor einem gemeinsamen ebenen Reflektor aufbaut [7]. Derartige SBF-Flächenstrahler wurden bereits für Gewinne von etwa 15, 18, 20 und 25 dB gebaut. Die Skizze eines Modells mit zwei SBF-Elementen ist als Beispiel im Bild 7 gezeigt. Für gleiche Teile sind dabei die gleichen Buchstaben wie im Bild 5 ge-

wählt, und der gegenseitige Abstand der SBF-Elemente ist mit  $S_E$  bezeichnet. Dieser Antennentyp hat den besonderen Vorteil, daß man ihn durch einfaches Verdrehen seiner beiden Speisedipole um  $90^\circ$  in zwei verschiedenen Ausführungsformen mit gleichem Gewinn herstellen kann, von denen die eine stärkere Richtwirkung in der Horizontal- und entsprechend kleinere Richtwirkung in der Vertikalebene hat, während die andere umgekehrt arbeitet. Die Reflektorfläche des im Bild 7 gezeigten SBF-Strahlers ist um 65 % erhöht, woraus sich bei fast unverändertem Flächenwirkungsgrad bei Halbwertsbreiten von  $22^\circ$  beziehungsweise  $31^\circ$  eine Gewinnerhöhung auf etwa 15,5 dB ergibt. Die Axiallänge der Antenne bleibt unverändert  $0,5\lambda$ .

#### 4.1.3. Beispiel einer optimalen SBF-Fernsehantenne für den Bereich 450 ... 850 MHz

Eine nach dem SBF-Prinzip gebaute UHF-Fernseh-Empfangsantenne für den Bereich 450 ... 850 MHz ist in [2] beschrieben. Sie erreicht bei einer axialen Länge von etwa  $0,25\lambda$  einen Höchstgewinn von 13,1 dB. In den für die Frequenzen 500, 600, 700 und 800 MHz gezeigten Strahlungsdiagrammen liegen sämtliche Nebenseitenkegel sowohl in der Vertikal- als auch in der Horizontalebene unter  $-20$  dB, und das V/R-Verhältnis ist immer besser als 30 dB. Die geforderte große Breitbandigkeit verlangte die Entwicklung einer besonderen Form des Speisedipols.

#### 4.2. Der SBF-Längsstrahler

##### 4.2.1. Beschreibung des SBF-Längsstrahlers

Außer mit der in 4.1.2. beschriebenen Methode kann man den Gewinn einer SBF-Antenne auch durch eine Einfach-V-Struktur in der Längsachse vor der Reflektorscheibe (R im Bild 5) erhöhen. Man erhält so eine aus einer SBF und einem Längsstrahler bestehende Kombinationsantenne – einen „SBF-Längsstrahler“, bei dem die SBF in ihrer Gesamtheit als besonders günstiges Speisesystem für die V-Struktur des Längsstrahlers dient [8]. Der mit Yagiantennen und Mehrfach-Yagiantennen erreichbare Höchstgewinn ist, abgesehen von den durch mechanische Abmessungen gegebenen Grenzen, vor allem dadurch begrenzt, daß es nicht möglich ist, mit dem bisher allgemein verwendeten Speisesystem (Speisedipol und Reflektor) eine lange V-Struktur mit genügend hohem Wirkungsgrad so zu speisen, daß die auf ihr laufende Oberflächenwelle ungedämpft bis zur strahlenden Apertur läuft. Es kann daher ein Teil der Energie bereits vorher abgestrahlt sein, so daß er nicht mehr zur Vergrößerung der Apertur und zur Erhöhung des Gewinnes beitragen kann. Diese Grenze läßt sich nur durch ein Speisesystem überschreiten, das bereits selbst als Antenne mittleren Gewinnes eine weite virtuelle Apertur mit einer günstigen Amplituden- und Phasenbelegung hat. Für diese Anwendung ist die SBF wegen ihrer kurzen Länge wie keine andere Antenne geeignet.

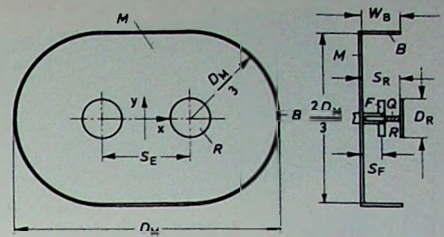


Bild 7. SBF-Antenne mit zwei Elementen

Obwohl im Aufbau ähnlich einer Mehrfach-Yagiantenne, unterscheidet sich der SBF-Längsstrahler doch in wesentlichen Punkten:

- ▶ Er hat nur eine einzige Direktorreihe.
- ▶ Seine optimale Phasengeschwindigkeit ist stark verschieden von der einer Mehrfach-Yagiantenne (sie nimmt den Wert einer mehr als  $25\lambda$  langen, praktisch nicht mehr realisierbaren Yagiantenne an).
- ▶ Die Längen und gegenseitigen Abstände der Direktoren seiner V-Struktur sind über die ganze Antennenlänge konstant.
- ▶ Sein Gewinn kann durch Verlängern der V-Struktur bis zu Werten erhöht werden, die bei Mehrfach-Yagiantennen auch nicht mit 150 bis 200 Elementen erreichbar wären.
- ▶ Sein Windwiderstand ist wesentlich kleiner als der von Mehrfach-Yagiantennen mit gleichem Gewinn.

#### 4.2.2. Gewinn von SBF-Längsstrahlern

Mit dem SBF-Strahler ist es gelungen, die bisher durch Abmessungen, Materialaufwand und Windwiderstand gesetzten Grenzen des Höchstgewinns von UHF-Fernsehantennen wesentlich zu erhöhen. Der große Fortschritt ist dabei vor allem darin zu sehen, daß diese Verbesserungen mit einer einzelnen Direktorreihe statt mit komplizierten Mehrfach-V-Strukturen erreicht wurden. Da damit gleichzeitig die Anzahl der Elemente auf einen Bruchteil der von Mehrfach-Yagiantennen für gleichen Gewinn herabgesetzt werden konnte, ergaben sich als weitere Vorteile auch eine wesentliche Vereinfachung des Aufbaus und Verbilligung der Herstellungskosten.

SBF-Längsstrahler lassen sich für Höchstgewinne von etwa 20 dB bei Halbwertsbreiten von etwa  $15^\circ$  in beiden Ebenen herstellen. Dabei bleibt die Elementzahl niedrig und ihr Windwiderstand verhältnismäßig klein. Ihre Baulänge entspricht dann ungefähr der von bekannten UHF-Yagiantennen für Kanalgruppenempfang, deren Gewinne allerdings wesentlich niedriger liegen. Würde man versuchen, eine Mehrfach-Yagiantenne mit etwa 20 dB Gewinn zu bauen, dann müßte diese (nach bekannten Modellen zu schließen) mit 150 bis 200 Elementen eine Länge von über 6 m haben, und sie wäre schon allein wegen ihrer Windlast von 40 bis 50 kp unbrauchbar für Dachaufbau. Antennen mit derartig hohen Gewinnwerten werden zwar für Heimempfang im allgemeinen nicht gebraucht, doch stellen sie manchmal die einzige Lösung für den Empfang



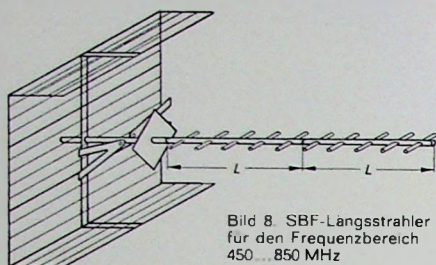


Bild 8. SBF-Längsstrahler für den Frequenzbereich 450... 850 MHz

von aus großer Entfernung kommenden oder stark gestörten Empfangsfeldern dar.

#### 4.2.3. Beispiel eines SBF-Längsstrahlers für Fernsehempfang

Ein Beispiel eines SBF-Längsstrahlers für den Frequenzbereich 450 bis 850 MHz ist im Bild 8 skizziert. Hier ist zwecks Vereinfachung der Herstellung statt eines kreisförmigen ein quadratischer Reflektor gewählt, der nur auf den parallel zum Speisedipol verlaufenden Kanten Randflächen hat. Mit einem besonders geformten Speisedipol, der in seiner Mitte einen Symmetrischtransformator hat, konnte eine Anpassungskurve mit einem Stehwellenverhältnis von besser als 1,8 über den gesamten Frequenzbereich erhalten werden [9].

Der Höchstgewinn dieser Antenne kann allein durch Vorstecken einer oder mehrerer identischer V-Strukturen (L im Bild 8) – von seinem Grundwert von 12,5 dB für die SBF allein ausgehend – beliebig auf Werte von zum Beispiel 14, 16 oder 18 dB erhöht werden. Ist im voraus nicht bekannt, welche Empfangsleistung man an einem gewählten Aufstellungsort einer Antenne braucht, dann wird man mit der SBF als Grundtyp beginnen und so lange einen Vorsatz L nach dem anderen anstecken, bis einwandfreier Empfang erreicht ist. Dabei wird die für den SBF-Grundtyp optimal eingestellte Anpassung durch die Längenänderung der V-Struktur praktisch nicht gestört.

### 5. Vergleich einer SBF-Antenne mit einer Mehrfach-Yagiantenne und einer Yagiantenne

#### 5.1. Beschreibung der verglichenen Antennen

Schon die vorausgegangenen Betrachtungen haben gezeigt, daß nach der durch Messungen unterstützten Ansicht des Verfassers die SBF-Antenne der Mehrfach-Yagiantenne (und der Yagiantenne) in vieler Hinsicht überlegen ist. Der erreichte Fortschritt wird noch deutlicher, wenn man die im Bild 9a, b und c schematisch dargestellten Antennen vergleicht. Da die Mehrfach-Yagiantenne eine Weiterentwicklung der Yagiantenne darstellt, wurde auch diese zum Vergleich herangezogen. Alle drei Antennen haben den gleichen Gewinn von 13 dB und ungefähr gleich gute Diagrammqualität in der Horizontal- und Vertikalebene. In gleichem Maßstab skizziert, lassen sie sich hinsichtlich Abmessungen und Materialaufwand direkt vergleichen.

Noch klarer zeigt sich die Überlegenheit der SBF, wenn man diese (c) mit der Mehrfach-Yagiantenne (b) vergleicht. Ihre Baulänge ist für gleichen

Gewinn nur etwa 1/6 der Mehrfach-Yagiantenne, und bei ihr wird allein durch die kleine Metallscheibe (R im Bild 5) die gleiche Wirkung erreicht wie mit einer V-Struktur mit etwa 30 H-förmig oder etwa 40 X- oder U-förmig angeordneten Elementen. Der Windwiderstand der Mehrfach-Yagiantenne hat dabei fast den doppelten Wert der SBF.

Im Bild 9 wurde kein SBF-Längsstrahler gezeigt, da sein Gewinn immer über 13 dB liegt, und er deshalb nicht in den Rahmen jenes Vergleiches paßt. Zwar steigt nun die Baulänge dieser Antenne mit der Länge der V-Struktur, doch bleibt auch hier der Vorteil der viel geringeren Elementzahl und des kleineren Windwiderstandes in vollem Umfang erhalten. Während zum Beispiel die größten in Katalogen gezeigten Vierfach-Yagiantennen für Gewinne von 16 bis 17 dB über 80 Elemente und Achtfach-Yagiantennen sogar nahezu 100 Elemente brauchen, erreicht der SBF-Längsstrahler den gleichen Höchstgewinn mit 20 Elementen, und sein Windwiderstand ist weniger als die Hälfte des Windwiderstandes der Mehrfach-Yagiantennen.

Zum Schluß sei auch noch auf eine weitere Entwicklung auf diesem Antennengebiet hingewiesen, die in Zukunft den Bau besonders kurzer „Vormastantennen“ ermöglichen wird. Diese werden ohne jede Einfach- oder Mehrfach-V-Strukturen, also vollständig ohne Direktorelemente, den gleichen Höchstgewinn erreichen wie Mehrfach-Yagiantennen mit etwa 60 H-förmig oder etwa 80 X-förmig angeordneten Elementen. Erst für Gewinne über 16 dB werden dann noch kurze Vorsätze mit ganz geringer Elementzahl benötigt werden.

Die Yagiantenne (Bild 9a) hat fünf Reflektorstäbe und eine V-Struktur von 22 Elementen, die für gutes Nebenzipfelverhalten der Antenne entlang der Längsachse zum strahlenden Ende hin verkürzt sind. Die Baulänge ist 5,5  $\lambda$ .

Die Vierfach-Yagiantenne (Bild 9b) hat vor dem Cornerreflektor mit breitbandigem Speisesystem sieben H-förmige Direktorgruppen mit je vier Direktoren in den meist üblichen gegenseitigen Abständen. Hier wurde der Einfachheit und besseren Übersichtlichkeit der Zeichnung halber die bei praktischen Antennen nahe beim Speisesystem liegende erste Direktorgruppe etwas nach außen gezogen und keine Abstufung des axialen Abstandes der Direktorgruppen oder der Länge der Direktoren gezeigt. Auch sind die horizontalen Abstände  $d_{11}$  der Direktoren in der Praxis etwas weiter als hier gezeigt und deshalb auch die durch die kleinen Kreise angedeuteten Abstandshalter aus Isolierstoff länger. Die Baulänge der Antenne ist 3  $\lambda$ .

Die SBF-Antenne (Bild 9c) besteht aus einem kreisförmigen ebenen Reflektor von 2  $\lambda$  Durchmesser mit einem Randring von 0,25  $\lambda$  Weite, einem breitbandigen Speisedipol und einer Reflektorscheibe von 0,5  $\lambda$  Durchmesser. Die Fläche des Reflektors ist praktisch die gleiche wie die der Vier-

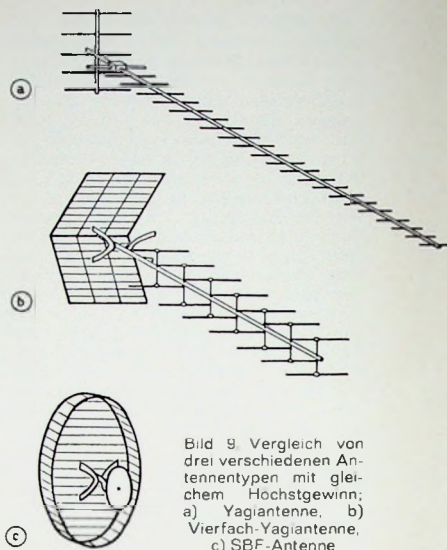


Bild 9. Vergleich von drei verschiedenen Antennentypen mit gleichem Höchstgewinn; a) Yagiantenne, b) Vierfach-Yagiantenne, c) SBF-Antenne

fach-Yagiantenne nach Bild 9b. Die axiale Länge der SBF ist 0,5  $\lambda$ .

#### 5.2. Vergleichsergebnisse

Vergleicht man zunächst die Yagiantenne (Bild 9a) mit der SBF (Bild 9c), dann stellt man sofort fest, daß die SBF der Yagiantenne schon allein wegen des völligen Wegfalls der V-Struktur mit 22 Elementen und die daraus folgende Verkürzung der axialen Länge auf weniger als 1/10 stark überlegen ist. Zwar hat der Gitterreflektor der SBF einen etwas höheren Windwiderstand als der Stabreflektor der Yagiantenne, doch wird bei der SBF dieser Anstieg durch den Wegfall der V-Struktur und deren Horizontalträger mehr als aufgewogen.

#### Schrifttum

- [1] Ehrenspeck, H. W.: The short-backfire antenna. Proc IEEE Bd. 53 (1965) Nr. 8, S. 1138 bis 1140
- [2] Ehrenspeck, H. W.: „Backfire“-Antennen. Nachrichtentechn. Z. Bd. 22 (1969) Nr. 5, S. 286-292
- [3] Ehrenspeck, H. W., u. Poehler, H.: A new method for obtaining maximum gain from yagi antennas. Trans. IRE Bd. 6 (1959) Nr. 10, S. 379-386
- [4] Serrachioli, F., u. Levis, C. A.: The calculated phase velocity of long endfire uniform dipole arrays. Trans. IRE Bd. 6 (1959) Nr. 10, S. 424-434
- [5] Ehrenspeck, H. W., u. Kearns, W. J.: Two-dimensional endfire array with increased gain and sidelobe reduction. IRE Wescon Conv. Rec. Teil I (1957), S. 217
- [6] Spindler, E.: Mehrfach-Antennenanordnungen. Funk-Techn. Bd. 23 (1968) Nr. 14, S. 542-544, Nr. 15, S. 579-582, u. Nr. 16, S. 619
- [7] Ehrenspeck, H. W., u. Strom, J. A.: The short-backfire antenna as an element for high gain arrays. AFCL-71-0234 (April 1971); Forschungsbericht der Air Force Research Laboratories, Bedford, Mass., USA
- [8] Ehrenspeck, H. W.: Short-backfire antenna. US Patent Nr. 3507278 (April 1970); weitere Patente angemeldet
- [9] Wedel, H. v., u. Wohlleben, R.: Untersuchungen an der Backfire-Antenne. Inst. für Techn. Elektronik R. W. T. H. Aachen (Januar 1971) S. 1-104
- [10] Ehrenspeck, H. W.: Die „Short-Backfire“-Eine neuartige Empfangsantenne für das gesamte UHF-Fernsehbild. Funk-Techn. Bd. 21 (1966) Nr. 1, S. 21-23



# Mischpult „stereo tricmixer“

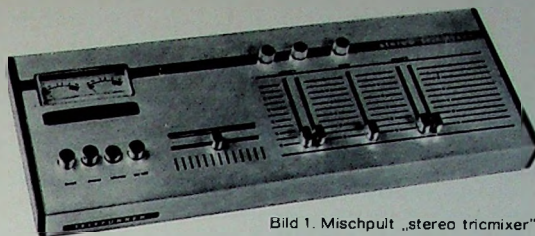


Bild 1. Mischpult „stereo tricmixer“

## Technische Daten

Bestückung:	13 Transistoren, 4 Dioden
Frequenzumfang:	40 Hz ... 16 kHz, $\pm 1,5$ dB
Dynamik:	>52 dB
Klirrfaktor:	<1 %
Übersprechdämpfung zwischen den Stereo-Kanälen bei 1 kHz:	>40 dB
Dämpfung bei zugezogenem Hauptverstärker bei 1 kHz:	>60 dB
Eingänge:	
nieder- und mittelmohmige Mikrofone:	0,15 mV an 2 kOhm
Phono:	160 mV an 2,2 MOhm
Rundfunk/hochohmige Mikrofone:	4 mV an 50 kOhm
Tonband:	300 mV an 100 kOhm
Ausgänge:	
Verstärker/Kopfhörer:	600 mV an $R_a = 2$ kOhm
Tonband:	600 mV $R_i = 560$ kOhm
Abmessungen in mm:	395 x 152 x 49
Gewicht:	etwa 1,75 kg (mit Batterien)

Mit dem Mischpult „stereo tricmixer“ erweitert AEG-Telefunken das Geräteprogramm für Heimstudios. Dem interessierten Tonbandamateur bietet dieses Gerät vielfältige Möglichkeiten. Es ist sowohl für Mono- als auch für Stereo-Betrieb ausgelegt. Die Ausgänge des Mischpultes gestatten außer Tonbandaufzeichnungen auch den direkten Anschluß eines Verstärkers oder Steuergerätes sowie das Abhören über Kopfhörer. Der tricmixer er-

Ing. Horst Becker ist Entwicklungsingenieur in der Entwicklung Tonbandgeräte des Fachbereichs Phono- und Magnetbandgeräte von AEG-Telefunken, Berlin

möglicht das Mischen zweier Stereo-Signale und eines Mono-Signals, das sich mittels eines Richtungsmischers innerhalb der Stereo-Basis nach links oder rechts verschieben läßt. Zur Erleichterung der Aussteuerung sind außerdem ein Pegeltongenerator sowie zwei Anzeigeelemente vorhanden.

## 1. Äußeres und Aufbau

Die Gesamtansicht des Gerätes (Bild 1) läßt auf der rechten Seite fünf Schieberegler (vier für die Stereo-Kanäle und einen für den Mono-Kanal) und daneben den Regler für den Richtungsmischer erkennen. Oben links liegt das Doppelinstrument zur Aussteuerungsanzeige, daneben befinden sich die drei Pegelvoreinsteller und links unten der Drucktastensatz (Ein- und Ausschalter des Gerätes und des Pegeltongenerators sowie die Stereo-Mono-Umschaltung). An der rückwärtigen Seite des Gerätes liegen die Anschlußbuchsen (sechs Eingänge und drei Ausgänge), und am Boden befindet sich (durch eine Klappe verschlossen) ein Fach zur Aufnahme der Batterien beziehungsweise des Netzteils (Bild 2).

Die U-förmig gebogene Abdeckkappe aus eloxiertem Aluminiumblech ist mittels eines Schnappmechanismus mit dem Gerät verbunden. Sie läßt sich nach Entfernen der Schiebereglerknöpfe leicht abnehmen, wodurch für den Service die auf der Leiterplatte angeordneten Bauelemente sowie die Buchsenverdrahtung zugänglich werden (Bild 3). Für Lötarbeiten an der Leiterplatte kann man die Bodenplatte aus Stahlblech nach Lösen von vier Schrauben entfernen.

## 2. Stromversorgung

Die Stromversorgung erfolgt wahlweise durch fünf 1,5-V-Batterien (Babzellen) oder das „Netzgerät 5000“, das auch für den Betrieb von Koffer-Rundfunkempfängern und Cassetten-Recordern von AEG-Telefunken verwendet werden kann. Die Stromaufnahme der Mischpultverstärker ist etwa 15 mA. Bei Netzbetrieb liegt der Pluspol der konzentrischen Anschlußbuchse direkt an den Beleuchtungs- und Anzeigelampen und wird über

eine Diode und einen Kontakt des Ein-Schalters der Verstärkerschaltung zugeführt. Der Minuspol ist über einen Kontakt des Ein-Schalters mit Masse verbunden.

Bei Batteriebetrieb liegt der Minuspol direkt an Masse, und der Pluspol der fünf in Reihe geschalteten Batterien führt über den Ein-Schalter zum Verstärker. Die Stromversorgung der Lampen ist jedoch zwecks Schonung der Batterien durch die erwähnte Diode gesperrt und erfolgt erst nach Betätigen eines gesonderten Kontaktes.

Durch diese Art der Schaltung ergibt sich, daß die Anzeigeelemente und der darunter befindliche rote Lichtbalken nach Betätigen des Ein-Schalters bei Netzbetrieb immer, bei Batteriebetrieb dagegen nur bei Bedarf beleuchtet sind.

## 3. Schaltung

Das Blockschaltbild des „stereo tricmixers“ ist im Bild 5 und die Gesamtschaltung im Bild 4 wiedergegeben. Die Beschaltung der Eingangsbuchsen erlaubt den Anschluß von nieder-, mittel- und hochohmigen Mikrofonen, Rundfunkgeräten, Plattenspielern und Tonbandgeräten. Zwei Stereo-Kanäle (ein aktiver und ein passiver) sowie ein aktiver Mono-Kanal arbeiten auf eine Stereo-Sammelschiene. Vor der Sammelschiene liegen die Elemente zur Pegelstellung. Die aktiven Kanäle enthalten Pegelvoreinsteller. Der Mono-Kanal ist über den Richtungsmischer auf die Sammelschiene geschaltet. Längs- und Überbrückungswiderstände im Reglernetzwerk sorgen für eine hinreichende Entkopplung der einzelnen Kanäle untereinander. Um Verluste an den Entkopplungswiderständen sowie die Knotenpunktdämpfung an den Sammelschienen auszugleichen, werden in den aktiven Kanälen zweistufige galvanisch gekoppelte Verstärker mit einer relativ hohen Verstärkung (etwa 34 dB) verwendet. Die Gegenkopplung vom Emitter des zweiten zur Basis des ersten Transistors bewirkt einen Eingangswiderstand von 2 kOhm, eine Verringerung

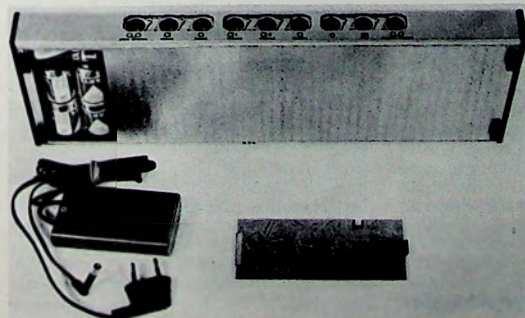


Bild 2. Blick auf die untere Seite des Gerätes mit den Anschlußbuchsen und dem Batteriefach, unten links unter dem Batteriefach: „Netzgerät 5000“

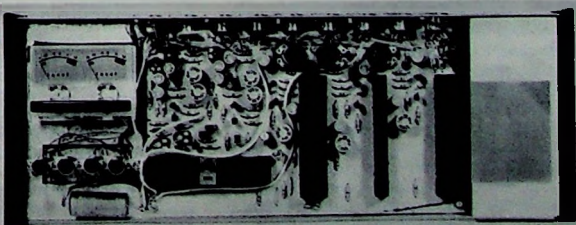


Bild 3. Innenansicht des Gerätes



Bild 4  
Schaltung des  
„stereo trimixer“

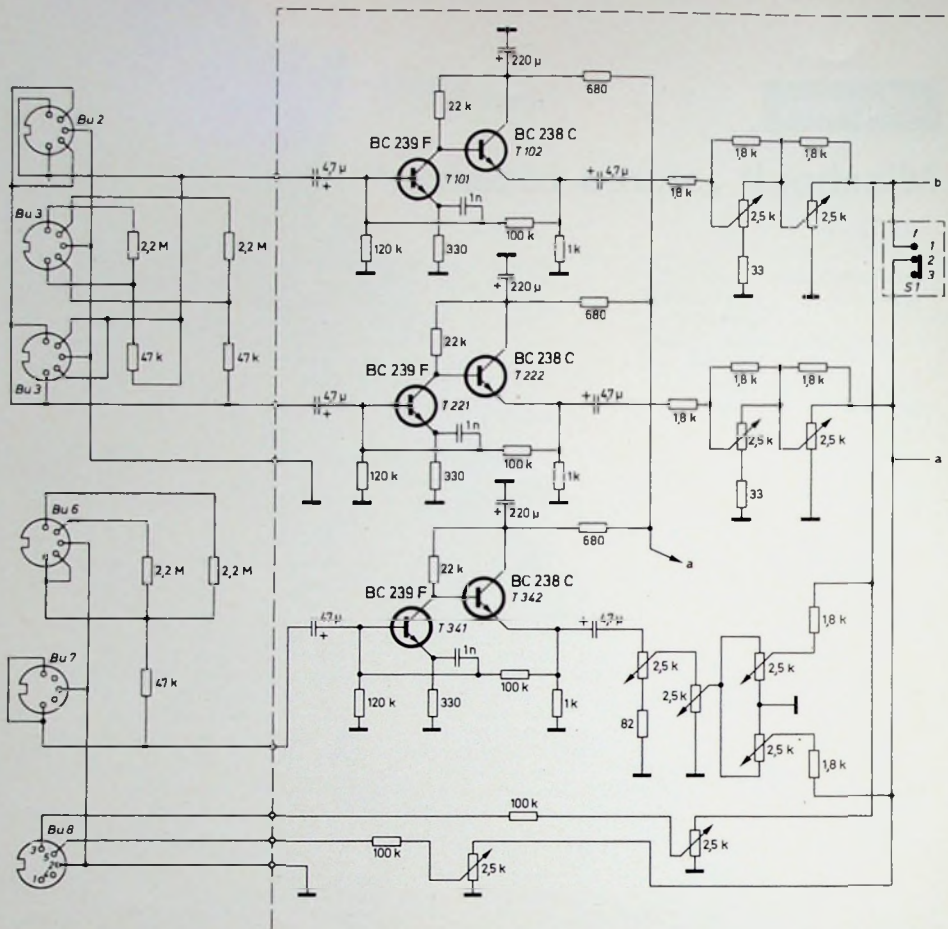
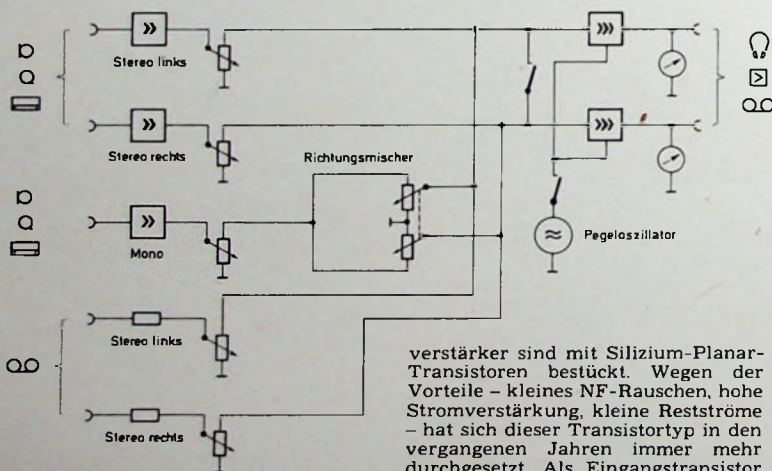


Bild 5 (unten).  
Blockschaltung des  
„stereo trimixer“



nichtlinearer Verzerrungen sowie eine Stabilisierung des Arbeitspunktes.

Von den Sammelschienen aus gelangen die Signale auf die Eingänge des dreistufig aufgebauten Stereo-Summenverstärkers. Für eine Arbeitspunktstabilisierung sorgt eine Gleichstromgegenkopplung vom Emittor des zweiten zur Basis des ersten Transistors. Eine Wechselstromgegenkopplung besteht zwischen den Emittoren des dritten und des ersten Transistors. Die Eingangs- und Summen-

verstärker sind mit Silizium-Planar-Transistoren bestückt. Wegen der Vorteile – kleines NF-Rauschen, hohe Stromverstärkung, kleine Restströme – hat sich dieser Transistortyp in den vergangenen Jahren immer mehr durchgesetzt. Als Eingangstransistor wird in den fünf Verstärkergruppen der besonders rausch- und funkelrauscharme Typ BC 239 F verwendet. An den relativ niederohmigen Emittorfolgerausgängen der Summenverstärker liegen die Anschlußbuchsen für Verstärker und Kopfhörer, und über einen 560-kOhm-Widerstand liegt die Buchse zum Anschluß von Tonbandgeräten zur Aufzeichnung des Stereo- oder Mono-Mischsignals. Gleichzeitig werden an den niederohmigen Ausgängen die Signale für die Aussteuerungsanzeige abgenom-

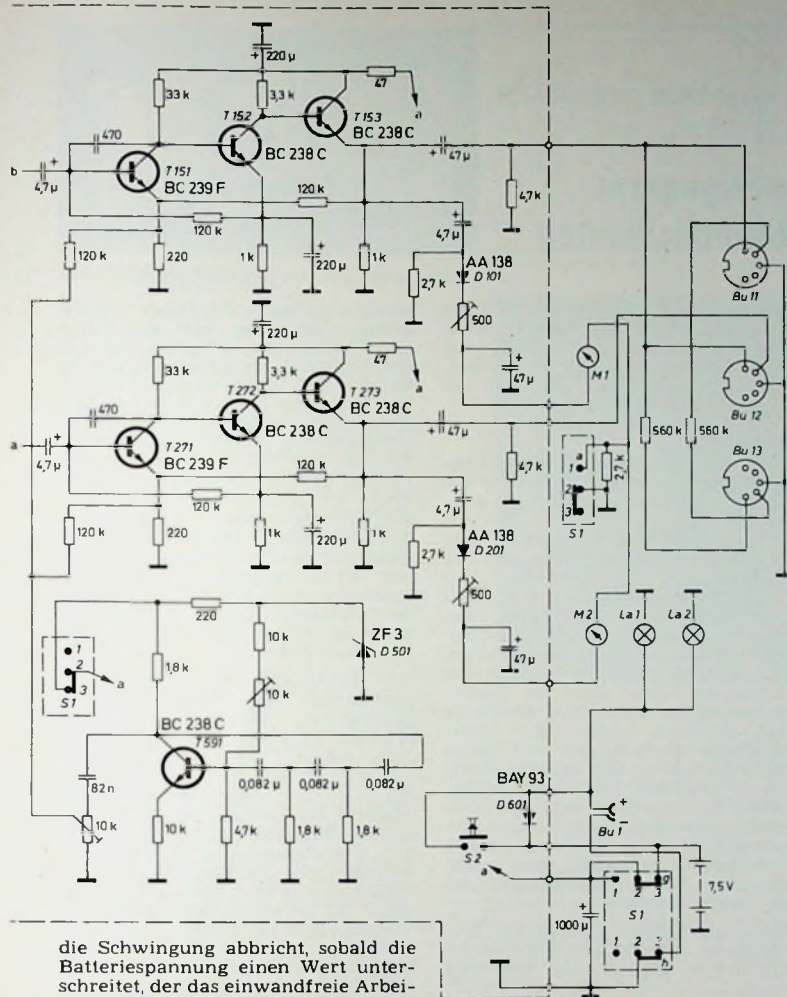
men. Sollen lediglich Mono-Quellen gemischt werden, dann lassen sich die Eingänge der Summenverstärker durch Drücken der Taste „mono“ parallel schalten.

Der Ausgangspegel beträgt bei Vollaussteuerung 600 mV und wird durch Zeigerausschlag auf die 0-dB-Marke der Instrumente angezeigt. Die Empfindlichkeit der niederohmigen Verstärkereingänge ist etwa 0,15 mV an einem Eingangsscheinwiderstand von rund 2 kOhm.

Der Pegeltongenerator liefert beim Drücken der Taste „level“ ein 400-Hz-Signal an den Mischpultausgang und dient zur Einstellung der Aussteuerung am nachgeschalteten Tonbandgerät oder Verstärker, bevor die zu mischenden Einzelsignale an die Mischpulteingänge gelegt werden. Die Aussteuerungsinstrumente zeigen hierbei Vollaussteuerung entsprechend der 0-dB-Markierung an. Die Schaltung besteht aus einer Transistorstufe mit einer die Schwingfrequenz bestimmenden dreigliedrigen RC-Kette im Mitkopplungsweg. Das von einem Einstellwiderstand abgegriffene Ausgangssignal wird in die Emittor der Summenverstärker-Eingangstransistoren eingespeist.

Mittels einer Z-Diode im Basiskreis wird eine weitgehende Stabilisierung der Schwingamplitude bei Batteriespannungsänderungen erreicht. Der im Basisspannungsteiler liegende Einstellwiderstand ist so eingestellt, daß





die Schwingung abbricht, sobald die Batteriespannung einen Wert unterschreitet, der das einwandfreie Arbeiten des Gerätes nicht mehr gewährleistet. Dadurch kann mit Hilfe des Pegeltongenerators und der Aussteuerungsinstrumente auch die Batterie-

spannung kontrolliert werden. Abschließend soll noch auf den Unterschied hingewiesen werden, der zwi-

schen der Art der Aussteuerungsanzeige am Mischpult und der an Tonbandgeräten besteht. Um einen möglichst großen Signal-Rausch-Abstand zu erreichen, sind die Aufsprecherverstärker von Tonbandgeräten mit einer Höhenanhebung versehen. Diese Anhebung der hohen Frequenzen ist unterschiedlich, da sie von der Bandgeschwindigkeit und von der für das Tonband erforderlichen Arbeitspunkteinstellung durch die Hochfrequenzvormagnetisierung abhängig ist. Die hohen Frequenzen anzuheben, ohne damit eine Bandübersteuerung zu bewirken, ist auf Grund der sogenannten „Amplitudenstatistik“ erlaubt. Diese Statistik, die durch mehrere umfangreiche Untersuchungen aufgestellt wurde, besagt, daß die Amplituden üblicher Schallereignisse mit steigender Frequenz (ab etwa 3 kHz) stark abnehmen. Da es aber Schallereignisse gibt, die über der Amplitudenstatistik liegende Pegel der hohen Frequenzen aufweisen (zum Beispiel Jazz und moderne Tanzmusik), wird die Aussteuerungsanzeige bei Tonbandgeräten vom Ausgang des Aufsprecherverstärkers gespeist, und damit wird auch die Höhenanhebung mit angezeigt.

Bei der frequenzunabhängigen Aussteuerungsanzeige am „stereo-trim-mixer“ wird diese Höhenanhebung dadurch nachgebildet, daß der Pegelton-generator bei gleichem Zeigeraussschlag auf die Vollaussteuerungsmarkierung einen um etwa 6 dB höheren Pegel an den Mischpultausgang legt, als der Pegel der am Eingang angeschlossenen Tonquellen beträgt. Die Anzeige-gleichheit wird durch einen den Instrumenten in Reihe geschalteten Widerstand erreicht. Der auf dieser Schaltungsmaßnahme beruhende Abstand vermindert bei Gebrauch der neuen „Low-Noise“-Bänder mit der stark verbesserten Höhenaussteuerbarkeit die Gefahr einer Bandübersteuerung.

## Elektronische Rauschunterdrückung für Compact-Cassetten-System

Im Heft 12/1971, S. 436, berichteten wir darüber, daß Philips für das Compact-Cassetten-System eine elektronische Rauschunterdrückung entwickelt hat, die das Rauschen bespielter Tonbänder zu reduzieren ermöglicht. Im Gegensatz zu Aufnahmen mit Rauschunterdrückung nach dem Dolby-System ist die sogenannte DNL (Dynamic Noise Limiter)-Schaltung nicht darauf angewiesen, schon bei der Aufnahme bestimmte Vorverzerrungen einzuführen, die durch eine gegenläufige Entzerrung bei der Wiedergabe dann die gewünschte Rauschunterdrückung ergeben. Einzelheiten über das fraglos sehr interessante DNL-System sind noch nicht bekanntgegeben worden. Da die Steuerung der Rauschunterdrückung für beliebige Tonaufnahmen aber kaum anders als durch eine vom Pegel der Tonaufzeichnung abgeleitete (gegebenenfalls frequenzabhängige) Regelspannung erfolgen kann, ist anzunehmen, daß sie im Prinzip ähnlich

arbeitet wie eine im Vorjahr von der japanischen Firma Sanyo entwickelte Schaltung (actual noise silencer). Bei dieser Schaltung wird der Ausgang des Verstärkers durch die Ausgangsimpedanz eines Transistors mehr oder weniger geschuntet, so daß die Ausgangsleistung des Verstärkers eine Funktion der durch den Kollektorstrom gesteuerten Ausgangsimpedanz des Transistors ist. Im Ruhezustand und bei kleinen Aufzeichnungspegeln ist die Ausgangsimpedanz des Transistors niederohmig und verringert dadurch die an den Lautsprecher abgegebene Leistung. Mit steigendem Aufzeichnungspegel wird die dem Verstärker ausgang parallel geschaltete Impedanz hochohmiger und erreicht beim Überschreiten eines bestimmten Pegels schließlich einen so großen Wert, daß sie praktisch keinen Einfluß mehr auf die Ausgangsleistung des Verstärkers hat. Die den Transistor steuernde Gleichspannung wird gewonnen durch Gleichrichtung

der über einen Hochpaß frequenzabhängig gemachten NF-Spannung der Tonaufzeichnung.

Das DNL-System von Philips soll nach ausländischen Informationen ähnlich arbeiten wie das Sanyo-System, jedoch mit einem entscheidenden Unterschied: Die pegelabhängige Dämpfung wird hier erreicht durch ein von einem zweiten Kanal des Verstärkers geliefertes Hilfssignal, das über einen Hochpaß und ein pegelgesteuertes Dämpfungsglied das Nutzsignal durch Kompensation mehr oder weniger dämpft. Nach Meinung von Fachleuten ist es ohne allzu großen Qualitätsverlust akzeptabel, die hohen Frequenzen bei kleinen Lautstärken zu dämpfen, weil schwach angeblasene, geschlagene oder gestrichene Musikinstrumente nur einen relativ niedrigen Anteil an höheren Oberwellen haben. Die Wiedergabe von Einschwingvorgängen wird wegen auftretender Phasenverschiebungen im hohen Frequenzbereich angeblich nicht verschlechtert. Die unbewertete Verbesserung des Geräuschabstands soll 10 dB bei 6 kHz und 20 dB bei 10 kHz erreichen.



# Elektronisches Fehleranzeigergerät mit universellen Einsatzmöglichkeiten



Bild 1. Ansicht des elektronischen Fehlersuchgerätes

## Technische Daten

Eingänge:  
1...10 V., 10...65 V., 65...400 V.  
Schwellenwert:  
etwa 10% der eingestellten Spannung  
Tonfrequenz: 600 Hz  
Schwellzeit: 1,3 s  
Ausgangsleistung: 100 mW  
Ausgang: 5-Ohm-Lautsprecher  
Stromaufnahme:  
50 mA bei abgefallenen Relais  
Bestückung: 8 × BC 109,  
AC 187, 2 × BAY 87, BZY 92/C9V1  
Abmessungen:  
248 mm × 116 mm × 95 mm

In der Service-Werkstatt kommt es oft vor, daß Geräte angeliefert werden, bei denen der Fehler erst eine gewisse Zeit nach dem Einschalten auftritt. Meistens hängt diese Erscheinung mit der Erwärmung der Geräte zusammen. Defekte Widerstände, Kondensatoren oder Röhren können ihre Werte bei Erwärmung mehr oder weniger stark ändern. Eine Änderung der elektrischen Werte von Bauelementen ist aber immer mit einer Spannungsänderung verbunden. Diesen Vorgang kann man mit dem hier beschriebenen Fehleranzeigergerät (Bild 1) auswerten, denn es spricht auf sich ändernde Spannungen in den drei Spannungsbereichen 1...10 V., 10...65 V. und 65...400 V. an. Das Gerät hat drei Eingänge und eignet sich daher für drei gleichzeitig zu kontrollierende Spannungen. Sobald sich

die jeweilige Spannung um 10 % des eingestellten Wertes ändert, ertönt ein durchdringender Heulton, und eine Kontrolllampe zeigt an, in welcher der getesteten Stufen sich die Spannung geändert hat.

## Schaltung

Die Schaltung des elektronischen Fehleranzeigergerätes (Bild 2) besteht aus drei Schaltstufen<sup>1)</sup> und einer elektronischen Warnsirene<sup>2)</sup>. Da die drei Schaltstufen gleich sind, soll hier nur die erste beschrieben werden. Der elektronische Schalter besteht aus einem Schmitt-Trigger T1, T2 mit Spannungsteilern am Eingang. Wesentliches Merkmal des Schmitt-Triggers ist der gemeinsame Emitterwiderstand R6 beider Transistoren. Die Schaltung kippt, wenn die Steuerung einen mit P1 einstellbaren Schwellenwert unter- oder überschreitet, übergangslos von einem Schaltzustand in den anderen. Dabei ist zu beachten, daß die Schwellenwerte für ansteigende und abfallende Steuerspannung nicht gleich sind (Hysterese). Mit der hier verwendeten Schaltung ist es möglich, über Relaiskontakte höhere Spannungen und Ströme zu schalten.

Der elektronische Schalter hat drei Spannungsbereiche. Im ersten Bereich (1...10 V.) gelangt die Spannung

direkt zum Regler P1. Bei den beiden anderen Bereichen liegt vor P1 je ein Serienwiderstand (R1, R2), an dem ein Teil der angelegten Spannung abfällt. Der Widerstand R3 schützt den Transistor T1 vor zu hohen Eingangsspannungen. Die Schmitt-Trigger-Schaltung ist mit Silizium-NPN-Transistoren BC 109 bestückt. Die Emittoren der Transistoren T1 und T2 liegen am gemeinsamen Widerstand R6, der wegen des geringen Relaisinnenwiderstandes klein (10 Ohm) gewählt wurde. Die Kollektorspannung von T1 ist zugleich die Basisvorspannung von T2. R5 arbeitet daher als Kollektor- und Basisvorwiderstand. Im Kollektorkreis von T2 liegt das Relais Rel 1.

Die Schaltung der elektronischen Warnsirene besteht aus zwei Sinusgeneratoren. Der eine Oszillator schwingt mit einer Frequenz von etwa 1 Hz, während der andere Generator mit etwa 600 Hz arbeitet. Der Oszillator mit der niedrigeren Frequenz steuert die Amplitude des vom 600-Hz-Generator erzeugten Signals. Ein anschließender einstufiger Verstärker speist den Lautsprecher. Der Oszillator mit dem Transistor T7 erzeugt die Schwellspannung für den Tongenerator T8. Zwischen Kollektor und Basis von T7 liegt die Phasenschieberkette C7, R24, C6, R23, C5, R22, die bei einer bestimmten Frequenz eine Phasenverschiebung der Ausgangsspannung von T7 um 180° bewirkt. Diese Spannung wird über C4 der Basis von T7 zugeführt. Kol-

<sup>1)</sup> Elektronischer Schalterbaustein. Funk-Techn. Bd. 20 (1970) Nr. 14, S. 537-538

<sup>2)</sup> Elektronische Warnsirene. Funk-Techn. Bd. 20 (1970) Nr. 8, S. 284

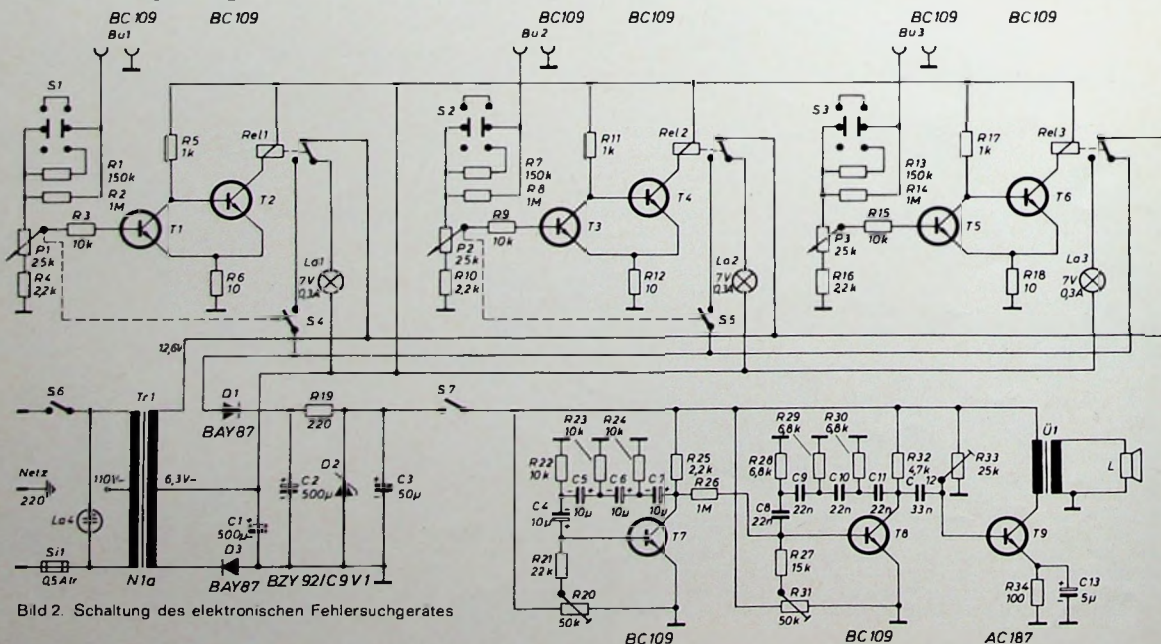


Bild 2. Schaltung des elektronischen Fehlersuchgerätes



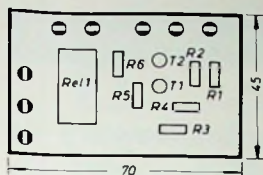


Bild 3. Bestückung einer Schaltstufenplatte

lektor- und Basisspannung von T7 haben dabei gleiche Phasenlage, so daß Selbsterregung auf der durch die Phasenschieberkette bestimmten Frequenz eintritt.

Der Emittor des Transistors T7 liegt direkt an Masse. Der Arbeitspunkt wird durch den Trimmregler R20 bestimmt. Die positive Vorspannung gelangt über den Widerstand R21 zur Basis von T7. Am Kollektorwiderstand R25 liegt das Ausgangssignal.

Der Tongenerator mit dem Transistor T8 ist über R26 galvanisch mit dem Schwellenspannungserzeuger verbunden. Die Ausgangsspannung von T7 verändert periodisch die Basisvorspannung und daher die Verstärkung von T8. Der Widerstand R26 kann je nach gewünschtem Verhältnis von minimaler zu maximaler Lautstärke des 600-Hz-Generators um 30 % geändert werden. Mit dem Trimmregler R31 läßt sich der Arbeitspunkt von T8 einstellen. Die Frequenz dieses Oszillators liegt bei 600 Hz. Frequenzbestimmend ist die Phasenschieberkette C11, R30, C10, R29, C9, R28. Soll die Tonfrequenz höher oder niedriger sein, dann verkleinert beziehungsweise vergrößert man die Kapazitäts- oder Widerstandswerte. Dabei muß man aber beachten, daß die Kondensatoren und die Widerstände jeweils gleiche Werte haben. Am Kollektorwiderstand R32 wird über C12 die Tonfrequenz ausgekoppelt.

Der in Emitterschaltung arbeitende Verstärker mit dem Transistor T9 (AC 187) verstärkt das in der Amplitude schwankende Signal. Die Basisvorspannung von T9 wird mit dem Trimmregler R33 eingestellt. Parallel zum Emittorwiderstand R34 liegt der Elektrolytkondensator C13. Der Ausgangsträger Ü1 im Kollektorkreis von T9 paßt den Lautsprecher L an die Endstufe richtig an. Die Tonhöhe des Generators und die Ausgangsleistung der Endstufe sorgen für ein durchdringendes Heulsignal, das gut zu hören ist. Um die Reichweite der Warnsirene zu vergrößern, kann man einen Verstärker mit höherer Ausgangsleistung nachschalten. Zweckmäßigerweise greift man das Signal in diesem Fall direkt am Ausgang des Tonfrequenzgenerators ab. Etwaige Verzerrungen der Verstärkerstufe T9 wirken sich dann nicht aus.

Die ersten beiden Schaltstufen sind so geschaltet, daß bei Unterschreiten der eingestellten Schwellenspannung um 10 % das Relais anzieht und die Heulfrequenz ertönt. Gleichzeitig erlischt auch die zugehörige Kontrollampe. Somit kann genau festgestellt werden, welche Spannung sich verändert hat. Die dritte Schaltstufe spricht dagegen an, wenn die an Bu 3 angelegte

Bild 4. Anordnung der Bauteile auf der Platine der Warnsirene

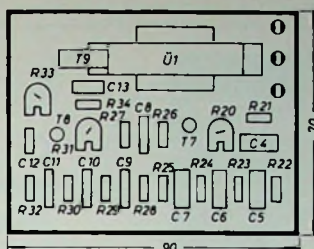


Bild 5. Einzelteilanordnung der Bauteile auf der Netzteilplatte

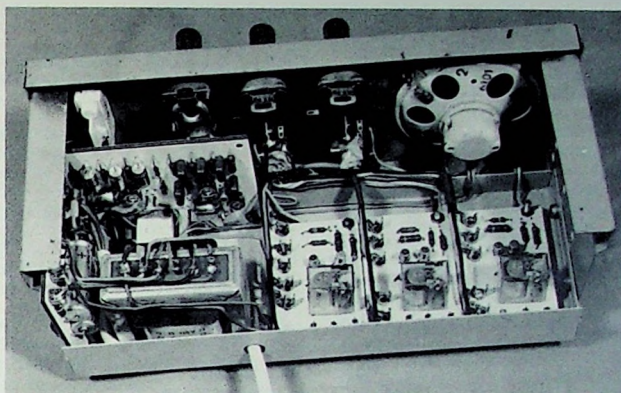
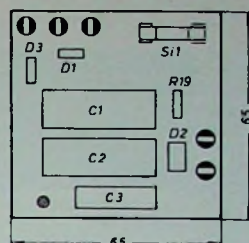


Bild 6. Rückansicht des Fehleranzeigergerätes mit Blick auf die Bedienungselemente

Spannung die mit P3 eingestellte Schwellenspannung um etwa 10 % überschreitet. Mit dem Schalter S7 kann der Heulton abgestellt werden. Die Schaltstufen und die Warnsirene benötigen eine Betriebsspannung von 9 V. Diese Spannung liefert der Netzteil. Die Gleichspannung für die Warnsirene wird mit der Z-Diode D2 noch zusätzlich stabilisiert und durch C3 geglättet. Primär ist der Netztransformator Tr1 mit 0,5 A abgesichert.

#### Mechanischer Aufbau

Die Montageplatten der drei elektronischen Schalter, der Warnsirene und des Netzteils (Bilder 3, 4 und 5) bestehen aus doppellagigem Resopal. Die Bauelemente werden durch entsprechende Bohrungen gesteckt und auf der Unterseite verdrahtet. Für Betriebsspannungsanschlüsse usw. sind Lötösen vorhanden. Das Gerät findet in einem Leistner-Gehäuse „1739.1025“



Bild 7. Teilansicht des Chassisaufbaues mit elektronischer Warnsirene und elektronischem Schalter

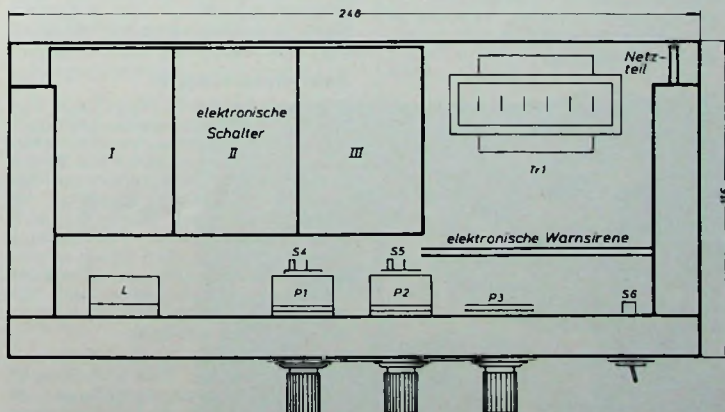


Bild 8. Anordnung der Baugruppen und Bauteile auf dem Chassis



(254 mm × 130 mm × 103 mm) Platz. Die drei Schalterbausteine werden waagrecht mit je zwei Schrauben am Chassis befestigt. Netzteil und Warnsirene sind senkrecht im Gehäuse montiert (Bilder 6 und 7). Der Netztransformator ist in der rechten hinteren Ecke angeordnet (Bild 8). Die Potentiometer P1, P2 und P3, die Schalter S1, S2, S3, S6 und S7, die Kontrolllampen La1, La2 und La3, der Lautsprecher L sowie die Buchsen Bu1, Bu2 und Bu3 liegen an der Frontplatte (Bilder 9 und 10). Der Lautsprecher ist auf der Rückseite der Frontplatte mit zwei Eisenlaschen befestigt. Die Laschen werden mit zwei Schrauben montiert, die man an die Frontplattenrückseite lötet. Beim Anlöten der Schrauben ist darauf zu achten, daß sich die lackierte Frontplatte nicht unzulässig erhitzt. Eine etwaige Beschädigung des Lackes kann man durch einen unter die Frontplatte gelegten feuchten Lappen weitgehend vermeiden. Für den Schallaustritt erhält die Frontplatte vor dem Lautsprecher viele kleine Bohrungen oder eine dem Lautsprecherdurchmesser entsprechende Öffnung, die mit Lautsprecher-Bespannstoff oder einem Ziergitter abgedeckt wird.

#### Inbetriebnahme und Abgleich

Bevor die Platinen in das Gehäuse gesetzt werden, sollte man sie auf etwaige Schaltungsfehler überprüfen. Sind die Platinen nämlich eingebaut, dann lassen sich Schaltfehler nur mit Schwierigkeiten beseitigen. Ein elek-

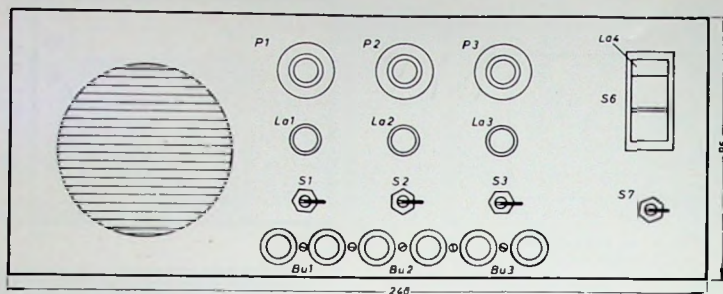


Bild 9. Bestückung der Frontplatte mit Bedienelementen, Buchsen und Lautsprecher

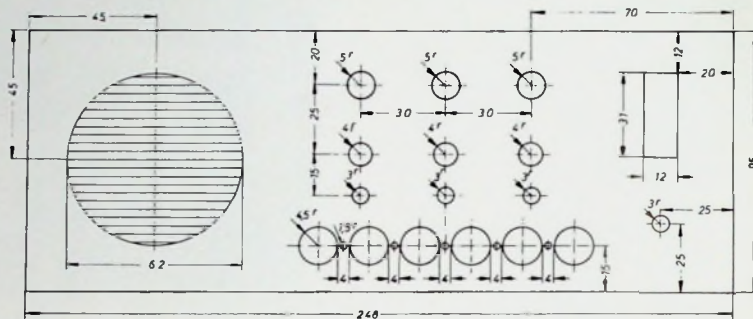


Bild 10. Bohrschema der Frontplatte

tronischer Schalterbaustein soll bei abgefallenem Relais etwa 7 mA und bei angezogenem Relais etwa 25 mA aufnehmen. Die elektronische Warnsirene hat eine Stromaufnahme von 30 mA und erfordert einen speziellen Abgleich. Bevor man die Betriebsspannung von 9 V anlegt, sollten die Schleifer der Trimmregler R 20, R 31 und R 33 jeweils an das masseseitige Ende gestellt werden. Eine zu hohe positive Vorspannung könnte zur Zerstörung der Transistoren führen. Für die einwandfreie Funktion der Warnsirene kommt es darauf an, daß alle drei Trimmer richtig eingestellt sind. Es empfiehlt sich folgendes Abgleichverfahren: Zunächst stellt man R 33 auf etwa 1/2 des Schleiferweges (vom masseseitigen Ende aus). Dann regelt man R 31 langsam auf, bis die 600-Hz-Frequenz im Lautsprecher ertönt. Nun wird R 33 auf größte Lautstärke nachgestellt. Bei einwandfreier Funktion kann man anschließend R 20 langsam aufregeln, bis das Ausgangssignal im Lautsprecher kontinuierlich auf- und abschwilt.

#### Anwendungsbeispiele

Das Gerät kann man überall dort einsetzen, wo Spannungsschwankungen signalisiert werden sollen. Sie entstehen zum Beispiel durch höhere Stromaufnahme des Verbrauchers und damit erhöhtem Spannungsabfall an einem Widerstand, durch Kontaktunterbrechung, durch Umwandlung einer nichtelektrischen Größe in eine elektrische Spannung usw. Man kann beispielsweise Kontakte an einer Tür anbringen und das Öffnen der Tür mit dem Gerät anzeigen.

Zur Fehleranzeige ist das Gerät universell einsetzbar. Tritt zum Beispiel bei einem Rundfunkempfänger in einer Röhre oder einem Transistor zeitweise ein Kurzschluß auf, so ver-

größert sich infolge der erhöhten Stromaufnahme der defekten Stufe der Spannungsabfall am Arbeitswiderstand. Diese Änderung reicht in den meisten Fällen aus, um die Schaltstufen des Anzeigegegeräts durchzuschalten. Werden gleichzeitig mehrere Stufen überwacht, so zeigt die jeweils verlöschende Lampe die defekte Stufe an.

Zu überwachende HF- und NF-Wechselspannungen müssen zunächst durch Gleichrichten und Sieben in Gleichspannung umgewandelt werden. Vielfach ist es jedoch auch möglich, Wechselspannungen indirekt, beispielsweise über Regelspannungen, zu kontrollieren.

Sollen nichtelektrische Größen angezeigt werden, dann ist oft eine zusätzliche Stufe notwendig. Für die Anzeige unterschiedlicher Helligkeiten muß man das Licht mit einem Photowiderstand und einem als Emitterfolger geschalteten Transistor in eine Spannungsänderung umwandeln. Der Photowiderstand im Basiskreis des Transistors ändert in diesem Falle je nach der Beleuchtung den Spannungsabfall am Emitterwiderstand.

Dieses

#### Elektronische Fehleranzeigegegerät

finden Sie auf der  
Internationalen  
Funkausstellung 1971 Berlin  
auf unserem  
Stand 1302 in Halle 13  
Besuchen Sie uns bitte dort!

#### Einzelteilliste

Metalgehäuse „1739.1025“ (Leistner)	
Netztransformator „N 1a“ (Engel)	
Ausgangstransformator „TR 2“ (Engel)	
Lautsprecher, 70 mm Ø (Mütron)	
Relais „RA 1931/9“, 300 Ohm (Kako)	
Drehknöpfe „Mentor 490.6“ (Mozar)	
Widerstände, 0,3 W (Resista)	
Potentiometer „53 E“, 25 kOhm lin., 0,5 W (Dralowid)	
Schalterpotentiometer „55 U m. DS“, 25 kOhm lin. (Dralowid)	
Doppelbuchsen (Mozar)	
Schalter „196.2“, 3 × Umschalter, 2polig (Mozar)	
Ein-/Ausschalter „195.1“, 1polig (Mozar)	
Schalter mit Leuchtanzeige „1500.0101“ (Marquardt)	
Lötösen (Stocko)	
Trimpmpotentiometer „62 WTD“ (Dralowid)	
Kondensatoren „MKS“, 400 V (Wima)	
Elektrolytkondensatoren, 15 V (Wima)	
Sicherungshalter mit Sicherung (Wickman)	
Skalenlampen, 7 V/0,3 A (Pertrix)	
Dioden BZY 92/C 9 V 1, 2 × BAY 87 (AEG-Telefunken)	
Transistoren 8 × BC 109, AC 187 (AEG-Telefunken)	
Bezug der angegebenen Bauelemente nur über den einschlägigen Fachhandel	



## 10. Internationales Bodenseetreffen der Funkamateure in Konstanz

Zu einer Art Jubiläumstreffen fanden sich am 10. und 11. Juli 1971 etwa 4500 Besucher in Konstanz am Bodensee ein. Unter der Schirmherrschaft der Distrikte Baden und Württemberg des Deutschen Amateur Radio Clubs sowie unter der bewährten Leitung von OM R. Kühne (DJ 8 PO) wurde die Veranstaltung ein voller Erfolg.

Am Samstag und Sonntag beherrschten Autos mit verschiedenartigsten Antennengebilden die Straßen und Parkplätze der Stadt. Der aufmerksame Beobachter konnte bei einem Rundgang um die Tagungsstätte, dem Konzilgebäude, viele Anregungen für den Einbau einer Mobilstation sowie das Anbringen einer Funkantenne gewinnen. Auch viele Fußgänger führten von den Straßen und aus Restaurants mit Handfunksprechgeräten Funkverkehr durch.

In einem Lieferwagen war die Tagungsstation DL Ø IM installiert. Sie war mit einer Heathkit-„Line“ ausgerüstet und wickelte Funkverkehr mit allen Kontinenten ab. Als Antenne war auf einem Mast neben dem Fahrzeug ein 5-Element-Dreiband-Beam der Firma Fritzel aufgebaut. Über Lautsprecher konnten die zahlreichen Zuschauer den Funkverkehr verfolgen.

Für offizielle Gäste und Repräsentanten ausländischer Amateurfunkverbände fand im Ratssaal der Stadt wieder ein Empfang statt. Stadtrechtsdirektor Dr. Menges betonte in seiner Begrüßungsansprache die völkerverbindende Bedeutung des Amateurfunks und nannte die Funkamateure Stammgäste der Stadt. Tagungsleiter

Der Haupteingang des etwa 550 Jahre alten Konzilgebäudes in Konstanz



griffen – konnten wertvolle Gewinne mitnehmen.

Das große Ham-Fest am Samstag war wieder der gesellschaftliche Treffpunkt vieler Funkamateure, die sich sonst nur über Funk unterhalten können.

Besonderes Entgegenkommen zeigten die Postverwaltungen der Schweiz und Österreichs, die befristete Sonderlizenzen erteilten. Die sportliche Seite des Amateurfunks bestand auch diesmal wieder aus Fuchsjagden und Mobil-Wettbewerben.

### Neues von der Gerätemesse

Die Gerätemesse in den unteren Räumen des Konzilgebäudes fand lebhaftes Interesse der Besucher. An beiden Tagen drängten sich die Funkamateure von Stand zu Stand. Diese Ausstellung ist eine gute Gelegenheit, Geräte, Bausteine und Zubehör im Original zu sehen und Vergleiche zwischen den einzelnen Fabrikaten anzustellen. Auf dem Neuheiten-Sektor ist eine gewisse Beruhigung eingetreten. Manche bewährte Geräte waren etwas verbessert, andere wiederum wurden in der Technik beibehalten beziehungsweise bekamen ein anderes Design. Die nachstehenden Hinweise sind Beispiele aus dem Neuheitenangebot.

Neben bewährten Amateurfunkgeräten, Bausteinen und Einzelteilen zeigte H. Bauer, Bamberg, zwei neue 2-m-FM-Transceiver. Der „Trio“-Transceiver „TR 2200“ ist ein handliches und kompakt aufgebautes Portable-Gerät, mit dem Wechsel-sprechverkehr in der Betriebsart F3 möglich ist. Es sind sechs Kanäle wählbar. Die Senderausgangsleistung ist 1 W an 52 Ohm; der Frequenzhub ist von 5 bis 15 kHz einstellbar. Als Empfangsteil wird ein Doppelsuper mit quartzgesteuertem Oszillator verwen-

det. Das Gerät hat ein Gewicht von etwa 1,7 kg. Als Mobiltransceiver ist das 2-m-FM-Gerät „Trio TR 7100“ gedacht. Es hat zwölf Kanäle im Bereich von 144 bis 146 MHz und 10 W Output. Der Frequenzhub ist maximal 15 kHz. Als Empfänger wird ebenfalls ein Doppelsuper (Empfindlichkeit 1 µV für 26 dB Signal-Rausch-Verhältnis) mit Rauschsperrverwendung. Die Abmessungen sind 17 cm × 6 cm × 23 cm bei 2,1 kg Gewicht.

Einen preiswerten KW-Empfänger (um 300 DM) nach dem Synchronprinzip bot ebenfalls die Firma H. Bauer an. Er hat die KW-Bänder 80 m, 40 m, 20 m und 15 m und die Betriebsarten USB, LSB, CW, AM. Bei der Synchron-Schaltung wird das Eingangssignal über einen abstimmbaren Vorkreis der Mischstufe zugeführt. Der Oszillator arbeitet auf einer Frequenz, die je nach Abstimmung 500 bis 2000 Hz über oder unter der Empfangsfrequenz liegt. Im Kollektorkreis des Mischtransistors ist nun bereits das NF-Signal vorhanden, das nach Siebung durch ein 2-kHz-Filter (-6 dB) weiter verstärkt wird.

Das Antennenprogramm von Fritzel, Bad Dürkheim, wurde durch eine Multiband-Antenne („FD 4“) nach dem Windom-Prinzip ergänzt. Sie hat die klassischen Windom-Abmessungen von 13 m und 27 m, wird jedoch mit 60-Ohm-Koaxialkabel gespeist. Die Anpassung erfolgt im Speisepunkt durch einen Ringkernübertrager mit dem Übersetzungsverhältnis 1:6. Die Belastbarkeit dieser Antenne ist 500 W PEP PA Input. Neu ist auch der Mini-Beam für das 10-m-Band. Er hat drei Elemente bei einer maximalen Elementlänge von 3,60 m und 5 kg Gewicht. Der Drehradius ist nur 2,45 m.



R. Kühne dankte der Stadtverwaltung für ihr Entgegenkommen und unterstrich die Meinung aller Besucher, daß man sich wieder gern in Konstanz treffen werde. VFDB-Präsident Harder (Hamburg) überbrachte die Grüße und Wünsche zum guten Gelingen des Treffens von dem erkrankten DARC-Präsidenten Schultheiß.

Die Tombola war auch in diesem Jahr ohne Nieten. Die glücklichen Besitzer eines Loses – sie waren schnell ver-

Empfang im Rathaus, Stadtrechtsdirektor Dr. Menges (Mitte), VFDB-Präsident Harder (rechts) und Tagungsleiter R. Kühne (rechts außen)



Blick in die Gerätemesse im Konzilgebäude



# SANYO

ein Genuss!



Sonne, eine irre Stimmung an Bord,  
the Yellow Submarine von  
den Beatles, der grosse Hit — ein  
Genuss für Geniesser!



G-2312

Tragbarer Stereo-Plattenspieler mit 4-Wellen-Empfangsteil, Netz- und Batteriebetrieb. Elegantes, schwarzes Kunststoffgehäuse mit 2 abnehmbaren Lautsprecherboxen.



# SANYO

Vertretungen in  
Deutschland: Perfect GmbH, 7850 Lorrach Baslerstrasse 7e  
Österreich: Interpan, Marek & Co, Kramergasse 5, 1010 Wien 1  
Schweiz: Buttschardt-Electronic AG, Lindenhofstr. 32, 4000 Basel

Am Stand von *Heathkit*, Sprendlingen, war neben den verbesserten Transceivern, Sendern und Empfängern der HF-Leistungsmesser „HM-102“ zu sehen. Er hat zwei HF-Leistungsmessbereiche von 10 bis 200 W und 100 bis 2000 W. Die Anzeigegenauigkeit im gesamten Amateurband-Bereich zwischen 80 m und 10 m ist  $\pm 10\%$ . Die Meßschaltung ist mit einer verlustarmen Ringkernspule aufgebaut. Das integrierte Stehwellen-Meßgerät ermöglicht genaue Senderabstimmung und Antennenanpassung. Detektor und Anzeigegerät sind getrennt aufgebaut und können in beliebiger Entfernung voneinander aufgestellt werden.

Neu am Stand von *Richter & Co.*, Hannover, war beispielsweise der *Minix-2-m/70-cm*-Empfänger „MR-101“. Er hat die Frequenzbereiche 144...146 MHz und 432...434 MHz. Das 70-cm-Signal wird mit einem Konverter auf das 2-m-Band umgesetzt. Es sind die Betriebsarten FM, AM und CW möglich. In Stellung FM können zwei Bandbreiten gewählt werden (8 kHz und 15 kHz bei -6 dB), um sich dem jeweiligen Frequenzhub der Station anzupassen.

Unter den 2-m-FM-Geräten konnten (ebenfalls am *Richter*-Stand) drei Neuheiten vorgestellt werden, zwei Geräte in Flachbauweise („SR-C 806 M“ und „FT-2 F“) und ein Gerät für stationären Betrieb. Die Geräte in Flachbauweise haben zwölf wählbare Kanäle und umschaltbare Senderausgangsleistungen (1 W und 10 W). Sie sind etwa 60 mm hoch und 165 mm breit. Die Tiefe ist 228 mm beziehungsweise 250 mm. Die Stromversorgung kann direkt aus dem 12-V-Bordnetz erfolgen. Die Stromaufnahme ist bei Sendebetrieb etwa 2 bis 2,5 A.

Das stationäre Gerät „IC-21“ hat 24 schaltbare Kanäle und kann außerdem mit einem externen VFO für den Empfangsteil betrieben werden. Ein Netzteil ist eingebaut, jedoch kann auch über ein Spezialkabel das 12-V-Bordnetz angeschlossen werden. Der Sender verwendet 18-MHz-Quarze und Phasenmodulation mit stetig regelbarem Hub. Die Senderausgangsleistung ist von 1 W auf 10 W umschaltbar. Außerdem ist eine Schaltung zum Schutze der Sender-Endstufe bei Antennenfehlanpassung eingebaut. Der Empfangsteil ist ein Doppelsuper, der eine FET-Vorstufe und einen FET-Mischer hat. Die Empfindlichkeit ist 0,2  $\mu$ V für 10 dB Signal-Rausch-Abstand und die Bandbreite 15 kHz bei -6 dB. Es wird ein keramisches Filter verwendet. Eingebaut sind ferner Stehwellenmeßbrücke mit umschaltbarem Instrument für SWR und Output, optische Sende/Empfangsanzeige und Lautsprecher.

Ein Digital-Frequenzanzeigergerät für Kurzwellenempfänger stellte *D. Staudt*, Altdorf, vor. Der Zähler „UD 30“ ist ein Vor-Rück-Zähler mit drei Eingängen. Die Frequenzen der einzelnen Überlagerungsschwingungen werden den Eingängen zugeführt, entsprechend dem Mischschema des Empfängers addiert beziehungsweise subtrahiert und das Endresultat wird angezeigt. Ebenso kann man die Sendefrequenz anzeigen, wenn die Oszillatoren des Senders angeschlossen werden. Soll die Ausgangsfrequenz eines Senders direkt gemessen werden, dann wird nur ein vorwärtszählender Eingang benutzt. Die Eingangsempfindlichkeit des Gerätes ist  $< 100$  mV<sub>eff</sub>. Die Anzeige ist fünfstellig bis 0,1 Hz.

Am Stand von *TEVA-Elektronik* waren neue Bausteine für 2-m-Sender und -Empfänger zu sehen. Der 2-m-Sender „26 S 20“ ist vierstufig bei 800 mW Output. Er hat den Transistor 2N3866 in der Endstufe. Der 2-m-Konverter „26 K 20“ setzt auf das 10-m-Band um und kann mit dem AM/SSB-Empfangsnachsetzer „26 E 28“ kombiniert werden. Zu diesen Bausteinen wird auch ein Modulationsverstärker beziehungsweise NF-Verstärker („26 N 30“) geliefert. Er ist vierstufig aufgebaut und hat 2,1 W Ausgangsleistung an 5 Ohm. Sämtliche Bausteine arbeiten mit 12 V.

Das Muster eines vielseitigen 2-m-Funksprechgerätes stellte *OM E. Koch* (DL 1 HM) vor<sup>1)</sup>. Es ist für SSB-, AM- und FM-Betrieb geeignet. Die Betriebsarten können für Sender und Empfänger getrennt gewählt werden. Die Sender-Ausgangsleistung ist bei FM-Betrieb 20 W. Weiter kann Transceivebetrieb oder auch getrennter VFO-Betrieb bei Sender und Empfänger gemacht werden. Eingebaut sind ferner Stehwellenmeßbrücke, Wattmeter, 100-kHz- und 1-MHz-Eichgenerator, Tonbandanschluß, Lautsprecher und Stromversorgungsteil für 220 V~ oder 12-V-Autobatterie. Die Umschaltung von Senden auf Empfang und umgekehrt erfolgt über Relais.

D. Stoy

<sup>1)</sup> Die Bauanleitung dieses Gerätes wird im Herbst in der FUNK-TECHNIK erscheinen.



## Berlin

Zur Ergänzung unserer Redaktion  
suchen wir einen

## jüngeren Mitarbeiter

der Fachrichtung Hochfrequenztechnik.

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



Die Stadt Ludwigshafen am Rhein (180 000 Einwohner) sucht für ihr Hochbauamt –  
Abt. Maschinenbau und Elektrotechnik –

## einen Schwachstromingenieur (grad.)

Für die Planung und Bauleitung der schwachstromtechnischen Einrichtungen in städtischen Gebäuden.

Unsere Anforderungen:

- Abgeschlossene Berufsausbildung als Elektro-Ingenieur (grad.)
- Erfahrungen in den Fachbereichen Schulfunk und Fernsehanlagen für audiovisuellen Unterricht, Sprechfunkanlagen, Sprachlabor- und Dolmetscheranlagen, elektroakustische Anlagen, Feuermeldeanlagen, Uhrenanlagen, Optoakustanlagen u. ä.

Wir bieten:

- Vergütung nach Gruppe III BAT. Das Dienstverhältnis ist zunächst voraussichtlich auf die Dauer von vier Jahren befristet; die spätere Übernahme in ein Dienstverhältnis auf unbestimmte Zeit ist unter bestimmten Voraussetzungen möglich.
- 5-Tage-Woche mit 42 Stunden Gleit-Arbeitszeit.
- Gute soziale Leistungen (zusätzliche Alters- und Hinterbliebenenversorgung, tarifliche Weihnachtsgeldzahlung, Urlaubs- und Essenszuschüsse, Beihilfen in Krankheits-, Geburts- und Todesfällen, Trennungsentschädigung, Finanzierungshilfe bei der Errichtung eines Eigenheimes, Umzugskostenvergütung, stark ermäßigte Benutzung der städtischen Verkehrsmittel).

Sind Sie an unserem Angebot interessiert? Dann wenden Sie sich bitte innerhalb von 14 Tagen nach Erscheinen dieser Anzeige mit den üblichen Unterlagen (Lebenslauf, Lichtbild, Zeugnisabschriften) unter Angabe der Kennziffer 11 63.71 an das

Personalamt der Stadt Ludwigshafen am Rhein

Ich möchte Ihre überzähligen

## RÖHREN und TRANSISTOREN

in großen und kleinen Mengen kaufen  
Bitte schreiben Sie an

Hans Kaminsky  
8 München-Sölln - Spindlerstr. 17

## Einmalig Handsprechfunkgeräte

7 Transistoren mit Ruffon, MOD. NV-7 m. Batt., 1 Stck. NUR DM 49,80,  
9 Transistoren mit Ruffon, MOD. FRT-903-3 Kanal, Ledertasche, Ohrhörer u. Batterie. Große Leistung, 1 Stck. NUR DM 65,00. Lieferung gegen Nachnahme oder Vorkasse.

Emil Hübner, Export - Import  
405 Mönchengladbach-Hardt  
Postfach 3 - Tel. (0 21 61) 5 99 03

## U. S. EXPORTER

Einwandfreie Übersetzungen für die Unterhaltungs-Elektronik  
INSTRUKTION BOOKS  
SERVICE MANUALS  
SALES LITERATURE  
schnell und zuverlässig ausgeführt von deutsch-amerikanischen Fachleuten

## INTERNATIONAL SERVICE CONSULTANTS

P. O. BOX A 141, WANTAGH,  
NEW YORK, 11793, U. S. A.

Wir sind ein

## Berliner Fachliteraturverlag

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

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

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

## Technischen Redakteur

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

## ● BLAUPUNKT

### Auto- und Kofferradios


Neueste Modelle mit Garantie. Einbaubehör für sämtliche Kfz.-Typen vorrätig. Sonderpreise durch Nachnahmeversand. Radiogroßhandlung

W. Kroll, 51 Aachen, Postfach 865,  
Tel. 7 45 07 — Liste kostenlos

## Elektronik-Bastelbuch gratis!

für Bastler und alle, die es werden wollen. Viele Bastelvorschlüsse, Tips, Bezugsquellen u. a. m. kostenlos von  
TECHNIK-KG, 28 BREMEN 33 BF 26

## Preiswerte Halbleiter 1. Wahl

	AA 116	DM —,50
	AC 187/188 K	DM 3,45
	AC 192	DM 1,20
	AD 133 III	DM 6,95
	AF 139	DM 2,80
	AF 239	DM 3,60
	BA 170	DM —,25
	BAY 18	DM —,60
	BC 107	DM 1,— 10/DM —,90
	BC 108	DM —,90 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 2219 A	DM 2,20 10/DM 2,—
	2 N 3055 (RCA)	DM 6,80

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



**VALVO**Bauelemente  
für die gesamte  
Elektronik

10020



E.-Thälmann-Str. 56

# Niedervolt-Alu-Elkos mit festem Elektrolyten

Reihe 121,  
Nennspannungsbereich  
6,3 ... 40 V  
IEC-Prüfklasse  
= 55/085/56  
= 55/125/56

Abmessungen d x l (mm)	Max. CU-Produkt ( $\mu\text{C}$ )	Kapazitätsbereich ( $\mu\text{F}$ )
6,6 x 17,5	160	2,2 ... 22
6,6 x 24	330	4,7 ... 47
8,3 x 24	550	10 ... 68
10,4 x 24	1000	22 ... 150
10,4 x 32	1500	33 ... 220
12,9 x 32	2200	47 ... 330

**NEU:**  
Maximal-  
temperatur  
**125°C**

**Besondere Merkmale:**

Hohe Zuverlässigkeit  
Lange Lebensdauer  
Niedriger Scheinwiderstand  
bei tiefen Temperaturen  
Geringe Temperatur-  
abhängigkeit  
und hohe Stabilität  
der elektrischen Werte  
Schaltfestigkeit

**Anwendungsgebiete:**

Industrielle Elektronik  
Datenverarbeitungsanlagen  
Meßtechnik

Die aufgeführten  
Kondensatoren  
sind kurzfristig lieferbar.  
Ausführliche technische  
Daten senden wir Ihnen  
auf Wunsch gern zu.

