

16

2. August-Ausgabe 1978

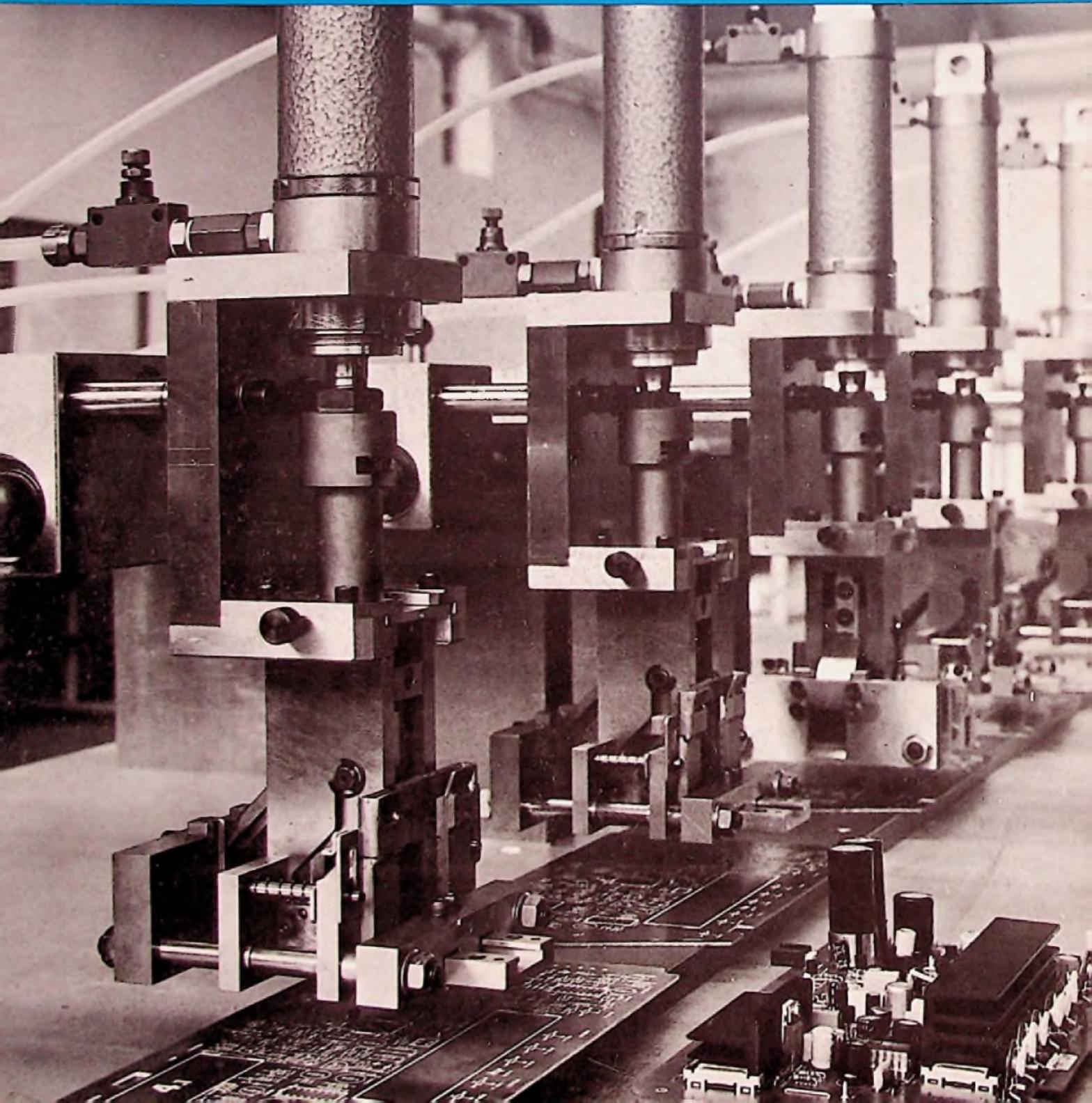
33. Jahrgang

ISSN 0016-2825

# FUNK

# TECHNIK

Fachzeitschrift für die gesamte Unterhaltungselektronik



# Für besseren Stereo-Empfang eine Richtantenne von Hirschmann

Guter Stereo-Empfang erfordert eine zehnfach höhere Antennenspannung als Mono-Empfang. Das heißt: Mit einer Normalantenne können in der Regel nur starke Ortsender einwandfrei in Stereo empfangen werden. Für perfekten Stereo-Empfang auch weiter entfernter Sender ist deshalb eine Richtantenne erforderlich. Die optimalste Lösung ist die Richtantenne mit Rotor: Dabei wird die Antenne vom Wohnzimmer aus ferngesteuert auf den jeweils gewünschten Sender ausgerichtet bzw. gedreht.

Unser Programm: UKW-Richtantennen, Antennen-Rotoren, UKW-Zimmerantennen, UKW-Gemeinschaftsantennen und UKW-Aufbereitungsanlagen für größere Mehrfamilienhäuser und Hochhäuser.

Bei schwierigen Empfangsverhältnissen sollte man sich auf Hirschmann Qualitätsantennen verlassen und auf den Rat des Fachhändlers.

**Unsere  
Alternative  
heißt  
Qualität**



**Hirschmann**

Richard Hirschmann  
Radiotechnisches Werk  
Richard-Hirschmann-Str. 19  
D-7300 Esslingen/Neckar

**Gutschein** für die  
12-seitige Broschüre „Für  
besseren Empfang in Stereo und  
Mono – das große Rundfunk-  
antennen-Programm von  
Hirschmann“.



ll. 78 47.1

Empfangsdiagramm einer Richtantenne

## Werkstatteil: Werkstatt und Service

### Handwerks-Praxis

- Video-Cassetten-Recorder.  
Fehlerdiagnose über den Bildschirm . . . . W & S 265
- Ela-Installation.  
Lautsprecheranlagen für Festzelte . . . . W & S 270

### Ausbildung und Weiterbildung

- Terminkalender für Kurse und Lehrgänge . W & S 271
- Grundwissen für Praktiker –  
Bauelemente der Elektronik, Teil 26:  
Laserdioden . . . . . W & S 272
- Antennenkurs in Kürze, Teil 12:  
Planung von Gemeinschafts-Antennenanlagen W & S 275

### Hobby-Werkstatt

- Anregung zum Nachbau.  
Preiswertes Digital-Multimeter . . . . . W & S 280
- Technische Druckschriften . . . . . W & S 280

## Laborteil: Forschung und Entwicklung

### Technologie

- Herstellung von Leiterplatten.  
Ein neues Konzept für die automatische  
Bestückung . . . . . F & E 157

### Grundlagen

- Grundsaltungen.  
Praxisgerechte Berechnung von Schwing-  
kreisen, Teil 4:  
Resonanztransformation . . . . . F & E 160

### Fachveranstaltungen

- Terminkalender für Fachveranstaltungen . F & E 160

### Systeme und Konzepte

- Hi-Fi-Technik.  
Besondere Bedingungen beim Hören  
einer stereophonen Wiedergabe . . . . . F & E 161

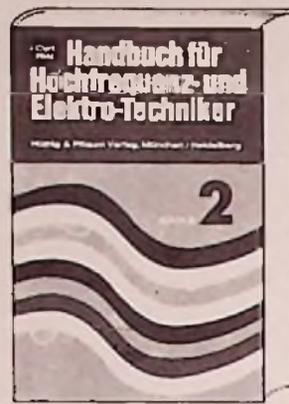
### Titelbild

Ein Konzept zum automatischen Bestücken von Leiterplatten entwickelte die Loewe Opta GmbH. Eine solche Anlage, die kürzlich in Kronach im Probebetrieb vorgeführt wurde, besteht aus einer Reihe preiswert herzustellender Bestückungsköpfe, von denen jeder Kopf ein Bauelement an eine einstellbare Stelle der Leiterplatte einsetzt. Siehe dazu auch den Beitrag „Ein neues Konzept für die automatische Bestückung“ auf Seite F & E 157 dieses Heftes.

(Bild: Loewe Opta)

# Subskriptionsangebot bis 31.10.1978

Nur DM 135,— statt später ca. DM 174,—



Curt Rint (Hrsg.)

## Handbuch für Hochfrequenz- und Elektro-Techniker

Das universelle Nachschlagewerk für Studium und Praxis in völlig neuer Konzeption

### Band 1

1978. 12., völlig neu überarbeitete Auflage  
752 Seiten mit 464 Bildern und Tabellen  
Kunststoffband DM 54,80  
ISBN 3-8101-0042-0  
Tabellen, Mathematik, Grundlagen der Elektrotechnik/Elektronik, Werkstoffe und Passive Bauelemente sind die fünf Hauptabschnitte des neugestalteten ersten Bandes. Bei der Bearbeitung wurde wieder besonderer Wert darauf gelegt, daß die wesentlichen Begriffe und Beziehungen übersichtlich und systematisch herausgestellt, versehen mit technischen Daten, Tabellen, Diagrammen und Zeichnungen dargestellt werden, damit das Gelesene sofort in der Praxis und im Studium angewendet werden kann. Der Schwerpunkt liegt stets auf der genauen Formulierung der behandelten Begriffe, der wichtigen Naturgesetze und der exakten Erläuterung der Bauelemente.

### Bereits erschienen

### Band 2

1978. 12., völlig neu überarbeitete Auflage.  
Ca. 750 Seiten.  
Kunststoffband DM 58,80  
ISBN 3-8101-0043-9  
Der zweite Band, für den die gleichen Prinzipien wie für den ersten Band gelten, gliedert sich in vier Hauptgruppen, und zwar Tabellen, Mathematik, Grundlagen und HF-Meßtechnik. Die mathematischen Grundlagen werden für die immer komplexer werdenden Techniken, wie z. B. Fernsehen (Farbfernsehen), Satellitenfunk, Halbleiterphysik – um nur einige Gebiete aufzuzählen – immer wichtiger. Gediegene Kenntnisse der Höheren Mathematik sind daher notwendig. Auch der wesentliche Informations- und Wissensstoff der Grundlagen erweitert sich stets. Auf

diese neuen Fachgebiete wird in diesem Band ganz besonders ausführlich eingegangen. Das „Wissen um das Messen“ ist ebenfalls eine Grundbedingung für ein erfolgreiches Arbeiten. In dem ausführlichen Beitrag „HF-Meßtechnik“ werden die notwendigen Meßtechniken ausführlich erklärt.

### Bereits erschienen

### Band 3

1978. 12., völlig neu überarbeitete Auflage  
Ca. 750 Seiten.  
Kunststoffband ca. DM 60,—  
ISBN 3-8101-0044-7  
Dieser Band ist den Halbleiter-Bauelementen und Bausteinen sowie den Vakuum-Bauelementen gewidmet. Sehr ausführlich werden die Halbleiter-Optoelektronik und der Quarz in der HF-Technik behandelt. Ein sehr umfangreicher Abschnitt behandelt das Fernsehen (Farbfernsehen) von den physikalischen Grundlagen, der Normung, den Aufnahme- und Wiedergabegeräten bis hin zur Studioteknik.  
**Erscheint voraussichtlich im Nov. 78**

### Fordern Sie bitte unseren ausführlichen Prospekt an.

Vom Subskriptionsangebot ausgeschlossen sind

### Band 7

1964. 755 Seiten mit 538 Abb. und 46 Tab., Leinen DM 30,50  
ISBN 3-8101-0007-2

### Band 8

1969. 755 Seiten mit 537 Abb. und 48 Tab., Leinen DM 30,50  
ISBN 3-8101-0008-0

Der Subskriptionspreis für die Bände 1–3, die in völlig neuer Konzeption erscheinen, beträgt bis 31.10.1978 DM 135,— zuzüglich Versandkosten. Danach beträgt der Ladenpreis für die 3 Bände ca. DM 174,— zuzüglich Versandkosten.

## Bestellcoupon

Curt Rint (Hrsg.)

### Handbuch für Hochfrequenz- und Elektro-Techniker

Ich/Wir bestellen aus dem  
Hüthig & Pflaum Verlag,  
Lazarettstraße 4, 8000 München 19

\_\_\_\_\_ Bände 1–3 zum Subskriptionspreis  
von DM 135,—

Von den lieferbaren Titeln der  
Handbuchreihe

\_\_\_\_\_ Ex. Band 7, DM 30,50

\_\_\_\_\_ Ex. Band 8, DM 30,50

Name \_\_\_\_\_

Straße \_\_\_\_\_

Ort \_\_\_\_\_

Unterschrift \_\_\_\_\_

Geben Sie diesen Bestellcoupon  
bitte Ihrer Buchhandlung.

# Hüthig & Pflaum Verlag · München/Heidelberg

Video-Cassetten-Recorder

# Fehlerdiagnose über den Bildschirm

Friedrich Manz, Köln

Bei der Reparatur von Fernsehgeräten kann der Servicetechniker oft an der Fehlererscheinung auf dem Bildschirm erkennen, welche Stufe des Gerätes defekt ist. Diese „Bildschirmdiagnose“ ist auch bei der Reparatur von Video-Cassetten-Recordern möglich. Im folgenden wird die Fehlersuche an Hand von schwarz-weißen Schirmbildfotos und Blockschaltbildern erklärt.

## Der Signalweg

Die wichtigsten Funktionsgruppen für Aufnahme und Wiedergabe sind in Bild 1 angegeben. Im oberen Teil des Blockschaltbildes

Friedrich Manz ist Leiter der Technischen Information und Schulung bei der Sony GmbH, Köln.

ist der Aufnahmeteil erkennbar. Vom Tuner über den ZF-Verstärker gelangt das Signal an den Demodulator, der das Videosignal liefert. Dieses Signal wird der Aufnahmeautomatik zugeführt und in den nachfolgenden Videostufen aufbereitet.

Sie enthalten einen Tiefpaß, der Signalanteile und Störfrequenzen herausfiltert, die oberhalb der Videofrequenzgrenze des Gerätes liegen. In der Klemmschaltung werden Synchronpegel und Schwarzwert auf einen vom Bildinhalt unabhängigen Gleichspannungswert festgelegt. Danach wird das Videosignal in ein frequenzmoduliertes Signal umgewandelt und den Aufnahme-Kopfverstärkern zugeführt. Ihre Verstärkung ist veränderlich, so daß die Aufsprechströme für die Videoköpfe getrennt eingestellt werden können.

Dieselben Videoköpfe werden auch bei Wiedergabe verwendet (Bild 1, unterer Teil). Es werden jedoch Wiedergabe-Kopfverstärker verwendet, die zusätzliche Korrekturmöglichkeiten haben, um den nichtlinearen Frequenzgang der Videoköpfe auszugleichen.

Die beiden Kopfsignale werden dem oberen und unteren Ende des Balanceeinstellers R 1 zugeführt. Am Schleifer kann das zusammengesetzte FM-Signal abgenommen werden. Die so entstandene FM-Information gelangt nun zur Dropout-Kompensation (DOK). Dropouts sind magnetische „Löcher“ im Band. Sie machen sich auf dem Bildschirm als verrauschte Zeilen oder Zeilenanteile bemerkbar, die vom Auge als störend empfunden werden. Mit der DOK kann man die verrauschte Zeile unwirksam machen, indem die vorhergehende Zeile als Ersatz in die gestörte Zeile eingetastet wird. Die somit doppelt geschriebene Zeile wird vom Auge nicht als störend empfunden.

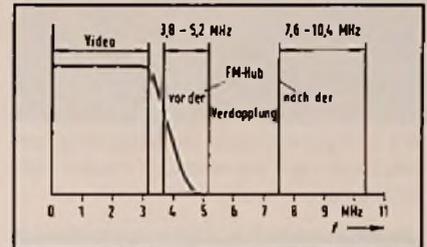
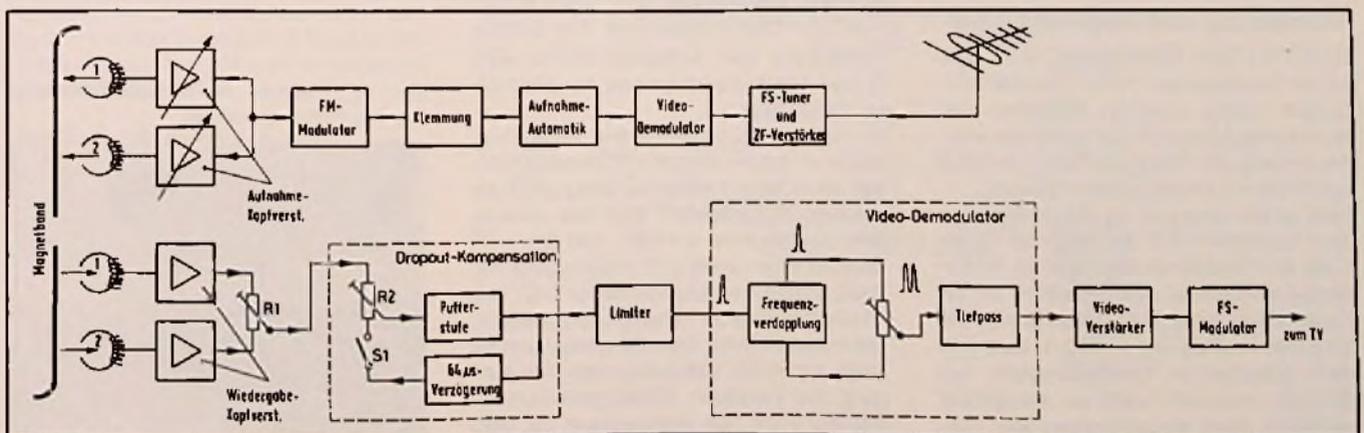


Bild 2. Durch Verdopplung der FM-Trägerfrequenz wird die Trennung vom Video-Nutzsignal erleichtert. (Frequenzangaben für das Betamax-System)

Amplitudenschwankungen des FM-Signals werden in der Limiterschaltung durch Begrenzung beseitigt. Zum Umwandeln des FM-Signals in das Videosignal gibt es verschiedene Schaltungen, die später in einem Beitrag beschrieben werden.

Im FM-Demodulator muß das Videosignal vom Träger getrennt werden. Da die niedrigste Trägerfrequenz nur wenig höher ist als die höchste Videofrequenz, könnte eine einwandfreie Trennung nur mit einem steilflankigen Tiefpaß erfolgen, der nur schwer realisierbar ist. Aus diesem Grund verdoppelt man die FM-Trägerfrequenz und damit auch den Hub, nicht aber die Frequenz des aufmodulierten Videosignals. Erreicht wird dadurch eine höhere Amplitude des Video-

Bild 1. Grundprinzip der BAS-Signalaufbereitung für Aufnahme und Wiedergabe



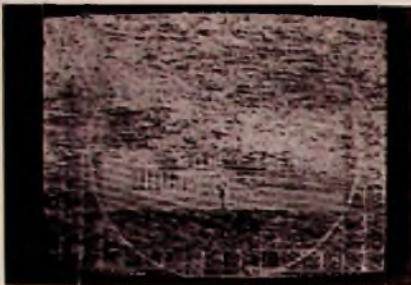


Bild 3. Rauschen oder verrauschte Bildanteile lassen auf verschmutzte Video-Köpfe schließen.

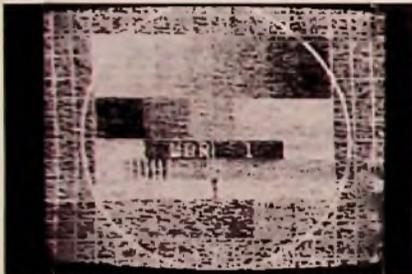


Bild 4. Hier fehlt ein Halbbild; jede zweite Zeile ist verrauscht

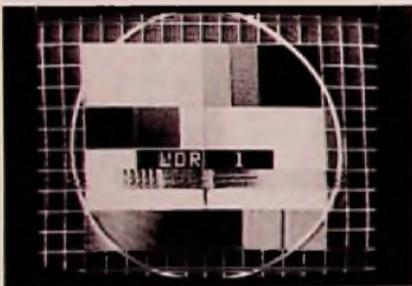


Bild 5. Typische Übermodulation

signals und ein größerer Abstand zum FM-Träger (Bild 2). Das Videosignal wird anschließend verstärkt und mit einem HF-Modulator in ein Signal umgewandelt, das jedes Fernsehgerät verarbeiten kann.

### Videoköpfe und Kopfverstärker

Genau wie beim Tonbandgerät ist es auch bei der Reperatur des Video-Cassetten-Recorders wichtig, zwischen Aufnahme- und Wiedergabestörungen zu unterscheiden. Am Anfang der Reparatur sollte zunächst das Prüfband wiedergegeben werden. Nicht selten kommt es vor – besonders bei alten Bändern, – daß der Spalt der Videoköpfe mit Bandabrieb zugesetzt ist. Im Extremfall ist dann auf dem Bildschirm nur ein Rauschen zu erkennen. Typischer ist aber die Fehlererscheinung in Bild 3. Hier sind noch schemenhaft Restbestandteile des Bildes zu erkennen, wenn ein einwandfrei bespieltes Band wiedergegeben wird. Ge-

nauso können sich übrigens auch defekte Videoköpfe bemerkbar machen. Fällt einer der beiden Wiedergabekopf-Verstärker aus, so wird nur ein Halbbild sichtbar (Bild 4). Jede zweite Zeile ist dann verrauscht, also ohne Informationsgehalt. Gegebenenfalls kann auch die Synchronisation gestört sein. Ein Fehlereffekt ähnlich wie in Bild 4 tritt auch auf, wenn der Balanceeinsteller R 1 in Bild 1 falsch eingestellt ist. Schon ein geringer Einstellfehler von R 1 läßt das Bild leicht verrauscht erscheinen. Es ist dann visuell sehr schwierig erkennbar, daß nur ein Halbbild verrauscht ist. Hier kann nur die Kontrolle mit dem Oszilloskop Klarheit verschaffen. Fehlt nach der Aufnahme ein Kopfsignal (ein Halbbild), obwohl das Testband einwandfrei wiedergegeben wird, so dürfte ein Aufnahmekopf-Verstärker (Bild 1, oben links) fehlerhaft sein

### Abgleich der Kopfverstärker

Der Aufnahmekopf-Verstärker läßt im wesentlichen nur eine Einstellung zu: die des Aufsprechstroms für die beiden Videoköpfe.

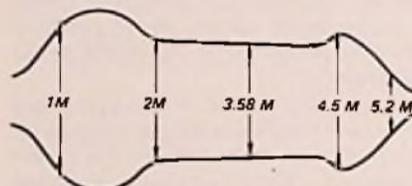


Bild 6. Mit einem Wobbelsignal wird die Charakteristik der Wiedergabe-Kopfverstärker eingestellt

Zu geringer Aufnahme Strom hat ein verrauschtes Bild zur Folge. Zu hohe Aufsprechströme erzeugen ein Ausreißen der senkrechten Schwarz/Weiß-Übergänge. Es bilden sich dabei kleine schwarze Zacken oder Streifen, die nach rechts verlaufen (siehe Bild 5). Der gleiche Fehler entsteht, wenn der FM-Modulator mit zu hohem Videopegel angesteuert wird. Man spricht dann von Übermodulationen. Die genaue Einstellung der Aufsprechströme wird in den Abgleichanleitungen der Hersteller beschrieben.

Ein besonderes Kriterium sind Abgleicharbeiten an den Wiedergabe-Kopfverstärkern, weil sie in hohem Maße die Bildqualität bestimmen. Grundsätzlich muß dies nach jedem Kopfwechsel erfolgen, weil jeder Videokopf einen anderen Frequenzgang hat. Dazu müssen im Kopfverstärker L/C- und -R-Korrekturglieder abgeglichen werden. Die Industrie liefert dazu Bandkassetten mit aufgezeichneten Wobbelsignalen. Am Ausgang des jeweiligen Wiedergabe-Kopfverstärkers kann das Wobbelsignal mit dem

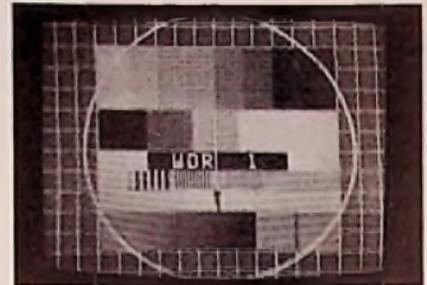


Bild 7. Schlecht eingestellte Wiedergabe-Kopfverstärker beeinflussen in hohem Maße die Bildqualität

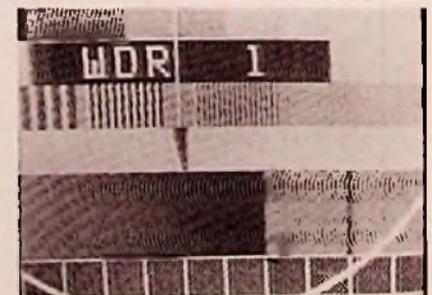


Bild 8. So macht sich ein übersteuerter Videoverstärker bemerkbar



Bild 9. Falsch eingestellte Klemmung

Bild 10. Falsche Demodulatoreinstellung führt zu Schlierenbildung



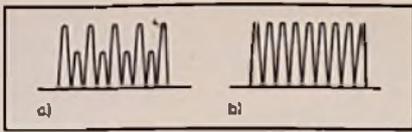


Bild 11. Unsymmetrische (a) und exakt eingestellte Demodulatorbalance

Oszilloskop dargestellt werden. Ein Beispiel für die damit einzustellende Signalförmigkeit zeigt Bild 6. Deutlich sind die eingeblendeten Frequenzmarken von 1 MHz bis 5,2 MHz zu erkennen. Auch hierfür enthalten die Serviceunterlagen der Hersteller genaue Angaben. Ein Beispiel für die Auswirkungen eines schlecht eingestellten Kopfstärkers macht Bild 7 deutlich.

### Aufnahmeautomatik und Klemmschaltung

Eine Übersteuerung des Videosignales ist in Bild 8 zu erkennen. Ursache dafür kann eine fehlerhafte Aufnahmeautomatik (Bild 1)

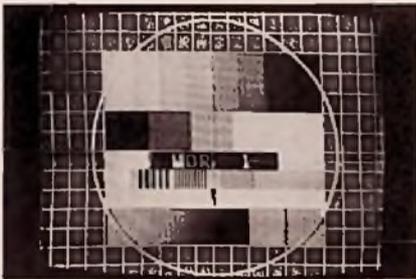


Bild 12. Dropouts machen sich als ver-rauschte Zeilenanteile bemerkbar

sein. Ein ähnlicher Fehler tritt auf, wenn der Video-Ausgangsverstärker vor dem FS-Modulator defekt ist.

Übersteuerung oder auch Begrenzung der weißen Bildanteile kann auf eine falsch eingestellte Klemmschaltung (Bild 1) zurückzuführen sein und sich wie in Bild 9 dargestellt bemerkbar machen.

### Der Videodemodulator

Ein typischer Bildfehler für eine falsche Demodulatorbalance zeigt das Ausschnittfoto in Bild 10. Die Fehlerursache dürfte im Video-Demodulator liegen (Bild 1). Nach der Frequenzverdopplung werden die FM-Impulse über einen Balanceregler zusammengeführt. Falsche Einstellung dieses Reglers hat Schlierenbildung wie in Bild 10 zur Folge. Das Oszilloskop zeigt dann eine FM-Impulsfolge nach Bild 11 a. Die Impulse in Bild 11 b verdeutlichen eine korrekte Balanceeinstel-

lung. Selbstverständlich kann dieses Symptom auch auf Grund eines elektrischen Fehlers im Demodulator auftreten, der mit der Balanceeinstellung nicht mehr zu kompensieren ist.

### Dropout-Kompensation

In Bild 12 ist in der Mitte des Schirmes eine verrauschte Zeile zu erkennen. Dies ist das typische Fehlerbild eines Dropouts. Genauso können aber nur kurze Zeilenanteile oder mehrere Zeilen verrauscht sein. Die Dropout-Kompensation (Bild 1) muß genau eingestellt sein, um diese Störungen auf ein Minimum zu bringen. Zur Erinnerung sei noch einmal kurz erklärt, wie die DOK funktioniert. Hinter der Pufferstufe verzweigt sich die FM-Information zum Limiter und zu einer 64 µs Verzögerungsleitung. Am geöffneten Schalter S 1 steht somit das um eine Zeile verzögerte Video-FM-Signal zur Verfügung. S 1 ist ein elektronischer Schalter, der im Dropoutfall sofort schließt und das um eine Zeile verzögerte Signal an den unteren Anschluß des Balanceeinstellers R 2 legt. Am Schleifer kann jetzt als Ersatz für die gestörte Zeile die vorhergehende Zeileninformation abgenommen werden. Sobald die Dropoutphase beendet ist, öffnet S 1 wieder und das Original-FM-Signal gelangt über den oberen Anschluß von R 1 zur Pufferstufe.

Die Balanceeinstellung R 2 ist nicht so einfach, weil ein Dropout kurzzeitig und kaum vorhersehbar auftritt. Mit Hilfe eines Tricks kann man sich diese Einstellung erleichtern. Man braucht dazu eine Stecknadel und die Bereitschaft, etwa einen halben Meter der Werkstattprobecassette zu opfern. Mit der Stecknadelspitze kann man sehr einfach eine feine Spur längs zur Bandkante in die Mitte der Bandbeschichtung kratzen. Die Störung in Bild 12 ist so entstanden. Das dadurch für 10 – 15 s sichtbare Rauschen der Störzeile kann nun leicht mit R 2 auf ein Minimum eingestellt werden.

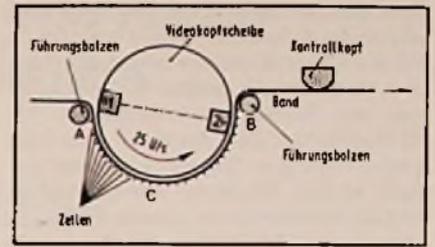


Bild 13. Anordnung von Videoköpfen und Kontrollkopf

### Die Servoregelung kurz erklärt

Die Kopfscheibe (Kopffrommel) dreht sich 25 mal in einer Sekunde. Bei jeder Umdrehung wird ein Vollbild aufgezeichnet. Jeder der beiden auf der Scheibe montierten Videoköpfe 1 und 2 (Bild 13) schreibt dabei ein Halbbild. Mit einer entsprechenden Regelschaltung ist es leicht, die Rotationsgeschwindigkeit der Kopfanordnung konstant

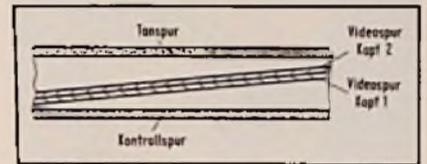
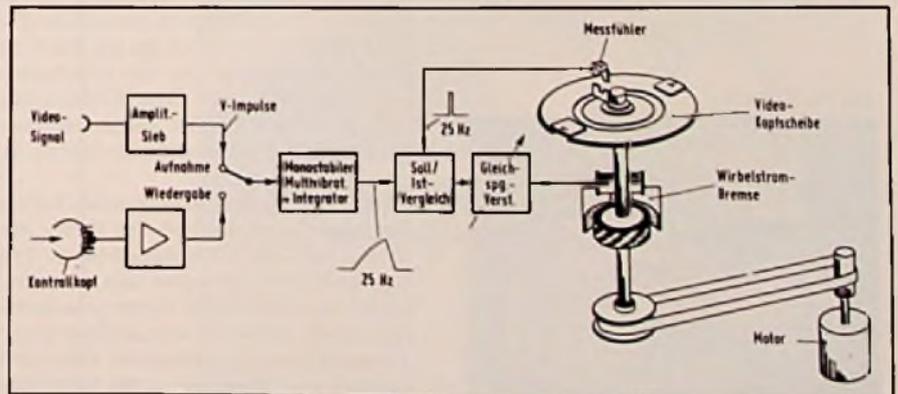


Bild 14. Beispiel eines Spurlagenschemas

zu halten. An die Servoregelung eines Videorecorders wird aber noch eine zweite Anforderung gestellt: sie muß die Position der beiden Köpfe kontrollieren. Immer dann, wenn Kopf 1 die Anfangsposition A (Bild 13) erreicht hat, muß der Halbbildwechsel erfolgen. Diese Forderung gilt natürlich für Aufnahme und Wiedergabe.

Ein vereinfachtes Blockschaltbild der Kopfscheiben-Regelschaltung zeigt Bild 15. Während der Aufnahme werden als Sollwertvorgabe die Vertikal-Synchronimpulse

Bild 15. Prinzip-Blockschaltbild einer Kopfscheiben-Servoregelung



herangezogen. Durch ein Amplitudensieb werden sie in bekannter Weise vom Videosignal abgetrennt und einem monostabilen Multivibrator zugeführt. Hier entstehen aus den Vertikal-Synchronimpulsen 25-Hz-Rechteckimpulse, die durch eine Integratorschaltung zu Sägezahn-Impulsen geformt werden. Mit diesen Bezugsimpulsen wird der Funktionsblock „Soll/Ist-Vergleich“ angesteuert. Die Position der Videoköpfe (Istwert) wird durch eine Impulsspule (Meßfühler) angezeigt, die bei jeder Kopfdrehung einen Nadelimpuls ergibt. Diese 25-Hz-Referenzimpulse werden mit den 25-Hz-Sägezahn-Impulsen verglichen.

Am Ausgang der Vergleichsschaltung wird eine Regelspannung entnommen und verstärkt auf eine Wirbelstrombremse gegeben. Bei zu schneller Kopfscheiben-Rotation erhöht sich die Regelspannung am Ausgang der Vergleichsschaltung, und die Bremswir-

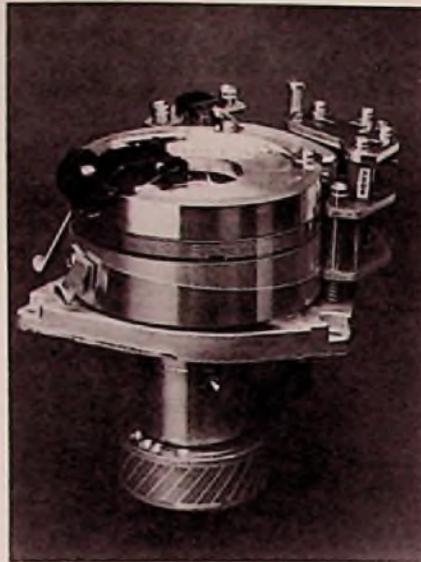


Bild 19. Eine Kopfeinheit in Sandwichtechnik vom Sony-Betamax-Cassetten-Recorder

kung verstärkt sich. Drehen sich die Köpfe zu langsam, so wird die Regelspannung geringer und somit auch die Bremskraft.

Wie schon angedeutet, dienen bei Aufnahme die V-Impulse des Videosignals als Bezug für die Positionssteuerung der Videoköpfe. Für die Wiedergabe stehen die V-Impulse nicht zur Verfügung. Man zeichnet sie deshalb mit einem besonderen Kontrollkopf (Bild 13 und 14) auf und steuert dann mit ihnen bei der Wiedergabe den monostabilen Multivibrator an.

**Fehler im Servoteil**

Servofehler sind verhältnismäßig leicht über den Fernsehschirm zu erkennen. Fehlt einer der beiden Bezugsimpulse, so läuft langsam eine rhythmische Störung durch das Bild. Bild 16 zeigt diesen Effekt. Immer wenn die durchlaufende Störzone in den Bereich der vertikalen Austastlücke kommt, wird die V-Synchronisation gestört. Dies macht sich als vertikales Zittern des Bildes bemerkbar (Bild 17). Das gleich Symptom tritt auf, wenn die Wirbelstrombremse oder der Gleichspannungsverstärker nicht mehr funktionieren. Bei der Fehlersuche ist wieder zwischen Aufnahme und Wiedergabe zu unterscheiden.

Ist die Wiedergabe des Prüfbandes frei von Servostörungen, so muß der Fehler aufnahmeseitig am Kontrollkopf oder im Synchronverstärker zu suchen sein. Servoprobleme, die schon bei der Wiedergabe auftreten, lassen sich mit einem Oszilloskop verhältnismäßig einfach aufspüren. Nach jeder Reparatur im Servoteil ist ein sorgfältiger

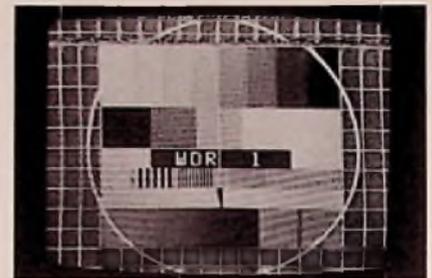


Bild 20. Bandführungsfehler im linken Teil der Kopfschlingung

mechanischer und elektrischer Abgleich erforderlich. Dies ist besonders für die Kompatibilität von Bedeutung. In den Serviceunterlagen gibt es hierzu genaue Angaben. Bei fehlerhafter mechanischer Einstellung des Kontrollkopfes (Bild 13) oder der Impulsspule (Meßfühler) in Bild 15 treten Trackingfehler auf wie in Bild 16 dargestellt. Die aufgezeichnete Videospur wird dann von den abtastenden Videoköpfen nicht exakt getroffen. Leichte Trackingfehler haben nur eine geringe Verschlechterung des Rauschabstandes zur Folge und können mit dem Trackingsteller von außen korrigiert werden.

**Fehler in der Bandführung**

Von besonderer Bedeutung für die Bildqualität und Kompatibilität ist die genaue mechanische Einstellung der Kopftrommel und der Bandführungselemente. Bild 19 zeigt die Kopfeinheit eines Betamax-Video-Cassetten-Recorders. Deutlich ist die rotierende Kopfscheibe zwischen dem feststehenden Ober- und Unterteil zu erkennen. Man spricht hierbei von Sandwich-Technik. Das Videoband wird auf der unteren, schräg verlaufenden Metallkante geführt. Unterhalb der links oben erkennbaren schwarzen Abdeckung sind zwei keramikbeschichtete Federn, die das Band leicht andrücken. Zwei angewinkelte Führungsbolzen am Ein- und Ausgang der Kopftrommel (Position A und B im Bild 13) sorgen für die

Bild 21. Bandführungsfehler im rechten Teil der Kopfschlingung

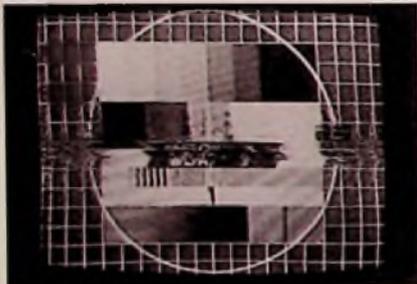
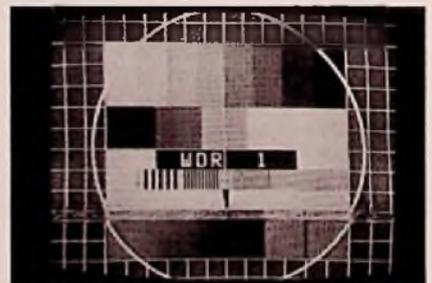


Bild 16. Rhythmisch verlaufende Störzone bei Servofehlern

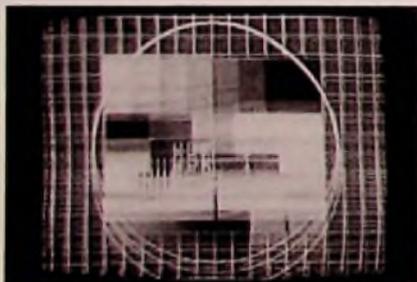


Bild 17. Störung der V-Synchronisation durch Störzone

Bild 18. Tracking



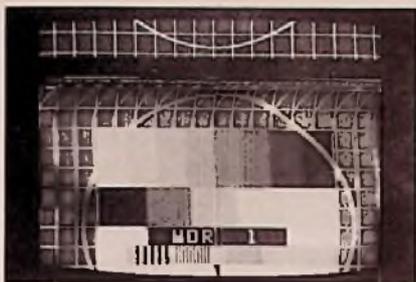


Bild 22. Zu starker Bandzug am Kopfeinlauf

geneigte Bandführung um die Koptrommel. Die Bandführung wird grundsätzlich mit dem Prüfband kontrolliert. Fehlerhaft justierte oder auch verschmutzte Bandführungselemente haben im Bild streifenförmige, horizontale Störzonen zur Folge. Die Breite dieser Streifen kann unterschiedlich sein. An den Störpositionen im Bild kann man erkennen, in welchem Bereich der Kopfschlingung die Bandführung fehlerhaft ist. Falsche Bandführung zwischen den Positionen A und C in Bild 13 zeigt sich in der oberen Bildhälfte (Bild 20). Verrissene Zeilen in der Bildmitte deuten auf Bandführungsstörungen in der Umschlingungsmitte (Position C) hin. Bei fehlerhaften Zeilen auf der unteren Bildhälfte (Bild 21) dürfte der Fehler auf der Strecke C bis B (Bild 13) zu finden sein. Die Ursachen dafür können schlecht justierte Führungsbolzen sein. Häufiger aber ist die schräge Bandführungskante (Bild 19) verschmutzt. Winzige, mit dem Auge kaum sichtbare Schmutzpartikel können sich hier schon störend auswirken. Eigenaufnahmen des Gerätes sind dabei meist fehlerlos. Erst die Wiedergabe des Prüfbandes zeigt die Fehler-Symptome.

### Probleme mit dem Bandzug

Die unvermeidliche Dehnung des Bandes während des Umlaufs um die Koptrommel soll konstant und möglichst gering sein. Durch eine etwas stärkere Dehnung des Bandes am Kopfeinlauf (Punkt A, Bild 13), die nicht vermieden werden kann, sind die Zeilen am oberen Bildrand auf dem Bildschirm ebenfalls gedehnt. Die Horizontalsynchronisierung des Fernsehgerätes kann dadurch gestört sein und ein leichtes horizontales Zittern am oberen Bildrand verursachen. Im Normalfall ist diese Störung nicht wahrzunehmen. Ausgesprochen unangenehm wirkt sie sich aber aus, wenn der von links auf den Bänderlauf wirkende Zug zu stark ist. Die daraus resultierende verstärkte Zeilendehnung stört nun die Horizontalsynchronisation erheblich. Bild 22 läßt dies erkennen. Der Bilddurchlauf wurde absichtlich verstellt, um den Fehler deutlicher sichtbar zu machen. □

# KATHREIN

## Fernseh- und Radio-Meßempfänger MFK 31

### Die handliche Top-Kombination

- Ganze 365x236x253 mm klein – und trotzdem für Rundfunk und Fernsehen.
  - Mit großem Meßbereich – zur Messung direkt an Antennen, wie des Maximalpegels an Verstärkern.
  - Reflexionen trotz kleinem Bildschirm sehr gut zu ermitteln.
  - Hohe HF-Dichtigkeit.
- MFK 31 – mit den konzentrierten Erfahrungen tausender Benutzer, dem Bau tausender Geräte:  
handlich, stabil, vielseitig nutzbar!



Qualität macht ihren Weg

**KATHREIN**

F 085

Antennen · Electronic · Communications-Anlagen

Fachbegriffe  
aus der  
Phonotechnik

**Flankenschrift**

Zweikomponentenschrift. Kombination aus Tiefen- und Seitenschrift. In der äußeren Rillenflanke befindet sich die Aufzeichnung des rechten Kanals, in der inneren die des linken Kanals.

**Flutter**

Deutsch: Trillern. Tonhöschwankungen im Bereich von etwa 10 bis 150 Hz. DIN 45 500 gibt als Toleranz für Tonhöschwankungen  $\pm 1,5\%$  ...  $-1,0$  an.

**Fremdspannungsabstand**

Siehe Störspannungsabstand.

**Friktionsantrieb**

Siehe Reibradantrieb

**Frequenzgang**

Verlauf einer Kenngröße in Abhängigkeit von der Frequenz. Mit dem verkürzten Begriff „Frequenzgang“ wird oft der Amplituden-Frequenzgang gemeint.

**FIM**

Abkürzung von Frequenzintermodulation, auch Intermodulationsverzerrungen genannt. Frequenzintermodulation entsteht, wenn innerhalb einer Übertragungskette einzelne Töne miteinander durch Modulation vermischt werden. DIN 45 500 gibt als zulässigen Maximalwert 1% bei einer Aussteuerung von  $-6$  dB an. Die Intermodulationsverzerrungen guter Abtastsysteme liegen bei 1% bis 0,2%.

**Füllschrift**

Ein von Eduard Rhein um 1950 entwickeltes Verfahren zur besseren Ausnutzung der Schallplattenoberfläche. Beim Schneiden wird der Abstand der Rillen voneinander entsprechend der Auslenkung so verändert, daß er stets möglichst klein ist.

**Geräuschabstand**

Siehe Störspannungsabstand

**Gleichlaufschwankungen**

Kurzzeitige Abweichungen von der mittleren Sollzahl: nach DIN 45 538 „die größte relative Abweichung des Augenblickswertes der Winkelgeschwindigkeit vom zeitlichen Mittelwert der Winkelgeschwindigkeit.“ Gleichlaufschwankungen sind als Tonhöschwankungen hörbar und dürfen nach DIN 45 000 höchstens  $\pm 0,2\%$  betragen.  
(Wird fortgesetzt)

Ela-Installation

**Lautsprecher-Anlagen für Festzelte**

Freimut Heck, Auerbach

Der Autor erläutert anhand von Beispielen, wie eine Universal-Verstärkeranlage in Festzelten unterschiedlicher Größe zweckmäßig aufgebaut werden kann.

**Universal-Verstärkeranlage**

Lautsprecheranlagen für Festzelte müssen für größere Leistung ausgelegt sein als z.B. solche für Tanzsäle. Durch handelsübliche Einzelbausteine ist es dem Fachhandwerker heute möglich, hochwertige Übertragungsanlagen für Festzelte zu errichten. Ela-Bausteine lösen schaltungstechnische Probleme und ersparen Entwicklungsarbeit. Die Aufteilung einer Schaltung in funktionsorientierte kleine Schaltungseinheiten vereinfacht und erleichtert den Bau einer Universal-Verstärkeranlage.

Bei der Anlage nach Bild 1 können am Mischpult für die Körperschallmikrofone (z.B. Gitarre, Harmonika) nur Klang und Lautstärkepegel eingestellt werden. Der Einstellbereich umfaßt  $+18$  dB ...  $-20$  dB sowohl für 30 Hz (Tiefen) als auch 15 kHz (Höhen). Für die Gesangsmikrofone kann am Mischpult nur der Lautstärkepegel eingestellt werden. Die Einstellung der Höhen und Tiefen erfolgt am Mikrofon selbst. Die Mikrofone (Kardioid) haben vier eingebaute Filter. Ihr Frequenzgang beträgt 30... 17 000 Hz, ihre Empfindlichkeit  $0,2$  mV/ $\mu$ bar. Durch einfaches Antippen eines der vier Schalter am Mikrofon kann der Klang eingestellt werden. Durch das Frequenzfilter entsteht bei den Frequenzen 190, 560, 1650 oder 4900 Hz eine Dämpfung von 6 dB; die vier Schalter ermöglichen dabei 16 verschiedene Frequenzgang-Verläufe um die Wiedergabe im Festzelt an die jeweilige Musikquelle (Sänger, Musikinstrument) anpassen zu können. Um eine mechanisch feste Verbindung der Mikrofone zu erhalten, sollten Dioden-Kupplungen und -stecker mit Verschraubung verwendet werden. Das gilt einheitlich für alle Mikrofone, Gitarren- und Mikrofonverlängerungen.

Bild 2 zeigt die Mikrofonanschlüsse am Mischpult für ein Blasorchester: zwei bis drei Mikrofone von oben herabhängend für Baß-

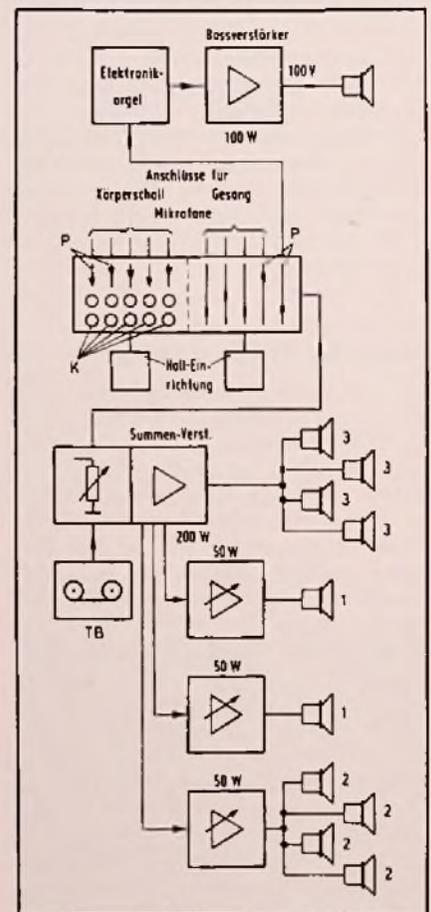
tuba, Hörner, und Trommel oder Kesselpauke. Ferner noch je ein Mikrofon für Posaune (Trompete) und ein Gesangsmikrofon, das nach Umschalten auch als Rednermikrofon benutzt werden kann. Alle Mikrofone werden mit einem schwingungsdämpfenden Mikrofonhalter am Stativgalgen befestigt.

**Lautsprecheranordnung**

Bild 3 zeigt verschiedene Aufbaubeispiele. Damit keine akustische Rückkopplung (Pfeifen) entsteht, müssen die Lautsprecher im

Bild 1. Plan einer Universal-Verstärkeranlage. Am Mischpult muß der von den Körperschall-Mikrofonen gelieferte Pegel bei 30 Hz und bei 15 kHz von  $+18$  dB bis  $-20$  dB veränderbar sein

- 1 - 50-W-Breitbandbox (Gesang)
- 2 - 20-W-Boxen, mit halber Leistung betrieben
- 3 - 50-W-Boxen
- 4 - 100-W-Baßbox
- TB - Cassetten-Tonbandgerät für Zwischenmusik und zum Aufzeichnen der Festansprachen
- K - Klangsteller
- P - Pegelsteller



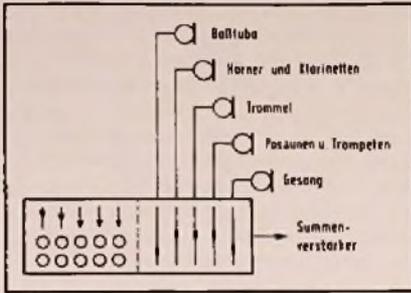


Bild 2. Mikrofonanschlüsse am Mischpult für ein Blasorchester

Zelt zu Gruppen zusammengefaßt und an verschiedene Endstufen angeschlossen werden. Die Leistungspegel der einzelnen Gruppen können dann unabhängig voneinander eingestellt werden. Die Strahlergruppen (Lautsprecherboxen) müssen einen 100-V-Übertrager haben, der es im Bedarfsfalle über Anzapfungen ermöglicht, die Boxen mit der halben oder viertel Leistung zu

betreiben. Verwendet werden eine 100-W-Baßbox (für Elektronikorgel, Lautsprecherdurchmesser 460 mm), sowie vier 40-W-, vier 20-W- und zwei 50-W-Breitbandboxen (Gesangsboxen). Ein 8-Watt-Druckkammerlautsprecher (Exponentialtrichter) wird bei längeren Ansprachen zugeschaltet.

### Druckkammerlautsprecher

Im Vergleich zu einem dynamischen Lautsprecher hat ein Druckkammerlautsprecher, je nach Ausführung des Trichters, bei gleicher Leistung die drei- bis vierfache akustische Reichweite: Durch die schwingende Membran werden in einer Kammer eines solchen Antriebssystems Schallwellen erzeugt, die sich durch den Rohrstutzen nach außen fortpflanzen. Da der Querschnitt des Rohrstutzens im Verhältnis zur Fläche der Membran klein ist, wird die Luft mit verhältnismäßig großer Geschwindigkeit durch ihn hindurchgedrückt. Zwischen der Druckkammer und dem Rohrstutzen findet eine Geschwindigkeitstransformation statt. In dieser größeren Luftgeschwindigkeit steckt eine größere Energie, die als Schalleistung an die Außenluft abgegeben wird. □

## Terminkalender für Kurse und Lehrgänge

11.9. – 13.9.78

**Mostek- und RCA-Mikrocomputer-Systeme – Einführungsseminar**

Ort: Bad Bramstedt

Gebühr: 850 DM

Veranstalter: Alfred Neye – Enatechnik, Quickborn

14.9. – 15.9.78

**Mostek- und RCA-Mikrocomputer-Systeme – Systemtrainingskurs**

Ort: Bad Bramstedt

Gebühr: 685 DM

Veranstalter: Alfred Neye – Enatechnik, Quickborn

13.11. – 15.11.78

**Mostek- und RCA-Mikrocomputer-Systeme – Einführungsseminar**

Ort: Bad Bramstedt

Gebühr: 850 DM

Veranstalter: Alfred Neye – Enatechnik, Quickborn

Bild 3. Anordnung der Lautsprecherboxen in Festzelten

a – Festzelt für 2200 Personen

b – Normzelt für 1800 Personen

c – sehr langes Festzelt

d – Festzelt für 800 Personen an einem Sportplatz

Lautsprecherbestückung:

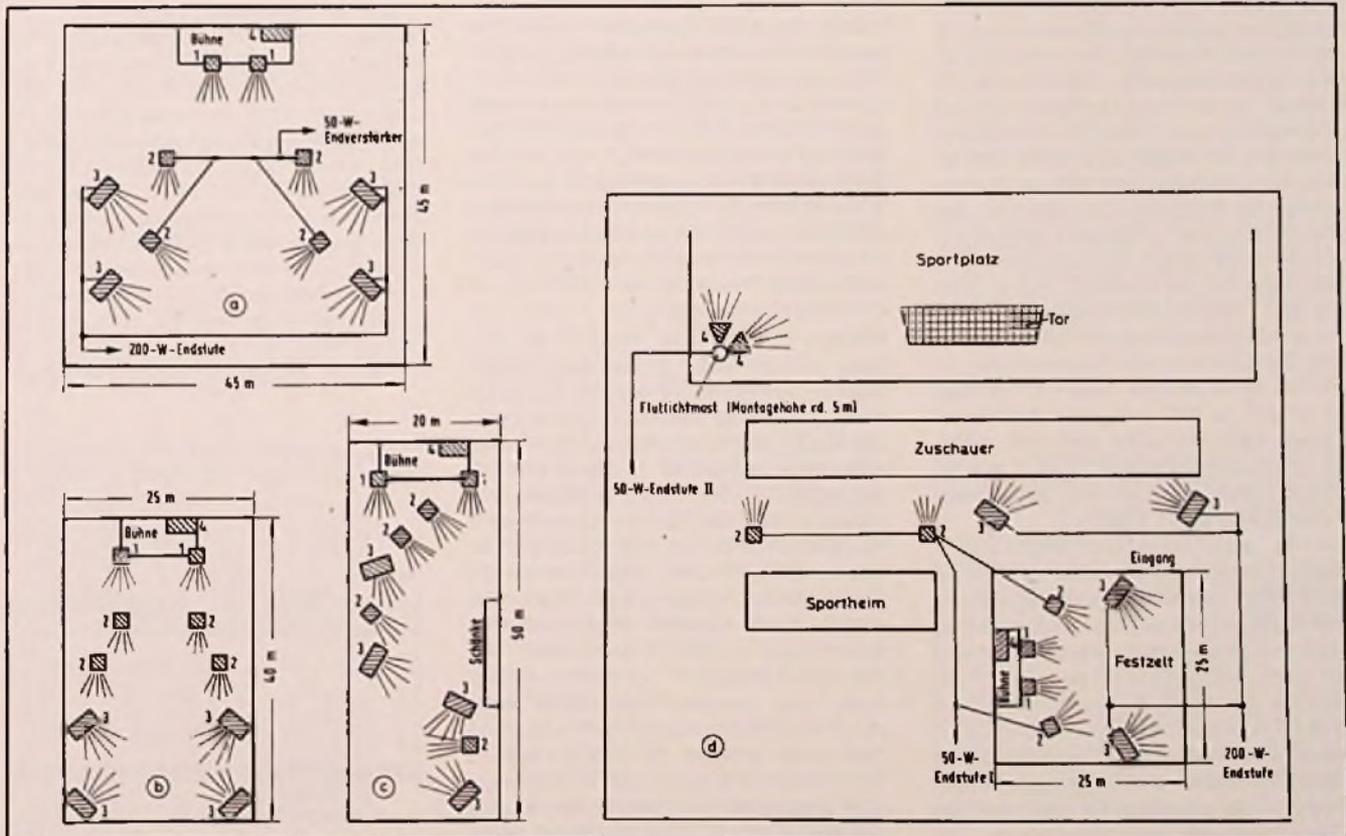
1 – 50-W-Breitbandboxen (Gesang)

2 – 20-W-Boxen, mit halber Leistung betrieben

3 – 50-W-Boxen

4 – 100-W-Baßbox

5 – 8-W-Druckkammer-Lautsprecher (Exponentialtrichter)



Grundwissen für den Praktiker

# Bauelemente der Elektronik

## Teil 26: Laserdioden

Elektronische Bauelemente zeigen bei genauerer Betrachtung eine Fülle von Eigenschaften, über deren Auswirkungen im einzelnen viel zu wenig berichtet wird. Der Praktiker muß sie jedoch beim Aufbau einer Schaltung berücksichtigen, wenn er unerwünschte Effekte vermeiden will. In dieser Grundlagen-Serie behandelt Professor Otmar Kilgenstein von der Fachhochschule Nürnberg Feinheiten bei elektronischen Bauelementen, auf die es in der Praxis ankommt. Die Serie ist für junge Techniker gedacht, aber sie bietet manches, was selbst alten Werkstatt-Hasen nicht immer geläufig ist.

Eine spezielle Art von lichtemittierenden Dioden, die Laserdioden, strahlen ein scharf gebündeltes infrarotes, also unsichtbares Licht (Wellenlänge 850...904 nm) aus. Als Material für solche Laserdioden werden III/V-Verbindungen (GaAlAs oder GaAs) verwendet. Im Gegensatz zu LEDs strahlen Laserdioden kohärentes Licht aus: die Wellenzüge der Strahlung liegen alle in der gleichen Ebene. Dies ist das allgemeine Kennzeichen eines Lasers. Wie klein der Halbleiterkristall einer Laserdiode wirklich ist, kann aus Bild 1 abgeschätzt werden.

Während bei Infrarotleuchtdioden die spektrale Bandbreite einige Prozent betrug, ist sie hier etwa um den Faktor 10 geringer ( $\pm 2$  nm zu 820 nm), wie Bild 2 erkennen läßt. Es wird demnach nahezu monochromatisches Licht ausgestrahlt. Auch dies ist ein besonderes Kennzeichen von Lasern.

Wird die Laserdiode in Durchlaßrichtung von einem Strom  $I_F$  durchflossen, so muß erst ein bestimmter Schwellwert des Stromes  $I_{th}$  (threshold current) erreicht sein, bevor die Laserstrahlung einsetzt. Dieser Strom liegt bei dem Typ C 30130 nach Bild 3 bei 250 mA; bei anderen Typen kann  $I_{th}$  zwischen 4 A und 25 A liegen. Solche Laserdioden sind jedoch nur für Impulsbetrieb bestimmt und liefern dann Ausgangsleistungen bis zu 1 kW, allerdings bei sehr geringen Tastverhältnissen von 0,1...0,01 %. Die

mittlere Strahlungsleistung (wie auch der mittlere Strom) liegen dann in denselben Größenordnungen wie bei den Dauerstrich-Lasern (CW-Lasern) bei etwa 10...250 mW.

Der Öffnungswinkel senkrecht zur Kristallfläche beträgt nur  $\pm 5^\circ$ , ist also noch kleiner als der einer Infrarot-LED mit einer den Strahlengang fokussierenden Glaslinse. Da der geringe Öffnungswinkel durch die Laserstrahlung selbst ohne optische Hilfsmittel mit den dadurch verursachten Fehlermöglichkeiten (z.B. schiefe sitzende Glaslinse oder optische Unregelmäßigkeiten der Linse) erzielt wird, kann mit einer solchen Laserdiode ein wesentlich besser gebündelter Strahl erzielt werden. Dies ist sowohl für die Übertragung im freien Raum wie auch bei der Ankopplung an einen Lichtleiter sehr wesentlich. Da die Anstiegszeit des Laserimpulses extrem kurz ist (0,1...1 ns), können sehr hohe Modulationsfrequenzen übertragen werden. Die hohe Impulsleistung, verbunden mit der scharfen Bündelung des Laserstrahles, bringt aber auch Gefahren mit sich, die unbedingt beachtet werden müssen. Wenn auch nicht wie bei anderen HochleistungsLasern eine unmittelbare körperliche Gefahr bei Laserdioden verbunden ist, so darf doch keineswegs der Laserstrahl in das Auge gelangen. Deshalb werden an den Lasergeräten Hinweisschilder für die Richtung des Laserstrahles sowie ein Gefahrenwarnschild angebracht.

Um hohe Impulsleistungen zu ermöglichen, müssen sehr große Ströme bis zu 100 A fließen, wenn auch in nur sehr kurzer Zeitdauer. Die sich dabei einstellenden maximalen Durchlaßspannungen sind je nach Typ sehr unterschiedlich; sie können bis zu 200 V betragen. Es muß also eine leistungsfähige Ansteuerschaltung vorhanden sein, wenn große Leistungen erzielt werden sollen. Die Sperrspannung von Laserdioden liegt etwa zwischen 5...25 V; das interessiert aber kaum, da diese Dioden nur in Durchlaßrichtung betrieben werden.

Schottky-Dioden haben keinen PN-Übergang, sondern einen flächenhaften Metall-Halbleiterübergang, wie aus Bild 4 zu sehen ist. Durch die Verbindung des Halbleiters (GaAs oder meistens Si) mit dem Metall bildet sich infolge der Diffusion von Ladungsträgern (hier nur Elektronen) vom Halbleiter zum Metall und umgekehrt eine Raumladungszone in der Grenzschicht des Halbleiters zum Metall aus. Die in das Metall gewanderten Elektronen bilden dicht an der Metalloberfläche eine negative Ladungszone aus, die die an Elektronen verarmte Grenzzone, also positive Raumladung kompensiert. Wird eine positive Spannung an die Metallseite angelegt, so ist die Diode in Durchlaßrichtung gepolt, die Raumladungszone wird abgebaut. Die vom Halbleiter in das Metall übertretenden Elektronen haben

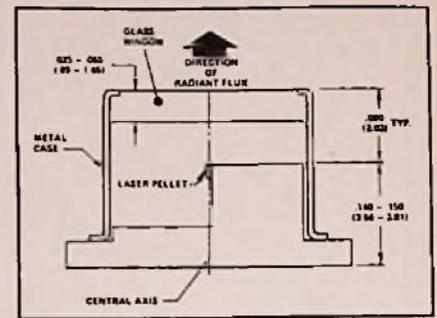


Bild 1. Teilzeichnung der Laserdiode C 30130 von RCA (Maße in Klammern in µm)

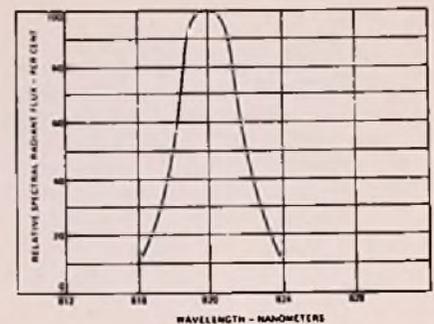
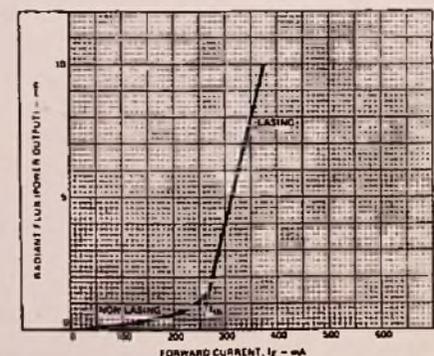


Bild 2. Spektrum der ausgesandten Strahlung der Laserdiode C 30130 (RCA)

ein höheres Energieniveau („heiße Elektronen“ – „hot carrier“), das jedoch sehr schnell im Metall abgebaut wird.

Legt man eine negative Spannung  $U_R$  an die Diode, so erhöht sich die Raumladung und die Elektronen können diese nicht mehr überwinden. Es fließt nur ein kleiner Sperrstrom. Da im Metall mit wachsender Temperatur immer höhere Energieniveaus mit Elektronen besetzt werden, steigt dieser Sperrstrom mit wachsender Temperatur etwa exponentiell an. Der Sperrstrom von Schottky-Dioden ist aber wesentlich größer als derjenige von Si-PN-Halbleiterdioden. Dieser höhere Sperrstrom, verbunden mit der starken Temperaturabhängigkeit, verhindert den Einsatz bei höheren Temperaturen.

Bild 3. Abhängigkeit der Laserstrahlung vom Flußstrom  $I_F$  mit Schwellwert  $I_{th}$  (RCA)



ren. In Bild 5 sind für die Leistungs-Schottky-Dioden 1 N 5820 und 1 N 5821 die Sperrströme in Abhängigkeit von der Sperrspannung mit der Temperatur als Parameter gezeigt.

Bei einer Sperrschichttemperatur von z.B. 100 °C liegt der Sperrstrom schon bei 5...10 mA, also relativ hoch. Bei einem Flußstrom von max. 3 A mag dies noch tragbar sein; bei kleineren Flußströmen aber bestimmt nicht mehr. Die in Bild 5 gut erkennbare Abhängigkeit des Sperrstromes von der Sperrspannung wird durch die Absenkung der Austrittsarbeit des Metalles bei wachsender Sperrspannung verursacht. Für die Beschreibung der Durchlaßkennlinie kann die allgemeine Gleichung für eine Halbleiterdiode verwendet werden.

$$I_F = I_R \left( e^{\frac{U}{U_T}} - 1 \right)$$

oder näherungsweise

$$I_F \approx I_R \left( e^{\frac{U}{U_T}} \right) \tag{1}$$

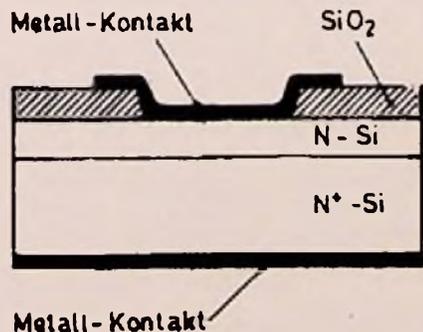
Zur Berechnung der Spannung in Flußrichtung kann Gl. 1 umgestellt werden:

$$U_F = U_T \cdot \ln \frac{I_F}{I_R} \tag{2}$$



Bild 5. Sperrströme  $I_R$  in Abhängigkeit von der Sperrspannung  $U_R(V_R)$  bei verschiedenen Temperaturen für die Schottky-Dioden 1 N 5820 und 1 N 5821 (Motorola)

Bild 4. Schematische Darstellung einer Schottky-Diode (ITT)



Während bei normalen Halbleiter-PN-Dioden die Temperaturspannung  $U_T$  bei etwa  $1,5 \cdot 26 \text{ mV} \approx 40 \text{ mV}$  liegt, beträgt dieser Wert bei den Schottky-Dioden ziemlich genau 26 mV.

**Beispiel:** Es soll für die Schottky-Leistungsdiode 1 N 5821 bei einem Flußstrom von 1 A die Flußspannung berechnet werden.  $T_U = 25 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Aus Bild 5 wird der Sperrstrom (bei  $U_R = 0$ ) zu etwa 0,01 mA geschätzt. Dann ergibt sich mit Gl. 2:

$$U_F = 26 \cdot 10^{-3} \text{ V} \cdot \ln \frac{1000 \text{ mA}}{0,01 \text{ mA}}$$

$$U_F = 300 \text{ mV.}$$

Aus Bild 6 kann für diese Diode der Wert 350 mV abgelesen werden.

Der höhere Wert der Kennlinie enthält auch noch den Spannungsabfall am Bahnwiderstand  $R_B$ . Daß der Bahnwiderstand schon eine beträchtliche Rolle spielt, kann an dem Umbiegen der Kennlinien nach Bild 6 erkannt werden. Aus der strichpunktiierten Verlängerung kann dieser zu etwa  $40 \text{ m}\Omega$  entnommen werden. Bei einem Strom von 1 A ergibt aber ein Widerstand von  $40 \text{ m}\Omega$  gerade eine Spannung von 40 mV. Wird diese Spannung noch zu der berechneten Größe von 300 mV addiert, so ergibt sich mit 340 mV dasselbe, wie aus den Kennlinien abgelesen werden kann.

Wegen des größeren Sperrstromes und der kleineren Temperaturspannung haben Schottky-Dioden eine wesentlich geringere Flußspannung als PN-Halbleiterdioden. Gegenüber dem PN-Übergang hat die Schottkydiode den wesentlichen Vorzug, daß kaum eine Speicherung von Minoritätsträgern beim Übergang von der Flußrichtung in die Sperrichtung auftritt. Da fast kein Ausraumstrom fließt und die wenigen Minoritätsträger sehr schnell rekombinieren, schaltet die Schottkydiode extrem schnell (Größenordnung 100 ps oder weniger) in den Sperrzustand. Aus diesem Grund können solche Dioden bis in den Frequenzbereich von 10..40 GHz verwendet werden.

Durch die sehr schnelle Umschaltung treten keine Umschaltverluste auf; die Sperrverluste können jedoch nicht immer vernachlässigt werden. Zur Ermittlung der gesamten Verluste bzw. der maximal zulässigen Umgebungstemperatur gibt der Hersteller oft Kurvencharakteristiken zur leichteren Berechnung an. In Bild 7 ist die maximal zulässige Temperatur  $T_R$  in Abhängigkeit von der Sperrspannung für verschiedene Wärmewiderstände gezeigt. Die wirksame Sperrspannung beträgt:

$$U_R(V_R) = U_{\text{eff}} \sqrt{2} \cdot F \tag{3}$$

**Beispiel:** Es soll die maximal zulässige Umgebungstemperatur  $T_{U \text{ max}}$  für die Schottky-

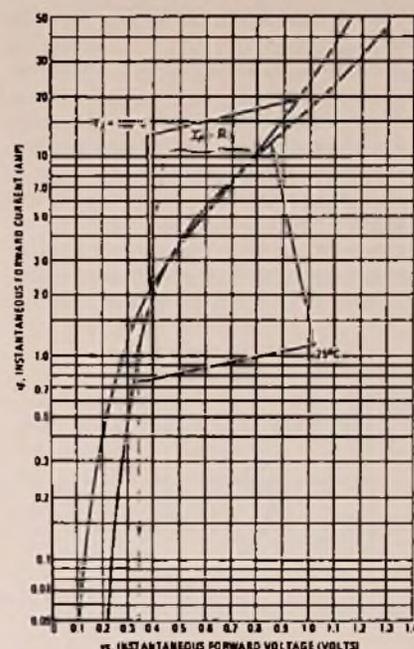


Bild 6. Durchlaßcharakteristik für die Schottky-Leistungsdioden 1 N 5820/21 (Motorola)

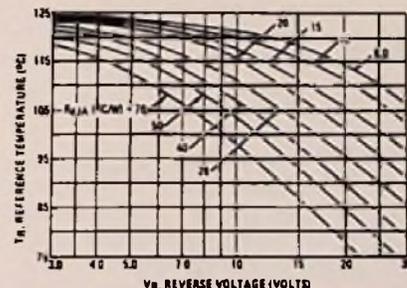
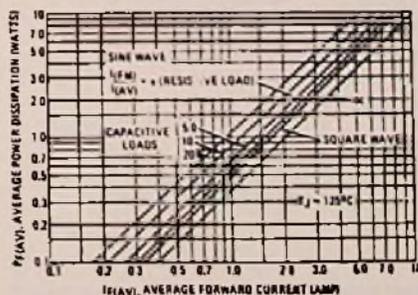


Bild 7. Maximal zulässige Temperatur  $T_R$  in Abhängigkeit von der Sperrspannung  $U_R(V_R)$  bei verschiedenen Wärmewiderständen für die Schottky-Leistungsdiode 1 N 5821 (Motorola)

Bild 8. Durchlaßverlustleistung in Abhängigkeit vom mittleren Gleichstrom für die Diode 1 N 5821 bei verschiedenen Betriebszuständen (RCA)



diode 1 N 5821 berechnet werden. Effektive Anschlußspannung: 10 V; Gleichstrom  $I_{FAV} = 2$  A (Brückenschaltung), kapazitive Belastung. Für einen mittleren Gleichstrom von 2 A ist der Strom in einem Zweig der Brückenschaltung gerade halb so groß, also 1 A. Das Verhältnis von maximalem Strom zum mittleren Strom soll zu 10 geschätzt werden.

Dann ergibt sich aus Bild 8 eine Durchlaßverlustleistung ( $I_F = 1$  A und Überstromfaktor 10) von 0.85 W. Aus den Hersteller-Unterla-

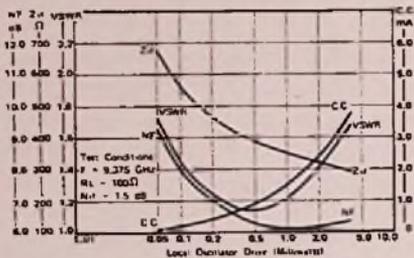


Bild 9. HF-Parameter für eine Höchsfrequenz-Schottky-Diode als Mischer in Abhängigkeit von der Oszillatorleistung (Alpha)

gen wird ein Wärmewiderstand von rd. 50 K/W (kurze Anschlußdrähte) entnommen, ebenso der Faktor  $F$  (Brückenschaltung und kapazitive Last) zu 0,65. Damit wird die wirksame Sperrspannung:  
 $U_R = 10 \text{ V} \cdot 1.41 \cdot 0.65 = 9.2 \text{ V}$   
 Aus Bild 7 kann nun eine Temperatur  $T_R = 105 \text{ }^\circ\text{C}$  abgelesen werden. Hiervon muß noch die durch die Durchlaßverlustleistung entstandene Temperaturerhöhung abgezogen werden, so daß sich ergibt:

$$T_{U \text{ max}} = T_R - P_F \cdot R_{Th}$$

$$T_U = 105 \text{ }^\circ\text{C} - 0.85 \text{ W} \cdot 50 \text{ }^\circ\text{C/W}$$

$$T_U = 62.5 \text{ }^\circ\text{C}$$

Bis zu dieser Umgebungstemperatur kann dieser Typ betrieben werden, ohne daß die

Bild 10. Schaltschema einer Ringmischeranordnung (Alpha)  
 LO-Input – Oszillatoreingang  
 SIG-Input – Signalfrequenzeingang  
 IF-Output – ZF-Ausgang

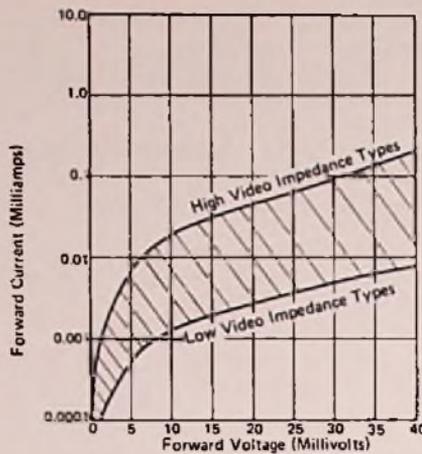
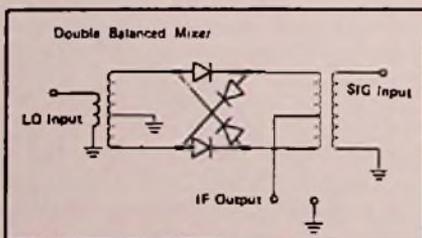


Bild 11. Typischer Verlauf der Durchlaßspannung in Abhängigkeit vom Durchlaßstrom für eine X-Band-Detektor-Diode (Alpha)

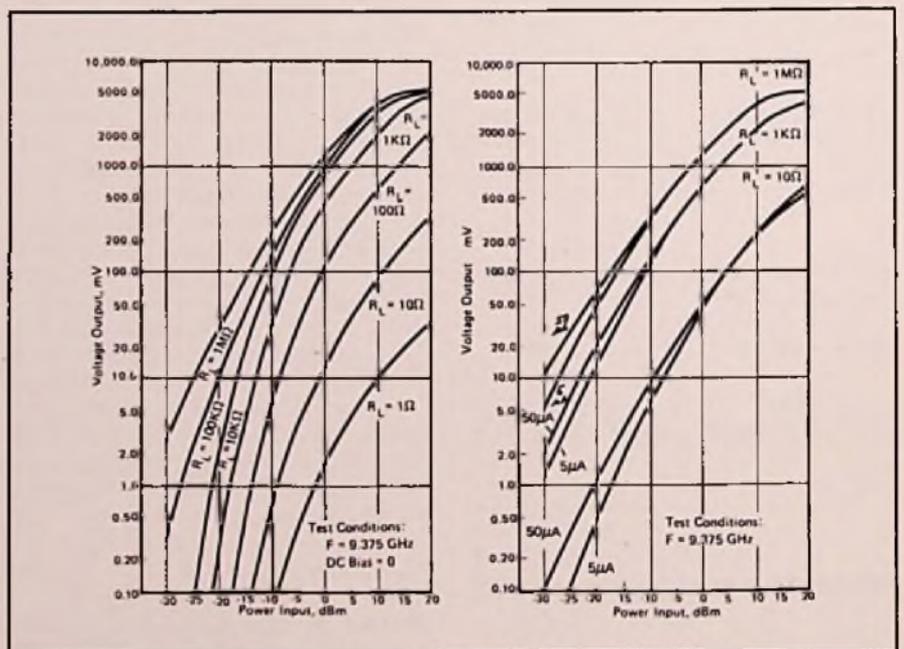
maximal zulässige Temperatur von 125 °C überschritten würde. Die maximal zulässige Sperrspannung dieser Diode wird auch nicht überschritten, wie aus Bild 5 zu ersehen ist. Bei kapazitiver Last wird diese rund 28 V ( $2 \sqrt{2} \cdot 10 \text{ V}$ ), und 30 V sind zulässig. Im Höchsfrequenzgebiet werden Schottky-Dioden als Empfangsdemodulator wie auch als Mischer zum Gewinnen einer Zwischenfrequenz aus der Empfangsfrequenz

eingesetzt. Selbstverständlich muß das Diodengehäuse – sofern nicht nur der Kristall ohne Gehäuse direkt verwendet wird – für sehr hohe Frequenzen beschaffen sein; d.h. die Zuleitungsinduktivität muß extrem klein sein (Größenordnung 0,1...1 nH, ebenso auch die Gehäusekapazität (Zehntel-pF). Zum Betrieb als Mischer muß eine Oszillatorfrequenz entsprechender Höhe und Leistung der Diodenanordnung (oft werden auch 4 Dioden in einer Ringmischeranordnung verwendet) zugeführt werden. In Bild 9 sind die interessierenden HF-Parameter in Abhängigkeit von der zugeführten Oszillatorleistung aufgeführt.

Besonders wichtig ist ein möglichst geringer Rauschfaktor (noise factor – NF). Dieser erreicht sein Minimum bei einer Oszillatorleistung von rd. 1 mW; deshalb werden diese Mischerdioden in den Datenblättern auch für eine Oszillatorleistung von 1 mW spezifiziert. Bei 1 mW Oszillatorleistung ergibt sich auch ein ZF-Ausgangswiderstand ( $Z_{IF}$ ) von 350  $\Omega$  sowie ein Gleichstrom von 1,5 mA. Das Schaltschema einer Ringmischeranordnung zeigt Bild 10. Selbstverständlich muß die Schaltung nach Bild 10 für das GHz-Frequenzgebiet ausgelegt sein; es werden also keine Spulen, wie hier schematisch dargestellt, verwendet, sondern nur noch Leitungskreise.

Außer für Höchsfrequenzgleichrichter und -Mischeranwendungen werden Schottkydioden noch als sehr schnelle Diodentore in Oszilloskopen, zur Modulation von Höchst-

Bild 12. Ausgangsspannung als Funktion der Eingangsleistung mit dem Lastwiderstand als Parameter ohne Vorstrom (links) und mit Vorstrom rechts (Alpha)



frequenzen und teilweise in integrierten Digitalschaltkreisen auch als Schaltdioden (hier jedoch gleich mitintegriert) verwendet.

Im Bereich sehr hoher Frequenzen ist eine Verstärkung oft nicht möglich, so daß das empfangene Signal unmittelbar gleichgerichtet bzw. in eine ZF umgesetzt werden muß. Daher soll die HF-Empfindlichkeit möglichst groß sein.

Sollen sehr kleine Eingangsleistungen verarbeitet werden, so muß der Verlauf der Kennlinie in diesem Bereich beachtet werden. In Bild 11 ist der Anfangsbereich der Kennlinie für einen niederohmigen Typ und für einen hochohmigen Typ dargestellt. Die Neigung der Kennlinie ist hier bei Spannungen unter 10 mV sehr gering, so daß die Gleichrichterwirkung schlecht wird. Wird jedoch durch einen von außen zugeführten Strom von 2...50 µA (je nach Typ) der Arbeitspunkt in den steilen Ast verlegt, so können auch noch ganz schwache Signale verarbeitet werden, und die HF-Empfindlichkeit steigt. Die ist auch aus Bild 12 zu erkennen. Im linken Teilbild (ohne Vorstrom) ergibt sich eine Ausgangsspannung von rd. 3 mV bei  $R_L = 1 \text{ M}\Omega$  und der Eingangsleistung -30 dBm; im rechten Teilbild beträgt die Ausgangsspannung bei gleichem Lastwiderstand und gleicher Eingangsleistung, aber mit einem Vorstrom von z.B. 50 µA, jetzt 12 mV, also viermal so viel. Betrachtet man höhere Eingangspegel, z.B. 0 dBm, so verschwindet sowohl der Einfluß des Vorstroms (Bias-Strom) im rechten Teilbild wie auch der Unterschied zwischen beiden Teilbildern. (Wird fortgesetzt)

Wie funktioniert das ?

**Summer in Armbanduhren**

*Wer hat sich nicht schon einmal gefragt, wie es möglich ist, in einer Armbanduhr einen Signaltongebener unterzubringen? Ist vielleicht ein Miniatur-Lautsprecher eingebaut? Weit gefehlt! Der Ton wird von einem Piezo-Kristall erzeugt, der auf einer Edelmetallmembrane aufgeklebt ist. Die Piezo-Scheibe wirkt als Kondensator in einem Schwingkreis, der als Induktivität eine Rinkernspule von etwa 40 mH benötigt. Wird dieser Kreis mit einer Rechteckspannung angeregt, schwingt der Piezo-Kristall auf seiner Resonanzfrequenz so stark, daß die Stahlmembrane einen deutlich hörbaren Summton abgibt. Interessenten erhalten die Piezo-Summerscheiben (in verschiedenen Bauformen) bei Stettner & Co., 8560 Lauf.*

Empfangsantennen

**Antennenkurs in Kürze**

**Teil 12: Planung von Gemeinschafts-Antennenanlagen**

Dr.-Ing. A. Fiebranz, Esslingen

Zum Errichten ordnungsgemäßer Antennenanlagen sind spezielle Kenntnisse erforderlich, die während der Lehrlingsausbildung nicht immer in ausreichendem Umfang vermittelt werden können. Eine Hilfe zum Ausfüllen dieser Lücke soll die Artikelserie „Antennenkurs in Kürze“ sein, die in jedem ihrer Teile ein abgeschlossenes Gebiet behandelt. Grundkenntnisse der Elektrotechnik und der Hochfrequenztechnik werden vorausgesetzt.

**Technische Anforderungen**

Die Antennen einer Gemeinschaftsanlage müssen von den zu empfangenden Sendern störungsfreie Pegel liefern, deren Größe für den einwandfreien Tonrundfunk- und Fernsehempfang mindestens mit einer Einzelanlage ausreicht. Es ist nicht sinnvoll, Gemeinschafts-Antennenanlagen für Fernsehkanäle auszuliegen, für die diese Bedingung nicht erfüllt ist. Um einen einwandfreien Empfang mit allen angeschlossenen Geräten zu gewährleisten, müssen die in den Post- und VDE-Bestimmungen festgelegten Nutzpegel an den Empfängereingängen eingehalten werden. Die Mindestpegel in Tabelle 12.1 sind notwendig, um einen hinreichenden Störabstand vom Eigenrauschen der Empfänger und von Moiré-Störungen durch Oszillatoren anderer Empfänger und sonstiger Hochfrequenzgeneratoren sicherzustellen. Die zulässigen

Dr.-Ing. A. Fiebranz ist Leiter der Abteilung für Patentwesen und Technisches Schrifttum der Firma Hirschmann in Esslingen/Neckar und Vorsitzender der Schulungskommission des Fachverbandes Empfangsantennen im ZVEI.

**Bedeutung der Formelzeichen**

- a Dämpfung (dB)
- $a_{da}$  Durchgangsdämpfung von Abzweigern
- $a_{dd}$  Durchgangsdämpfung von Antennensteckdosen
- $a_{da}$  Anschlußdämpfung von Abzweigern
- $a_{da}$  Anschlußdämpfung von Antennensteckdosen
- $a_v$  Verteilerdämpfung
- $a_k$  Kabeldämpfung je m
- $a_g$  Gesamtdämpfung
- n Pegel (dBµV)
- $n_D$  Pegel an Antennensteckdose
- $n_A$  Pegel an Antenne
- $n_{VA}$  Pegel am Verstärkerausgang
- V Verstärkung (dB)
- $\Delta V$  Verstärkungsreserve (Pegelüberschuß)
- s Kabellänge (m)
- Kennzeichnung verschiedener Kabelstrecken durch Indices 1, 2, 3 ...
- p Gesamtzahl der Antennensteckdosen am betrachteten Leitungszug

gen Höchstpegel sollen Verzerrungen durch Übersteuerung der Empfänger ausschließen.

Für LM-Empfang ausgelegte Gemeinschafts-Antennenanlagen werden von der Deutschen Bundespost genehmigt, wenn eine der beiden folgenden Bedingungen erfüllt ist:

- a) Die Verstärkung in den LM-Bereichen ist mindestens gleich der Anlagendämpfung, abzüglich 6 dB und dem im Herstellerkatalog angegebenen Gewinn der verwendeten LM-Antenne gegenüber der Bezugsantenne nach VDE 0855 Teil 2. Dies entspricht der Verfügung Nr. 754 im Amtsblatt des BPM 125/71.

Tabelle 12.1 Nutzpegel an den Empfängereingängen

Frequenzbereich	Pegel (dBµV)	
	mindestens	höchstens
LW, MW	50	94
UKW	40	80
Für Stereo besonders ausgelegte Kanäle	50	80
F I	52	84
F III	54	84
F IV/V	57	84

# Philips Video-Recorder. Das erfolgreiche und sichere System.

Plötzlich sind Video-Recorder im Gespräch. Die Wochenzeitschrift „Die Zeit“ hat zum Beispiel ihren Lesern Video-Recorder schmackhaft gemacht, indem sie Zitate aus einem Gespräch mit der Philips-Marketingleitung und aus den Philips-Anzeigen abdruckte. \*)

Das wachsende Interesse am Video-Recorder ist nicht zuletzt eine Folge der Philips-Aktivitäten, die zu Beginn dieses Jahres verstärkt einsetzen. Jetzt gehen auch die anderen Hersteller an die Öffentlichkeit. Mit steigendem Interesse wächst aber auch bei vielen Interessenten die Unsicherheit: Video-Recorder ja. Aber welches System?

Wenn Sie jetzt Interessenten beraten, können Sie ganz einfach auf Nummer Sicher gehen: Empfehlen Sie jetzt das System, das in Europa am meisten bewährt ist. Den Philips Video-Recorder.

Den überzeugendsten Beweis für die Ausgereiftheit des VCR-Systems liefern Sie Ihren Kunden, wenn Sie Farbbildqualität, Tonqualität, Bedienungskomfort und Video-Cassetten demonstrieren. Erklären Sie Ihren Kunden, daß es am System liegt, wenn das Farbbild des Philips Video-Recorders N 1700 besonders brillant ist.

Und daß es auch am System liegt, wenn der Ton besonders klar klingt. Denn beim Philips Video-Recorder ist die Bandgeschwindigkeit optimal. Zeigen Sie, wie schnell man die Bedienung des Philips Video-Recorders im Griff hat. Machen Sie Ihren Kunden klar, daß das Video-Cassetten-Programm von Philips alle individuellen Aufzeichnungswünsche erfüllt. Die Philips Video-Cassetten laufen 1 Stunde (LVC 60), 1½ Stunden (LVC 90), 2 Stunden (LVC 120), 2½ Stunden (LVC 150), 3 Stunden (LVC 180, lieferbar ab Herbst 78)

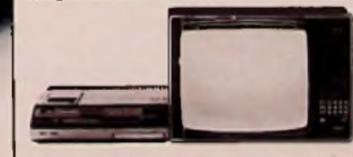
**Und sagen Sie Ihren Kunden, daß der Philips Video-Recorder der einzige ist, der in Europa schon über 300.000mal gekauft wurde.**

Philips VCR. Das erfolgreiche und sichere System.



**Der Philips Video-Recorder N 1700:**

1. Sie können Fernseh-Sendungen automatisch aufzeichnen lassen – sogar wenn Sie nicht zu Hause sind. Das Fernsehgerät bleibt dabei ausgeschaltet.
2. Sie können ein Programm sehen und es gleichzeitig aufnehmen.
3. Sie können ein Programm sehen und gleichzeitig ein anderes aufnehmen.



**Philips**  
**Video-**  
**Recorder** 



\*) Einen Sonderdruck dieses Beitrages aus „Die Zeit“ vom 12. 5. 78 schicken wir Ihnen gern. Oder fragen Sie unsere Außendienst-Mitarbeiter. Philips GmbH, UB Video, Postfach 10 14 20, 2000 Hamburg 1.

	Formelzeichen	Maßeinheit	Dämpfung, Verstärkungen, Pegel und Spannungen im Bereich				
			M	UKW	III	IV K 21-33	V K 48-60
<b>I. 35 m Kabel vom Verstärker bis zur Steckdose A</b>							
Abzweiger	$s_1 \cdot a_k$	dB	0,35	3,3	4,9	8,4	10,2
Verteiler	$a_{da}$	dB	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
5 Steckdosen	$a_v$	dB	6,0	6,0	6,0	6,0	7,0
Letzte Steckdose (A)	$(p-1)a_{dd}$	dB	4,0	4,0	4,0	4,0	5,0
	$a_{ad}$	dB	16,0	16,0	14,0	14,0	14,0
<b>Gesamtdämpfung für Steckdose A</b> $a_{gA} = s_1 \cdot a_k + a_{da} - a_v + (p-1)a_{dd} + a_{ad}$	$a_{gA}$	dB	27,85	30,8	30,4	33,9	37,7
<b>20 m Kabel vom Verstärker bis zur Steckdose C</b>							
Abzweiger	$s_2 \cdot a_k$	dB	0,2	1,9	2,8	4,8	5,8
1 Steckdose	$a_{ca}$	dB	1,25	12,5	12,5	12,0	12,0
Letzte Steckdose (C)	$(p-1)a_{dd}$	dB	0,8	0,8	0,8	0,8	1,0
	$a_{cd}$	dB	16,0	16,0	14,0	14,0	14,0
<b>Gesamtdämpfung für Steckdose C</b> $a_{gC} = s_2 \cdot a_k + a_{ca} - (p-1)a_{dd} + a_{cd}$	dB	29,5	31,2	30,1	31,6	32,8	
<b>Größte Gesamtdämpfung</b>	$a_{gmax}$	dB	29,5	31,2	30,4	33,9	37,7
<b>Mindestpegel an Steckdose nach VDE</b>	$n_{min}$	dB $\mu$ V	52,0	50,0	54,0	57,0	57,0
<b>Erforderlicher Mindestpegel am Verstärker Ausgang</b> $n_{VAmin} = a_{gmax} - n_{min}$							
	$n_{VAmin}$	dB	81,5	81,2	84,4	90,9	94,7
<b>II. Gemessener Antennepegel</b>							
	$n_A$	dB $\mu$ V	55,0	55,0	55,0	60,0	61,0
						2,0	2,2
<b>6 m Kabel von den Antennen bis zu den Verstärkern</b>							
	$a_3 \cdot a_k$	dB	0,1	0,6	0,8	1,4	1,7
<b>Erforderliche Mindestverstärkung</b>							
$V_{min} = n_{VAmin} - s_3 \cdot a_k - n_A$	$v_{min}$	dB		26,8	30,2	32,3	35,4
$V_{min} = a_{gmax} + s_3 \cdot a_k - 6dB$		dB	23,6		Lcb	Lvk	Lvk
<b>Verstärkung</b>	$v$	dB	24,0	33,0	37,0	39,0	42,0
<b>Verstärkungsreserve <math>\Delta v = v - v_{min}</math></b>	$\Delta v$	dB	0,4	6,2	6,8	6,7	6,6
<b>III. 1) Pegel am Verstärker Ausgang</b> $n_{VA} = n_{VAmin} + \Delta v$							
<b>Max. zulässiger Ausgangspegel (Katalogangabe)</b>	$n_{max}$	dB $\mu$ V	81,9	87,4	91,2	97,6	101,3
		dB $\mu$ V	111,0	112,0	117,0	125,5	123,0
<b>2) 20 m Kabel vom Verstärker bis zur Steckdose B</b>							
Verteiler	$s_4 \cdot a_k$	dB	0,2	1,9	2,8	4,8	5,8
Steckdose (B)	$a_v$	dB	6,0	0,60	6,0	6,0	7,0
	$a_{bd}$	dB	16,0	16,0	14,0	14,0	14,0
<b>Geringste Gesamtdämpfung</b> $a_{gmin} = s_4 \cdot a_k + a_v + a_{bd}$							
	$a_{gmin}$	dB	$22\eta^2$	$23\eta^2$	$22\eta^2$	$24\eta^2$	$26\eta^2$
<b>Max. Pegel an der Steckdose B</b> $n_{Dmax} = n_{VA} - a_{gmin}$							
<b>Max. zulässiger Pegel nach VDE</b>	$n_{max}$	dB $\mu$ V	57,7	63,5	68,4	72,8	74,5
		dB $\mu$ V	94,0	80,0	84,0	84,0	84,0
<b>3) Min. Pegel an der Steckdose A bzw. C</b> $n_{Dmin} = n_{VA} - a_{gmax} = n_{min} + \Delta v$							
	$n_{Dmin}$	dB $\mu$ V	52,4	56,2	60,8	63,7	63,6
<b>IV. Gesamtstromverbrauch</b> Gewähltes Netzgerät mit zulässiger Stromabgabe von 700 mA, LMKU-Verstärker 90 mA, FIII-Verstärker 160 mA, FIV-Verstärker 120 mA, FV-Verstärker							

b) In jedem Bereich (LM) wird für einen Sender an der ungünstigsten Dose eine Pegel von mindestens 50 dBµV erreicht. Die beiden Sendefrequenzen sind im Abnahmebericht anzugeben. Bei Verzicht auf LM muß sichergestellt sein, daß keinerlei LM-Empfang möglich ist.

Wenn in Sendernähe »Vorgeister« zu befürchten sind und der störungsgefährdete Kanal nicht in einen anderen umgesetzt wird, muß der Mindestpegel für diesen Kanal wesentlich höher sein. Der erforderliche Wert muß durch Versuche ermittelt werden.

**Erläuterung der Planungsrechnung**

Für die Planungsrechnung müssen bekannt sein:

Antennenpegel in den zu empfangenden Fernsehkanälen, im UKW-Tonrundfunkbereich und je eines Lang- und Mittelwellensenders, Ermittlung durch Versuchsmessungen oder bei bekannten Empfangsbedingungen durch Abschätzung. Schaltung der Anlage mit den Antennensteckdosen, Verteilerdosen und Abzweigdosen, Kabellängen zwischen den Bauteilen der Anlage. Ermittlung aus Bauplänen mit eingezeichneten Anlagenbauteilen.

Die Planungsrechnung ist für jeden Fernsehbereich, in dem wenigstens ein Kanal belegt ist, und für Tonrundfunk in LM- und UKW-Bereichen durchzuführen.

Dämpfung und Verstärkungen sind aus dem Herstellungskatalog zu entnehmen. Jeder Rechengang besteht aus vier Abschnitten:

I. Ermittlung der größten Gesamtdämpfungen  $a_{gmax}$  und der erforderlichen Mindestpegel am Verstärkerausgang  $n_{VAmin}$ .  $a_{gmax}$  ist die Summe der Dämpfung der Kabel und Bauteile, die im Leitungszug (Stromweg) vom Verstärkerausgang bis zur ungünstigen Antennensteckdose liegen.

Berechnungsformeln für  $a_g$  sind bei dem folgenden Planungsbeispiel angegeben. Aus  $a_{gmax}$  und dem nach VDE geforderten Mindestpegel  $n_{Dmin}$  an den Antennensteckdosen ergibt sich der erforderliche Mindestpegel am Verstärkerausgang:

$$n_{VAmin} = a_{gmax} + n_{Dmin}$$

Bei der Dämpfungsberechnung wird die Durchgangsdämpfung der Antennensteckdosen  $a_{sd}$  mit  $(p-1)$  multipliziert, weil für die letzte Steckdose die Anschlußdämpfung  $a_{sd}$  in die Rechnung einzusetzen ist.

II. Ermittlung der benötigten Verstärker. Die erforderliche Mindestverstärkung  $V_{min}$  ist die Differenz des erforderlichen Mindestpegels  $n_{VAmin}$  am Verstärkerausgang und des Pegels am Verstärkerein-

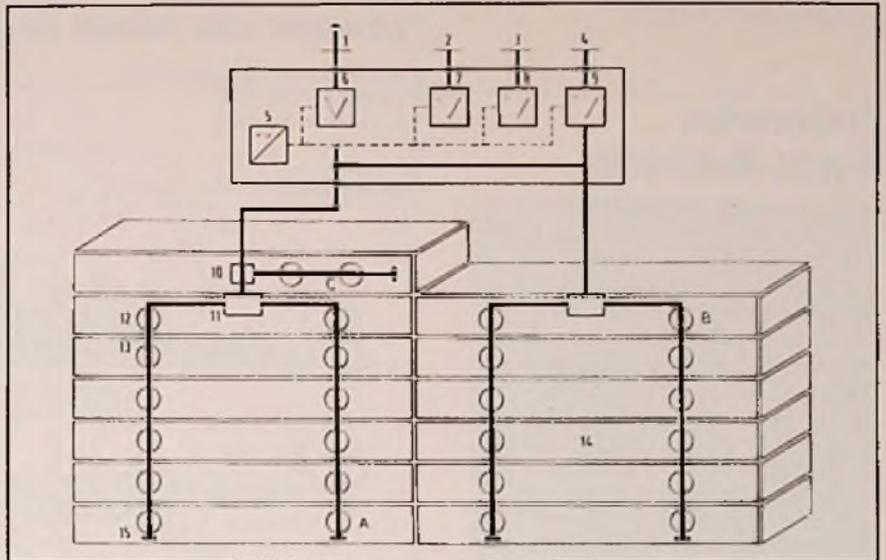


Bild 12. Gemeinschafts-Antennenanlage für Mehrfamilienhaus

- 1 Hörfunkantenne
- 2 VHF-Fernsehantenne
- 3 UHF-Fernsehantenne
- 4 UHF-Fernsehantenne
- 5 Netzgerät
- 6 Hörfunkverstärker
- 7 VHF-Verstärker F III
- 8 UHF-Verstärker F IV

- 9 UHF-Verstärker F V
- 10 Abzweiger
- 11 Verteiler
- 12 Antennensteckdose
- 13 Koaxialkabel
- 14 Empfängeranschlußkabel
- 15 Abschlußwiderstand

gang. Der Eingangspegel ist gleich dem an den gewählten Antennen ermittelten Pegel  $n_A$ , von dem die Dämpfung der Kabelstrecke von der Antenne bis zum Verstärker und gegebenenfalls einer Antennenweiche ( $a_{dw}$ ) abgezogen ist.

$$V_{min} = n_{VAmin} - n_A + s^2 \cdot a_k + a_{dw}$$

Die gewählten Verstärker sollen möglichst um 6 dB mehr verstärken als  $V_{min}$  angibt. Diese Verstärkungsreserve  $\Delta V$  (Pegelüberschuß) ist erwünscht, um im Laufe der Zeit mögliche Abnahmen des Antennenpegels und der Verstärkung sowie kleinere Dämpfungszunahmen auszugleichen.

III. Überprüfung der zulässigen Höchst- und Mindestwerte. Die Pegel  $n_{VA}$  an den Verstärkerausgängen dürfen die im Herstellerkatalog angegebenen Höchstwerte nicht überschreiten, damit die Verstärker nicht übersteuert werden.

Die Pegel  $n_{Dmax}$  an der Steckdose mit der geringsten Gesamtdämpfung ( $a_{gmin}$ ) dürfen die Höchstwerte ( $n_{max}$ ) nach VDE nicht überschreiten.

Die Pegel  $n_{Dmin}$  an der Steckdose mit der größten Gesamtdämpfung ( $a_{gmax}$ ) betragen:

$$n_{Dmin} = n_{VA} - a_{gmax} = n_{min} + \Delta V$$

Der Mindestpegel  $n_{Dmin}$  ist gleich der Differenz des Pegels  $n_{VA}$  am Verstärkerausgang und der größten Gesamtdämpfung  $a_{gmax}$  und gleich der Summe des Mindestpegels  $n_{min}$  nach VDE und der Verstärkungsreserve  $\Delta V$ .

IV. Errechnen des Gesamtstromverbrauchs aller Verstärker. Danach Auswahl des Netzgerätes aus dem Herstellerkatalog, in dem der Stromverbrauch der Verstärker angegeben ist.

(Wird fortgesetzt)

**Meldungen über neue Service-Unterlagen**

Philips. Receiver AH 783. Kompaktanlage Hi-Fi TAPC 6987, Hi-Fi TAPC 22 AH 987, Hi-Fi TAP + Remote control 22 AH 888, TAPC 22 AH 984 und TAC 22 AH 871, Hi-Fi MFB-Box 22 RH 541. Hi-Fi L.S.-Box 22 AH 485, 22 AH 486, und 22 AH 487. S/W-Fernsehempfänger Jahrgang 1978 Chassis E 1 M, Farbfernsehempfänger Chassis K 9/i Ergänzung D 26 C 796-04 und Chassis K 12 Ergänzung D 26 C 870.

Anregung zum Nachbau

## Preiswertes Digital-Multimeter

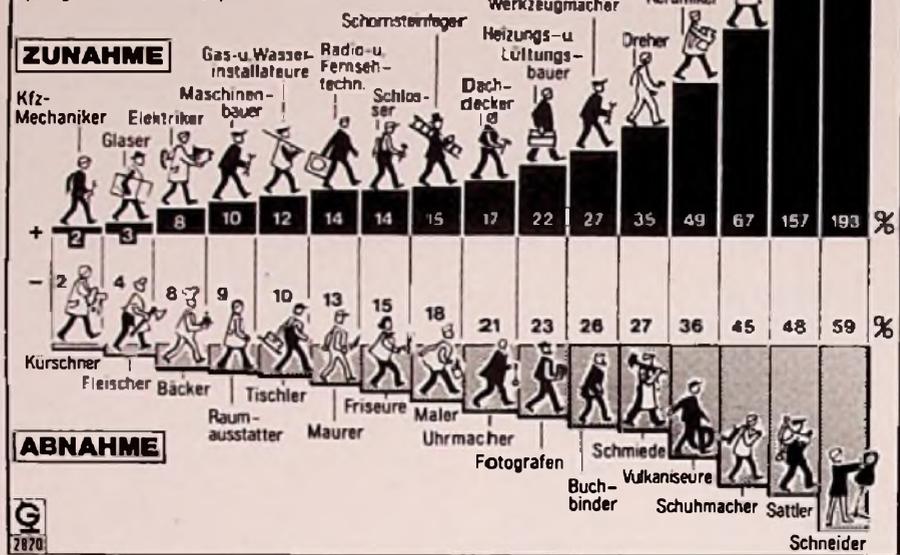
Der integrierte Schaltkreis MC 14433 von Motorola (IC 1 im Bild) eignet sich gut zum Aufbau von Digital-Multimetern; er enthält alle für die Meßwertwandlung erforderlichen Schaltungsfunktionen. Außer einigen weiteren Bauelementen wird noch eine ziemlich genaue Referenzspannungsquelle benötigt, die eine niedrige Temperaturdrift haben sollte, da sie die Genauigkeit des Gerätes wesentlich mitbestimmt. Von Motorola wird dazu der IC MC 1403 angeboten. Eine gute Lösung ist auch der Baustein ZN 468 von Ferranti. Für ein Multimeter sind noch ein Ohm- und ein AC/DC-Konverter sowie die Meßwiderstände erforderlich.

Für die Anzeige verwendet man gebräuchliche Anoden-LEDs und den Treiber 7447 AN (IC2). Der MC 14013 (IC3) dient als Überlaufanzeige; er taktet die Anzeige (im Mustergerät hp7730 bzw. hp 7750 von Hewlett-Packard). Die Steuerung der Anoden übernehmen 4 NPN-Transistoren. Das Vorzeichen wird mit einem PNP-Transistor in der ersten LED geschaltet. Soll „+“ angezeigt werden, muß ein NPN-Transistor verwendet werden. Die Anzeige kann auch über eine getrennte LED erfolgen.

AD/DC- und Ohm-Konverter sind mit FET-Operationsverstärkern bestückt. Im Muster wurde der RCA-Typ CA 3140 verwendet. Der AC/DC-Konverter arbeitet als Wechselspannungsverstärker mit Einweggleichrichtung. Diese Schaltung ist in vielen Variationen bekannt und gehört zum Stan-

## KOMMEN UND GEHEN IM HANDWERK

Veränderung der Beschäftigtenzahl von 1967 bis 1976 in % (ausgewählte Branchen)



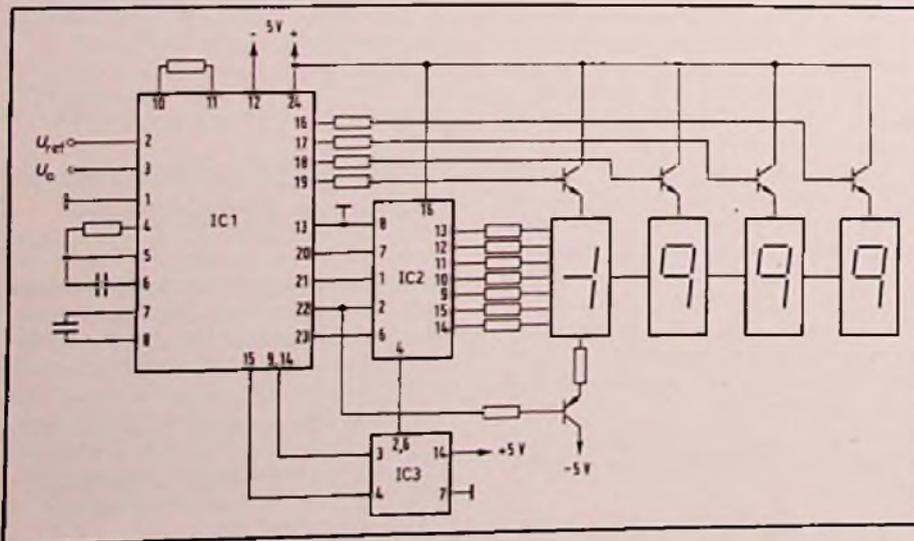
dard in der Meßtechnik. Der Ohm-Konverter ist ebenfalls mit einem FET-Operationsverstärker aufgebaut, der als steuerbare Konstantstromquelle arbeitet.

Es ist möglich, für die Bereiche „Ohm“ und „Volt“ den gleichen Widerstandsteiler zu verwenden, man muß jedoch in Kauf nehmen, daß die Skala bei „Ohm“ spiegelverkehrt ist. Daher sollte man besser einen zweiten Teiler vorsehen. Das Netzteil ist einfach aufgebaut und liefert zwei stabilisierte Spannungen  $\pm 5$  V. Man kann das Gerät auch mit Batterie oder Akku betreiben. Dann ist ein Gleichspannungswandler für 5 V nötig, der aus dem Akku gespeist wird.

Die gesamte Schaltung läßt sich auf einer kleinen Platine unterbringen. Die gesamte Verdrahtung der Widerstände und Bereiche erfolgt direkt an den Schaltern, denn die Wege zu den Buchsen und dem Meßwandler sollen möglichst kurz sein. Zur Brummunterdrückung können am IC 1 Kondensatoren von 0,1  $\mu$ F zwischen Pin 3 und 1 sowie Pin 2 und 1 geschaltet werden.

Hinweise auf den Aufbau im einzelnen geben die Datenblätter MC 14433 (Motorola) und LD 130/131 (Siliconix) sowie die Druckschriften „Operational-Amplifier“ (Burr-Brown) und „Optoelectronics Designer's Source Catalog“ (Hewlett-Packard). Stoll

Grundschiung eines Digital-Multimeters



## Technische Druckschriften

**Vergleichsliste.** Bei Philips erschien eine Transistoren- und Diodenvergleichsliste für Radiogeräte und Verstärker.

**Amateurfunk-Katalog.** Bei Richter & Co., Hannover, erschien der neue Amateurfunk-Gesamtkatalog in der dritten Auflage 1978. Das Nachschlagewerk enthält auf 150 Seiten alle durch das Unternehmen lieferbaren Amateurfunkgeräte. Der Katalog kostet einschließlich Porto 5 DM. Für Ricofunk-Fachhändler stehen Amateurfunk- und Zubehör-Kataloge (zwei Teile) ohne Firmeneindruck zur Verfügung.

Herstellung von Leiterplatten

## Ein neues Konzept für die automatische Bestückung

Die Loewe Opta GmbH hat ein neues Konzept für die automatische Bestückung von Leiterplatten entwickelt und anhand einiger Prototypen in ihrem Werk in Kronach im Betrieb vorgeführt. Siegfried R. Ruppertsberg, Geschäftsführer der Loewe Opta GmbH und für den Bereich Technik verantwortlich, erläutert nachstehend die Grundzüge des neuen Konzepts.

Wie alle anderen Unternehmen der Unterhaltungselektronik-Branche, so befaßt sich auch Loewe Opta seit längerer Zeit mit Überlegungen zum automatischen Bestücken von Leiterplatten. Das liegt nahe, denn die manuelle Bestückung ist neben Abgleich und Prüfung die kostenintensivste Tätigkeit in der Branchenindustrie, so daß hier noch erhebliche Rationalisierungsreserven mobilisiert werden können.

Aus diesen Gründen hat die Loewe Opta sehr gründlich mit den auf dem Markt angebotenen Modellen von Universal, Panaset und USM beschäftigt, aber bei genauerem Studium dieser Modelle ergab sich, daß alle diese Konzepte zwar kurzfristig einen Fortschritt bringen, aber mittelfristig an eine Grenze stoßen, die eine Verwendung bei Loewe Opta ausschließt. So kam es zur Entwicklung und zum Bau eines eigenen Konzeptes bei Loewe Opta.

Dieses Konzept ist inzwischen so weit durchentwickelt, daß bis zum Ende dieses Jahres in der Fertigung von Loewe Opta alle bestückbaren Bauelemente axialen Typs einschließlich der Drahtbrücken mit dieser Anlage automatisch in die Leiterplatten eingesetzt werden. Die zweite Stufe mit den noch zu besprechenden Kopfvarianten vom Typ B ist auf dem Reißbrett fertig und soll bis Ende 1979 zu einem Gesamtsystem, das in der Praxis arbeitet, integriert werden.

### Das Konzept

Das von Loewe Opta entwickelte Konzept sieht vor, daß viele Bestückungsköpfe ne-

beneinander aufgebaut werden. Diese Köpfe sind mit einer einfachen Index-Vorrichtung im Bestückungs-Rastermaß in X-Y-Richtung einstellbar und bleiben dann während des Bestückungsvorgangs unbewegt. Der Transport von Kopf zu Kopf erfolgt linear bzw. quasi-linear in einem festgelegten Transportrasterschritt. Angewendet werden zwei verschiedene Kopftypen, die äußerst einfach, klein und damit billig aufgebaut sind.

Die Köpfe können jeweils um 90° gedreht in ihre Halterung eingeschoben werden, um damit Bestückungen sowohl in X- als auch in Y-Richtung zu ermöglichen.

### Kopftyp A

Der Einfachstkopf A für die Zuführung gegurteter, axialer Bauelemente, schneidet im Kopf selbst in einem Arbeitsgang die Bauelemente aus dem Gurt, biegt und richtet sie und setzt sie in die Leiterplatte ein. Prinzipiell ist es bei diesem Kopf aber auch möglich, daß die Bauelemente auch noch gemessen werden.

Eine Abwandlung dieses einfachen Kopfes ist für Drahtbrücken gedacht. Dieser Drahtkopf ermöglicht das Einsetzen von Drahtbrücken, die ebenfalls kontinuierlich von einer Rolle geschnitten und gebogen werden. In der zugrunde liegenden Philosophie erscheint es zweckmäßig, verwendete Drahtbrücken für gewisse Rastermaße ebenfalls zu normen, um die Zahl der verschiedenen Kopfbreiten in Grenzen zu halten. Loewe Opta hat sich für 5 Brückentypen entschie-

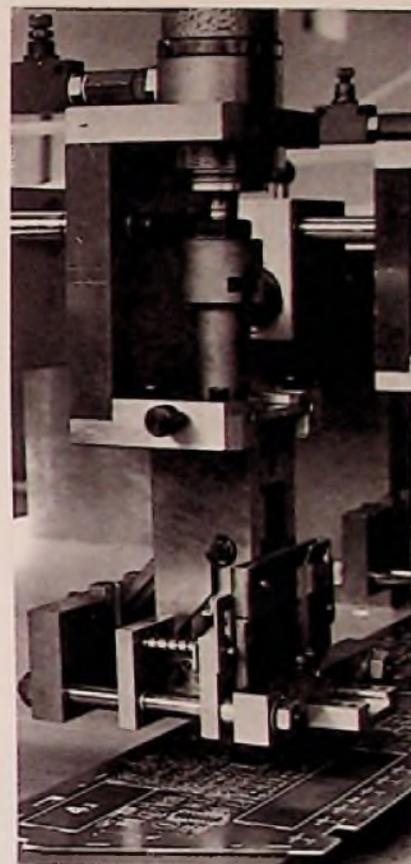


Bild 1. Kopf zum automatischen Bestücken von Leiterplatten

den. Dieser Kopftyp könnte unabhängig von einer Transporteinrichtung auch als Werkzeug zum Konfektionieren von Bauelementen verwendet werden.

### Kopftyp B

Der Kopftyp B hat – anders als Kopftyp A – eine interne Fördereinrichtung, die es gestattet, Bauelemente definiert in die Ausgangslage zu fördern, sie vorzuplazieren und dann definiert einzusetzen. Dieser Kopftyp ist geeignet für axiale Bauelemente, die nicht flach auf der Leiterbahn aufliegen sollen, radiale Bauelemente, Transistoren (dreibeinige Bauelemente), kleine axiale Dioden mit Glaskörpern und ICs. Mit Ausnahme der Dioden, die auch gegurtet zugeführt werden können, ist dieser Kopf aber hauptsächlich mit einer Zusatzeinrichtung

für Einzelbauelemente geeignet. Diese Zusatzrichtung gestattet nach der Vereinzelung die definierte Ausrichtung des Bauelements selbst, die Ausrichtung der Beine, das Messen der einzusetzenden und das Ausschleusen ungeeigneter Bauelemente. Bei diesem Kopf kann auch Schüttware verwendet werden.

### Geschwindigkeit der Bestückung

Maßgeblich für die Geschwindigkeit einer Anlage nach diesem Prinzip ist nicht die Geschwindigkeit des Kopfes selbst. Bei den Drahtköpfen, die die höchste Fahrgeschwindigkeit erlauben, dauert ein vollständiger Bestückungstakt etwa 0,25 s. Mit Rücksicht auf die Bauelemente wird man bei Bauelementen den Takt etwas verlangsamen.

Maßgeblich für die eigentliche Bestückungszeit ist aber tatsächlich der Transport des Werkstücks von Station zu Station. Hier ist vorgesehen, mit handelsüblichen Verkettingsapparaten zu arbeiten und die Transportzeit so großzügig zu bemessen, daß

keine ungerechtfertigten Kosten bezüglich des Aufwandes an Genauigkeit in der Platzierung der Werkstückträger erforderlich werden. Es wird zur Zeit mit einem Gesamtakt je Station zwischen 2 bis 3 s einschließlich Transport gerechnet.

### Vorteile des Konzepts gegenüber anderen Systemen

Alle auf dem Markt befindlichen Anlagen können je Arbeitsgang immer nur ein Bauelement einsetzen oder, wenn die Anlage mit Doppelkopf ausgerüstet ist, auch zwei. Diese Art der Maschine sei im folgenden mit „S“-Typ bezeichnet (sequentieller Typ).

### Geschwindigkeit

Die Bestückungszeit einer solchen S-Typ-Anlage beträgt im Minimum 0,4 und im Durchschnitt 0,8 s je axiales Bauelement, abhängig von der Fahrzeit des Koordinatentisches, d. h. abhängig von der relativen Lage der Bauelemente auf der Leiterplatte. Die Bestückungsgeschwindigkeit ist deshalb nicht mehr oder nur noch unwesentlich

zu steigern, da sie heute schon durch den großen meßantriebs- und regeltechnischen Aufwand zum Erzielen der nötigen Bestückungsgenauigkeit begrenzt ist. Braucht man nun eine über die vorgenannte Geschwindigkeit hinausgehende Leistung, so ist damit die Aufstellung einer zweiten Maschine nötig, was erhebliche sprungfixe Mehrkosten verursacht.

Im Gegensatz dazu ist das Konzept von Loewe Opta bei gleichem Investitionsaufwand erheblich schneller. Geht man einmal von der Bestückungszeit je Kopf von 3 s und einer Anlage von 50 Köpfen aus, so dauert die Bestückung eines einzigen Bauelements 6/100 s und ist damit um mehr als den Faktor 10 schneller als bei einer Anlage vom S-Typ. Die Geschwindigkeit läßt sich durch Hinzufügen weiterer Köpfe noch beliebig steigern.

Aus diesen Überlegungen heraus ergibt sich, daß jedes Parallel-Verfahren so unverhältnismäßig höhere Geschwindigkeiten erbringt, daß man über jedes sequentielle Verfahren eigentlich nicht mehr nachzudenken brauchte, sofern sich dieses Parallel-Verfahren mit vergleichbarem Aufwand realisieren läßt.

Ein scheinbarer Nachteil des Parallel-Verfahrens bezüglich der Geschwindigkeit ist die Umrüstzeit. Aber auch hier sieht das Konzept vor, durch die Einteilung in Raster mit entsprechenden Indizierungen in der X-Y-Festlegung der einzelnen Köpfe, daß die Umstellung je Kopf nur wenige Sekunden in Anspruch nimmt und darüber hinaus gestattet, in einem fortschreitenden Verfahren von Anfang bis Ende der Strecke die Umstellung zügig vornehmen zu können und dabei gleichzeitig die Musterplatte am Ende der Umstellung sofort zur Verfügung zu haben, die sich dann sofort auf einwandfreie Bestückung kontrollieren läßt.

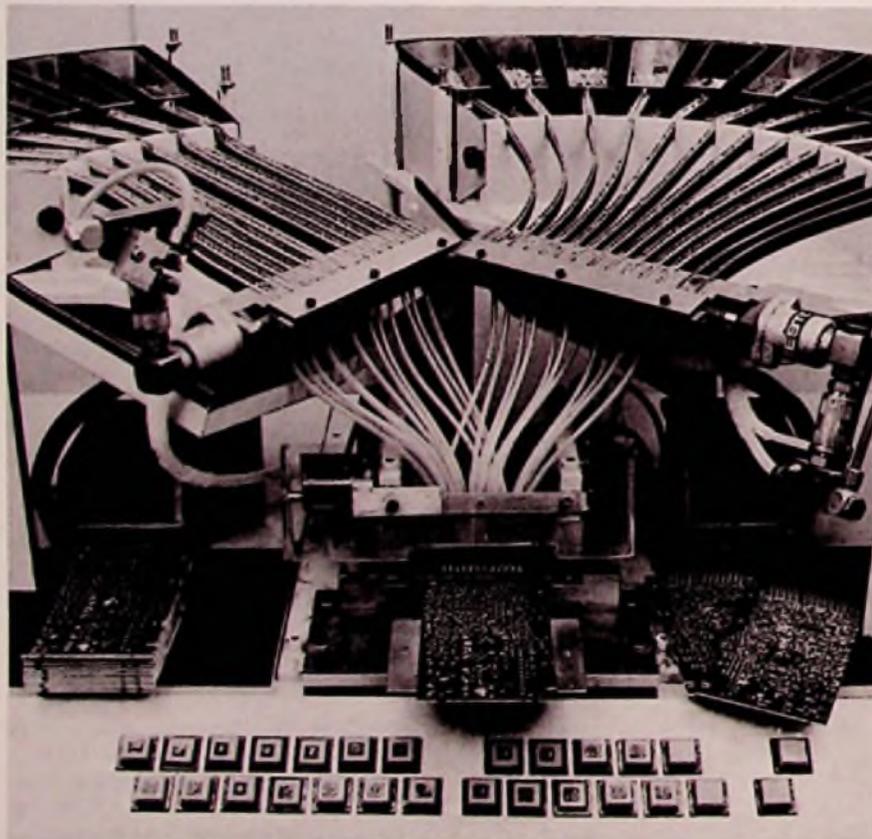
### Engstellen

Anlagen nach dem S-Konzept haben im Prinzip mehrere eingebaute Engstellen im Fertigungsfluß. Diese sind

1. der Sequenzer,
2. die Bestückungsmaschine selbst,
3. die nachträgliche Prüfung der nun tatsächlich erfolgten Bestückung.

Der Sequenzer ist deshalb eine Engstelle, weil hier eine Anzahl verschiedenartigster Bauelemente in einer festen Reihenfolge zusammengebracht werden muß. Bei Ausfall auch nur einer Sequenzer-Station muß der gesamte Sequenzer angehalten werden. Dies bedeutet, daß der Gesamt-Output nicht nur abhängig ist von der Maschine, sondern auch von der Qualität der angelieferten Bauelemente bzw. deren Verarbeitungszustand. Auch wenn die Geschwindigkeit des Sequenzers wesentlich höher ist als die der eigentlichen Bestückungsmaschine, ist bei seinem längeren Ausfall die nachfolgende Bestückungsoperation behindert und

Bild 2. Programmierbare Vorrichtung zum automatischen parallelen Einsetzen von Steckerstiften in Leiterplatten mit einem dazugehörigen neuartigen Rüttler zum kontinuierlichen Zuführen der Stecker



damit praktisch die Gesamtfertigung, die auf automatische Bestückung umgestellt wurde. Während die Wahrscheinlichkeit des Ausfalls des Sequenzers von seinem mechanischen Aufbau her noch vergleichsweise klein ist, wird die Ausfallwahrscheinlichkeit im Prinzip bei der Bestückungseinheit schon wesentlich größer, was um so unerfreulicher ist, als dies ohnehin der langsamere Teil des Verbundsystems ist. Wenn man bisher auch noch von keinen wesentlichen Ausfällen gehört hat, so ist doch diese Möglichkeit deshalb nicht auszuschließen.

Bei einem Ausfall einzelner Bauelemente ist außerdem während der Bestückung entweder die Notwendigkeit gegeben, den Gesamtzyklus anzuhalten und damit eine Unterbrechung wiederum der gesamten darauf umgestellten Produktion in Kauf zu nehmen oder aber nachträglich die gesamte Leiterplatte auf Fehler zu untersuchen. Auch dies vermindert die effektive Bestückungsgeschwindigkeit erheblich.

### Anforderungen an die Bauelemente

Im Zeitalter der immer höheren Integration erscheint es vom Konzept her nicht befriedigend, daß bei einer Bestückung nach dem S-Konzept nur axiale Bauelemente bestückbar sind. Ebenso müssen radiale Bauelemente, Transistoren, ICs und möglichst alle nur irgendwie geformten Bauelemente automatisch bestückt werden können, um zu den erhofften Rationalisierungen zu kommen.

Es ist äußerst unbefriedigend, hierfür Maschinen verschiedenster Art einsetzen zu müssen, wenn es sie überhaupt gibt, also für ICs spezielle Maschinen, für radiale Bauelemente wiederum eine Sorte von Maschinen, die darüber hinaus noch eine besondere Art von Gurtung erfordert.

Im übrigen ist die Gurtung radialer Bauelemente ja ein Trojanisches Pferd, das der deutschen und europäischen Bauelementeindustrie von der fernöstlichen Bauelementeindustrie vor die Haustür gestellt wird.

Zu diesen irgendwie gearteten Bauelementen gehören auch Drahtbrücken oder zu Steckerelementen zusammengefaßte Kontaktstifte. Im übrigen ist zu fragen, ob die Voraussetzung für das automatische Bestücken, die bisher gefordert wird, nämlich die Gurtung, nicht eine so einschneidende und kostenspielige Voraussetzung ist, daß sie wiederum den ganzen Bestückungsvorgang erschwert und verteuert.

### Kosten und Risiko

Der Einsatz einer Bestückungseinrichtung vom S-Typ verlangt eine erhebliche Anfangsinvestition. Diese Investition ist nur über die dahinterstehende größere Serie zu rechtfertigen. Sie scheidet deshalb zwangsläufig dort aus, wo es sich um relativ kleine Serien handelt.

Dies ist ein wesentlicher Nachteil, denn wenn sich die einheimische Industrie gegen ausländische Konkurrenz auf dem Sektor der Elektronik behaupten will, dann kann es nicht so weitergehen, daß sie personalkostenintensive Arbeiten in Niedriglohnländer exportiert und damit ihre Deckungsbasis im eigenen Land systematisch zerstört; dies gilt auch für Klein- und Mittelbetriebe, denen die Vorteile der automatischen Bestückung eben dann verwehrt sind, wenn die Großserie Voraussetzung für die Amortisation dieser Anlage ist.

Es ist Planungsziel für die Entwicklungsarbeiten, daß bei gleichem Investitionsvolumen wie bei einer Maschine vom S-Typ die Anlage von Loewe Opta etwa 5- bis 10mal schneller sein soll. Darüber hinaus ist aber bereits mit einer ganz kleinen Anlage ein Versuchs- oder Kleinbetrieb möglich, so daß man sowohl Erfahrungen im eigenen Haus sammeln als auch bei kleinen Serien mit einer teilautomatischen Anlage die erheblichen Vorteile automatischer Bestückung wahrnehmen kann.

Es sind hierbei, wie auch bei der Großanlage, alle möglichen Zusammenstellungen denkbar, insbesondere ist auch das Transportsystem mit serienmäßigen Transfermo-

dulen einfach zu lösen bzw. auch die halbautomatische Bestückung mit sehr einfachen Mitteln darzustellen.

Die Auslegung der Gesamtanlage kann sich nach der Fertigungsstruktur, der Fertigungsstückzahl und den technischen Gegebenheiten richten. Es ist nicht vorgesehen, eine bestimmte Zahl von Köpfen in einem starren Verbund miteinander zu koppeln, sondern es werden bei verschiedenen Anwendungsfällen verschiedene Konstellationen optimal sein. Dazu gehört auch, daß nicht alle Köpfe an eine Transferstraße gehängt werden, sondern daß verschiedene Transfereinheiten entsprechend der Geschwindigkeit der an ihnen installierten Köpfe zu Verbänden verkettet werden.

### Sicherheit

Die Frage nach der Sicherheit der automatischen Bestückung stellt sich in zweifacher Hinsicht: einmal die Sicherheit in der Bestückung selbst und der damit verbundenen Sicherheit für die laufende Produktion, zum anderen die Frage nach der Sicherheit der Bestückungsköpfe. Über das bereits Genannte hinausgehend ist dazu folgendes zu bemerken: Bei Ausfall eines Bestückungskopfes in einer ganzen Linie ist dieser beim Konzept von Loewe Opta leicht, d.h. in wenigen Sekunden, austauschbar. Darüber hinaus fällt aber in diesem Konzept tatsächlich jeweils nur ein Bauelement aus – was leicht nachbestückt werden kann, da es sofort identifizierbar ist –, während im übrigen die Produktion an den anderen Köpfen weitergehen kann.

Der Austausch von Köpfen an einer Straße ist so einfach, daß er innerhalb von wenigen Sekunden ohne Mühen und ohne nachfolgende Justierarbeiten zu erledigen ist. Weiter ist aber auch die Vorratshaltung von Köpfen deshalb möglich, weil die Köpfe ja vergleichsweise niedrige Preise haben sollen. Durch diese Möglichkeit ist noch einmal eine zusätzliche Sicherheit in die ganze Anlage hineingelegt. □

für Kfz. Maschinen, Werbung  
**PVC-Klebeschilder**  
 FIRMEN-BAU- u. Magnet-Schilder  
 BICHLMEIER 82 R.-Kastenaü  
 Erlenweg 17, Tel. 08031/31315-71925

300 Stück im  
 Scheukarton  
 DM: 49,50  
 Fordern Sie  
 unseren  
 Prospekt mit  
 vielen preiswerten  
 Zugabe-Artikeln  
**WANCKA-WERBUNG**  
 2 HAMBURG 54  
 Postfach 541043 · Telefon 040-560 29 01

### Elektronische Orgeln zum Selbstbau

Dr. Böhm-Orgeln sind unübertroffen vielseitig.

Sagezahn-, Rechteck- und Sinuserzeugung, 10chorig, voller Orgelklang und echte Instrumental-Klangfarben, alle modernen Spezialeffekte, Schlagzeug, BOHMAT.

Bauen Sie sich für wenig Geld Ihre Superorgel selbst!  
 Schon Zehntausende vor Ihnen, meist technische Laien, haben gebaut und sind begeistert!

**Dr. Böhm**

Elektronische Orgeln und Bausätze - Postf. 21 09/14/16 4950 Minden, T. 0571/5 20 31

Gratis-Katalog anfordern!



Grundsaltungen

# Praxisgerechte Berechnung von Schwingkreisen

## Teil 4: Resonanz-Transformation

Elektrische Schwingkreise sind zwar die ältesten Grundsaltungen der Elektronik, aber sie werden trotzdem rechnerisch nur selten so behandelt, wie es die Praxis verlangt – mit Berücksichtigung aller durch Bauelemente und Schaltungsaufbau hervorgerufenen zusätzlichen Impedanzen sowie anderer Einflüsse. Worauf es bei Schwingkreisen wirklich ankommt, behandelt Professor Otmar Kilgenstein von der Fachhochschule Nürnberg in dieser Serie für alle jungen Techniker und Ingenieure, die es genau wissen wollen.

Der Resonanzparallelwiderstand  $R_p$  eines Parallelschwingkreises soll hochohmig sein (etwa im Bereich von 10... 100 k $\Omega$ ), damit einerseits die Bandbreite nicht allzugroß wird, andererseits die Verstärkung einer Stufe ( $v = S \cdot R_p$ ) möglichst groß wird. Bei Leistungsstufen soll der Widerstand  $R_p$  sogar eine bestimmte, optimale Größe (10... 50 k $\Omega$ ) haben, damit die Leistungsverstärkung bzw. die zu erzielende Ausgangsleistung optimal werden.

Die an die Schwingkreise anzuschließenden Widerstände (Ausgangswiderstand der Vorstufe, Eingangswiderstand der Folgestufe, Antennen) sind nun aber meistens sehr viel niederohmiger beschaffen, so daß eine Transformation auf den gewünschten Wert mit dem sowieso vorhandenen Schwingkreis erfolgen kann. Ob diese Transformation induktiv oder kapazitiv erfolgt, ist an sich gleichgültig; es kommt jeweils auf die Möglichkeiten des Anschlusses an. Bei Leitungskreisen hat es sich besonders für hohe Leistungen bewährt, die kapazitive Transformation mit einem zugeschalteten kapazitiven Teiler zu bewerkstelligen. Bild 1 zeigt die verschiedenen Möglichkeiten.

Unter der Bedingung,

$$R_2 \geq 10 \cdot X_2 \tag{1}$$

gilt:

$$\frac{R_1}{R_2} = \left(1 + \frac{L_1 + M}{L_2 + M}\right)^2 \tag{2}$$

bei gegenseitiger Kopplung der beiden Spulen.

$$\frac{R_1}{R_2} = \left(1 + \frac{L_1}{L_2}\right)^2 \tag{3}$$

ohne Kopplung der beiden Spulen

$$\frac{R_1}{R_2} = \left(1 + \frac{C_2}{C_1}\right)^2 \tag{4}$$

Für die Berechnung von  $M$  gibt es eine Menge mehr oder weniger genauer Formeln; hierzu muß aber die Größe und Form der Spule bekannt sein. Man kann aber auch  $M$  meßtechnisch sehr einfach durch 2 Messungen der Induktivitäten  $L'$  und  $L''$  bestimmen.

$L'$  – Gesamtinduktivität von  $L_1$  und  $L_2$  bei gleichsinniger Reihenschaltung

$L''$  – Gesamtinduktivität von  $L_1$  und  $L_2$  bei gegensinniger Reihenschaltung

$$M = \frac{L' - L''}{4} \tag{5}$$

**Beispiel:** An einen Koaxial-Leitungskreis (kurzgeschlossene  $\lambda/4$ -Leitung) soll mittels eines kapazitiven Teilers ein 60-Ohm-Kabel so angeschlossen werden, daß als Schwingkreis-Parallelwiderstand  $R_1 = 30$  k $\Omega$  erscheint. Die Verluste des Schwingkreises selbst sollen vernachlässigt werden. Wie lang wird die Leitung? ( $Z_L = 50 \Omega$ )  $f = 100$  MHz;  $\epsilon_r \approx 1$  Zunächst wird die Kapazität  $C_2$  bestimmt, damit Gl. 1 erfüllt ist.

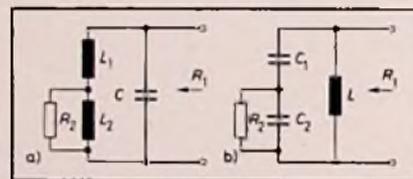


Bild 1. Induktive und kapazitive Resonanztransformation

$$R_2 = 60 \Omega ; \frac{1}{\omega \cdot C_2} \leq 6 \Omega$$

$$C_2 \geq \frac{1}{6,28 \cdot 100 \cdot 10^6 \cdot \text{s}^{-1} \cdot 6 \Omega}$$

$$C_2 \geq 265 \text{ pF}$$

gewählter Wert :  $C_2 = 300$  pF.

$R_1 = 30$  k $\Omega$

$$\frac{R_1}{R_2} = \left(1 + \frac{C_2}{C_1}\right)^2 = \left(1 + \frac{300 \text{ pF}}{C_1}\right)^2$$

$$\sqrt{\frac{30 \text{ k}\Omega}{60\Omega}} = 1 + \frac{300 \text{ pF}}{C_1} = 22,36$$

$$C_1 = \frac{300 \text{ pF}}{21,36} = 14 \text{ pF}$$

$$X_{-1} = \frac{1}{6,28 \cdot 14 \cdot \text{pF} \cdot 100 \text{ MHz}} = 114 \Omega$$

$$\frac{X}{Z_L} = \frac{114 \Omega}{50 \Omega} = 2,28$$

$$l/\lambda = 0,184$$

Länge der Koaxialleitung,

$$l = 300 \text{ cm} \cdot 0,184$$

$$l = 55,2 \text{ cm}$$

(Wird fortgesetzt)

### Terminkalender für Fachveranstaltungen

12.09. – 14.09.1978

Zürich

Semicon/Europa – Halbleiter-Fachmesse  
Auskünfte: Semicon/Europa, Oberdorfstr. 28, CH-8001 Zürich

18.09. – 20.09.1978

Berlin

NTG/IEEE-Fachtagung Informations- und Systemtheorie in der digitalen Nachrichtentechnik

Auskünfte: Nachrichtentechnische Gesellschaft im VDE, Stresemannallee 21, 6000 Frankfurt 70

18.09. – 22.09.1978

Rotterdam

Seminar Reliability Engineering – Advanced Technology and Industrial Applications  
Auskünfte: CBO-Centrum, P.O. Box 30042, NL-Rotterdam

02.10. – 05.10.1978

Hannover

VDE-Kongreß '78 – 60. VDE-Hauptversammlung  
Auskünfte: VDE, Stresemannallee 21, 6000 Frankfurt 70

02.10. – 06.10.1978

Ljubljana

Internationale Ausstellung Moderne Elektronik '78

Auskünfte: Gospodarsko Raztavisce, Postfach 413, YU-61000 Ljubljana

09.10. – 13.10.1978

Trier

Jahrestagung der Fernseh- und Kinotechnischen Gesellschaft

Auskünfte: Fernseh- und Kinotechnische Gesellschaft e.V. c/o ZDF, Postfach 4040, 6500 Mainz

27.10. – 02.11.1978

Kopenhagen

Elektronik '78 – Internationale Elektronikausstellung

Auskünfte: Bella Center, Center Boulevard, DK-2300 Kopenhagen S.

## Hi-Fi-Technik

## Besondere Bedingungen beim Hören einer stereophonen Wiedergabe

Ing. Georg Geisler, Warschau

Der Beitrag erläutert die beim Hören einer stereophonen Wiedergabe vorliegenden Bedingungen anhand eines theoretischen Modells, das der Autor durch Messungen erhärtet hat. Daraus ergeben sich teilweise überraschende Konsequenzen für die optimale Aufstellung der Lautsprecherboxen einer Hi-Fi-Anlage.

Die einfachste und vom theoretischen Standpunkt aus beste Wiedergabe in einer Hi-Fi-Anlage bieten Kopfhörer. Bei der Übertragung des Tonfrequenzbereiches sind nämlich dynamische Kopfhörer auf der Wiedergabeseite nicht schlechter als professionelle Mikrophone bei der Aufnahme-seite. Außerdem ermöglichen sie durch die Abschirmung der Ohren ein Hörerlebnis, das nicht von Einflüssen des Abhör-raumes gestört wird.

In der Praxis weisen Kopfhörer aber eine Reihe von Nachteilen auf: Sie müssen im Gebrauch ständig getragen werden, was unter natürlichen Abhörbedingungen nicht vorkommt und deshalb vom Benutzer Gewöhnung erfordert. Auch die Abschirmung der Ohren hat Nachteile, denn die psychische Einstellung des Menschen wird in hohem Maße durch Umweltgeräusche geprägt. Ebenfalls gegen Kopfhörer spricht der Maskeneffekt. Er läßt sich wahrnehmen, wenn man beide Ohren mit den Fingern zuhält: man hört dann das Blut in den Adern strömen und vernimmt den eigenen Atem. Der Benutzer eines Kopfhörers muß also neben der Darbietung auch die von seinem Organismus erzeugten Störgeräusche anhören. Unter natürlichen Abhörbedingungen kann der Mensch den Standort einer Schallquelle durch Drehen des Kopfes ermitteln. Mit aufgesetztem Kopfhörer ist das unmöglich, da jede Kopfbewegung genau dieselbe Verschiebung der scheinbaren Schallquelle verursacht.

Das sind einige der Gründe, warum das Abhören stereophoner Aufnahmen mit Kopfhörern nicht die Wiedergabe über Lautsprecher verdrängt.

Es bleibt also nichts anderes übrig, als Lautsprecher zu verwenden, allerdings unter „entsprechenden“ Abhörbedingungen. Damit ist ein Abhör-raum gemeint, der akustisch einem üblichen Wohnzimmer entspricht. Wichtig ist auch, daß Abhörkontrollen, die während oder nach einer Aufnahme gemacht werden, unter den gleichen Bedingungen erfolgen. Nur dann läßt sich die Aufnahme mit einer einzigen veränderlichen Größe beurteilen: der augenblicklichen psychophysischen Verfassung des Menschen.

### Ein theoretisches Modell für die Stereo-Wiedergabe

Bei der stereophonen Wiedergabe hängt die Sicherheit, mit der die scheinbaren Schallquellen des Abhörpanoramas geortet werden können, von verschiedenen Faktoren ab. Einige lassen sich nicht beeinflussen, andere dagegen sehr wohl, beispielsweise die Auswahl der Lautsprecher und ihr Standort im Abhör-raum.

Die scheinbar einfache Aufgabe der richtigen Lautsprecheraufstellung ist in Wirklichkeit so kompliziert, daß sich die Sachlage nur durch eine Analyse klären läßt; sie ist allerdings abstrakt, weil sie sich auf ideale Bedingungen stützt, die es in Wirklichkeit nicht gibt. Die Analyse soll das akustische Geschehen beim Abhören zweikanaliger Aufzeichnungen verständlicher machen. Als Voraussetzung wird angenommen:

- Der Abhör-raum hat keinen Nachhall;
- Beugung, Dämpfung und Brechung der Schallwellen sowie akustischer Schatten werden nicht berücksichtigt;

- die Signalquelle ist ein Sinusgenerator, der beide Lautsprecher gleichphasig speist;
- der Schallempfänger ist ein Kunstkopf mit zwei Schalldruckmikrophonen,
- die Signalfrequenz ist so gewählt, daß die halbe Wellenlänge des Signals dem Abstand der Mikrophone im Kunstkopf entspricht.

Unter Berücksichtigung der Schallgeschwindigkeit in Luft und der Annahme, daß der Abstand der Mikrophone 17 cm beträgt, ergibt sich für das Signal eine Frequenz von 1000 Hz.

Der Kunstkopf wird in der Mitte zwischen den beiden Lautsprechern so aufgestellt, daß die Mikrophone auf die Lautsprecher gerichtet sind (Bild 1). Wird die Anlage jetzt eingeschaltet, entsteht durch Interferenz eine stehende Welle mit den charakteristischen Minima und Maxima. Zwei der Schalldruck-Minima sind dann genau dort, wo sich die Mikrophone des Kunstkopfes befinden. Eine Messung der Mikrophon-Ausgangsspannungen ergab, daß deren Wert gleich Null ist. Ein Mensch würde in einer solchen Situation keinen Schall wahrnehmen.

Wenn der Kunstkopf auf der Achse C-D verschoben wird, dann steigt die von den Mikrophen abgegebene Spannung so lange, bis sich die Mikrophone in den Wellenbäuchen befinden. Ein Mensch würde nun zwar etwas hören, aber er könnte den Standort der scheinbaren Schallquelle nicht bestimmen. Ein unerfahrener Hörer könnte sogar den Eindruck haben, den Schall beider Lautsprecher getrennt zu hören. Das ist möglich, weil sich seine Ohren in benachbarten Bäuchen der stehenden Welle befinden und die Schalldruck-Maxima dort entgegengesetzte Phasenlage haben. Der Kunstkopf durchläuft also bei der Verschiebung auf der Achse C-D abwechselnd

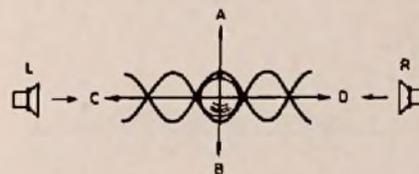


Bild 1. Kunstkopf im Bauch einer stehenden Welle;  $f = 1000$  Hz

schalltote Zonen und lautstarke Zonen, die es aber nicht ermöglichen, den Standort der scheinbaren Schallquelle zu orten.

Wenn der Kunstkopf wieder in der Mitte zwischen beiden Lautsprechern steht und die Frequenz des Signals so verkleinert wird, daß sich beide Ohren im gleichen Bauch der stehenden Welle befinden (Bild 2), dann wirkt auf jedes Ohr ein nach Größe und Phasenlage gleicher Schalldruck. Ein Mensch

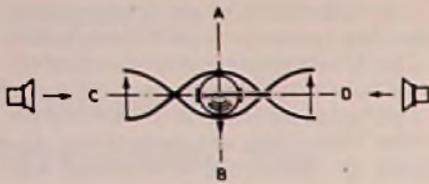


Bild 2. Kunstkopf im Bauch einer stehenden Welle;  $f = < 1000$  Hz

hört den Schall und lokalisiert die scheinbare Schallquelle genau vorne, in der Richtung A. Wenn der Kunstkopf dagegen in Richtung C verschoben wird, nimmt der auf das linke Ohr wirkende Schalldruck ab, weil sich das Ohr dem Wellenknoten nähert. Das rechte Ohr bewegt sich dagegen auf den Wellenbauch zu. Ein Mensch hätte den Eindruck, als ob sich die scheinbare Schallquelle nach rechts, also in entgegengesetzter Richtung, verschieben würde. Wenn das linke Ohr den Wellenknoten erreicht, ist der Schall nur von rechts wahrzunehmen. Weiteres Verschieben des Kopfes in Richtung C verursacht den Eintritt des linken Ohres in den benachbarten Wellenbauch, wo der Schalldruck in Gegenphase ist. In diesem weiter oben be-

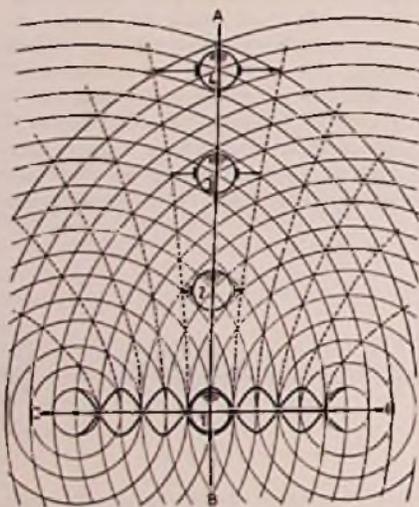


Bild 3. Schalldruck-Verteilung im Abhörraum

schriebenen Fall ist eine Lokalisierung der scheinbaren Schallquelle nicht möglich. Nochmaliges Verschieben nach links bewirkt, daß sich das rechte Ohr im Knoten, das linke dagegen im Bauch der stehenden Welle befindet. Man hört jetzt den Schall nur von der linken Seite. Zusammenfassend läßt sich sagen: Ein Mensch, der sich in der beschriebenen Weise auf der Achse C-D bewegt, hat den

Eindruck, daß die scheinbare Schallquelle von der einen Seite auf die andere springt. Die Erscheinung des „Springens“ läßt sich mit dem Gefühl vergleichen, das eintritt, wenn man mit dem Finger über das Blech eines alten Waschbrettes streicht. Sie soll daher „Waschbrett-Effekt“ genannt werden. Die bisherigen Erkenntnisse zeigen: Je niedriger die Frequenz des von den Lautsprechern abgegebenen Signals, desto größer die Freiheit der Kopfbewegung auf der Achse C-D (Bild 2). Eine Schallwelle, deren halbe Wellenlänge dem Abstand 1000 Hz – von der an in Richtung höherer Frequenzen Schwierigkeiten beim Lokalisieren der scheinbaren Schallquellen auftreten.

Bild 3 zeigt bei der Grenzfrequenz und mit den eingangs getroffenen Annahmen die hyperbelartige Verteilung der Schalldruck-Maxima und -Minima im Abhörraum. Befindet sich der Kunstkopf in Position 1, so ist kein Schall zu hören. Das Verschieben auf der Achse C-D ruft den Waschbrett-Effekt hervor. Wird der Kunstkopf in der Position 2 aufgestellt und dann in Richtung A verschoben, so tritt kein Waschbrett-Effekt ein, da auf der Achse A-B ein ständiges Interferenzmaximum vorhanden ist. Außerdem vergrößert sich der Abstand der Hyperbeläste nach A hin. Der Bereich der Schalldruck-Maxima wird dadurch breiter, so daß mit zunehmender Entfernung von Position 1 die Bewegungsfreiheit des Kopfes wächst (Positionen 3 und 4 in Bild 3). Der gleiche Effekt tritt ein, wenn sich die beiden Schallquellen auf der Achse C-D einander nähern. Dann biegen die Hyperbeläste stärker ab, und das Schalldruck-Maximum wird beispielsweise an der Stelle 2 so breit, wie es ursprünglich an der Stelle 4 war. Für den Grenzfall, daß sich die Lautsprecher im Kreuzungspunkt der Achsen A-B und C-D treffen, ist die Kopfbewegungsfreiheit zwar am größten, aber stereophones Abhören ist dann nicht mehr möglich, da nur eine einzige Schallquelle vorhanden ist. Daraus läßt sich eine weitere Schlußfolgerung ziehen: Eine scheinbare Schallquelle läßt sich um so besser orten, je größer die Entfernung zwischen Zuhörer und den Lautsprechern ist oder je kleiner der Abstand der Lautsprecher voneinander ist. Die besten Ergebnisse zeigen niedrige Signalfrequenzen, da deren Schalldruck-Maxima besonders flach sind.

**Messungen bestätigen das theoretische Modell**

Um nachzuprüfen, ob das wirkliche Stereo-Abhörfeld den theoretischen Erwägungen nahekommt, wurden in einem Saal zwei Lautsprecher so aufgestellt, daß ihre Symmetrieachsen parallel verlaufen (Bild 4). Als Signal erhielten beide gleichphasig ein Terzrauschen. Das an einer

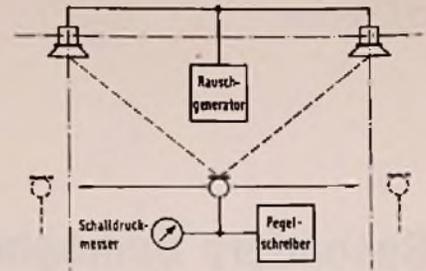
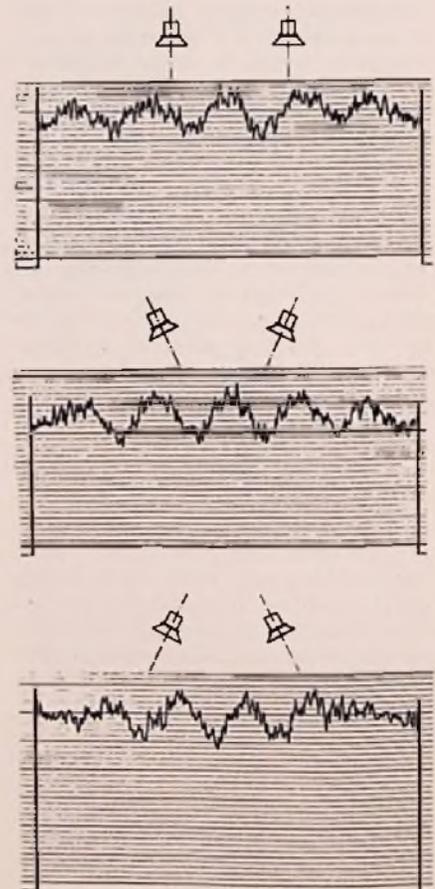


Bild 4. Meßaufbau für die Untersuchung des Stereo-Abhörfeldes

Mikrofonangel hängende Schalldruck-Mikrofon ließ sich quer zu den Lautsprecherachsen bewegen und war an einen Schalldruck-Messer und einen Pegelschreiber angeschlossen. Zu Beginn jeder Messung wurde die Meßanordnung so eingestellt, daß die Ergebnisse vergleichbar waren. Danach wurde das Mikrofon in die äußerste linke Stellung gebracht, die Anlage eingeschaltet und das Mikrofon dann gleichmäßig in die äußerste rechte Stellung verschoben. Das Ergebnis dieser Messung zeigt Bild 5 oben.

Bild 5. Schalldruck-Verteilung bei 800 Hz oben: parallele Lautsprecherachsen Mitte: gekreuzte Lautsprecherachsen unten: divergente Lautsprecherachsen



Deutlich ist die stehende Welle zu erkennen. Damit sind die theoretischen Überlegungen als zutreffend bestätigt worden.

Wie sich die Abhörbedingungen mit gekreuzten oder divergenten Lautsprecherachsen und bei höheren Frequenzen verhalten, ist aus den Bildern 5 und 6 zu entnehmen. Während die Richtung der Schallaustrittsöffnung bei niedriger Signalfrequenz das Meßergebnis kaum

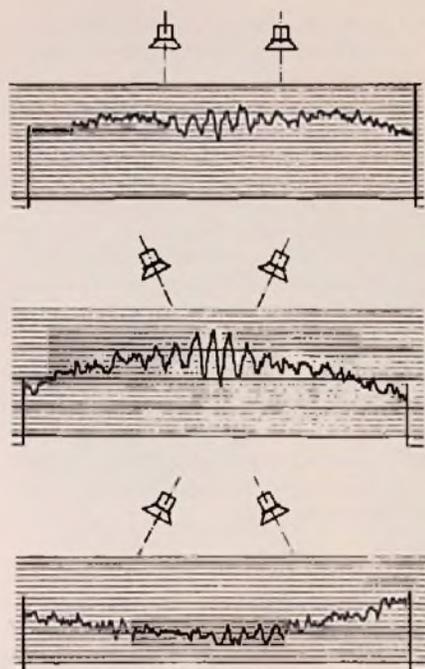


Bild 6: Schalldruck-Verteilung bei 3150 Hz  
oben: parallele Lautsprecherachsen  
Mitte: gekreuzte Lautsprecherachsen  
unten: divergente Lautsprecherachsen

beeinflußt, ist bereits bei der Frequenz 3150 Hz eine deutliche Abhängigkeit zu erkennen. Hier weist das akustische Feld bei divergenten Lautsprecherachsen eine Krümmung nach unten (Abschwächung), bei parallelen Achsen keine Abweichung und bei gekreuzten Achsen eine Verstärkung in der Mitte auf.

Die Frage ist, ob die Lokalisierung der scheinbaren Schallquelle unter diesen Bedingungen auch bei höheren Frequenzen möglich ist und welchen Einfluß neben Beugung und Brechung der Schallwellen der akustische Schatten hat. Der akustische Schatten hat nur dann eine Bedeutung, wenn der Mensch die natürlichen Schallquellen, nämlich das der Aufzeichnung zugrunde liegende Original-Schallereignis, abhört. Wenn er aber zwei von ihm gleichweit entfernte Schallquellen hört, die beide ein und dasselbe Signal gleichphasig abgeben, dann spielt der akustische Schatten keine Rolle für das Orten der scheinbaren

Schallquellen. Er tritt nämlich zu beiden Seiten des Kopfes symmetrisch auf, so daß seine Wirkung aufgehoben wird. Ebenso verhält es sich mit der Wirkung von Beugung und Brechung.

Eine Lokalisierung der scheinbaren Schallquellen ist bei höheren Frequenzen zwar möglich, aber nur unter Einschränkungen: Das ungeradzahlige Vielfache der halben Wellenlänge muß dem Abstand der menschlichen Ohren entsprechen, und der Kopf des Hörers darf seine Stellung nicht verändern. Diese Art der Lokalisierung nennt man unstetig. Eine – wünschenswerte – stetige Lokalisierung ist nur möglich, wenn die halbe Wellenlänge viel größer als der Abstand der Ohren ist. Die Signalfrequenz muß also kleiner als die Grenzfrequenz sein.

### Schlußfolgerungen für die Wiedergabe von Musik

Nun läßt sich einwenden, daß Musik nicht aus solchen Signalen besteht, bei denen die Erscheinung beobachtet wurde. Dieser Einwand ist jedoch nur teilweise berechtigt, denn die Möglichkeit, scheinbare Schallquellen zu orten, die Impulssignale abgeben, hängt außer von den Schalldruck-Differenzen auch noch von anderen Faktoren ab. Bei solchen Signalen tritt auch kein Waschbrett-Effekt auf, weil sie zu kurz sind. Außerdem gibt es in der Musik sehr oft Signale, die in einem bestimmten Zeitabschnitt als konstant angesehen werden dürfen. Spielt beispielsweise ein Streichquartett „arco“, also einen etwa zwei Sekunden dauernden Akord  $G_1 G_{\text{d}} a c^1 f^1 a^1$ , muß das als Zustand betrachtet werden, bei dem sich der Waschbrett-Effekt zeigen kann. Ob in diesem Akord noch höher liegende Klanganteile auftreten, ist ohne Bedeutung, weil der Waschbrett-Effekt, den das Streichquartett erzeugt, schon genügend gestört hätte. Hätte – deswegen, weil der höchste Ton  $a^1$  mit 440 Hz weit unter der Grenzfrequenz von 800 Hz liegt.

Jeder Lautsprecher hat für die einzelnen Frequenzbereiche eine bestimmte Richtcharakteristik. Bei tiefen Frequenzen werden Kugelwellen abgestrahlt, die hohen Töne dagegen sind nur innerhalb einer schmalen Keule hörbar. Daraus ergibt sich, daß für niedrige Frequenzen die Stellung der Lautsprecherachsen zum Kopf des Hörers ohne Bedeutung ist (Bild 7). Die Amplitude des Schalldrucks am Ort des Hörers hängt dabei von der Amplitude des von den Lautsprechern erzeugten Schalldrucks und vom Abstand des Hörers zu den Lautsprechern ab. Anders verhält es sich, wenn die Lautsprecher einen hohen Ton abstrahlen (Bild 8). Die Schalldruck-Amplitude der stehenden Welle ist bei parallelen Achsen viel kleiner als bei gekreuzten. Damit tritt als weitere Einflußgröße die Richtung der Lautsprecher-Symmetrieachsen in Erscheinung.

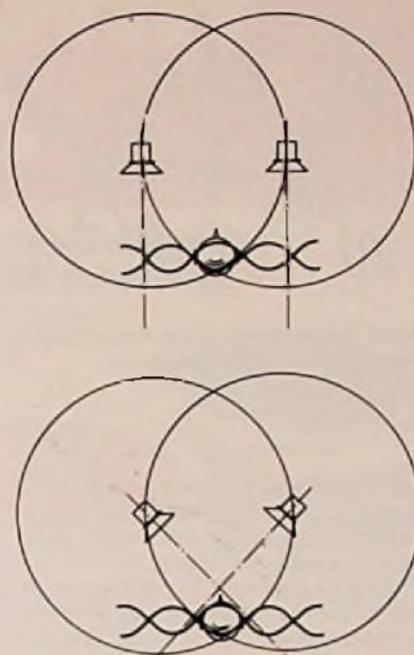
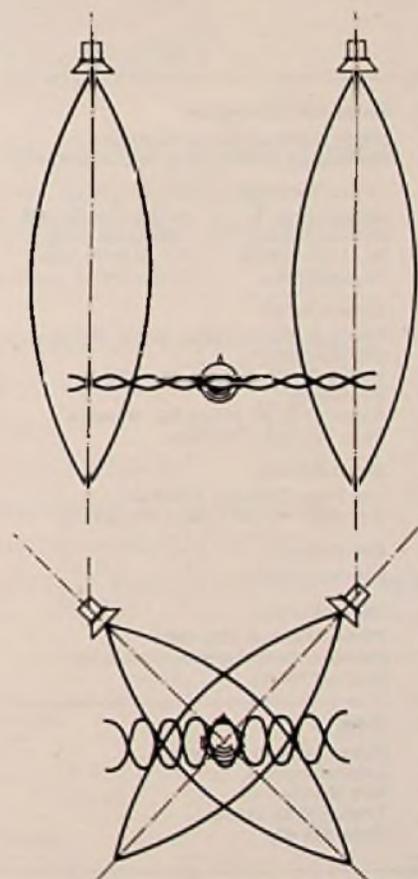


Bild 7: Abstrahl-Charakteristik bei tiefen Frequenzen.  
oben: Lautsprecherachsen parallel  
unten: Lautsprecherachsen gekreuzt

Bild 8: Abstrahl-Charakteristik bei hohen Frequenzen.  
oben: Lautsprecherachsen parallel  
unten: Lautsprecherachsen gekreuzt



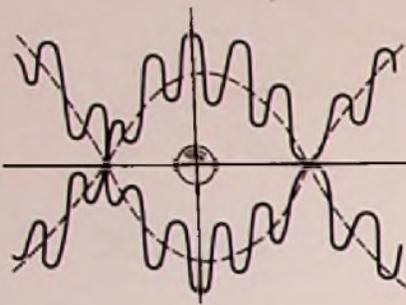


Bild 9. Überlagerung zweier Schwingungen verschiedenen großer Amplituden

Wie verhält es sich aber, wenn die Lautsprecher gleichzeitig zwei verschiedene Töne, beispielsweise 200 Hz und 2000 Hz, abgeben? Die Lautsprechermembrane führt dann in der Periodendauer der niedrigeren Frequenz 10 Schwingungen der höheren Frequenz aus. Dem 200-Hz-Signal wird das 2000-Hz-Signal überlagert. Ist die Amplitude des höheren Tones kleiner als die des tieferen, dann ergibt sich für das Abhörfeld eine Kurve wie in Bild 9. Der Hörer kann die scheinbare Schallquelle in der Richtung A orten, ohne daß sich der Waschbrett-Effekt bemerkbar macht. Wenn aber die Amplitude des 200-Hz-Tones gleich oder sogar kleiner

wird als die des 2000-Hz-Tones, ergibt sich eine Situation wie in Bild 10. In diesem Fall wird die Lokalisierung wegen des starken Waschbrett-Effektes schwierig, wenn nicht sogar unmöglich.

Als Abhilfe kann die Amplitude des 2000-Hz-Signals abgeschwächt werden; dann tritt wieder der Fall von Bild 9 ein. Aber wie läßt sich das eine Signal dämpfen, ohne das andere zu beeinflussen? Einfach dadurch, daß die Lautsprecherachsen parallel oder sogar divergent ausgerichtet werden. Die genaue Lage hängt vor allem von den Richtcharakteristiken der Lautsprecher und von den akustischen Bedingungen des Abhörortes ab. Bei diesem Vorgehen kann sich auch die Klangfarbe ändern. Allerdings bemerkt man das erst bei Signalen mit größeren Amplituden und Frequenzen im Bereich der Haupt-Abstrahlrichtung.

Länger dauernde Signale dieser Art kommen aber in der Musik so selten vor, daß sich die Klangfarbenänderung kaum störend bemerkbar macht. Daneben treten länger anhaltende Signale mit großen Amplituden und Frequenzen unter 1000 Hz viel häufiger auf. Die Lage der Lautsprecherachsen geht hier aber nicht in die Klangfarbe ein, da die tiefen Töne mit ihren großen Amplituden immer eine „Trägerwelle“ für die schwächeren Oberwellen bilden. Das gilt besonders

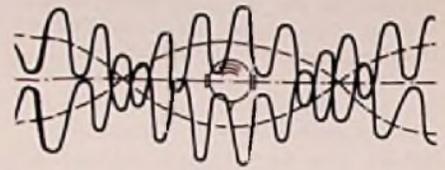


Bild 10. Überlagerung zweier Schwingungen ähnlich großer Amplituden.

für Lautsprecherboxen, bei denen die Symmetrieachsen der Hochtonsysteme divergieren.

Bei gekreuzten Lautsprecherachsen muß wegen des Waschbrett-Effektes immer mit Schwierigkeiten beim Lokalisieren gerechnet werden. Deshalb sind alle Empfehlungen, die den Winkel der Lautsprecherachsen betreffen, ohne Bedeutung. Auch die Angabe der Basisbreite hat wenig Sinn. Alle diese Größen hängen nämlich auch von den Daten der Lautsprecher, den Eigenschaften des Abhörortes und nicht zuletzt vom individuellen Hörvermögen jedes einzelnen ab. Der günstigste Ort für die Lautsprecher sollte deshalb unter Berücksichtigung der genannten Parameter experimentell ermittelt werden, da beim Abhören einer Stereo-Wiedergabe nur so die Schallquellen optimal geortet werden können. □

**Verlag und Herausgeber**

Hüthig & Pflaum Verlag GmbH & Co.  
Fachliteratur KG, München und Heidelberg

**Verlagsanschriften:**

Lazarettstraße 4  
8000 München 19  
Tel. (0 89) 18 60 51  
Telex 5 29 408

Wilckensstraße 3-5  
6900 Heidelberg 1  
Tel. (0 62 21) 4 89-1  
Telex 4 61 727

**Gesellschafter:**

Hüthig & Pflaum Verlag GmbH, München,  
(Komplementär),  
Hüthig GmbH & Co. Verlags-KG,  
Heidelberg,  
Richard Pflaum Verlag KG, München,  
Beda Bohinger, München

**Verlagsleitung:**

Ing. Peter Eiblmayr, München,  
Dipl.-Kfm. Holger Hüthig, Heidelberg.

**Koordination:**

Fritz Winzinger

**Verlagskonten:**

PSchK München 8201-800  
Deutsche Bank Heidelberg 01/94 100  
(BLZ 672 700 03)

**Druck**

Richard Pflaum Verlag KG  
Lazarettstraße 4  
8000 München 19  
Telefon (0 89) 18 60 51  
Telex 5 29 408

**FUNK  
TECHNIK**

Fachzeitschrift für  
die gesamte Unterhaltungselektronik

Erscheinungsweise: Zweimal monatlich.  
Die Ausgabe „ZV“ enthält die regelmäßige  
Verlegerbeilage „ZVEH-Information“.  
Vereinigt mit „Rundfunk-Fernseh-  
Großhandel“

**Redaktion**

**Chefredakteur:**  
Dipl.-Ing. Wolfgang Sandweg

**Redakteure:**

Josef Barfuß, Curt Rint, Margot Sandweg

Redaktion Funk-Technik  
Lazarettstraße 4  
8000 München 19  
Telefon (0 89) 18 60 51  
Telex 5 29 408 pflvl

Außenredaktion Funk-Technik  
Redaktionsbüro W. + M. Sandweg  
Weiherfeld 14  
8131 Aufkirchen über Starnberg  
Telefon (0 81 51) 56 69

Nachdruck ist nur mit Genehmigung der  
Redaktion gestattet.  
Für unverlangt eingesandte Manuskripte  
wird keine Gewähr übernommen.

**Anzeigen**

**Anzeigenleiter:**  
Walter Sauerbrey  
Hüthig & Pflaum Verlag  
Anzeigenabteilung „Funk-Technik“  
Postfach 20 19 20  
8000 München 2  
Telefon (0 89) 18 60 51  
Telex 5 216 075 pfla

**Paketanschrift:**  
Lazarettstraße 4  
8000 München 19

**Gültige Anzeigenpreisliste**  
Nr. 11 vom 1. 9. 1977



**Vertrieb**

**Vertriebsleiter:**  
Peter Bornscheuer  
Hüthig & Pflaum Verlag  
Vertriebsabteilung  
Wilckensstraße 3-5  
6900 Heidelberg 1  
Telefon (0 62 21) 4 89-1  
Telex 4 61 727

**Bezugspreis** zuzüglich Versandkosten:  
Jahresabonnement 80,- DM (im Inland  
sind 6% Mehrwertsteuer eingeschlossen)  
Einzelheft 3,50 DM  
**Kündigungsfrist:**  
Zwei Monate vor Quartalsende (Ausland:  
Bezugsjahr)  
Bei unverschriftetem Nichterscheinen keine  
Nachlieferung oder Erstattung.

# Der sichere Griff zur Kraft.

## Die Kraftladungen von DAIMON im neuen Design: Dynamisch, kraftvoll – unverwechselbar DAIMON.

Eine klare Botschaft für den Verbraucher: Deutlich nach Kraftklassen geordnet. Damit die Kaufentscheidung für Ihre Kunden viel leichter wird.



**Der Erfolg: Sie verkaufen mehr DAIMON! Denn richtig informieren heißt: Erfolgreich verkaufen.**

Denn dieses DAIMON-Produkt hat längst einen bemerkenswerten Siegeszug angetreten. Und das soll so weitergehen. Damit Sie davon profitieren: Kraftvolle, überzeugende Werbung. Im Werbefernsehen und in den großen Zeitschriften.

Die DAIMON-Werbung erreicht 82,5 % aller Bundesbürger ab 14 Jahren. Das sind 36,6 Millionen. Das sind 178,5 Millionen Kaufimpulse: Eine Unterstützung, die Sie spüren werden.

**Und weiter an der Spitze Ihrer Empfehlung: DAIMON N1: ALLKRAFT.**

	SEPTEMBER			OKTOBER			NOVEMBER					
<b>WERBEFERNSEHEN</b>												
NDR			19.19.51	26.19.20	2.19.51	10.19.51	21.19.08	28.18.53	31.18.25	2.19.51	8.19.20	16.19.20
			22.19.20	28.18.50	29.18.25					3.19.51	10.18.50	
WDR			18.18.35	26.18.35	5.19.05	13.18.00	21.19.51	25.18.35	30.19.50	3.18.00	8.19.05	
			20.19.50	29.19.05							11.19.51	
HESSEN			18.18.35	26.18.05	5.19.10	13.19.10	21.18.30			3.19.50	8.19.10	
			20.19.50	29.19.10							11.19.05	
SÜDWEST			19.19.05	29.18.25	7.19.35	11.18.55	19.18.25	25.19.35	31.18.55		8.18.25	
BAYERN			18.18.54	26.18.06	4.19.52	12.18.54	20.18.54	25.19.52		4.18.36	7.18.54	
SFB		15.19.50	18.19.16	26.18.33	2.19.05	10.19.50	18.19.09	21.19.50	30.19.16	3.19.05	8.19.50	
			20.19.09	29.19.50	5.19.16	13.18.30		25.19.50			11.19.09	
SAAR	2.19.50	7.19.48	15.19.50	23.19.20	27.19.50	3.18.20	10.19.20	18.19.50	23.18.50	30.18.20	2.18.20	10.18.20
						7.19.50	14.18.50		26.19.48			20.19.52
<b>ZEITSCHRIFTEN</b>												
KICKER							Heft 82				Heft 88	
BRAVO				Heft 39		Heft 41		Heft 43				
BILD AM SONNTAG							Heft 42				Heft 45	
QUICK					Heft 40		Heft 42		Heft 44			
NEUE REVUE						Heft 40		Heft 42		Heft 44		
TV HÖREN + SEHEN					Heft 40		Heft 42		Heft 44			
HOBBY				Heft 20			Heft 22				Heft 24	

# Hitachi kommt...



## ...mit seinen »turmhoch« überragenden HiFi-Bausteinen der Studioklasse.

Bauen Sie sich Ihr HiFi-Geschäft mit Hitachi aus. Baustein für Baustein. Lassen Sie sich überzeugen von der „turmhohen“ Qualität aller Hitachi HiFi-Geräte. Stellen Sie fest, was viele Ihrer Fachkollegen bereits erkannt haben: Hitachi ist mehr als ein klingender Name. Hitachi bedeutet Pioniertum, Ideenfülle und Überlegenheit in vielen Bereichen der HiFi-Technik. Hitachi baut HiFi-Tuner, -Verstärker, -Steuergeräte, -Plattenspieler, -Cassetten-Maschinen, -Boxen, -Kopfhörer.

Verständlich, daß der Hitachi HiFi-Turm komplett mit Rack LA-4 000 im Angebot nicht fehlt.

Mit diesen HiFi-Bausteinen der Studioklasse kommen Sie hoch hinaus. Turmhoch!

HT-550 HiFi-Plattenspieler mit quarzgesteuertem Uinitorque-Motor. Halbautomat, Direktantrieb. Mit Magnet-System. Gleichlaufschwankung nur  $\pm 0,03\%$ . Antiskating. Rumpelgeräuschabstand 74 dB.

SR-903-Receiver mit Dynaharmony-Technik. Spitzenausgangsleistung 160 W pro Kanal (2 x 110 W Sinus). UKW/MW. Frequenzumfang 10-30.000 Hz. Trennschärfe 75 dB. Eingangsempfindlichkeit 1,2  $\mu$ V.

D-850 HiFi-Cassetten-Maschine mit Dreikopfbestückung für separate Funktion Aufnahme/Wiedergabe/Hinterbandkontrolle. Signal-Rauschspannungsabstand 63 dB (DOLBY). Frequenzgang (CrO<sub>2</sub>) 30-16.000 Hz.

HS-530 HiFi-3-Weg-Box. Mit Ganz-Metallmembran. Patentiertes Kräuselsicken-Konzept. 135 W Musikbelastbarkeit, 100 W Nennbelastbarkeit.

 **HITACHI**

mehr Spaß an der Technik

Informieren Sie sich bei: Hitachi Sales Europa GmbH (Mitglied des dhfi) · Kleine Bahnstraße 8  
2000 Hamburg 54 · Hitachi Sales Warenhandel-Gesellschaft m.b.H. · Kreuzgasse 27 · 1180 Wien

## Den Hunger bekämpfen

Niemand kann auf die Dauer den Hunger beseitigen, wenn nicht das Brot in der Dritten Welt selbst wächst. Den Hunger bekämpfen heißt deshalb in erster Linie: Die Landwirtschaft fördern. Fachleute sind

sich aber auch einig, daß durch angepaßte Gesundheits- und Bildungsprogramme oft bessere Ergebnisse erzielt werden können, als mit Maßnahmen, die direkt an der Nahrungsmittelproduktion einsetzen. Es wäre daher unlogisch, isolierte Programme zur Bekämpfung des Hungers

zu entwerfen. Eine Strategie gegen diese größte Plage der Menschheit kann nur eine Strategie gegen die Unterentwicklung sein. Es gilt, die Armut auf dem Lande anzugreifen, die Entwicklung voranzutreiben. Und zwar auf allen Sektoren. Hier Beiträge zu leisten, ist Kern der Aufgabe von »Brot für die Welt«.

# Brot für die Welt

## Hilfe zum Leben

Landesgirokasse Stuttgart  
Konto Nr. 500500500



# Neue

Mickan, G.

Z L 15933

1255 Woltersdorf  
125 Goethestr. 11

# tur den Hi-Fi-Sound.

Aufgrund einer 50jährigen Erfahrung in der Entwicklung immer neuer Lautsprecher kann Valvo ein umfangreiches und bis ins Detail ausgewogenes Typenprogramm hoher Qualität anbieten.

Besonders in der Hi-Fi-Technik sind unsere Lautsprecher-Entwicklungen richtungsweisend für neue Gerätekonzepte, z. B. die Kalotten-Lautsprecher, Systeme mit eingebautem Beschleunigungsaufnehmer als

»motional feed-back« und die neuen Hochton-Lautsprecher mit Kunststoffkorb.

Und nicht zu vergessen: Valvo Hochtöner und Mitteltöner mit »sun gloss rings« für offene Boxen – wieder eine Neuentwicklung im Jubiläumsjahr.

Valvo Hi-Fi-Lautsprecher sind eine gelungene Kombination aus Technik und Design – für Perfektion auch im letzten Glied der Übertragungskette.



# Maximale Klangqualität.

A 0378/1371 o

Weitere Informationen erhalten Sie unter Bezug auf Nr. 1371 a von

**VALVO**

Artikelgruppe

Audio- und Video-Bauteile

Burchardstraße 19, 2000 Hamburg 1

Telefon (040) 32 96-425



## VALVO

Bauelemente  
für die gesamte  
Elektronik

