

# RUNDFUNK- TECHNISCHE MITTEILUNGEN

HERAUSGEGEBEN IM AUFTRAGE DER  
ARBEITSGEMEINSCHAFT DER ÖFFENTLICH-  
RECHTLICHEN RUNDFUNKANSTALTEN DER  
BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND SOWIE  
DES ZWEITEN DEUTSCHEN FERNSEHENS  
VOM

INSTITUT FÜR  
RUNDFUNKTECHNIK GMBH

Forstner

## AUS DEM INHALT:

*Herbert Hofmann,  
Gerhard Möll,  
Dietrich Sauter  
und Klaus Schuster*

Anlage zur Aufbereitung und Einblendung von Untertiteln nach dem englischen  
TELETEXT-Standard

*Manfred Ullrich*

Speicherung eines bewegten Fernsehbildes mittels Eimerkettenleitungen  
in MOS-Technik

*Jürgen Heitmann*

Zeitlupenwiedergabe und Suchlauf bei „Segmented Field“-Videorecordern

*Hans-Joachim Platte  
und Peter Laws*

Technische Probleme beim Einsatz kopfbezogener stereofoner  
Übertragungsverfahren

*Peter Laws  
und Hans-Joachim Platte*

Ein spezielles Konzept zur Realisierung eines Kunstkopfes für die  
kopfbezogene stereofone Aufnahmetechnik

*Elmar Stetter*

Die Verwendung des Dolby-B-Verfahrens bei der FM-Rundfunkübertragung

*Josef Sauer  
und Henning Tannenberger*

Kommandoanwahl mit digitaler Steuerung „Setast“

*Christoph Dosch*

IRT empfängt SIRIO

BCN-Format als Standard für segmentierte 1-Zoll-Schrägsपुरaufzeichnungsgeräte  
von SMPTE-Arbeitsgruppe vorgeschlagen

Buchbesprechungen – Nachrichten – Persönliches



INHALTSVERZEICHNIS :

Anlage zur Aufbereitung und Einblendung von Untertiteln nach dem englischen TELETEXT-Standard ..... 1 Herbert Hofmann, Gerhard Möll, Dietrich Sauter und Klaus Schuster	Die Verwendung des Dolby-B-Verfahrens bei der FM-Rundfunkübertragung ..... 32 Elmar Stetter
Speicherung eines bewegten Fernsehbildes mittels Eimerkettenleitungen in MOS-Technik ..... 10 Manfred Ullrich	Kommandoanwahl mit digitaler Steuerung „Setast“ ..... 39 Josef Sauer und Henning Tannenberger
Zeitlupenwiedergabe und Suchlauf bei „Segmented Field“-Videorecordern ..... 15 Jürgen Heitmann	IRT empfängt SIRIO ..... 42 Christoph Dosch
Technische Probleme beim Einsatz kopfbezogener stereofoner Übertragungsverfahren ..... 22 Hans-Joachim Platte und Peter Laws	BCN-Format als Standard für segmentierte 1-Zoll-Schrägspuraufzeichnungsgeräte von SMPTE-Arbeitsgruppe vorgeschlagen ..... 43
Ein spezielles Konzept zur Realisierung eines Kunstkopfes für die kopfbezogene stereofone Aufnahmetechnik ..... 28 Peter Laws und Hans-Joachim Platte	Buchbesprechungen ..... 44
	Nachrichten ..... 49
	Persönliches ..... 49

## ANLAGE ZUR AUFBEREITUNG UND EINBLENDUNG VON UNTERTITELN NACH DEM ENGLISCHEN TELETEXT-STANDARD<sup>1</sup>

VON HERBERT HOFMANN, GERHARD MÖLL, DIETRICH SAUTER, KLAUS SCHUSTER<sup>2</sup>

Manuskript eingegangen am 10. Januar 1978

Videotext

### Zusammenfassung

Die für die Internationale Funkausstellung 1977 in Berlin konzipierte Anlage zur Aufbereitung und Einblendung von Untertiteln nach dem englischen TELETEXT-Standard nimmt die notwendige zeitliche Verknüpfung zwischen den einzelnen Untertiteln und der zugehörigen Bildinformation mit Hilfe des EBU-Zeitcodes vor. Ausgangspunkt für die Untertitelung sind die auf Magnetband gespeicherte Bildinformation mit fortlaufendem Zeitcode und eine Liste der Untertitel mit den Zeitangaben für Beginn und Ende jedes Untertitels. Für den elektronischen Zugriff werden die Untertitel mit den zugehörigen Zeitangaben auf das Kassetten-Magnetband eines Dateneingabegerätes übertragen, wobei in einem Editierungsvorgang formale Fehler beim Erstellen des Datenbandes ausgeschaltet werden. Bei der Sendung erfolgt dann der Vergleich zwischen dem Zeitcode des laufenden Bildträgers und dem Zeitcode des nächsten zu übertragenden Untertitels. Sobald beide Zeitcodewerte übereinstimmen, wird der anstehende Untertitel mittels eines Dateninserters in die vorgesehenen Zeilen der vertikalen Austastlücke des Fernsehsignals eingeblendet. Die für die Datenübernahme erforderlichen Steuerfunktionen übernimmt ein Microcomputer. Zeitcodevergleicher, Microcomputer und Dateninserters sind in einem 19-Zoll-Gerät für doppeltes Europakartenformat untergebracht.

### Summary Installation for preparing and inserting sub-titles according to the TELETEXT standard

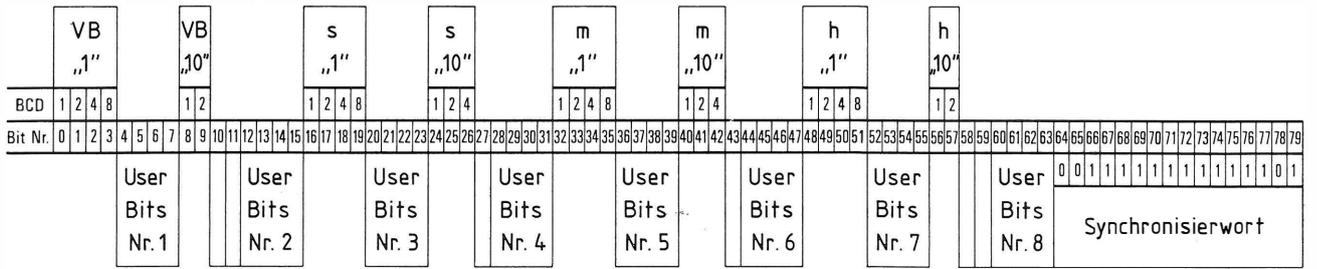
In the present state of the art, the only system that can be considered for the transmission of sub-titles in television, which provides for insertion at will into the received picture and which could be used on a broad basis, is the teletext system, because at the present time, the only reasonably-priced integrated decoder on the market is for that system exclusively. A special installation for preparing and inserting sub-titles in accordance with the teletext standard has been developed in the I.R.T., the necessary time relation between the individual sub-titles and the corresponding picture information being effected by means of the E.B.U. time-code. The points of departure for sub-titling are the picture information stored on a carrier (magnetic tape, picture film) with continuous time-code, and a list of the sub-titles with indication of the times of the beginning and end of each sub-title. For an appropriate access, the sub-titles, together with the associated timing indications, are transferred to the cassette magnetic tape of a data-input unit, any formal errors being rejected in an editing process when making out the data tape. On transmission, the time-code of the picture carrier in progress and the time-code of the next sub-title to be transmitted are then compared. As soon as the two time-codes coincide, the new sub-title is inserted in the appropriate lines of the field-blanking interval by means of a data inserter. A micro-computer takes over the control functions between the data tape and the data inserter, necessary for the data transfer. The time-code comparator, micro-computer and data inserter are accommodated in a 19" unit for double Europa-card format.

### Sommaire Dispositifs de préparation et d'insertion des sous-titres à l'aide du système de télétexte britannique

Dans l'état actuel de la technique, la seule possibilité susceptible d'être utilisée largement pour diffuser des sous-titres à la télévision et les faire apparaître au moment voulu consiste à utiliser le système de télétexte britannique. C'est en effet le seul pour lequel on trouve actuellement sur le marché des décodeurs intégrés de prix raisonnable. L'I.R.T. a mis au point un dispositif d'écriture et d'insertion de sous-titres grâce à ce système. La corrélation entre les sous-titres et l'image sur laquelle ils doivent apparaître est assurée au moyen du code temporel de l'U.E.R. On part des images enregistrées sur un support matériel (film ou bande magnétique) portant un code temporel continu et d'une liste des sous-titres indiquant les instants d'apparition de chacun d'eux. On enregistre alors les sous-titres et leur code temporel sur des cassettes du type informatique, grâce à un système logique qui élimine les erreurs de forme. Au moment de l'émission, on compare le code temporel du support d'image à celui du premier sous-titre à diffuser. Celui-ci est alors inséré automatiquement dans la suppression de trame quand les deux codes sont identiques. Le transfert des données de la cassette au dispositif d'injection dans le signal vidéo est commandé par un microprocesseur logé, en même temps que le comparateur de code et l'injecteur de données, dans un boîtier de 483 mm conçu pour recevoir des cartes de circuits imprimés au format européen double.

<sup>1</sup> Überarbeitete Fassung eines Vortrages, gehalten auf der 5. Jahrestagung der Fernseh- und Kinotechnischen Gesellschaft (FKTG) in Kiel, 19. bis 23. September 1978.

<sup>2</sup> Dipl.-Ing. G. Möll ist Leiter, Dipl.-Ing. H. Hofmann wissenschaftlicher Mitarbeiter des Arbeitsbereichs Videosignaltechnik, Dipl.-Ing. D. Sauter Leiter des Rechenzentrums und Dipl.-Ing. K. Schuster Wissenschaftlicher Mitarbeiter des Arbeitsbereichs Video-Meßtechnik im Institut für Rundfunktechnik.



**Bild 1**  
Aufbau des E.B.U. Zeit- und Steuer codes

**1. Einleitung**

Die in der Diskussion stehenden VIDEOTEXT-Systeme zur Übertragung zusätzlicher Textinformationen in der vertikalen Austastlücke des Fernsehsignals bieten sich neben der Darstellung ganzer Textseiten insbesondere auch zur wahlfreien Einblendung von Untertiteln – z. B. bei nichtsynchronisierten Filmen oder für Hörgeschädigten-Sendungen – an. An Untertiteln interessierte Fernsehzuschauer können mit einem entsprechenden Empfängerzusatz diese auf dem Bildschirm sichtbar machen, während für alle anderen Zuschauer die mit Untertiteln zwangsläufig verbundene Beeinträchtigung des Bildes fehlt.

Für die VIDEOTEXT-Demonstrationen von ARD und ZDF anlässlich der Internationalen Funkausstellung 1977 in Berlin bestand die Notwendigkeit, eine Untertitelungsmöglichkeit nach dem englischen TELETEXT-Standard verfügbar zu haben, um neben normalen VIDEOTEXT-Seiten auch Untertitel zu laufenden Sendungen anwählen zu können, wie sie das tägliche VIDEOTEXT-Sonderprogramm von 13.15 Uhr bis etwa 15.00 Uhr während der Ausstellungstage über die SFB-Sender vorsah. Im Institut für Rundfunktechnik wurde deshalb eine selbständige Anlage zur Aufbereitung und Einblendung von Untertiteln nach dem englischen TELETEXT-Verfahren

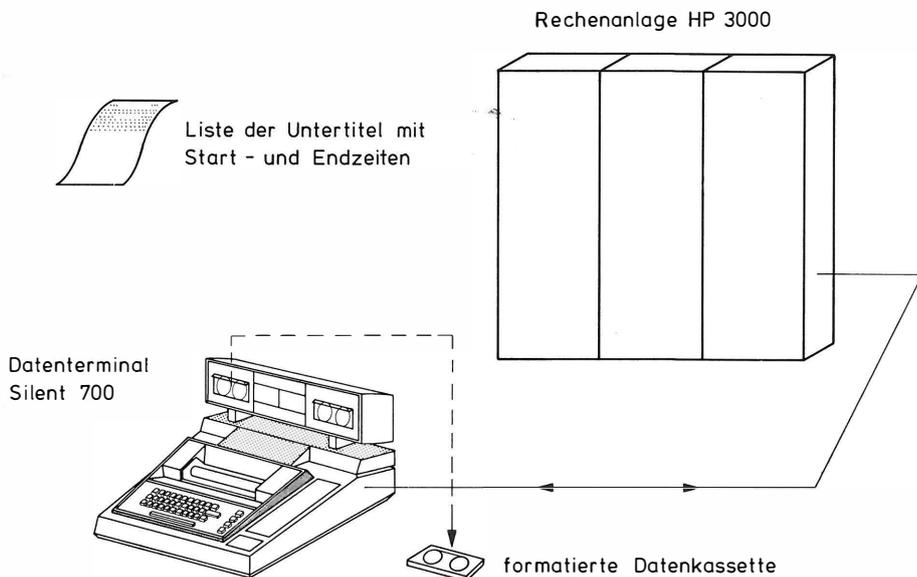
entwickelt, wobei die notwendige zeitliche Verknüpfung zwischen den einzelnen Untertiteln und der zugehörigen Bildinformation mit Hilfe des EBU-Zeitcodes vorgenommen wird.

**2. EBU-Zeitcode**

Von der European Broadcasting Union (EBU) wurde 1972 ein Zeit- und Steuercode für die magnetische Bildaufzeichnung festgelegt, um insbesondere für die Erfordernisse der elektronischen Schnittbearbeitung jede Bandstelle bildgenau aufsuchen zu können [1]. Durch 26 Bits eines mit Vollbildperiodizität wiederkehrenden 80-Bit-Wortes werden Stunden, Minuten, Sekunden und Vollbilder gekennzeichnet (**Bild 1**). Diese fortlaufende Codierung wird in der Merkspur des Magnetbandes aufgezeichnet und stellt damit einen starren Zusammenhang zwischen Bild- und Zeitinformation dar; jedem Vollbild ist so eine vollständige zeitliche Kennung zugeordnet.

**3. Grundkonzept**

Für die notwendige zeitliche Verknüpfung zwischen Untertitel und zugehöriger Bildinformation wird deshalb jeder zur Untertitelung vorgesehene Programmbeitrag zunächst auf Magnetband aufgezeichnet; erfolgt dabei gleichzeitig die Aufzeichnung



**Bild 2**  
Editor zum Erstellen der formatierten Datenkassette

des fortlaufenden Zeitcodes, dann ergibt sich damit der erforderliche Zusammenhang zwischen Bildinhalt und Zeitinformation. Dieses mit Zeitcode versehene Magnetband dient anschließend als Ausgangspunkt für die eigentliche VIDEOTEXT-Untertitelung, die in folgenden drei voneinander unabhängigen Arbeitsschritten vorgenommen wird:

1. Zeitliche Festlegung der Untertitel anhand der Bildvorlage mit Zeitcode.

Unter Verwendung des Magnetbandes wird eine Untertitelliste mit den entsprechenden Zeitcodeangaben für Beginn und Ende jedes Untertitels erstellt. Die zeitliche Festlegung der einzelnen Untertitel kann beispielsweise dadurch erfolgen, daß der mitaufgezeichnete Zeitcode fortlaufend im zugehörigen Bild sichtbar gemacht wird; über den Slow-Motion- und Stop-Motion-Betrieb der Aufzeichnungsmaschine können dann die Zeitcodewerte für Beginn und Ende jedes Untertitels festgehalten werden. Auf weitere Möglichkeiten dieser weitgehend redaktionellen Tätigkeit soll im Rahmen dieser Arbeit nicht eingegangen werden.

2. Rechnerunterstützte Eingabe und Formatierung der Untertitel mit Zeitcodeangaben auf Datenkassette.

Liegt die Liste mit den Zeitcodeangaben für Beginn und Ende jedes Untertiteltextblocks vor, so sind die Untertiteldaten einer elektronischen Verarbeitung zugänglich zu machen. Zu diesem Zweck werden die aufgelisteten Daten auf das Kassettenmagnetband eines Dateneingabegerätes übertragen. Diese Übertragung ist zwar prinzipiell auch durch direkte Eingabe über die Tastatur des Eingabegerätes möglich; zur Ausschaltung formaler Fehler wurde jedoch eine rechnerunterstützte Eingabe mit Hilfe eines Editors vorgesehen, der gleichzeitig die richtige Formatierung für den nachfolgenden Zugriff übernimmt (Bild 2).

3. Microcomputergesteuerte Einblendung der Untertitel in die V-Lücke des Bildsignals gemäß Zeitcode.

Die eigentliche Einblendung der Untertitelinformation in das zugehörige Bildsignal wird über den Vergleich zwischen dem fortlaufenden Zeitcode des Bildträgers und den Zeitcodewerten der einzelnen Untertitel vorgenommen. Bei Übereinstimmung beider Zeitcodewerte wird entweder die Übertragung des gerade anstehenden Untertitels beendet oder der nächste Untertitel mittels Dateninserter in die vorgesehenen Zeilen der vertikalen Austastlücke des Bildsignals eingeblendet. Die für die Datenübernahme notwendigen Steuerfunktionen zwischen Datenband und Dateninserter übernimmt ein Microcomputer (Bild 3).

#### 4. Untertitel im englischen TELETEXT-Standard

Das englische TELETEXT-Verfahren erlaubt in jeweils zwei Zeilen der vertikalen Austastlücke des Fernsehsignals alphanumerische Zeichen und graphische Symbole codiert zu übertragen und sie in Form von Textseiten auf dem Bildschirm sichtbar zu machen [2]. Bei der festgelegten Bitrate von 6,9375 Mbit/s und durch Anwendung des NRZ-Codes (NRZ = non-return-to-zero) für die Übertragung läßt sich die digitale Information für die 40 möglichen Zeichen einer Textreihe einschließlich der notwendigen Adressen jeweils in einer TELETEXT-Datenzeile unterbringen (Bild 4). Jeder Übertragung einer VIDEOTEXT-Seite ist die Übermittlung der sog. Kopfzeile vorangestellt, die neben generellen Angaben die Seitennummer und bestimmte Kennzeichnungen (Steuerbits) trägt, über die bestimmte Steuerfunktionen für die Wiedergabe ausgelöst werden können. Zwei für die Untertitel-Übertragung relevante Steuerfunktionen beinhalten die Steuerbits  $C_4$  und  $C_6$ . Während das Steuerbit  $C_6$  für die Kenn-

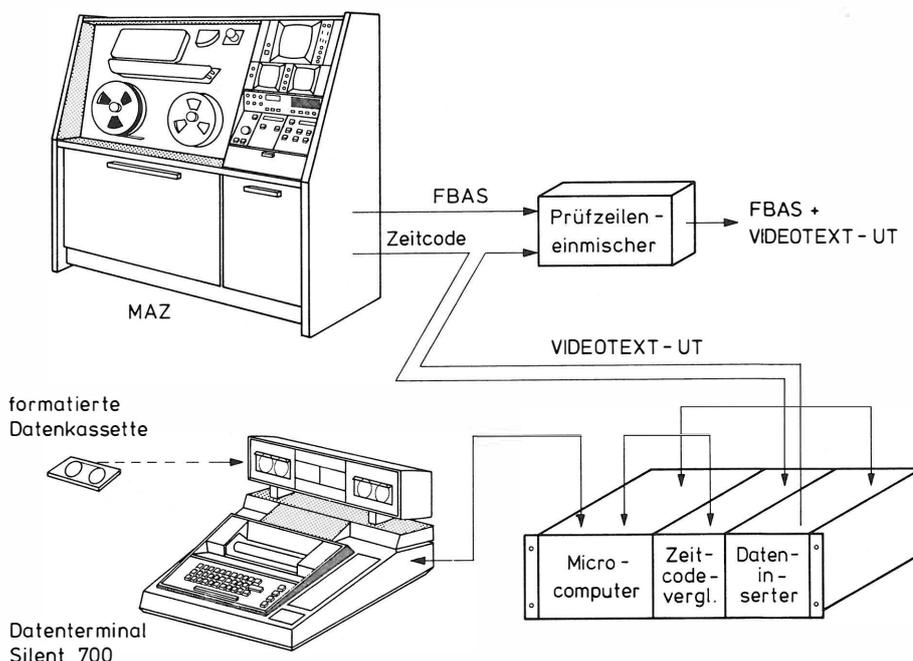
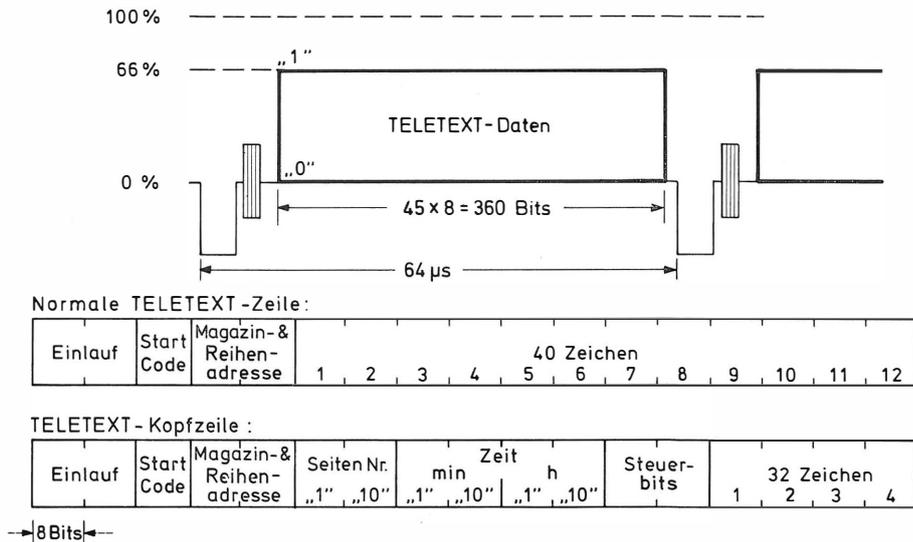


Bild 3

Zeitrichtige Einblendung der Untertitelinformation in die V-Lücke des Fernsehsignals



**Bild 4**  
Format der TELETEXT-Datenzeilen

zeichnung einer Untertitel-Übertragung dient und im VIDEOTEXT-Empfänger automatisch die Wiedergabe der Untertitel zusammen mit dem Fernsehbild bewirkt, löst das Setzen des Steuerbits C<sub>4</sub> das Löschen der unter der gleichen Seitennummer angeählten Textseite der vorangegangenen Übertragung aus. Dieses Löschrbit ist bei jedem Untertitelwechsel vorzusehen.

Neben diesen Steuerbits der Kopfzeile hält der TELETEXT-Standard noch sog. Steuerzeichen zur Verfügung, z. B. für die Festlegung der Wiedergabefarbe oder für die Umschaltung zwischen Text und Graphik. Sie werden anstelle darstellbarer Zeichen übertragen und vom Empfänger als schwarze Felder wiedergegeben. Die Untertitel-Übertragung erfordert die Steuerzeichen „Anfang Box“ und „Ende Box“ für die Wiedergabe in einem schwarzen Einblendfeld. Da diese Steuerzeichen jeweils zweifach gesetzt werden müssen, lassen sich bei weißer Schrift noch 36 Zeichen, bei farbiger Schrift noch 35 anstelle der 40 möglichen Zeichen pro Untertiteltextzeile unterbringen.

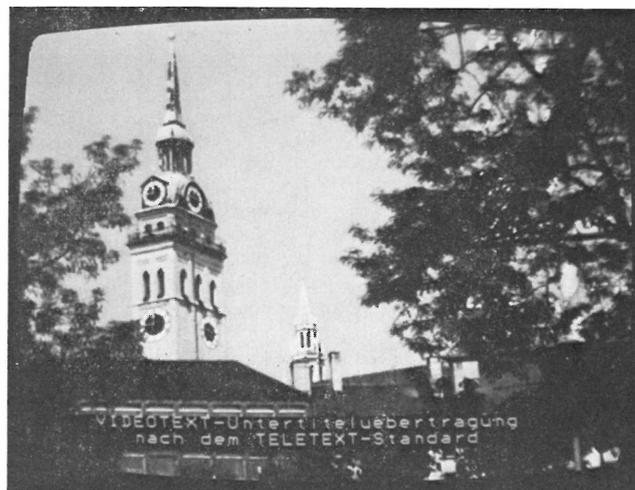
Die in der Regel aus einer oder zwei Textreihen bestehenden Untertitel werden im TELETEXT-Standard in der gleichen Weise wie normale VIDEOTEXT-Seiten übertragen (**Bild 5**). Für die empfängerseitige Anwahl wird der den Datenzeilen der einzelnen Untertiteltextblocks vorausgehenden Kopfzeile eine Seitennummer zugeordnet. Bei Anwahl dieser Seitennummer werden die Daten des gerade anstehenden Untertitels in den Seitenspeicher des VIDEOTEXT-Decoders eingelesen. Mit der Übertragung der Kopfzeile der nachfolgenden VIDEOTEXT-Seite wird der Speicher geschlossen und der übertragene Untertitel auf dem Bildschirm sichtbar.

Für eine Untertitelübertragung sind nun folgende zwei Fälle zu unterscheiden:

- die einzelnen Untertitel schließen zeitlich unmittelbar aneinander,
- zwischen den einzelnen Untertiteln bestehen Zeitabschnitte, in denen kein Untertitel auf dem Bildschirm erscheinen soll.

Zur Berücksichtigung dieser beiden Möglichkeiten kommt die VIDEOTEXT-Untertitelanlage mit der Bereitstellung von zwei Datenkombinationen zu je vier Zeilen aus (**Bild 6**). Solange ein Untertitel stehen soll wird die Zeilenkonfiguration (b), also jeweils zwei Kopfzeilen gefolgt von den zugehörigen Datenzeilen mit der Untertitelinformation gesendet. Schließt der nächste Untertitel unmittelbar an, wird der Datenblock (a) einmalig übertragen und löscht über das gesetzte Steuerbit C<sub>4</sub> den vorangegangenen Untertitel; anschließend wird wieder auf die Datenkonfiguration (b) mit der neuen Untertitelinformation übergegangen. Soll dagegen längere Zeit kein Untertitel eingeblendet werden, so wird über diesen Zeitraum die Datenkonfiguration (a) abgegeben.

Die jeweils erforderliche Abfolge der VIDEOTEXT-Datenzeilen wird in der Untertitelanlage von einem Microcomputer gesteuert, wobei die wiederholte Übertragung der Kopfzeilen diesen Steuervorgang vereinfacht, ohne die Übertragungszeit nennenswert zu beeinflussen.



**Bild 5**  
Untertitelinblendung nach dem TELETEXT-Verfahren

a) Löschen der Untertitel - Information

Kopfzeile		Kopfzeile		Kopfzeile		Kopfzeile	
$C_4=1$	$C_4=1$			$C_4=1$	$C_4=1$		
Zeile 17	Zeile 18			Zeile 330	Zeile 331		

b) Übertragen der Untertitel - Information

Kopfzeile		Kopfzeile		Daten		Daten	
$C_4=0$	$C_4=0$						
Zeile 17	Zeile 18			Zeile 330	Zeile 331		

$C_4$  : Steuerbit für „Löschen der Seite“

**Bild 6**

Vorgesehene Datenzeilenkombinationen für die Untertitelübertragung

5. Editor

Um das Erstellen einer Datenkassette mit den Untertiteldaten im richtigen Datenformat zu erleichtern, wurde ein Editor konzipiert, der im wesentlichen folgende Funktionen wahrnimmt:

- er unterstützt die Eingabe der Untertitel mit den Zeitcodewerten und setzt automatisch die für die Untertitelübertragung notwendigen Steuerzeichen und Steuerbits,
- er fragt nach den gewünschten Darstellungsarten wie Farbe der Schrift, einfache oder doppelte Schrifthöhe, ein- oder zweizeilig, links-, rechtsbündig oder mittig (wobei er hier automatisch das Zurechtrücken des Textes vornimmt),
- er achtet auf das Zeitcodeformat, auf die Abfolge der Zeitcodewerte, wie „Ende größer als Anfang“ und auf Einhaltung der minimalen Einblenddauer,
- er überprüft die eingegebenen Untertitel auf ihre Länge, damit die mögliche Anzahl von Zeichen pro Textzeile nicht überschritten wird,
- er sortiert bei Eingabe in beliebiger Reihenfolge die Untertitel nach aufsteigenden Zeitcodewerten,
- er läßt Korrekturen der eingegebenen Texte und

Zeitcodewerte zu, wobei jeder Untertitel einzeln abgerufen werden kann,

- er erlaubt das Auflisten der eingegebenen Untertitel einschließlich ihrer Zeitcodewerte,
- er formatiert die Untertiteldaten für den anschließenden Zugriff des Microcomputers.

**Bild 7** zeigt als Beispiel den Anfang einer vom Editor erstellten Untertitelliste. Die erste Reihe enthält zunächst die Kurzbezeichnung der Produktion. „Boxed“ bedeutet, daß die Untertitel in einem schwarzen Einblendfeld wiedergegeben werden. Der Buchstabe „M“ kennzeichnet eine mittige Darstellung, die nachfolgende Ziffer „2“ zweizeilige Untertitel und die Angabe „CY“ die cyanfarbige Wiedergabe. In der übernächsten Reihe sind die Zeitcodewerte für Beginn und Ende des ersten Untertitels angeführt; die Zeitcodeangaben erfolgen in Stunden, Minuten, Sekunden und Vollbildern. Eine diesen Zeitcodeangaben vorangestellte fortlaufende Kennziffer erleichtert für Korrekturen das Auffinden der einzelnen Untertitel. Schließlich geben die Ziffern vor den eigentlichen Untertiteltextangaben die Magazin- und Reihenadresse an, wie sie in jeder TELETEXT-Datenzeile vorzusehen sind.

Das vorgestellte Editorprogramm wurde in FORTRAN sowohl für den Minicomputer HP 2116 als auch für die Rechenanlage HP 3000 erstellt. Für den Programmteil wird hierbei ein Speicherbedarf von 9 kBytes beansprucht. Zur Zeit ist die Abspeicherung von etwa 1000 zweizeiligen Untertiteln pro Produktion vorgesehen. Bei einer minimal möglichen Folgezeit der Untertitel von 4 s, wie sie durch die mechanische Arbeitsgeschwindigkeit der Datenkassette bestimmt ist, lassen sich Programmbeiträge von über einer Stunde unterteilen.

```

FLIP•BOXED•M•2•CY
♦ANFANG♦
1 14:24:24:01/14:33:24:01
120 FLIP WILSON SHOW
121

2 14:35:18:19/14:35:25:20
120 ICH FANGE AM ANFANG AN DAMIT
121 SIE VON ANFANG AN DABEI SIND

3 14:35:25:20/14:35:32:21
120 DIE MUETTER DER BEIDEN
121 WAREN NACHBARIINNEN

4 14:35:32:21/14:35:39:22
120 JEDE HATTE 13 KINDER
121 UND WAR SCHWANGER

5 14:35:41:00/14:35:48:01
120 IHRE NEUEN BABIES WOLLTEN SIE
121 TAUSCHEN. DAS SOLL GLUECK BRINGEN

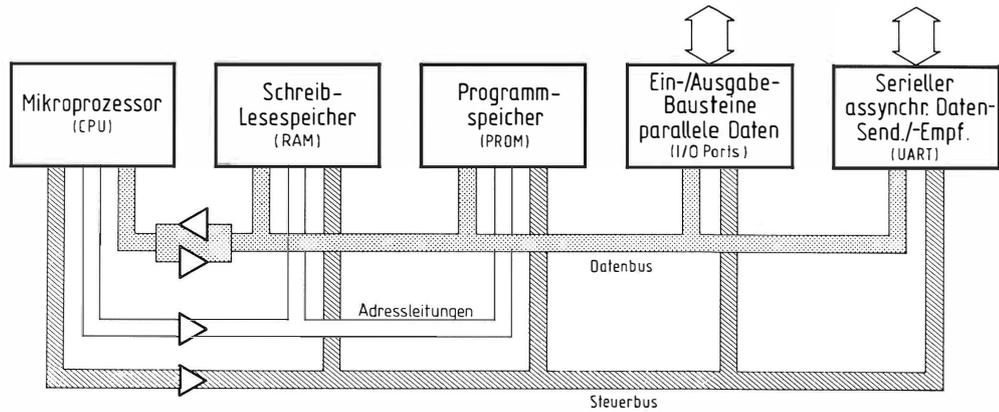
```

**Bild 7**

Beginn einer vom Editor erstellten Untertitelliste

6. Steuersystem

Für das Zusammenspiel der Datenkassette mit den abgespeicherten Untertiteldaten und dem Dateninserter zur zeitrichtigen Einblendung der Untertitel in das Bildsignal war ein Steuersystem zu entwickeln, das einerseits mit möglichst geringem Schalungsaufwand auskommt, andererseits ein möglichst flexibles und schnell modifizierbares Konzept auf-



**Bild 8**  
Aufbau des Microcomputersystems

weist. Folgende Funktionen waren im wesentlichen zu übernehmen:

- Einlesen der seriell formatierten Daten und ihre Verarbeitung wie Codewandlung, Codegenerierung, Neuformatierung,
- Ausgabe von Daten in serieller und paralleler Form bei verschiedenen Übertragungsgeschwindigkeiten,
- zeitrichtiges und mit dem Fernsehsignal synchrones Auslösen und Ausführen von Steuer- und Schaltvorgängen.

Diese Aufgaben konnten praktisch nur durch ein rechnergesteuertes System realisiert werden. Zur Anwendung kamen wesentliche Teile eines im IRT konzipierten, modular aufgebauten Microcomputersystems unter Verwendung des Microprocessors F 8.

Im Grundaufbau besteht das System aus den folgenden Funktionsgruppen (**Bild 8**): der zentralen Steuer- und Recheneinheit, den Speichern für Programm und Daten, den Ein- und Ausgabe-Bausteinen für den parallelen Datenverkehr und dem asynchronen Datensender/-empfänger für den seriellen Datenverkehr. Parallele Datenübertragung besteht zu Dateninserter und Zeitcodevergleicher sowie im

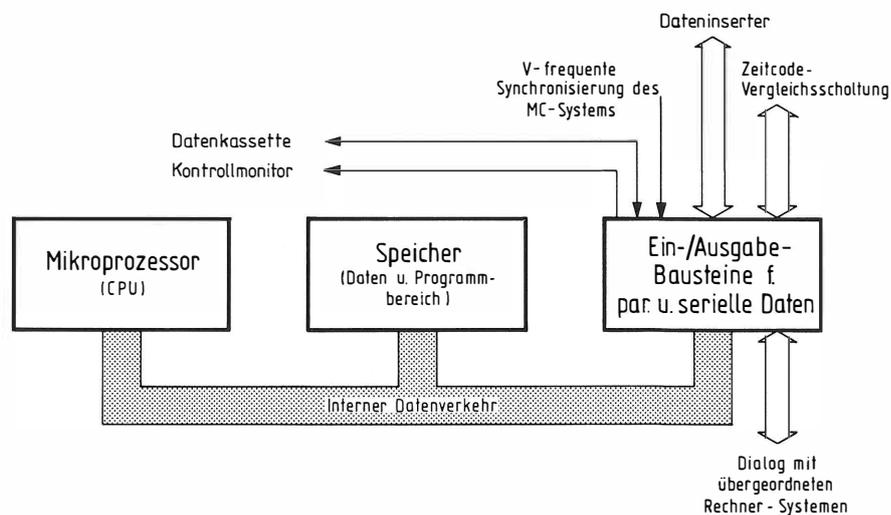
möglichen Dialog mit übergeordneten Rechnersystemen (**Bild 9**). Serielle Daten werden dagegen von der Datenkassette abgerufen, auch das Laufwerk wird mit seriellen Daten gesteuert. Alle Aktivitäten lassen sich auf einem Kontrollmonitor anzeigen. Über die V-Impulse ist das System mit dem Fernsehsignal synchronisiert.

Das Programm ist modular aufgebaut und umfaßt etwa 50 Unterprogramme. Beispiele für verwendete Unterprogramme sind:

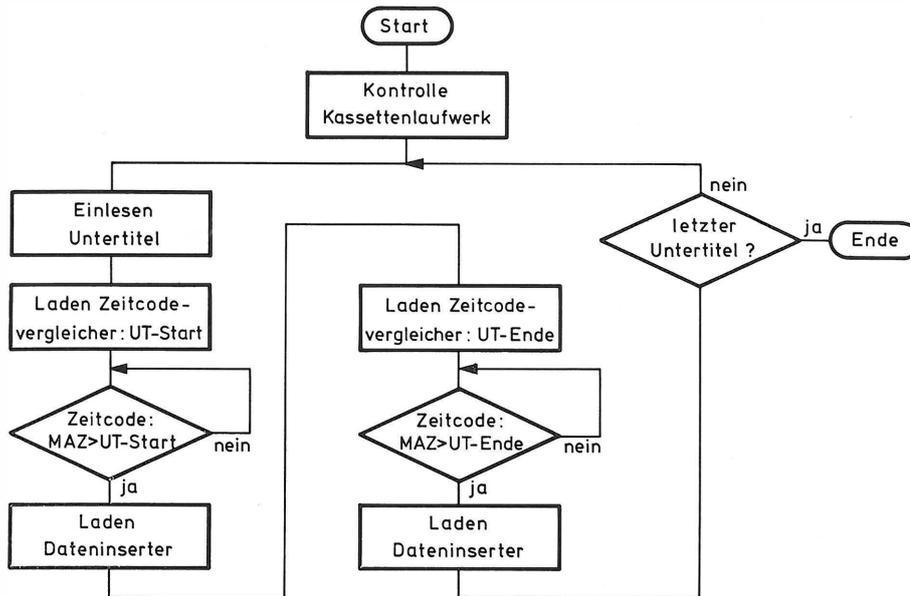
- Ein-/Ausgabe-Treiberprogramme,
- Programme für die Bedienung peripherer Geräte,
- Wertetabellen zur Umcodierung von Zeichen,
- Routinen zum Generieren des Hamming-Codes,
- Programme zur Bereitstellung der Kopfzeile.

Das gesamte Programm ist in nicht löschbaren Lesespeichern abgelegt und umfaßt etwa 7000 Befehle (7 kBytes).

Anhand eines vereinfachten Flußdiagramms soll der Steuerungsablauf für die Untertitelung kurz aufgezeigt werden (**Bild 10**). Zunächst erfolgt die Überprüfung des Kassettenlaufwerks (Kassette eingelegt, Kassette in Anfangsposition usw.). Anschließend wird



**Bild 9**  
Datenverkehr innerhalb der Untertitelanlage



**Bild 10**  
Vereinfachtes Flußdiagramm für die Untertitelung

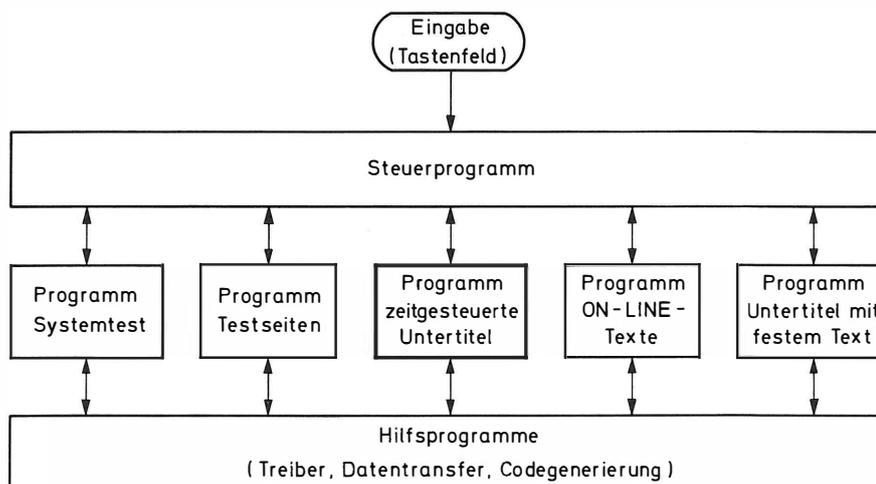
der erste Untertitel mit seinen Zeitcodeangaben eingelesen. Mit den Zeitcodedaten für den Untertitelstart wird der Zeitcodevergleicher geladen, der gleichzeitig mit dem fortlaufenden Zeitcode der MAZ beaufschlagt wird. Überschreitet der MAZ-Zeitcode den eingelesenen Zeitcodewert für den Untertitelstart, wird mittels eines Auslöseimpulses vom Vergleichler die Untertitelinformation in den Dateninserter übertragen. In gleicher Weise geschieht der Zeitcodevergleich für das Untertitelende. Mit dem Einlesen des nächsten Untertitels wird die Schleife von neuem durchlaufen.

Die Programmierung erfolgte im Maschinencode. Durch die modulare Programmstruktur bot es sich an, neben der eigentlichen Anwendung des Gerätes für die zeitcodegesteuerte Untertitelung noch weitere Anwendungsmöglichkeiten vorzusehen wie die

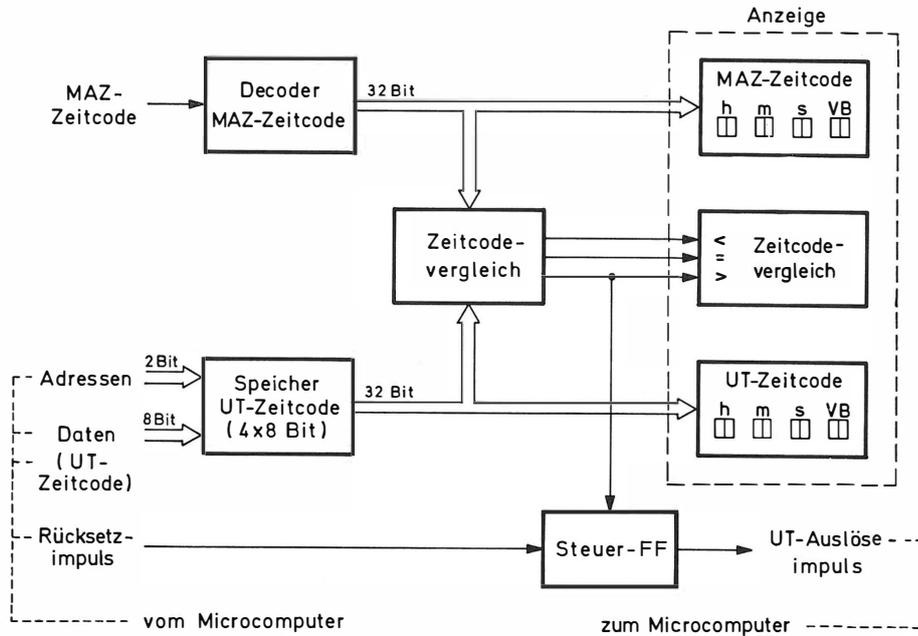
Bereitstellung ganzer VIDEOTEXT-Seiten, die Eingabe von ON-LINE-Texten oder die Übertragung von Untertiteln mit unveränderlichem Text (Bild 11).

### 7. Zeitcodevergleicher

Den Zeitcodevergleicher zeigt ein Blockschaltbild in vereinfachter Form (Bild 12). Von der MAZ-Anlage laufen die Zeitcodedaten seriell in den Zeitcode-Decoder ein. An seinen 8 parallelen Vier-Bit-Ausgängen stehen nach jedem Vollbild die Werte für Stunden (Zehner und Einer), Minuten (Zehner und Einer), Sekunden (Zehner und Einer) und Vollbild (Zehner und Einer) im BCD-Code für Vergleich und Anzeige zur Verfügung. Die vom Microcomputer abgerufenen Zeitcodedaten für Beginn bzw. Ende des gerade anstehenden Untertitels werden nacheinander



**Bild 11**  
Programmorganisation



**Bild 12**  
Zeitcodevergleich

ander jeweils 8-bit-parallel per Adress-Steuerung in einen Zwischenspeicher übertragen und stehen auch hier an 8 parallelen Vier-Bit-Ausgängen für Vergleich und Anzeige an.

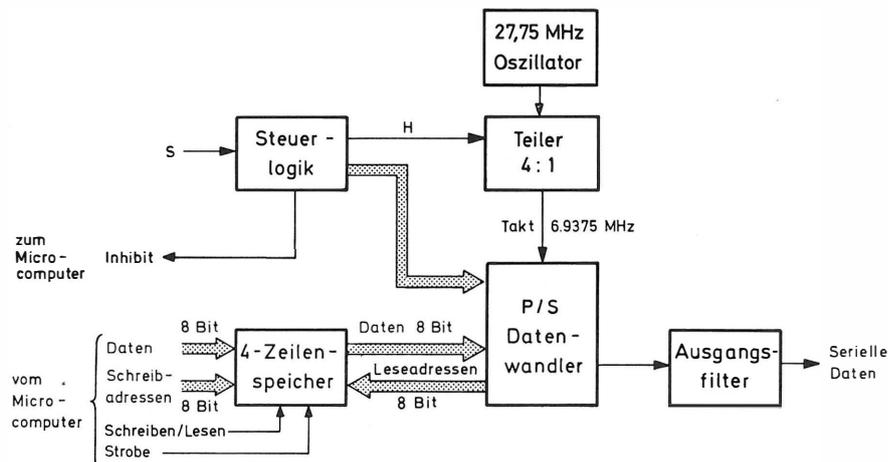
Der Vergleich der MAZ-Zeitcodedaten mit den Untertitel-Zeitcodedaten erfolgt für jede Ziffer (Stunden-Zehner, Stunden-Einer, usw.) getrennt über 8 Vier-Bit-Vergleicher. Eine Schaltlogik faßt die Ausgangszustände der einzelnen Vergleicher zusammen und liefert das Vergleichsergebnis der gesamten Zeitcodedaten. Dieses Gesamtergebnis (>, =, <) sowie die beiden jeweils anstehenden Zeitcodewerte werden an der Frontplatte des Gerätes angezeigt.

Bei einer Anzeige MAZ-Zeitcode > Untertitelzeitcode wird ein Steuerflipflop gesetzt, der die Übernahme eines neuen Untertitels bzw. das Beenden des gerade anstehenden Untertitels bewirkt. Nach dem Einlesen der Zeitcodedaten des nächsten Unter-

titels wird der Steuerflipflop vom Microcomputer wieder rückgesetzt; der Zeitcodevergleich ist dann für den nächsten Vergleichsvorgang vorbereitet.

**8. Dateninserter**

Der Dateninserter übernimmt die fernsehmäßige Aufbereitung der Untertiteldaten für eine Einblendung in die vorgesehenen Zeilen der vertikalen Auslastlücke des Fernsehsignals (**Bild 13**). Die Auswahl dieser Zeilen und die Lage des Datensignals innerhalb der Zeile werden über Logikschaltungen festgelegt, die vom Synchronsignal gesteuert werden. Ein Zwischenspeicher, der vier VIDEOTEXT-Zeilen aufnehmen kann, wird vom Microcomputer jeweils innerhalb einer Halbbilddauer mit Untertiteln geladen. Beim Auslesen des Speichers werden die parallel abgegebenen Daten in einem Wandler serialisiert und durch ein nachgeschaltetes Gaußfilter formiert.



**Bild 13**  
Dateninserter



**Bild 14**  
Ansicht des VIDEOTEXT-Untertitelgerätes

Der notwendige Auslesetakkt des Datenwandlers von 6,9375 MHz wird aus einem 27,75 MHz-Quarzoszillator über einen horizontalfrequent getriggerten Vierweiler gewonnen.

Die nun im TELETEXT-Format vorliegenden Untertiteldaten lassen sich jetzt in das Fernsehsignal eintasten, wobei alle Zeilenpaare von den Zeilen 14 und 15 bis 21 und 22 mit den zugehörigen Zeilenpaaren im zweiten Halbbild innerhalb der vertikalen Austastlücke in Frage kommen.

### 9. Untertitelgerät

Das aus Microcomputer, Zeitcodevergleicher und Dateninserter bestehende Untertitelgerät ist in einem 19-Zoll-Rahmen für doppeltes Europakartenformat untergebracht (**Bild 14**).

### 10. Schlußbemerkungen

Die vorgestellte VIDEOTEXT-Untertitelanlage hat anlässlich der VIDEOTEXT-Demonstrationen während der Internationalen Funkausstellung 1977

in Berlin ihre Bewährungsprobe bestanden. Unter den erschwerten Bedingungen der Ausstellung und trotz der räumlichen Trennung von Untertitelanlage und MAZ-Abspielung konnte die ON-LINE-Untertitelinblendung für das tägliche VIDEOTEXT-Sonderprogramm ohne Störungen abgewickelt werden. Die verwendete Zweistreifigkeit hat sich als praktikabel erwiesen. Trotzdem soll an dieser Stelle darauf hingewiesen werden, daß in einem nachgeschalteten Prozeß die Untertitel im TELETEXT-Format auf das zugehörige Videoband aufgesprochen werden können, um von der Zweistreifigkeit wegzukommen. Ein auf diese Weise in insgesamt fünf aufeinanderfolgenden Arbeitsgängen erstelltes Band mit Untertiteln in fünf Sprachen stand für die Berliner Ausstellung als Demonstrationsband zur Verfügung.

Zum Schluß sei noch ein Ausblick auf weitere Ausbau- und Anwendungsmöglichkeiten der vorgestellten VIDEOTEXT-Untertitelanlage gegeben. Die augenblicklich noch notwendige Inanspruchnahme einer Rechenanlage bzw. eines Minicomputers für den Editierungsvorgang könnte bei einer gewissen Verringerung des Eingabekomforts unter Verwendung eines zusätzlichen externen Datenspeichers (z. B. Floppy Disk, Magnetblasenspeicher) durch den Microcomputer mitübernommen werden. Andererseits wäre bei weiterem Ausbau des Zwischenspeichers zur Vergrößerung der Seitenkapazität eine Erweiterung zur autarken VIDEOTEXT-Anlage möglich. Schließlich bestünde in Verbindung mit derzeit gebräuchlichen Schriftgeneratoren auch eine automatische Untertitelungsmöglichkeit in der gegenwärtig angewandten Technik.

#### SCHRIFTTUM

- [1] E.B.U. standard for a time and control code for television tape-recordings (625 line television systems). Tech. 3097-E, first edition, October 1972.
- [2] Broadcast Teletext Specification. Published jointly by the British Broadcasting Corporation, Independent Broadcasting Authority. British Radio Equipment Manufacturers' Association. September 1976.

# SPEICHERUNG EINES BEWEGTEN FERNSEHBILDES MITTELS EIMERKETTENLEITUNGEN IN MOS-TECHNIK<sup>1</sup>

VON MANFRED ULLRICH<sup>2</sup>

Manuskript eingegangen am 27. Oktober 1977

Fernsehempfängertechnik

## Zusammenfassung

Es wird ein System beschrieben, bei dem ein Fernsehbild in einem MOS-IC in Form von Eimerkettenleitungen gespeichert wird, und zwar so, daß mittels dieses Speichers das Fernsehbild mit anderen Bild- und Zeilenphasen als vom Sender gesendet, gezeigt werden kann.

Außerdem erfolgt eine Reduktion des Bildformats, indem erstens nach einem bestimmten System die in den Speicher einzuschreibenden Zeilen ausgewählt werden und zweitens der Speicherinhalt mit höherer Geschwindigkeit ausgelesen wird, als er eingeschrieben worden ist.

## Summary Storing a moving television picture by means of bucket-chain circuits using the MOS technique

The article describes a system wherein a television picture is stored in a MOS IC in the form of bucket-brigade circuits in such a way that, by means of that store, the television picture can be reproduced with field and line phases different from those transmitted by the transmitter.

In addition, the format of the picture is reduced, in the first place, by selecting, according to a given system, the lines to be written into the store and, secondly, by reading out the store content at a higher speed than that at which it was written.

## Sommaire Mise en mémoire d'images mobiles de télévision au moyen d'un dispositif à transfert de charges en technique MOS

L'article décrit un système permettant de mettre en mémoire une image de télévision dans un circuit intégré à transfert de charges et de l'en extraire avec des phases de ligne et de trame différentes de celles du signal à l'entrée.

Ce système permet aussi de réduire le format de l'image en sélectionnant les lignes mises en mémoire selon un principe défini et en lisant ensuite le contenu de la mémoire à une vitesse plus grande que celle utilisée pour l'écriture.

## 1. Einleitung

Oftmals hat ein Fernsehzuschauer den Wunsch, einen Überblick über das Programm eines gerade nicht eingeschalteten Kanals zu erhalten. Sei es, daß er den Beginn einer anderen Sendung nicht verpassen möchte, oder daß er noch die Auswahl zwischen zwei Programmen treffen will.

INTERMETALL in Freiburg hat ein System und entsprechende integrierte Schaltungen entwickelt, mit deren Hilfe es möglich ist, rein elektronisch zusätzlich zum farbigen Hauptbild als verkleinertes, schwarzweißes Monitorbild das Programm eines beliebigen anderen Senders abzubilden (**Bild 1**).

Dieses kleine Bild kann aber auch von einem Videorecorder oder einer separaten Fernsehkamera kommen.

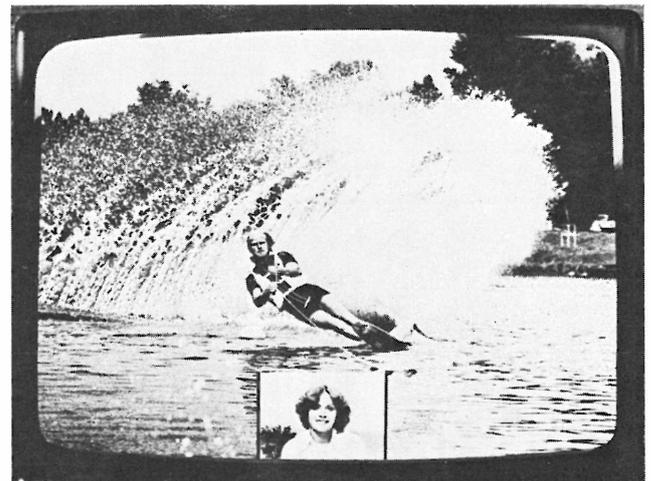
Umgekehrt läßt sich bei der Betrachtung einer von einem Videorecorder aufgezeichneten Sendung auf dem Großbild das Programm eines beliebigen Fernsehsenders auf dem Kleinbild überwachen.

**Bild 2** zeigt zunächst in sehr vereinfachter Darstellung im oberen Teil die bekannten Elemente eines Fernsehempfängers und darunter die zusätzlichen Teile von „Bild im Bild“, wie sie sich in die übrige Schaltung einfügen.

## 2. Speicherung des Kleinbildes

Um zusätzlich ein verkleinertes Vollbild auf dem Bildschirm darstellen zu können, ohne in den Ab-

lenkmechanismus des Elektronenstrahls eingreifen zu müssen, ist es erforderlich, die Bildinformation des zweiten Senders kurzzeitig zu speichern.



**Bild 1**  
Farbempfangsgerät mit eingebledetem Monitorbild

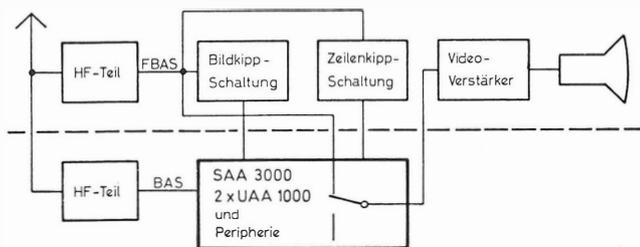
Für diese Speicherung bieten sich Eimerkettenleitungen an, wie sie für andere Zwecke schon seit längerem erhältlich sind. Eimerkettenleitungen sind analoge Schieberegister, bestehend aus einer Reihe von Kondensatoren mit dazwischenliegenden Feldeffekttransistoren.

Das Prinzip einer Eimerkettenleitung läßt sich an dem in **Bild 3** dargestellten Modellbeispiel gut erläutern.

In diesem Modell sollen die schmalen Rechtecke Eimer darstellen, aus denen durch eine Öffnung an

<sup>1</sup> Nach einem Vortrag, gehalten auf der 5. Jahrestagung der Fernseh- und Kintotechnischen Gesellschaft (FKTG) in Kiel, 19. bis 23. September 1977.

<sup>2</sup> Ing. (grad.) Manfred Ullrich ist Entwicklungsingenieur bei Intermetall, Deutsche ITT Industries GmbH, Freiburg.



**Bild 2**

Vereinfachtes Blockschaltbild des „Bild im Bild“-Systems

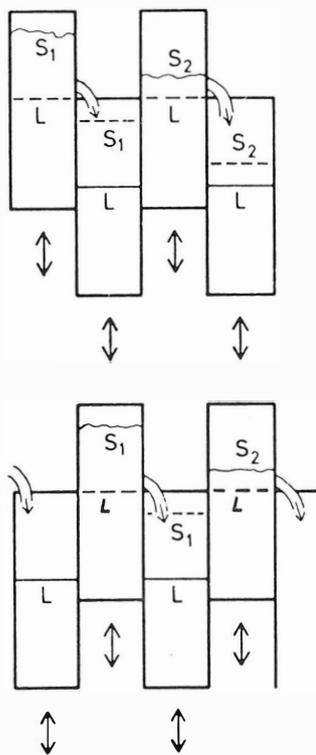
der rechten Seite Wasser fließt, solange der Wasserspiegel in ihnen höher als der Rand des rechts befindlichen Eimers liegt.

Diese Eimer werden abwechselnd angehoben und abgesenkt.

Zuerst fließt aus dem linken Eimer solange Wasser in den zweiten Eimer, bis im ersten der Wasserspiegel von  $S_1$  (Signal 1) auf L (Leer) abgesunken ist. Entsprechend füllt sich der zweite Eimer von L auf  $S_1$ . Der gleiche Vorgang spielt sich mit dem dritten und vierten Eimer ab, wo die Information  $S_2$  vom dritten zum vierten Eimer geleitet wird.

Wenn der Takt umgeschaltet wird – im Beispiel die Eimer angehoben bzw. abgesenkt werden (unterer Teil des Bildes) – fließt nun vom zweiten Eimer Wasser in den dritten, bis der Wasserspiegel im zweiten Eimer von  $S_1$  auf L gesunken und im dritten von L auf  $S_1$  gestiegen ist. Durch diesen Vorgang werden nun die Wassermengen  $S_n$  kontinuierlich von links nach rechts weitergeleitet.

Sehr ähnlich wie in diesem Modell verlaufen die Vorgänge in der Eimerkettenleitung (**Bild 4**). Den

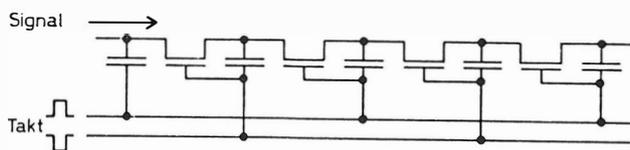


**Bild 3**

Modell einer Eimerkettenleitung

Eimern entsprechen hierbei die Kondensatoren, den Wassermengen die in den Kondensatoren gespeicherten elektrischen Ladungen. Der Rand des jeweils rechts befindlichen Eimers ist die Abschneerspannung (Gate-Source) des Transistors.

Aus den Kondensatoren, die sich durch den Takt gerade im Hochzustand befinden, fließt jeweils soviel Ladung über den Transistor in den nächsten Kondensator, bis sich die Spannung des ersten Kondensators und somit die Sourcespannung gegenüber der Gatespannung soweit verringert hat, daß der Transistor sperrt. Die dem Signal entsprechende Ladungsmenge des ersten Kondensators ist damit auf den zweiten weitergeleitet worden.



**Bild 4**

Prinzipschaltbild der Eimerkettenleitung

Die übliche Organisation der Eimerkettenleitungen, eine Reihenschaltung von höchstens einigen hundert derartiger Transistoren und Kondensatoren, ist jedoch für den Umfang der zu speichernden Information nicht ausreichend. Um den Weg für das einzelne Signalelement aus Störabstandsgründen nicht zu lang werden zu lassen, wurde eine aus etwa 4000 Gliedern bestehende MOS-Schaltung entwickelt, bei der die „Eimer“ matrixartig in Zeilen und Spalten angeordnet sind.

### 3. Die Formatverkleinerung

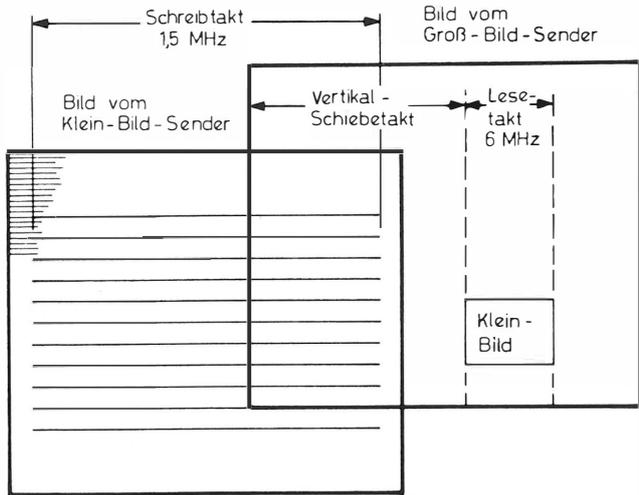
Die Formatverkleinerung für das Kleinbild muß so durchgeführt werden, daß das Zeilengefüge des Hauptbildes dabei nicht gestört wird. Vertikale und horizontale Ablenkgeschwindigkeit des Elektronenstrahls bleiben also unverändert.

Die Reduktion des kleinen Bildes in vertikaler Richtung wird dadurch erreicht, daß von diesem Bildsignal nur jede vierte Zeile gespeichert wird.

Die entsprechende horizontale Verkleinerung entsteht dadurch, daß die Bildinformation mit einer Taktfrequenz von 1,5 MHz in die Speicher eingeschrieben, aber viermal schneller, also mit 6 MHz, ausgelesen wird (**Bild 5**). Um die Speicherkapazität optimal zu nutzen und so die wesentlichen Teile des Bildes noch besser darstellen zu können, werden für das Kleinbild die unwesentlichen Randgebiete nicht gespeichert. Das sind die gesamte Information der Bildaustastlücke sowie einige der oberen und der unteren Bildzeilen. Ebenso werden die Zeilenaustastlücke sowie ein kleiner Bereich am Zeilenanfang und -ende nicht berücksichtigt.

### 4. Funktion und Organisation der Analogspeicher

Das Helligkeitssignal des kleinen Bildes wird halbbildweise – also während eines vertikalen Durchganges des Elektronenstrahles – wechselweise in die beiden Analogspeicher UAA 1000 eingeschrieben und



**Bild 5**  
Prinzip der Formatverkleinerung

ausgelesen. Das Schreiben geschieht in Phase mit dem empfangenen Kleinbildsender, das Lesen dagegen mit etwa vierfach erhöhter Geschwindigkeit zu der Zeit, in der das kleine Bild wiedergegeben wird, d. h. also in Phase mit dem Hauptbild. Das Einschreiben der Helligkeitsinformation eines Halbbildes in den Analogspeicher ist folgendermaßen realisiert (**Bild 6**): Während der ersten zu speichernden Zeile schiebt der Schreibtakt die Information seriell in die obere horizontale Eimerkettenleitung des Speichers. Anschließend schiebt der Vertikal-Schiebetakt die Information aus der oberen Eimerkettenleitung parallel in die obersten Speicherplätze der vertikalen Eimerkettenleitungen. Daraufhin wird die Helligkeitsinformation der fünften Zeile seriell in die obere

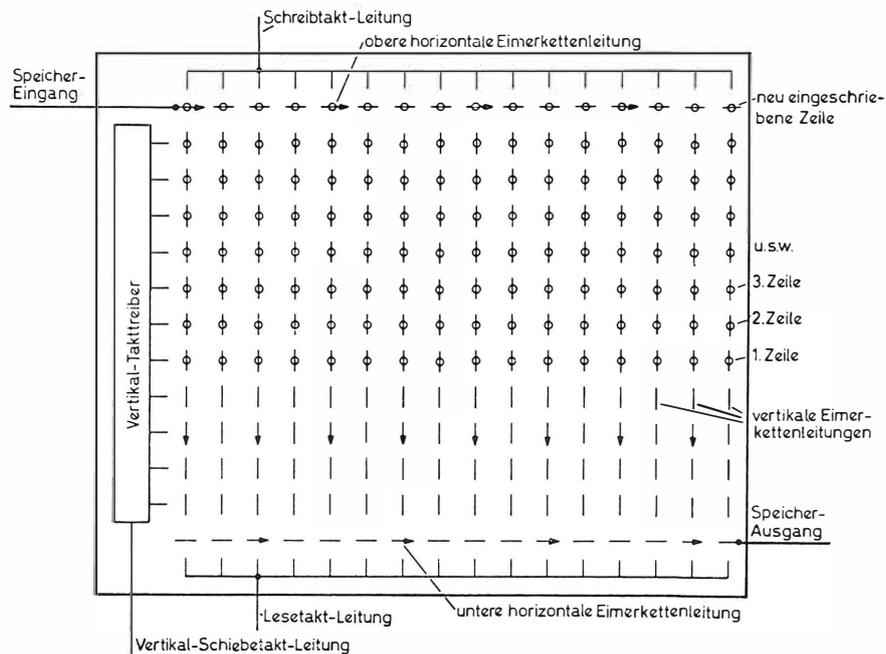
Eimerkettenleitung eingeschrieben und dann an die vertikalen Eimerkettenleitungen weitergegeben, nachdem die zuvor eingeschriebene Information jeweils um eine Zeile tiefer gerückt wurde.

Dies wiederholt sich solange, bis der Speicher geladen ist und die gesamte (gekürzte) Information eines Halbbildes enthält. Das Lesen der gespeicherten Information beginnt, wenn der Elektronenstrahl der Bildröhre beim nächsten Halbbild am Anfang derjenigen Zeile des Hauptbildes angelangt ist, die die erste Zeile des kleinen Bildes enthalten soll.

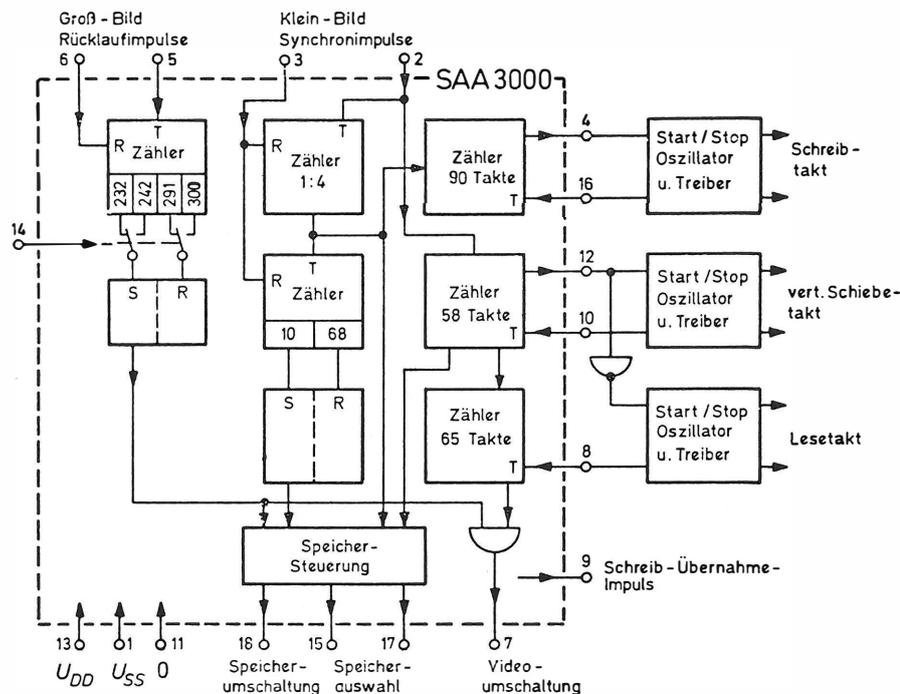
Jetzt wird die in den vertikalen Eimerkettenleitungen enthaltene Information um eine Position nach unten geschoben und gelangt damit in die untere horizontale Eimerkettenleitung des Analogspeichers. Sobald der Elektronenstrahl den Punkt erreicht hat, der der linken Kante des kleinen Bildes entspricht, beginnt der Lesetakt die Helligkeitsinformation der ersten Zeile des kleinen Bildes seriell aus dem Speicher hinauszuschieben. Diese Information wird mittels eines elektronischen Schalters anstelle der Helligkeits- und Farbinformation des Hauptbildes auf den Videoendverstärker geschaltet. Am Anfang der nächsten Zeile des Hauptbildes schiebt der vertikale Schiebetakt die Informationen im Analogspeicher wieder um eine Position weiter. Jetzt befindet sich die Helligkeitsinformation der zweiten Zeile des kleinen Bildes in der unteren horizontalen Eimerkettenleitung und wird anschließend durch den Lesetakt hinausgeschoben. Das setzt sich fort, bis der Speicher leer und das kleine Bild vollständig abgebildet ist.

### 5. Funktion des Steuer-ICs

Der Steuer-IC SAA 3000 liefert die Takt- und Steuersignale für die Erzeugung von „Bild im Bild“



**Bild 6**  
Organisation des Analogspeicher-IC UAA 1000



**Bild 7**  
Blockschaltbild des Steuer-IC SAA 3000

(Bild 7). Es werden drei Taktsignale für die beiden Analogspeicher UAA 1000 erzeugt, der langsame Schreibtakt, der schnelle Lesetakt und der Vertikal-Schiebetakt. Zusätzlich muß das Ansteuersignal für die Bildröhre zu den richtigen Zeiten zwischen Helligkeits- und Farbsignal des Hauptbildes und dem Helligkeitssignal des kleinen Bildes umgeschaltet werden, und die beiden Analogspeicher UAA 1000 sind halbbildweise abwechselnd auf Schreiben und auf Lesen zu schalten.

Eine weitere Aufgabe der Steuerschaltung besteht darin, die unterschiedlichen und sich ständig ändernden Phasenlagen von Bild und Zeile des Kleinbildsenders gegenüber dem Hauptbildsender auszugleichen. So muß „Bild im Bild“ auch dann funktionie-

ren, wenn der Bildwechsel des Kleinbildsenders in die Lese-Phase des kleinen Bildes fällt.

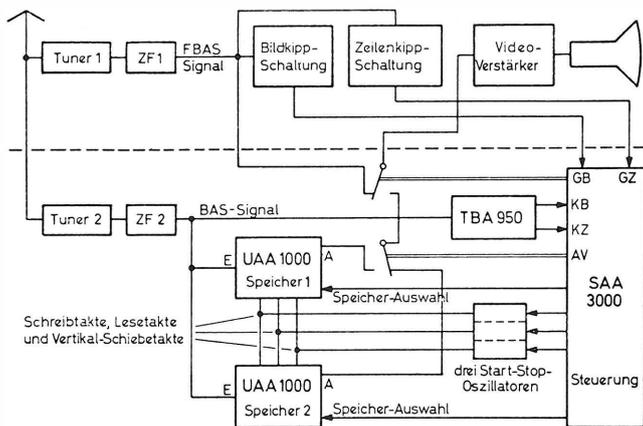
Als Eingangssignale erhält der Steuer-IC die Bild- und Zeilenimpulse beider Sender. Zwar differieren die Zeilenfrequenzen zweier Fernsehsender normalerweise nur in Größenordnungen von 0,01 Hz, doch soll „Bild im Bild“ auch noch einwandfrei funktionieren, wenn die Differenz einige hundert Hertz beträgt, wie das beim Anschluß eines Videorecorders der Fall sein kann.

Bild 7 zeigt auf der linken Seite Zähler und Flip-Flop für die Auswahl der Zeilen des Großbildes, in dem das kleine Bild gezeigt werden soll.

In der Mitte der oberen Reihe erkennt man den Zähler für die Auswahl der jeweils vierten Zeile des Kleinbildsenders, die in die obere horizontale Eimerkettenleitung des Speichers eingeschrieben wird. Rechts davon ist der Zähler für den Einschreibetakt dargestellt. Unter dem 1:4-Zähler befindet sich ein weiterer Zähler, der zusammen mit einem Flip-Flop den Bereich derjenigen vierten Zeilen (10 bis 67) aussucht, der in den tatsächlichen Speicher (die vertikalen Eimerkettenleitungen) gelangt. Weitere Zähler zählen die Vertikal-Schiebetakte und die Auslesetakte. Die Verbindung zum Speicher wird schließlich durch die Speichersteuerung hergestellt.

### 6. Peripherie

Gegenwärtig werden für „Bild im Bild“ zusätzlich ein Tuner, ein ZF-Verstärker und ein Amplitudensieb benötigt, um die Signale des Kleinbildes zu gewinnen. Da für dieses Bildsignal eine Bandbreite von  $\pm 0,75$  MHz ausreicht und eine einfache Durchlaßkurve genügt, können der zusätzliche Tuner und ZF-Verstärker mit reduziertem Aufwand hergestellt



**Bild 8**  
Blockschaltbild eines mit „Bild im Bild“ ausgerüsteten Farbfernsehempfängers

Höhe	82 mm = 116 Zeilen
Breite	115 mm = 10,67 $\mu$ s
Diagonale	141 mm
Verhältnis Breite : Höhe	4,1 : 3
Zeilen pro Halbbild	58 Zeilen
Bildpunkte pro Zeile	64 Bildpunkte

Dauer der Informationsaufnahme für das Kleinbild

horizontal	43 $\mu$ s
vertikal (pro Halbbild)	229 Zeilen
theoretische Auflösung	3 MHz

**Tabelle 1**  
**Daten des Kleinbildes**  
bezogen auf eine 26-Zoll-(66-cm)-Bildröhre

werden. Im Blockschaltbild (**Bild 8**) sind diese Komponenten eines mit „Bild im Bild“ ausgerüsteten Farbempfängers dargestellt.

### 7. Daten des Kleinbildes

Die **Tabelle 1** enthält zusammengefaßt die wichtigsten Parameter des Kleinbildes.

### 8. Schlußbetrachtung und Ausblick

Nachdem „Bild im Bild“ zur Zufriedenheit arbeitet und in Kürze damit ausgerüstete Farbfernsehempfänger auf dem Markt sein werden, bleibt natürlich die Entwicklung nicht stehen. Die Technik von „Bild im Bild“ wird vor allem in Hinblick auf den erforderlichen Aufwand weiter entwickelt.

# ZEITLUPENWIEDERGABE UND SUCHLAUF BEI „SEGMENTED FIELD“-VIDEORECORDERN<sup>1</sup>

VON JÜRGEN HEITMANN<sup>2</sup>

Manuskript eingegangen am 24. Oktober 1977

MAZ-Technik

## Zusammenfassung

Mit der zunehmenden Bedeutung des elektronischen Editing wachsen auch die Forderungen an die verwendeten Videobandmaschinen. Von den neuen 1-Zoll-Maschinen wird deshalb auch die Möglichkeit des Standbildes, der Zeitlupenwiedergabe und des Suchlaufs erwartet. Trotz ihrer zahlreichen Vorteile hinsichtlich Spurhaltung etc. schien die Aufzeichnungstechnik mit segmentierter Videospur in diesen Punkten den Videobandmaschinen ohne Spursegmentierung unterlegen. Es wird erläutert, daß Zeitlupe und Suchlauf unter Verwendung eines Bildspeichers auch bei einer segmentierten Aufzeichnungsspur möglich sind.

## Summary Slow-Motion and Search Mode with „Segmented Field“ Videotape Recorders

Along with the growing importance of electronic editing the requirements with regard to the video-tape recorders are equally increasing. The new 1 inch-machines thus are expected to offer possibilities of stop-, slow-motion and search mode. In spite of several advantages concerning track accuracy etc. it seemed that in this respect recording methods using „segmented field“ technique had been inferior to videotape recorders with non segmented field recording. This article explains how slow-motion and search mode, are also applicable to segmented-field recording when using a frame-store.

## Sommaire Reproduction au ralenti et chercheur des magnétoscopes vidéo à trame segmentée

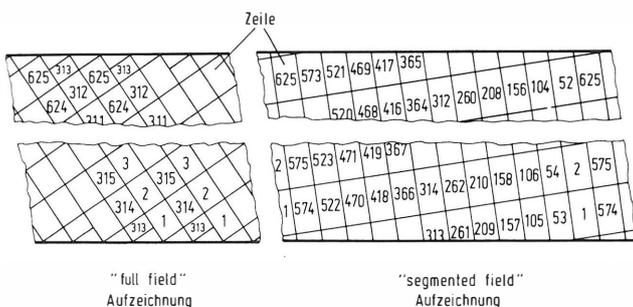
L'importance croissante du couplage et assemblage électronique entraîne en même temps des exigences plus accentuées aux magnétoscopes vidéo utilisés jusqu'à présent. De cela on s'attend à ce que les nouvelles machines à 1 pouce offrent la possibilité de l'image fixe, de la reproduction au ralenti et du chercheur. Malgré les nombreux avantages, p. ex. stabilité de piste etc., la technique d'enregistrement à trame vidéo segmentée semblait être inférieure à cet égard aux magnétoscopes vidéo à trame non segmentée. On explique ci-après qu'en utilisant une mémoire d'images il existe bien la possibilité de la reproduction au ralenti et du chercheur même pour l'enregistrement à trame segmentée.

## 1. Einleitung

Zeitlupenwiedergabe, Standbild und bidirektionaler Suchlauf sind selbstverständliche Betriebsfunktionen eines Filmschneidetisches. Die elektronische Schnittbearbeitung eines Videobandes dagegen mußte in der Ära der Quadruplex-Studiomaschinen auf diese wichtigen Hilfsfunktionen verzichten. Erst zusammen mit der „full field“-Schrägsपुरaufzeichnung wurden Suchlauf und Zeitlupe in die elektronische Schnittbearbeitung eingeführt. Daraus resultiert das Mißverständnis, daß diese Betriebsarten nur mit „full field“-Recordern möglich wären, mit „segmented field“-Videorecordern hingegen nicht.

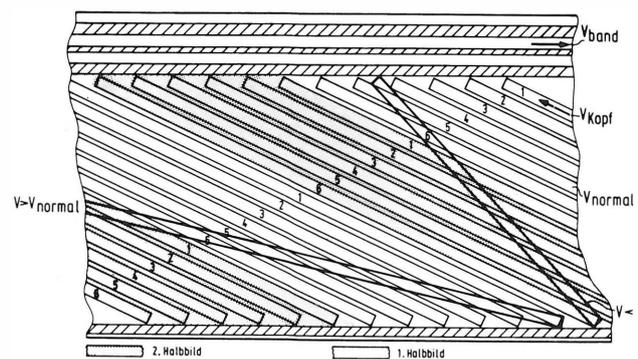
Im folgenden wird erläutert, wie Zeitlupe und Suchlauf unter Verwendung eines frei adressierbaren

Bildspeichers auch bei der segmentierten Aufzeichnungstechnik realisiert worden sind. Eine der Hauptforderungen an die Technik bestand dabei dar-



**Bild 1**

Spurbilder bei Schrägsपुरaufzeichnung



**Bild 2**

Spurlagen bei verschiedenen Bandgeschwindigkeiten

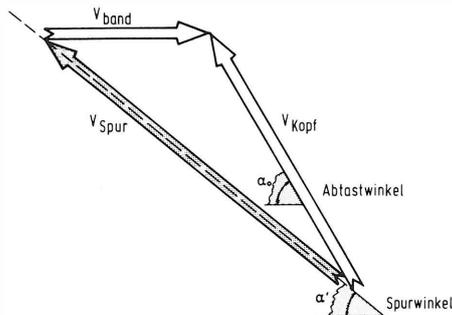
in, daß auch ältere Aufzeichnungen jederzeit in Suchlauf und Zeitlupe wiedergegeben werden können, sofern nur das abspielende Gerät für diese Funktionen eingerichtet ist. Das vorgestellte Verfahren ist grundsätzlich auf alle Aufzeichnungsnormen mit Segmentierung anwendbar; erläutert wird es anhand einer modernen „segmented field“-Aufzeichnungsnorm, der BCN-Norm.

## 2. Der Einfluß variabler Bandgeschwindigkeiten auf die Lage der Videospuren

Die Schrägsपुरaufzeichnung zeichnet das Videosignal in einzelnen nebeneinanderliegenden Spuren auf (Bild 1), die in einem spitzen Winkel zur Längs-

<sup>1</sup> Nach dem Manuskript eines Vortrages, gehalten auf der 5. Jahrestagung der Fernseh- und Kinotechnischen Gesellschaft (FKTG) in Kiel, 19. bis 23. September 1977.

<sup>2</sup> Dipl.-Ing. J. Heitmann ist Mitarbeiter der Robert Bosch GmbH, Geschäftsbereich Fernsehanlagen, Darmstadt.

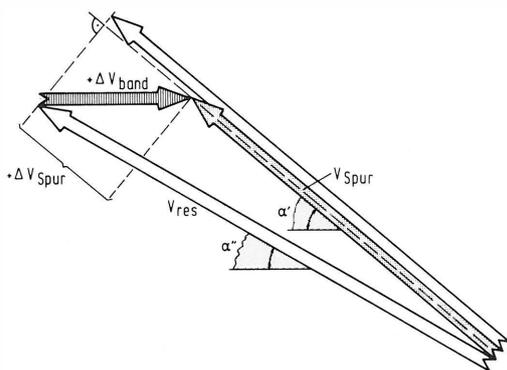


**Bild 3**  
Geschwindigkeits-Richtungsdiagramm der Schrägspuraufzeichnung

achse des Magnetbandes liegen. Bei einem „full field“-Recorder enthält jede Spur ein vollständiges Halbbild, während die Verfahren mit Segmentierung ein Halbbild in mehreren Spuren aufzeichnen.

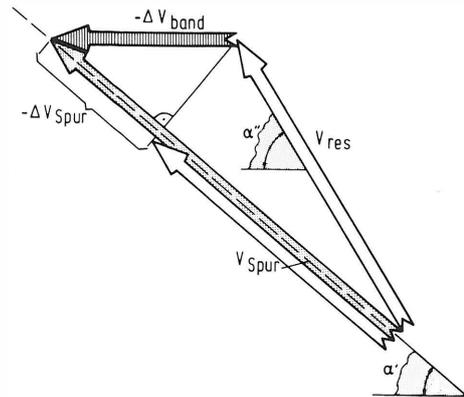
**Bild 2** zeigt die Lage zweier Spurwinkel im Spurbild der Aufzeichnung, einmal für eine erhöhte, zum anderen für eine verringerte Bandgeschwindigkeit. Wie diese veränderten Spurlagen entstehen, soll im folgenden geklärt werden.

Wie **Bild 3** zeigt, läuft der Videokopf unter einem spitzen Abtastwinkel  $\alpha_0$  der Bandtransportrichtung entgegen. Der Pfeil  $v_{band}$  kennzeichnet die Bewegungsrichtung des Bandes gegenüber dem Kopfrad. Beide Geschwindigkeiten addieren sich zu einer höheren Relativgeschwindigkeit Kopf gegen Band unter einem etwas flacheren Spurwinkel  $\alpha'$ . Unter diesem Spurwinkel  $\alpha'$  erfolgt die Aufzeichnung. Erhöht man nun bei der Wiedergabe die Bandgeschwindigkeit



**Bild 4**  
Geschwindigkeits-Richtungsdiagramm für  $v_{band} > v_{normal}$   
 $\alpha'$  Spurwinkel Aufnahme  
 $\alpha''$  Spurwinkel Wiedergabe

keit um einen positiven Betrag  $\Delta$ , so ergibt sich eine zusätzliche Geschwindigkeitskomponente in die Bandtransportrichtung (**Bild 4**). Die zusätzliche Komponente  $+\Delta v_{band}$  bewirkt einen flacheren Spurwinkel  $\alpha''$  bei der Wiedergabe gegenüber dem Spurwinkel  $\alpha'$  der Aufzeichnung. Dies hat zur Folge, daß der Videokopf aus der aufgezeichneten Spur herausläuft. Außerdem erhöht sich die Relativgeschwindigkeit des Kopfspaltes in die Richtung der Aufzeichnungsspur durch einen vektoriellen Anteil, der von  $+\Delta v_{band}$  in die Spurrichtung  $\alpha'$  fällt. Eine erhöhte Abtastgeschwindigkeit bedeutet aber eine Frequenztransformation bzw. eine Zeitkompression des aufge-



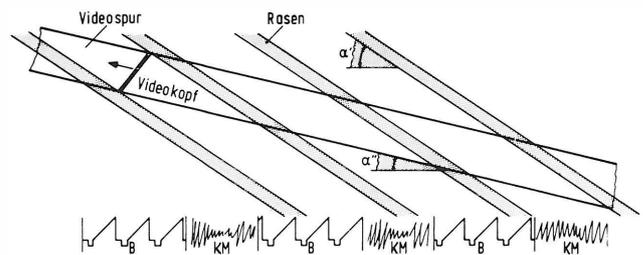
**Bild 5**  
Geschwindigkeits-Richtungsdiagramm für  $v_{band} < v_{normal}$   
 $\alpha'$  Spurwinkel Aufnahme  
 $\alpha''$  Spurwinkel Wiedergabe

zeichneten Videosignales. Die Bildzeilen werden kürzer. Eine Angabe zu den Größenordnungen: Bei der BCN bedeutet eine Verdoppelung der Bandgeschwindigkeit eine Zeitkompression um ca. 1 % bzw. 640 ns je Bildzeile. Zur Demodulation der Farbinformation erfolgt eine Korrektur dieser Frequenztransformation durch eine Änderung der Winkelgeschwindigkeit des Kopfrades.

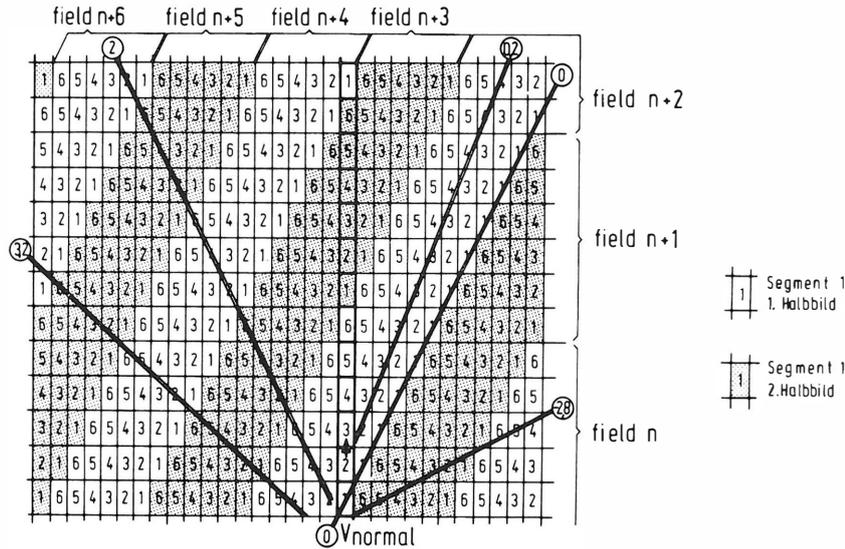
**Bild 5** zeigt die Verhältnisse bei einer Verringerung der Bandgeschwindigkeit. Im Vektordiagramm bedeutet dies eine zusätzliche Komponente  $-\Delta v_{band}$ . Wählt man ihren Betrag größer als die normale Bandgeschwindigkeit, so gelangt man zu den Rückwärtsgeschwindigkeiten. Der Spurwinkel  $\alpha''$  der Wiedergabe wird gegenüber dem Spurwinkel  $\alpha'$  steiler. Der Videokopf läuft ebenfalls aus der aufgezeichneten Spur heraus. Zusätzlich entsteht in diesem Fall eine Zeitdehnung des Signales durch den vektoriellen Anteil von  $-\Delta v_{band}$ , der in die Spurrichtung  $\alpha'$  fällt.

### 3. Der Einfluß eines gegenüber der Aufzeichnung geänderten Spurwinkels auf das Videobandsignal

Zunächst ist zu klären, was es für das Videosignal bedeutet, wenn der Kopf die aufgezeichnete Spur verläßt (**Bild 6**). Befindet sich der Kopfspalt mitten zwischen 2 Spuren, so empfängt er Signale von beiden benachbarten Spuren. Da das Videosignal aber in Frequenzmodulation aufgezeichnet wurde, bilden



**Bild 6**  
Signalverlauf bei von der Aufnahme abweichendem Spurwinkel  
 $\alpha'$  Spurwinkel Aufnahme  
 $\alpha''$  Spurwinkel Wiedergabe  
KM Kreuzmodulation  
B einwandfreies Bildsignal



**Bild 7**  
Segmentfolge bei verschiedenen Bandgeschwindigkeiten

die FM-Signale beider Spursegmente miteinander äußerst starke Kreuzmodulationsprodukte. Es wechseln im Signalverlauf Pakete einwandfreier Zeilen mit Zeilenfolgen, die durch Kreuzmodulation gestört sind. Das Verhältnis der Anzahl der gestörten Zeilen zur Anzahl der völlig ungestörten Zeilen beträgt bei der BCN 1,5 : 1, d. h. von 5 Zeilen sind nur 2 völlig ungestört. Dieses Verhältnis ist einzig durch die geometrischen Größen Spaltlänge und Spurbstand bestimmt und bleibt unabhängig von der gewählten – vom Normal abweichenden – Bandgeschwindigkeit. Je stärker allerdings die Transportgeschwindigkeit vom Normal abweicht, desto öfter überfährt der Videokopf den Spurrasen. Die Anzahl der Zeilen im gestörten bzw. ungestörten Zeilenpaket wird kleiner.

**Bild 7** zeigt die Reihenfolge der abgetasteten Spursegmente für verschiedene Bandgeschwindigkeiten. Zur Erinnerung, bei der BCN-Norm ist ein Halbbild auf 6 Segmente verteilt. Wenn man die etwas herausgehobene senkrechte Segmentfolge betrachtet, dann

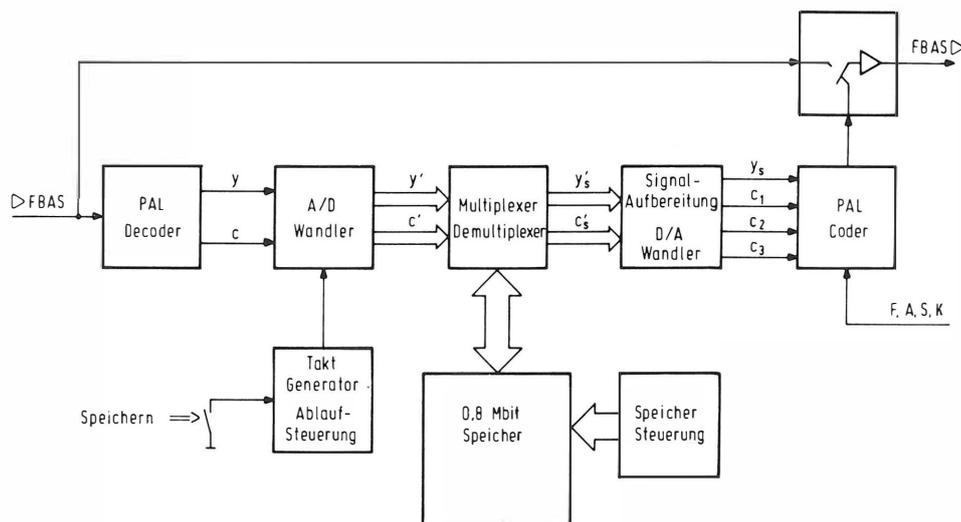
erhält man die Folge im Falle der normalen Transportgeschwindigkeit. In **Bild 7** sind die Spurlagen für einige Geschwindigkeiten eingetragen. Für den Fall des Bandstillstands erkennt man, daß der Videokopf ständig Teile des gleichen Segmentes abtastet, 5 von den 6 Segmenten, d. h. ganze Bildteile werden überhaupt nicht erfaßt.

Hier liegt ein scheinbarer Vorteil der „full field“-Schrägsauraufzeichnung. Verläßt bei diesem Verfahren der Videokopf die aufgezeichnete Spur, so gelangt er in die Spur des zeitlich benachbarten Halbbildes, die Reihenfolge der wiedergegebenen Zeilen entspricht aber weiterhin ihrer geometrischen Reihenfolge (siehe auch **Bild 1**). Dadurch ist Standbildwiedergabe bei stehendem Band möglich. Allerdings rotiert das Kopfrad dabei 3000mal pro Minute auf derselben Bandstelle, mit der sehr großen Gefahr, das Band möglicherweise zu zerstören. Für eine Standbildwiedergabe ist bei Studiomaschinen deshalb die Verwendung eines Bildspeichers in jedem Fall zu empfehlen.

$V_{band}$	Zeilen-Nr.					
+ 2,0 fach	32 - 52	135 - 155	240 - 260	32 - 52	135 - 155	240 - 260
+ 1,6 fach	53 - 87	192 - 226	19 - 52	158 - 191	297 - 18	123 - 157
+ 3,2 fach	15 - 24	92 - 101	169 - 178	246 - 255	10 - 19	87 - 96
+ 6,4 fach	6 - 9	68 - 71	130 - 133	192 - 195	254 - 257	3 - 6
+ 12,8 fach	3 - 4	60 - 61	117 - 118	174 - 175	231 - 232	288 - 289
+ 0,2 fach	40 - 66	53 - 78	66 - 91	79 - 104	92 - 117	105 - 130
- 0,2 fach	26 - 42	17 - 33	7 - 23	309 - 12	299 - 2	288 - 304
- 1,4 fach	14 - 22	297 - 305	268 - 276	238 - 246	209 - 217	179 - 187
- 2,8 fach	8 - 12	282 - 286	242 - 246	203 - 207	163 - 167	124 - 128
- 5,6 fach	5 - 7	273 - 275	229 - 231	184 - 186	140 - 142	95 - 97
- 11,2 fach	3 - 4	268	220 - 221	172	124 - 125	76

2. Halbbild einer Vollperiode

**Bild 8**  
Bildaufbau für Zeitlupe und Suchlauf



**Bild 9**  
 Standbild-Speicher (1 Teilbild)

Als nächstes soll die Segmentfolge bei 3,2facher Geschwindigkeit betrachtet werden. Die Abtastspur beginnt beispielsweise auf dem Spursegment 4, überfährt den Rasen zwischen 4 und 5, gelangt in die zweite Hälfte des Segmentes 5, läßt Segment 6 zunächst völlig aus, überfährt die erste Hälfte des Segmentes 1, überfährt dann den Rasen zwischen 1 und 2 usw.

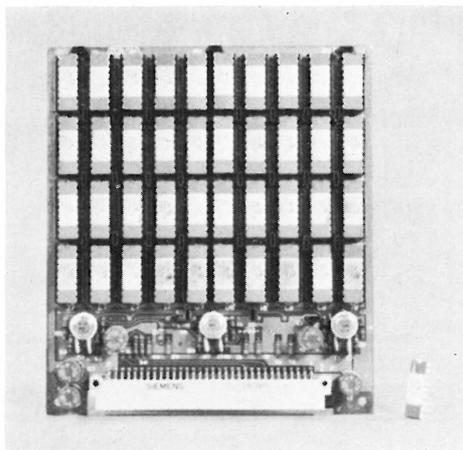
Die aus verschiedenen Geschwindigkeiten resultierenden Zeilenfolgen sind in einer Tabelle (**Bild 8**) zusammengefaßt. Man erkennt, daß die ungestört abgetasteten Bildzeilen in total verwürfelter Reihenfolge vom Band gelesen werden. Die richtige Reihenfolge kann nur mittels eines Zwischenspeichers wiederhergestellt werden. Es ist die Aufgabe des BCN-Standbildspeichers, die vom Band abgetasteten Zeilen in ihrer zeitlichen Reihenfolge abzuspeichern und vom Studiotakt gesteuert in ihrer bildrichtigen geometrischen Folge wieder auszulesen.

In der ersten Zeile von **Bild 8** ist eine Folge ungestörter Zeilennummern für exakt die doppelte Geschwindigkeit dargestellt. Es werden allerdings aus jedem Halbbild die gleichen örtlichen Zeilen abge-

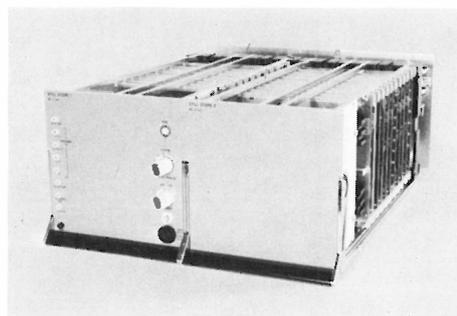
tastet. Andere als die angegebenen Bildzeilen werden nie ungestört erfaßt, so fehlen die Bildzeilen 53–134 ständig. Bei exakt der verdoppelten Bandgeschwindigkeit ist deshalb kein vollständiger Bildaufbau möglich. Es gibt weitere, meist ganzzahlige Vielfache der Normalgeschwindigkeit, die keine vollständige Bilderfassung ermöglichen. Neben diesen „unmöglichen“ Geschwindigkeiten gibt es einige, die zu einer optimalen, d. h. möglichst schnellen und vollständigen Abtastung aller örtlichen Bildzeilen führen. Es sind dies im Fall der BCN die in **Bild 8** aufgeführten Vorwärtsgeschwindigkeiten +1,6 bis +12,8 sowie die Rückwärtsgeschwindigkeiten –1,4 bis –11,2. Höhere Geschwindigkeiten als  $\pm 12$ fach sind wenig sinnvoll; denkt man nur daran, daß die Halbzeit eines Fußballspiels dann keine 4 Minuten mehr dauert. Es ist für den Bearbeiter bei dieser Geschwindigkeit nicht mehr möglich, einen bestimmten Spielzug zu erkennen. Zwischen der Normalgeschwindigkeit einfach vorwärts und einfach rückwärts befinden sich die slow-motion-Geschwindigkeiten, die weitgehend kontinuierlich eingestellt werden können.

#### 4. Der BCN-Bildspeicher

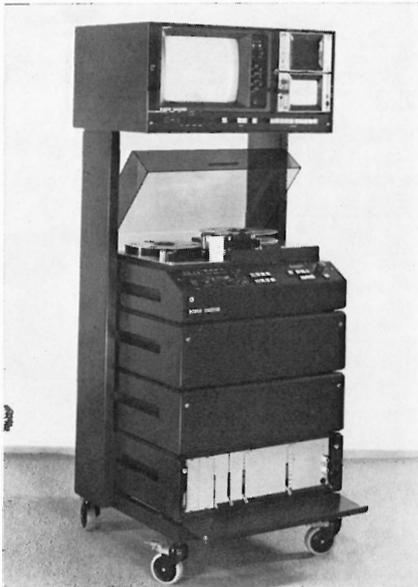
Der Bildspeicher (**Bild 9**), der die verwürfelte Zeilenfolge wieder ordnen soll, hat Speicherkapazität für alle 312 Zeilen eines Halbbildes. Jede Speicher-



**Bild 10**  
 160-kbit-Speicherplatine



**Bild 11**  
 Bildspeicher



**Bild 12**  
BCN 50 mit Bildspeicher

zeile ist durch die Angabe der ihr eindeutig zugeordneten geometrisch gezählten Zeilennummer anwählbar. Um eine Bildzeile abzuspeichern, muß dem Speicher ihre Zeilennummer mitgeteilt werden; er speichert sie dann in der zugeordneten Speicherzeile ab. Ausgelesen wird ihre Information immer dann, wenn ihre Zeilennummer vom Studiotakt abgerufen wird.

Die Tatsache, daß das einzelne Film- oder Fernsehbild eine natürliche Bewegungsunschärfe enthält, erlaubte es, die Signalbandbreite des Speichers auf 2,5 MHz zu beschränken. Luminanz und das demodulierte Chrominanzsignal werden getrennt abgespeichert. Die Speicherkapazität beträgt 800 kbit. Dazu sind fünf Speicherplatten mit je 40 hochintegrierten 4k-RAMs notwendig (**Bild 10**). Das Ausgangssignal des Speichers, der in zwei Kassetten der Bauform 43 untergebracht ist (**Bild 11**), entspricht voll der PAL-Norm. Der Bildspeicher findet seinen Platz in einer zusätzlichen Box unterhalb der normalen BCN 50 (**Bild 12**).

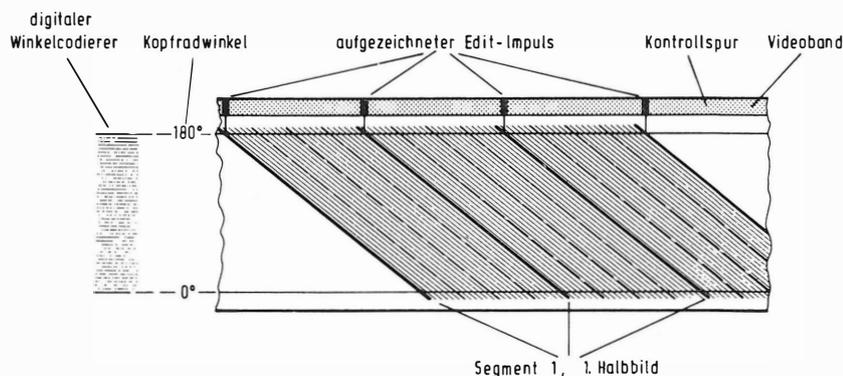
Es stellt sich natürlich die Frage, ob dieser Aufwand vertretbar ist, wo doch eine „full field“-Bandmaschine ohne segmentierte Spur mit wenig zusätz-

licher Elektronik eine Standbildwiedergabe erlaubt. Es war schon darauf hingewiesen worden, daß diese Art der Standbildwiedergabe die Gefahr einer nicht akzeptablen Bandschädigung in sich birgt, da das Kopfrad bei Bandstillstand ständig dieselbe Bandstelle überfährt. Ist aber zur Standbilderzeugung ohnehin ein vollelektronischer Speicher vorzuziehen, dann ist der verbleibende Zusatzaufwand für Zeitlupe und Suchlauf gering. Es muß auch gesehen werden, daß die elektronische Standbild-Lösung gegenüber der mechanischen nicht nur ein ruhigeres Bild, sondern auch ein sendefähiges elektronisches Dia bietet, das beliebig lange verfügbar ist.

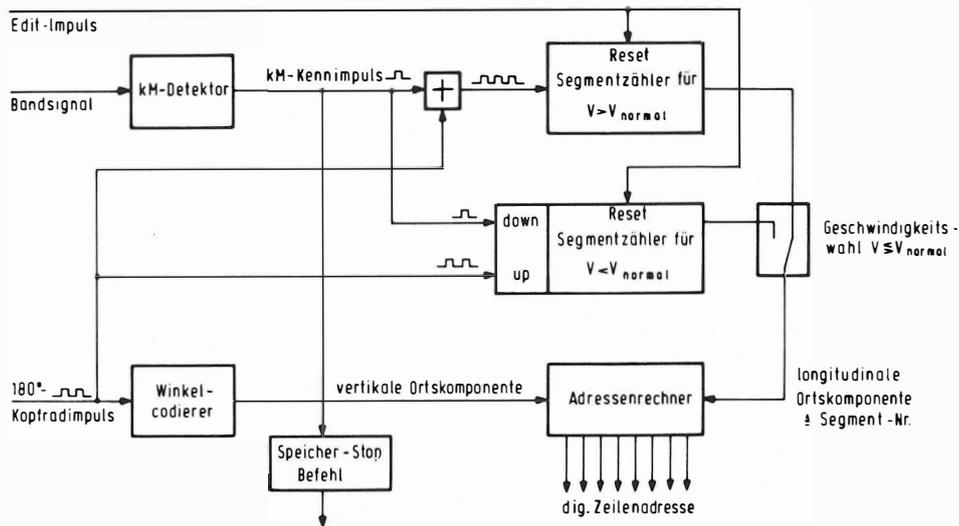
### 5. Errechnung der geometrischen Zeilennummer

Es war festgestellt worden, daß zum Abspeichern die Zeilennummer der abgetasteten Videozeile bekannt sein muß. Die Erkennung der Zeilennummer geht davon aus, daß die geometrische Lage der Bildzeilen auf dem Band eindeutig fixiert ist. Anders formuliert: Ist der Ort des Kopfspaltes auf dem Band bekannt, so läßt sich auch die Nummer der zugehörigen Bildzeile angeben. Eine örtliche Lage wird durch zwei Koordinaten bezeichnet. Eine vertikale Ortskomponente ist für das Videoband durch den Kopfradwinkel (**Bild 13**) gegeben, der sich in einem digitalen Winkelkodierer beliebig genau kodieren läßt. Die noch fehlende longitudinale Ortskomponente ist u. a. in der mit aufgezeichneten Kontrollspur enthalten, die mit einem 4V-Edit-Impuls die vertikale Austastlücke jedes vierten Teilbildes kennzeichnet.

Jede V-Lücke wurde unter exakt dem gleichen Kopfradwinkel aufgezeichnet. Der Edit-Impuls enthält damit eine Information darüber, daß der Videokopf sich momentan auf dem ersten von 6 Segmenten befindet. Allerdings ist die longitudinale Unterteilung mit dem Edit-Impuls zu grob, um sagen zu können, zu welchen Zeiten der Kopf sich auf den übrigen Segmenten befindet. Eine Lösung ist beispielsweise, das periodische Auftreten der Kreuzmodulationsprodukte im Videosignal auszuwerten (**Bild 6**). Unter der Voraussetzung, daß der Edit-Impuls die erste Folge ungestörter Zeilen als Zeilen des 1. Segmentes identifiziert hat, bedeutet das folgende Auftreten von Kreuzmodulation, daß der Videokopf das 1. Segment verläßt und als nächstes das Segment Nr. 2 abtasten wird.



**Bild 13**  
Segmentidentifikation durch Edit-Impuls



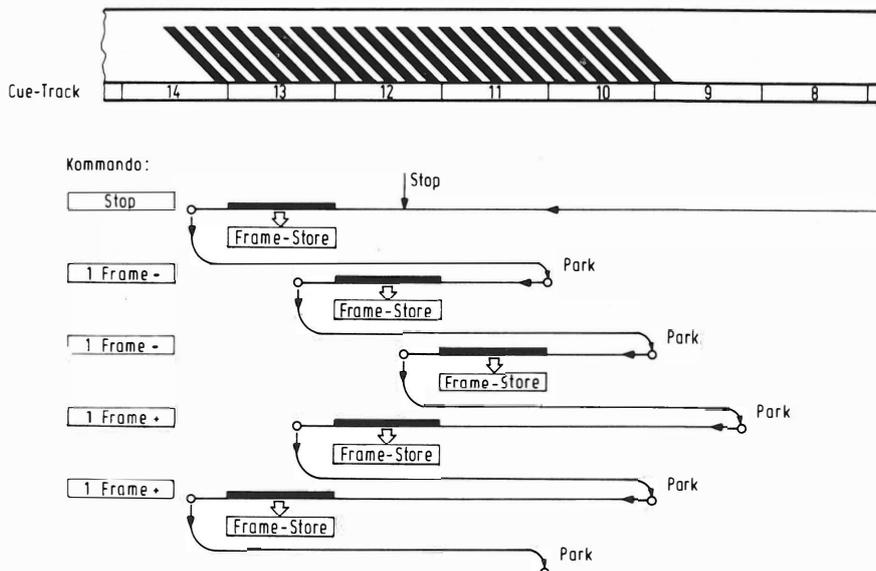
**Bild 14**  
Errechnung der Zeilenadressen

Ein Blockschaltbild des Adressenrechners zeigt **Bild 14**. Aus dem demodulierten Videobandsignal wird in einem Kreuzmodulationsdetektor ein Kreuzmodulations-Kennimpuls abgeleitet. Diese Impulse werden in einem Segmentzähler gezählt. Da jedoch auch nach jeder 180°-Umdrehung des Kopfrades der Videokopf in ein folgendes Segment überwechselt, muß der Segmentzähler neben den KM-Kennimpulsen zusätzlich auch die Zahl der 180°-Kopfrad-Umdrehungen zählen. Dabei gibt es einen Unterschied für Geschwindigkeiten oberhalb und unterhalb der Normalgeschwindigkeit. Im Falle höherer Geschwindigkeiten bedeuten sowohl ein KM-Kennimpuls als auch der 180°-Impuls eine Weiterschaltung des Segmentzählers in positiver Richtung.

Bei Geschwindigkeiten unterhalb der normalen sowie bei allen Rückwärtsgeschwindigkeiten dagegen bedeutet der Kreuzmodulations-Kennimpuls eine

Weiterschaltung des Segmentzählers in negative Zählrichtung. Der Winkelkodierer gibt die vertikale Ortskomponente in den Adressenrechner. Mit der Eingabe des Kopfradwinkels ist die Nummer der abgetasteten Zeile bis auf eine additive Konstante schon bestimmt; es bleibt beispielsweise die Auswahl zwischen der 22., 74., 126., 178., 230. oder 282. Bildzeile.

Mit Hilfe der vom Segmentzähler zugeführten longitudinalen Ortskomponente, nämlich der Segmentnummer, trifft der Adressenrechner die richtige Auswahl. Er gibt sein Ergebnis an den BCN-Bildspeicher weiter, der vor dem Einspeichern einer Bildzeile ihre errechnete Zeilenadresse abfragt. Um ein ungestörtes Bild zu erhalten, wird aus dem Kreuzmodulations-Kennimpuls ein Stopp-Befehl für den Einspeichervorgang geformt. Dieser verhindert, daß gestörte Bildzeilen in den Speicher eingelesen wer-



**Bild 15**  
Stop-Motion und Einzelbildfortschaltung

den. Zeitlupe und Suchlauf sind ohne Störbalken möglich.

#### **6. Zeitlupendarstellung mittels schrittweisem Bandvorschub**

Es wurde ein Verfahren geschildert, das Suchlauf und Zeitlupendarstellung auch bei segmentierter Aufzeichnungsspur ermöglicht; dabei läuft das Band mit einer stetigen Transportgeschwindigkeit. Die Wirkung einer Zeitlupenwiedergabe läßt sich bei der BCN auch durch eine automatisierte rasche Einzelbildfortschaltung erreichen (**Bild 15**). Bei diesem Verfahren verläßt der Videokopf die aufgezeichnete

Spur nicht, da jedes einzelne Bild mit der üblichen Geschwindigkeit abgespielt wird. Dieses Bild wird in den Speicher eingelesen und anschließend vom Speicher mehrfach wiederholt. Während der Zeitspanne der Wiederholung stoppt der Bandtransport, die Maschine fährt das Band etwas zurück in eine Parkposition vor dem nächsten Bild und spielt dieses nächste Bild wieder mit normaler Bandgeschwindigkeit in den Bildspeicher ein.

Kontinuierliche Zeitlupe und schrittweise Einzelbildfortschaltung ergänzen sich ideal. Zusammen mit der Möglichkeit des Suchlaufes und Standbildes stellen sie das elektronische Editing mit einem „segmented field“-Videorecorder dem Filmediting gleich.

# TECHNISCHE PROBLEME BEIM EINSATZ KOPFBEZOGENER STEREOFONER ÜBERTRAGUNGSVERFAHREN<sup>1</sup>

VON HANS-JOACHIM PLATTE UND PETER LAWS<sup>2</sup>

Manuskript eingegangen am 19. Oktober 1977

Kopfbezogene Stereophonie

## Zusammenfassung

Eine notwendige Voraussetzung für die fehlerfreie Übertragung von Hörereignissen ist die verzerrungsfreie Übertragung von Ohrsignalen aus dem Originalschallfeld in die Abhörsituation. Aus dieser Forderung nach verzerrungsfreier Übertragung ergeben sich, wie die vorliegende Arbeit zeigt, Konsequenzen hinsichtlich der Mischmöglichkeiten in der kopfbezogenen Aufnahmetechnik und der Kopfhörerwiedergabe beim Zuhörer. Vorschläge für praktikable Lösungen werden diskutiert.

## Summary Technical problems in the application of head-related stereophonic transmission methods

The distortionless transmission of the signals in the ear from the original sound field to the listener's situation is a necessary condition for exact transmission of sound images. The present paper shows that the distortionless transmission of signals has implications with regard to the mixing possibilities of head-related sound recording techniques and reproduction by headphones. Proposals for practical solutions are discussed.

## Sommaire Problèmes techniques posés par l'emploi de procédés de transmission stéréophonique à tête artificielle

Si l'on veut produire des images sonores non dégradées, il faut transmettre sans distorsion vers le point d'écoute les signaux qui atteignent l'oreille dans le champ sonore d'origine. L'article démontre que cette transmission sans distorsion entraîne des conséquences pour le mélange des signaux en cas de prise de son par tête artificielle et d'écoute au casque. Il propose des solutions pratiques.

## 1. Einleitung

Aus früheren Arbeiten [1, 2, 3, 4, 5] ist bekannt, daß ein elektroakustisches Übertragungssystem Hörereignisse nur dann bezüglich aller ihrer Merkmale fehlerfrei überträgt, wenn es Trommelfellsignale fehlerfrei überträgt. Da die Übertragungseigenschaften des menschlichen Ohrkanals ab einer bestimmten Entfernung von seinem Eingang nicht mehr vom äußeren Schallfeld abhängig sind, ist diese Bedingung auch bei fehlerfreier Übertragung von Ohrsignalen, das sind Signale an bestimmten Meßpunkten der menschlichen Gehörgänge, erfüllt.

Wie Erfahrungen mit kopfbezogenen stereofonen Aufnahme-/Wiedergabesystemen bisher gezeigt haben [4], stellt im Vergleich mit den zur Zeit gebräuchlichen elektroakustischen Übertragungsverfahren gerade die kopfbezogene Stereophonie große Anforderungen bezüglich Verzerrungsfreiheit der Aufnahme-, Übertragungs- und Wiedergabeeinrichtungen. Im schwierigsten Fall – wenn sich eine Schallquelle unbewegt in der Medianebene horizontal vor einem Kunstkopf befindet und zum Abhören Kopfhörer verwendet werden – genügen bereits relativ geringe lineare Verzerrungen im Übertragungs-

system, um ein ursprünglich in Schallquellenrichtung befindliches Hörereignis entweder nach oben oder in den Kopf oder sogar hinter den Kopf der abhörenden Versuchsperson zu verschieben. Es treten in diesem Falle also gerade diejenigen Effekte auf (Im-Kopf-Lokalisiertheit, Elevation und Spiegelung von Hörereignissen), die als Übertragungsfehler der seit 1939 entwickelten Kunstköpfe bekannt sind [6, 7, 8, 4].

Bei einer breiten Anwendung der kopfbezogenen Stereophonie im Rundfunk, im Fernsehen oder in der Schallplattenindustrie ergeben sich daher drei wichtige Fragenkomplexe:

1. Wie anfällig ist die kopfbezogene Stereophonie gerade bezüglich der Vorne-Ortung gegenüber unerwünschten linearen Verzerrungen in den Übertragungskanälen?
2. Welche Mischmöglichkeiten bestehen im Aufnahmestudio unter Berücksichtigung des Prinzips der verzerrungsfreien Übertragung von Ohrsignalen? Unter welchen Bedingungen und mit welchen zusätzlichen elektronischen Einrichtungen lassen sich „Stützköpfe“ bzw. Stützmikrofone zusätzlich zu einem Kunstkopf einsetzen?
3. Welche einheitliche Übertragungsfunktion sollten die zum Abhören zu verwendenden Kopfhörer aufweisen? Läßt sich eine Entzerrung auf eine bestimmte Übertragungsfunktion derart angeben, daß der entzerrte Kopfhörer auch für die Wiedergabe von monofonem oder üblichem stereofonem Programmmaterial Vorteile gegenüber dem nicht entzerrten Kopfhörer bringt?

Zu den Fragen der Mischmöglichkeiten und der Kopfhörer-Entzerrung sind am Institut für Elektrische Nachrichtentechnik der Technischen Hochschule Aachen mit Hilfe eines hier entwickelten „Richtungsmischpultes“ Untersuchungen durchge-

<sup>1</sup> Vortrag, gehalten auf der 4. Fachtagung Hörrundfunk der Nachrichtentechnischen Gesellschaft (NTG) in Düsseldorf, 2. bis 4. November 1976.

Dieser Aufsatz erscheint zugleich in Engl./Franz. in der E.B.U. Review Technical/Revue de l'U.E.R. Technique Nr. 167 (Februar 1978). This article is published simultaneously in English in the E.B.U. Review Technical No. 167 (February 1978). Cet article est publié simultanément en français dans la Revue de l'U.E.R. Technique N° 167 (Février 1978).

<sup>2</sup> Dipl.-Ing. Hans-Joachim Platte ist Wissenschaftlicher Assistent am Institut für Elektrische Nachrichtentechnik der Technischen Hochschule Aachen.

Dr.-Ing. Peter Laws ist Oberingenieur am Lehrstuhl für Nachrichtentechnik, Fachbereich Elektrotechnik der Gesamthochschule Duisburg.

führt worden, über die im folgenden berichtet wird. Die Untersuchung des erstgenannten Problems, bei der sich dieses Richtungsmischpult ebenfalls vorteilhaft einsetzen läßt, bleibt späteren Arbeiten vorbehalten.

## 2. Mischmöglichkeiten bei der kopfbezogenen stereofonen Aufnahmetechnik

In den Situationen, die den Einsatz eines normalen Mikrofons oder eines zweiten Kunstkopfes zusätzlich zu einem Kunstkopf erfordern, sind grundsätzlich zwei verschiedene Fälle zu unterscheiden. Im ersten Fall, wie z. B. bei der zeitlich nacheinander erfolgenden Aufnahme von Playback und Solist, sind die „Stütz“-Mikrofon- bzw. „Stütz“-Kopfsignale der Solistenaufnahme nicht mit den Kunstkopfsignalen der Playbackaufnahme korreliert. Wird bei der Solistenaufnahme ebenfalls ein Kunstkopf verwendet, so ist dieser Fall bezüglich seiner technischen Realisierung trivial. Beim Mischen der beiden linken und der beiden rechten Kunstkopfsignale kann sich eine reine Superposition derjenigen Hörereignisse ergeben, die beim getrennten Abhören der einzelnen Kunstkopfsignale auftreten würden. Verwendet man in beiden Aufnahmesituationen dieselbe Position und dieselbe Ausrichtung des Kunstkopfes in demselben Aufnahmeraum, so ergibt natürlich das Mischen der Kunstkopfsignale in guter Näherung diejenigen Signale, die ein einziger Kunstkopf bei Superposition der Schallquellenanordnungen liefern würde.

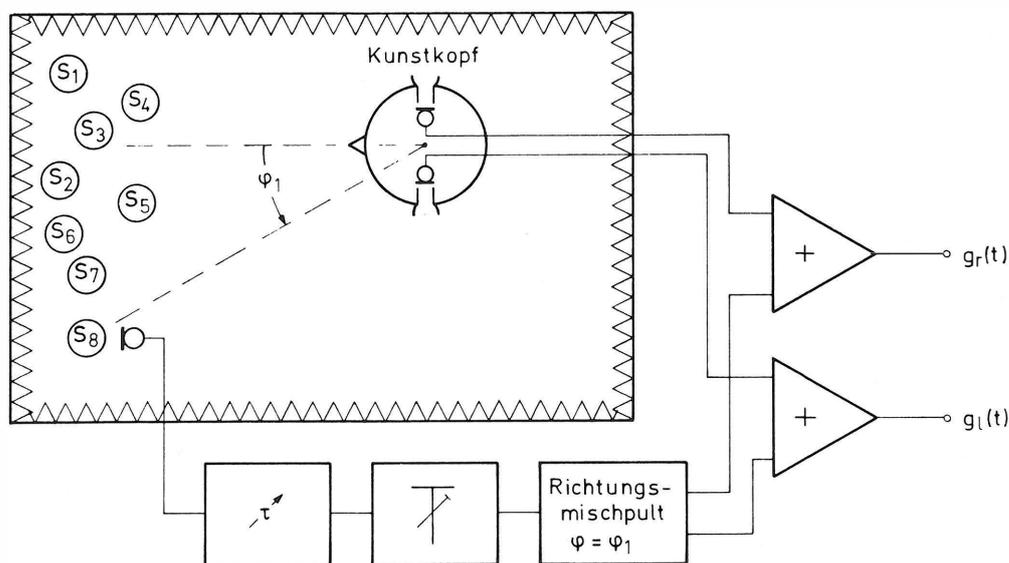
Soll nun bei der Solistenaufnahme statt eines zweiten Kunstkopfes ein übliches Mikrofon verwendet werden und soll eine Im-Kopf-Lokalisiertheit des Hörereignisses „Solist“ vermieden werden, so darf bekanntlich keine direkte Zumischung des Stützmikrofonsignals erfolgen. Das Stützmikrofonsignal muß vielmehr vor der Zumischung in der gleichen Weise verarbeitet werden, wie es – entsprechend dem vorher erwähnten zweiten Fall – in denjenigen Aufnahmesituationen notwendig ist, in denen ein Stütz-

mikrofonsignal mit Anteilen des Kunstkopfsignales korreliert ist. Dieser Fall tritt z. B. stets dann ein, wenn ein Solist eines Ensembles akustisch stärker hervorgehoben werden soll, als es dem direkten Abhören in der Position des Kunstkopfes entspricht.

Schematisch ist ein solcher Fall in **Bild 1** dargestellt: Im reflexionsfreien Raum befinden sich 8 Schallquellen  $S_1, S_2 \dots S_8$  vor einem Kunstkopf. Der Schallquelle  $S_8$  wird zusätzlich ein Stützmikrofon zugeordnet. Wird das Stützmikrofonsignal dem linken und rechten Kunstkopfsignal unmittelbar zugemischt, so können Unterschiede der Signallaufzeiten von der Quelle  $S_8$  zum Stützmikrofon und von  $S_8$  zum Kunstkopf zu unerwünschten Echoeffekten bzw. zu kammfilterartigen Auslöschungen von Spektralanteilen führen. Außerdem wird das dem Stützmikrofonsignal allein zuzuordnende Hörereignis im Kopf, bzw. unnatürlich dicht am Kopf auftreten und sich in seinen Eigenschaften wesentlich von demjenigen Hörereignis unterscheiden, welches allein den vom Kunstkopf aufgenommenen Signalanteilen der Schallquelle  $S_8$  zuzuordnen ist.

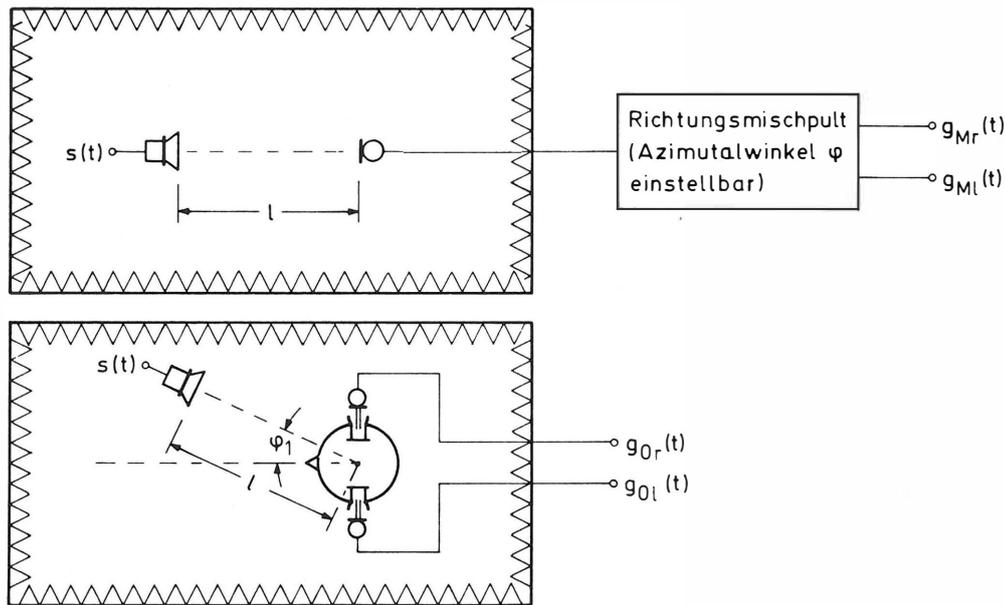
Wie bereits von anderen Autoren vorgeschlagen wurde, besteht eine Möglichkeit, diese unerwünschten Effekte zu vermeiden darin, durch eine geeignete Verarbeitung des Stützmikrofonsignals getrennt ein linkes und ein rechtes Signal zu gewinnen, welche dann dem linken und rechten Kunstkopfsignal zugemischt werden. Dabei müssen die vom Stützmikrofonsignal abgeleiteten Signale einerseits bezüglich aller Spektralanteile in Phase mit den vom Kunstkopf aufgenommenen Signalanteilen der gestützten Schallquelle  $S_8$  sein (Idealfall) und andererseits – getrennt abgehört – zu einem außerhalb des Kopfes liegenden Hörereignis führen.

Die Verarbeitung des Stützmikrofonsignals vor der Zumischung erfolgt entsprechend der in **Bild 1** dargestellten Blockschaltung: Mit einem Laufzeitglied einstellbarer Verzögerungszeit  $\tau$  erfolgt der Ausgleich der unterschiedlichen mittleren Signallauf-



**Bild 1**

Einsatz eines Kunstkopfes und eines Stützmikrofones

**Bild 2****Funktionsweise des Richtungsmischpultes**Bei Einstellung von  $\varphi = \varphi_1$  gilt:

$$\begin{aligned} g_{Mr}(t) &= g_{Or}(t) \\ g_{Ml}(t) &= g_{Ol}(t) \end{aligned}$$

zeiten von der Schallquelle  $S_8$  zum Stütz- und zum Kunstkopf. Der nachgeschaltete Pegelregler ermöglicht die Einstellung des Stütz- und des Kunstkopfpegels so, daß eine gewünschte Anhebung des Signalanteiles von der Quelle  $S_8$  in den Ausgangssignalen  $g_r(t)$  und  $g_l(t)$  erzielt wird. Der Block „Richtungsmischpult“ erfüllt nun die Aufgabe, die akustischen Übertragungseigenschaften des linken und rechten Außenohres des Kunstkopfes für die Richtung der Schallquelle  $S_8$  relativ zum Kunstkopf, hier also den Azimutalwinkel  $\varphi_1$ , elektrisch nachzubilden.

Eine solche Anordnung läßt sich im Idealfall nur für den reflexionsfreien Raum und unter den Voraussetzungen realisieren, daß einerseits die gestützte Schallquelle ortsfest ist und andererseits vom Stütz- und vom Kunstkopf keine Signalanteile der benachbarten Schallquellen  $S_1 - S_7$  empfangen werden. Als Stütz- und Kunstkopf kommt somit nur ein Mikrofon in Betracht, welches entweder aufgrund seiner Richtcharakteristik oder aufgrund seines geringen Aufnahmeabstandes zur Quelle  $S_8$  nahezu ausschließlich Signalanteile von  $S_8$  aufnimmt. Der Einsatz eines Stütz- und Kunstkopfes anstelle des betrachteten Stütz- und Kunstkopfes erscheint somit in dieser Situation als nicht sinnvoll. Die Funktionsweise des in der Anordnung nach **Bild 1** benötigten und am Institut für Elektrische Nachrichtentechnik entwickelten Richtungsmischpultes verdeutlicht das **Bild 2**.

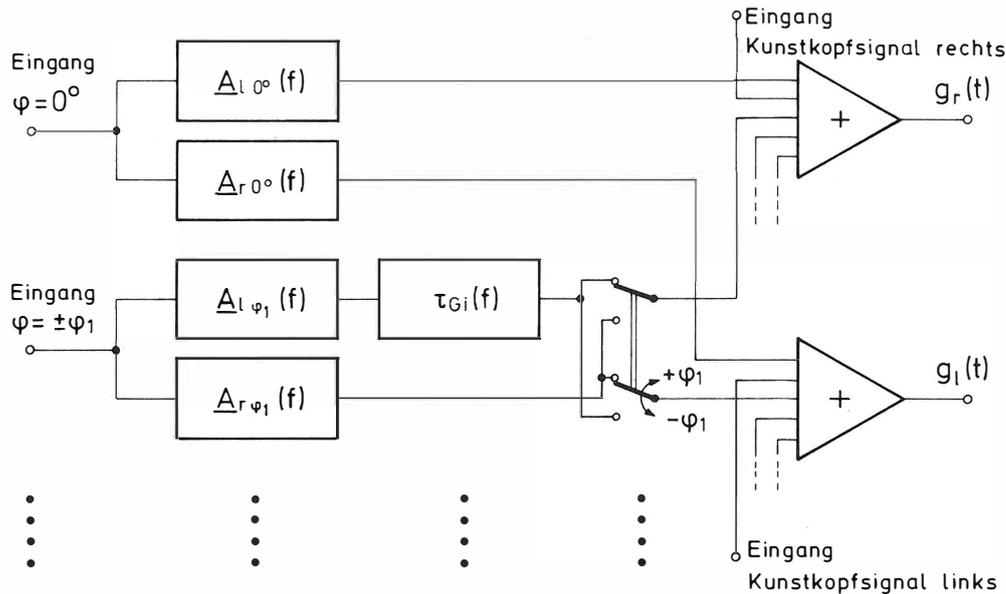
Stellt man einen Lautsprecher in einer Entfernung  $l$  unter einem Azimutalwinkel  $\varphi_1$  vor einer Versuchsperson auf (siehe untere Bildhälfte) und steuert diesen mit einem beliebigen Signal  $s(t)$  an, so lassen sich mit Stütz- und Kunstkopfmikrofonen die Ohrsignale  $g_{Or}(t)$  und  $g_{Ol}(t)$  messen. Bringt man nun – wie im oberen Teil des Bildes – an die Stelle des Kopfes der Versuchsperson ein Meßmikrofon in das Schallfeld und speist

man mit dem Mikrofonsignal den Eingang des Richtungsmischpultes, so erhält man bei gleicher Ansteuerung des Lautsprechers mit  $s(t)$  zwei Ausgangssignale  $g_{Mr}(t)$  und  $g_{Ml}(t)$ , die bei Einstellung des Azimutalwinkels zu  $\varphi = \varphi_1$  genau mit den Ohrsignalen  $g_{Or}(t)$  und  $g_{Ol}(t)$  übereinstimmen. Das Richtungsmischpult ist also anschaulich als elektronische Realisierung eines Kunstkopfes für einige spezielle Beschallungsfälle in reflexionsfreier Umgebung zu beschreiben.

Der prinzipielle Aufbau des hier beschriebenen Richtungsmischpultes ist in **Bild 3** für eine Schallquellenrichtung innerhalb der Medianebene ( $\varphi = 0^\circ$ ) und eine Schallquellenrichtung außerhalb der Medianebene ( $\varphi = \pm \varphi_1$ ) dargestellt.

Der Betrag der mittleren Außenohrübertragungsfunktion des linken und des rechten Ohres bei Schalleinfall unter dem Azimutalwinkel  $\varphi_1$  wird jeweils durch eine aktive Filterschaltung  $\underline{A}_{l\varphi_1}(f)$  und  $\underline{A}_{r\varphi_1}(f)$  entsprechend der in [9] angegebenen Entzerrerschaltung angenähert. Die interaurale Gruppenlaufzeitdifferenz wird mit einer Allpaßschaltung  $\tau_{G1}(f)$  nachgebildet. Fehler der monauralen Gruppenlaufzeiten beider Übertragungskanäle, die bei dieser Realisierung deshalb auftreten werden, weil es sich bei den Außenohrübertragungsfunktionen sicherlich nicht um Minimalphasensysteme handelt, scheinen sich bezüglich der erwarteten Hörereigniseigenschaften nicht merklich auszuwirken.

Die Annahme der Symmetrie von Kopf und Außenohr benutzend werden bei Umschaltung des Azimutalwinkels von  $+\varphi_1$  nach  $-\varphi_1$  lediglich die dieser Quelle und Richtung zugeordneten linken und rechten Ohrsignale vertauscht. Wegen besonderer Schwierigkeiten mit der Vorne-Ortung wurde die Symmetrieannahme für alle Richtungen der Median-



**Bild 3**

Blockschaltbild des Richtungsmischpultes für die kopfbezogene stereofone Aufnahmetechnik  
(nur zwei Filtersätze gezeichnet)

ebene nicht benutzt. Stattdessen wurden durch den getrennten Aufbau der Filter  $\underline{A}_{l0^\circ}(f)$  und  $\underline{A}_{r0^\circ}(f)$  (vgl. **Bild 3**) auch mittlere Unterschiede der am linken und rechten Ohr von Versuchspersonen gemessenen Außenohrübertragungsfunktionen nachgebildet. Die Summen aller linken und aller rechten Ausgangssignale der einzelnen Filterschaltungen ergeben gemeinsam mit dem zu mischenden Kunstkopfsignal die Ausgangssignale  $g_l(t)$  und  $g_r(t)$ .

Im Gegensatz zu einem früheren Vorschlag müssen die Außenohrübertragungsfunktionen in ihrem Betrag und ihrer interauralen Gruppenlaufzeit sehr genau nachgebildet werden, damit jedes im Richtungsmischpult verarbeitete Stützmikrofonsignal auch ohne das Kunstkopfsignal zu einem deutlich außerhalb des Kopfes liegenden Hörereignis führt.

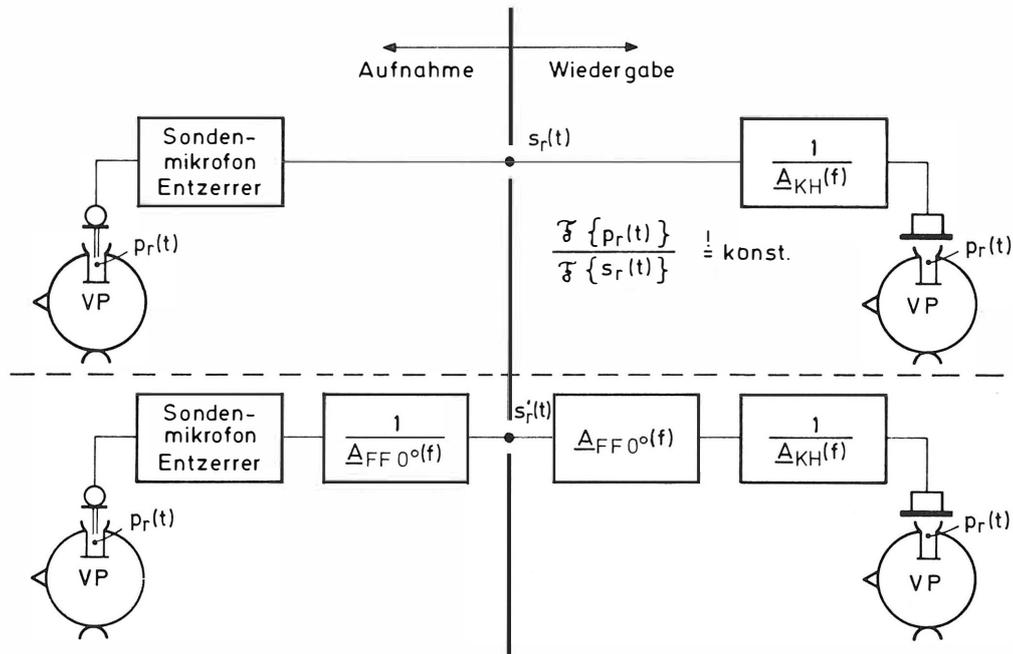
Führt man den in **Bild 3** prinzipiell gezeigten Aufbau des Gerätes entsprechend fort, so benötigt man z. B. für die Nachbildung der Außenohrübertragungsfunktionen für 12 Schalleinfallrichtungen der Horizontalebene im Abstand von  $30^\circ$  insgesamt 14 verschiedene Filter zur Approximation des Betrages der verschiedenen Außenohrübertragungsfunktionen und 5 Allpaßschaltungen zur Realisierung der interauralen Gruppenlaufzeitstrukturen. Bei einem solchen Aufbau ergeben sich zwei mögliche Betriebsarten: Einerseits lassen sich bei getrennter Beschaltung der Eingänge bis zu 7 verschiedene Mikrofonsignale gleichzeitig so verarbeiten, daß sich Ohrsignale wie bei einer Beschallung mit 7 in verschiedenen Richtungen zum Kopf befindlichen Schallquellen ergeben. Andererseits läßt sich auch bei Speisung aller Filtersätze mit identischem Signal und Verwendung eines geeigneten Stufenschalters das sprunghafte „Wandern“ einer Schallquelle in Stufen von  $30^\circ$  um den Kopf herum simulieren. Wie Erfahrungen mit der bei [10] beschriebenen Anordnung erwarten lassen, werden bei Überblendung der Ausgangssignale

zweier Filtersätze für benachbarte Azimutalwinkel  $\varphi_1$  und  $\varphi_2$  auch Hörereignisse zwischen den Winkeln  $\varphi_1$  und  $\varphi_2$  auftreten. Bei Verwendung geeigneter Überblendeinrichtungen wird damit die Simulation der kontinuierlich um den Kopf herum wandernden Schallquelle möglich.

Laborversuche zum Einsatz von Stützmikrofonen entsprechend **Bild 1** lieferten für einfache Beschallungsfälle im reflexionsarmen Raum die erwarteten Resultate. Inwieweit dieses Verfahren bei zusätzlichem Einsatz von elektronischen Nachhallenrichtungen auch in beliebigen Aufnahmeräumen zufriedenstellende Ergebnisse liefert, bleibt in späteren Experimenten zu klären.

### 3. Standardisierung der Kopfhörerübertragungsfunktion

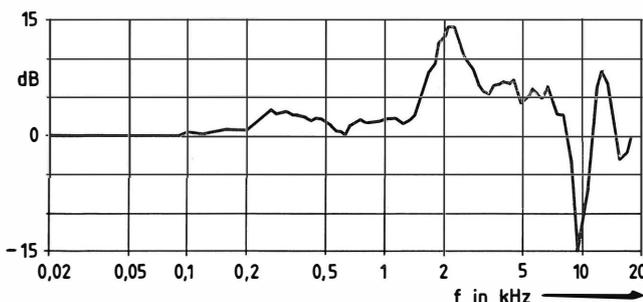
Eine wichtige Voraussetzung für eine fehlerfreie Übertragung von Ohrsignalen ist die Berücksichtigung der beim Abhören von Kunstkopfsignalen wirksamen Kopfhörerübertragungsfunktion. Bei der in [2] und [4] beschriebenen „Anordnung zur genauen Reproduktion von Ohrsignalen“ erfolgt diese Berücksichtigung der Kopfhörerübertragungsfunktion wie im oberen Teil von **Bild 4** nur für den rechten Übertragungskanal dargestellt. Das Aufnahmesystem – bestehend aus Aufnahmekopf, Sondenmikrofon und Sondenmikrofon-Entzerrer – liefert ein Signal  $s_r(t)$ , welches exakt proportional zum Schalldrucksignal  $p_r(t)$  am Meßpunkt im Ohrkanal ist. Beim Abhören dieses Signals  $s_r(t)$  muß mittels elektroakustischer Wandler am entsprechenden Meßpunkt im Ohrkanal der abhörenden Versuchsperson das Schalldrucksignal  $p_r(t)$  reproduziert werden. Diese Forderung ist nur dann erfüllt, wenn die wirksame Kopfhörerübertragungsfunktion  $\underline{A}_{KH}(f)$  durch ein Filter der Übertragungsfunktion  $1/\underline{A}_{KH}(f)$  entzerrt wird. Benutzt man einen derartig entzerrten Kopfhörer zum



**Bild 4**  
Kopfhörereverzerrung in kopfbezogenen stereofonen Übertragungssystemen

Abhören von monophon oder in üblicher stereofoner Technik aufgenommenem Programmmaterial, so wird gegenüber dem nicht entzerrten Kopfhörer vor allem eine Änderung der Klangfarbe aller Hörereignisse wahrgenommen. Eine Verbesserung der „Natürlichkeit“ in dem Sinne, daß Hörereignisse wie in einem freien Schallfeld auftreten, ist von der nur auf das kopfbezogene Übertragungssystem angepaßten Entzerrung nicht zu erwarten.

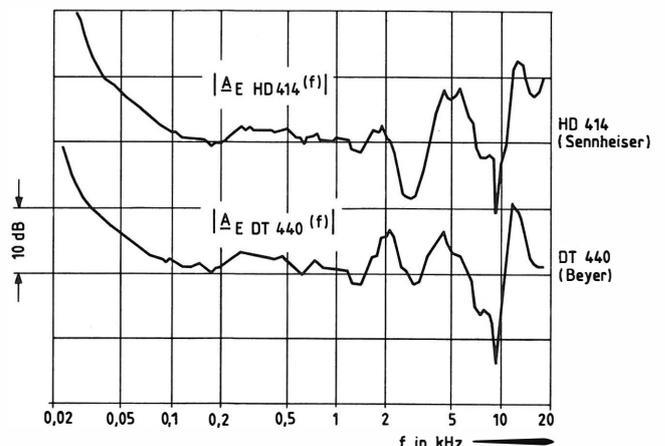
Um alle Vorteile der kopfbezogenen Stereofonie auch bei Verwendung verschiedener Kopfhörer erzielen zu können, ist eine Standardisierung der mit oder ohne Entzerrung zu realisierenden Kopfhörerübertragungsfunktion unumgänglich. Sinnvoll erscheint eine genaue Freifeldentzerrung; d. h. die wirksame Übertragungsfunktion des entzerrten Kopfhörers am Ohr einer mittleren Versuchsperson sollte gleich der bei Schalleinfall von vorn wirksamen Freifeld-Außenohrübertragungsfunktion  $\underline{A}_{FF0^0}(f)$  sein. Für das in **Bild 4** gezeigte kopfbezogene Übertragungssystem ergeben sich damit die im unteren Teil des Bildes



**Bild 5**  
Mittlere Freifeld-Außenohrübertragungsfunktion  
(Betrag; Schalleinfall horizontal von vorn;  
Lautsprecherabstand 3 m; 6 Versuchspersonen;  
Bezugsebene 4 mm hinter dem Ohrkanaleingang)

dargestellten Änderungen: Übertragen wird nicht mehr das Signal  $s_r(t)$ , sondern ein Signal  $s_r'(t)$ , welches sich durch Filterung mit  $1/\underline{A}_{FF0^0}(f)$  aus  $s_r(t)$  ergibt. Bei Wiedergabe von  $s_r'(t)$  über den freifeldentzerrten Kopfhörer wird – wie in der oberen Bildhälfte – das Schalldrucksignal  $p_r(t)$  genau reproduziert.

Benutzt man nun den freifeldentzerrten Kopfhörer zum Abhören von monophonem Programm, so werden Hörereignisse auftreten, die denen bei Abhören desselben Programms über einen idealen, vor einer Versuchsperson im reflexionsfreien Raum stehenden Lautsprecher genau entsprechen. Die kopfhörertypische Klangfarbe und die Im-Kopf-Lokalisiertheit von Hörereignissen werden also vermieden. Beim Abhören von üblichem stereofonem Programm-



**Bild 6**  
Übertragungsfunktion von Freifeldentzerrern für  
zwei verschiedene Kopfhörertypen:  
 $\underline{A}_{EKH}(f) = \underline{A}_{FF0^0}(f) / \underline{A}_{KH}(f)$

material werden sich entsprechende Änderungen nur für Hörereignisse innerhalb der Medianebene einstellen.

Als Ergebnis einer Messung an sechs ausgesuchten Versuchspersonen ist in **Bild 5** der Betrag der mittleren Freifeld-Außenohrübertragungsfunktion  $\underline{A}_{\text{FFO}}(f)$  über der Frequenz aufgetragen.

Für zwei als Beispiel angeführte Kopfhörertypen (Sennheiser HD414 und Beyer DT440) müßten zur Durchführung einer genauen Freifeldentzerrung Filter mit Übertragungsfunktionen entsprechend **Bild 6** realisiert werden. Experimente mit einer für den HD414 realisierten Freifeldentzerrung ergaben, daß von den Versuchspersonen beim Abhören von monofonem Programm neben Klangfarbenunterschieden auch eine deutliche Verschiebung des Hörereignisses von senkrecht über dem Kopf (nicht entzerrter Kopfhörer) nach vorn außerhalb des Kopfes (Freifeldentzerrter Kopfhörer) bemerkt wurde. Ebenso deutlich wurde bei Wiedergabe von üblichem stereofonem Programm eine entsprechende Verschiebung einzelner Hörereignisanteile wahrgenommen. Von einem Teil der Versuchspersonengruppe wurde dies als Fortschritt bezüglich des Abhörens von üblichem stereofonem Programm empfunden.

#### SCHRIFTTUM

- [1] Blauert, J.: Räumliches Hören. Hirzel Verlag, Stuttgart 1974.
- [2] Platte, H.-J.; Laws, P.; v. Hövel, H.: Anordnung zur genauen Reproduktion von Ohrsignalen. Fortschritte der Akustik, Plenarvorträge und Kurzreferate der DAGA '75 Braunschweig, Physik-Verlag GmbH, Weinheim 1975, Seite 361—363.
- [3] Laws, P.; Platte, H.-J.: Spezielle Experimente zur kopfbezogenen Stereophonie. Fortschritte der Akustik, Plenarvorträge und Kurzreferate der DAGA '75, Braunschweig, Physik-Verlag GmbH, Weinheim 1975, S. 365—368.
- [4] Platte, H.-J.; Laws, P.: Die Vorne-Ortung bei der kopfbezogenen Stereophonie. radio mentor electronic 42 (1976), S. 97—100.
- [5] Laws, P.; Blauert, J.; Platte, H.-J.: Anmerkungen zur stereophonen kopfbezogenen Übertragungstechnik. Acustica 36 (1976/1977), S. 45—47.
- [6] de Boer, K.; Vermeulen, R.: Eine Anlage für einen Schwerhörigen. Philips Technische Rundschau 4 (1939), Seite 329—332.
- [7] Schirmer, W.: Zur Deutung der Übertragungsfehler bei kopfbezoglicher Stereophonie. Acustica 17 (1966), S. 228—233.
- [8] Reichardt, W.; Haustein, B.-G.: Zur Ursache des Effektes der „Im-Kopf-Lokalisation“. Hochfrequenztechn. u. Elektroakust. Vol. 77 (1968), S. 183—189.
- [9] Blauert, J.; Laws, P.; Platte, H.-J.: Impulsverfahren zur Messung von Außenohrübertragungsfunktionen. Acustica 31 (1974), S. 35—41.
- [10] Blauert, J.; Boerger, G.; Laws, P.: Verfahren und Anordnungen zur Vermeidung der bei Kopfhörerwiedergabe durch Kopfdrehungen hervorgerufenen Hörereignisänderungen. Deutsche Patentanmeldung P 2331619.0.

EIN SPEZIELLES KONZEPT ZUR REALISIERUNG EINES KUNSTKOPFES  
FÜR DIE KOPFBEZOGENE STEREOFONE AUFNAHMETECHNIK<sup>1</sup>VON PETER LAWS UND HANS-JOACHIM PLATTE<sup>2</sup>

Manuskript eingegangen am 19. Oktober 1977

Kopfbezogene Stereophonie

**Zusammenfassung**

Für vier Schalleinfallrichtungen (vorne, hinten, rechts und links) wurden die schallrichtungsabhängigen Freifeld-Übertragungsfunktionen einer Kopfnachbildung für drei verschiedene Ohrkanalabschlußimpedanzen (schallhart, schallweich, Trommelfellimpedanzapproximation) und die Übertragungsfunktionen von sechs männlichen Versuchspersonen gemessen. Die Ergebnisse zeigen, daß die Freifeld-Übertragungsfunktionen der Kopfnachbildung in starkem Maße von der Ohrkanalabschlußimpedanz abhängig sind. Die betragsmäßig kleinsten Unterschiede zwischen den Übertragungsfunktionen der Kopfnachbildung und denen des natürlichen Kopfes ergeben sich für die Trommelfellimpedanzapproximation.

**Summary The design of a special artificial head for head-related stereophonic recording**

The free-field transfer functions of an artificial head with three different values of ear-canal terminal impedance: very high, very low acoustic and an approximation of the natural ear-canal, and those of six male observers are measured with four different sound directions (front, behind, right and left). The results show that the free-field transfer functions of the artificial head depend strongly on the impedance of the ear-canal. The smallest differences between the transfer functions of the artificial head and those of a natural head are observed when the impedance is approximately that of the natural ear-canal.

**Sommaire Réalisation particulière d'une tête artificielle pour la prise de son stéréophonique**

On a mesuré la fonction de transfert en espace libre d'une part sur une tête artificielle dont le canal auditif était terminé par trois impédances acoustiques différentes (très élevée, élevée et voisine de sa valeur naturelle), et d'autre part sur six observateurs. Les mesures ont été faites pour quatre directions d'arrivée du son (avant, arrière, droite et gauche). Les résultats montrent que la fonction de transfert en espace libre de la tête artificielle dépend fortement de l'impédance du canal auditif. On observe les différences les plus faibles entre les fonctions de transfert d'une tête réelle et d'une tête artificielle quand l'impédance de cette dernière est à peu près celle du canal auditif naturel.

**1. Einleitung**

Mit einer Anordnung zur genauen Reproduktion von Ohrsignalen [1] und anhand der Meßergebnisse entsprechender Hörversuche [2] konnte folgendes gesichert werden:

Treten bei einer elektrischen kopfbezogenen Übertragung, die ohne zusätzliche Maßnahmen allein auf dem in [3] vorgestellten Konzept basiert, Im-Kopf-Lokalisiertheiten (IKL) und Richtungsinversionen (RI) der Hörereignisse auf, so sind für derartige Übertragungsfehler in der Hauptsache bestimmte lineare Verzerrungen der übertragenen Ohrsignale verantwortlich.

Solche unerwünschten linearen Verzerrungen der Ohrsignale und die damit verknüpften Im-Kopf-Lokalisiertheiten sowie Richtungsinversionen der Hörereignisse können bei der eingangs erwähnten Reproduktionsanordnung [1] dadurch weitgehend vermieden werden, daß

- a) auf der Aufnahmeseite mittels entzerrter Sondenmikrofone (Sondenaußendurchmesser: 2 mm) die Schalldrucksignale in einer definierten Bezugsebene BE des linken und des rechten Ohrkanals eines natürlichen Kopfes aufgenommen werden und
- b) auf der Wiedergabeseite die Übertragungsfunktion des jeweils verwendeten Kopfhörers hinsichtlich der definierten Bezugsebene durch Entzerrer, die vor die Kopfhörersysteme geschaltet werden, kompensiert wird.

Aufgrund der außerordentlich guten Ergebnisse, die mit der obigen Reproduktionsanordnung in Bezug auf eine orts- und klanggetreue Hörereignisübertragung gemacht wurden, und aufgrund der relativ einfachen meßtechnischen Erfassung der interessierenden Übertragungsfunktionen der Anordnung wurde das Konzept der in [1] und später in [4] beschriebenen Anordnung als Konzept für die Entwicklung eines Kunstkopfes übernommen.

**2. Die mechanische Ausführung des Kunstkopfes**

Zur Erstellung der äußeren Form des Kunstkopfes wurden zunächst der Kopf und die beiden Ohrmuscheln einer Versuchsperson abgegossen, deren individuelle monaurale Übertragungsfunktionen im Hinblick auf die Frequenz-, Richtungs- und Entfernungsabhängigkeit mit den über viele Versuchspersonen gemittelten monauralen Übertragungsfunktionen übereinstimmen.

Mit Hilfe der dabei entstandenen Hohlformen ließen sich danach der Kopf und davon getrennt die

<sup>1</sup> Vortrag, gehalten auf der 4. Fachtagung Hörrundfunk der Nachrichtentechnischen Gesellschaft (NTG) in Düsseldorf, 2. bis 4. November 1976.

Dieser Aufsatz erscheint zugleich in Engl./Franz. in der E.B.U. Review Technical/Revue de l'U.E.R. Technique Nr. 167 (Februar 1978). This article is published simultaneously in English in the E.B.U. Review Technical No. 167 (February 1978). Cet article est publié simultanément en français dans la Revue de l'U.E.R. Technique N° 167 (Février 1978).

<sup>2</sup> Dr.-Ing. Peter Laws ist Oberingenieur am Lehrstuhl für Nachrichtentechnik, Fachbereich Elektrotechnik der Gesamthochschule Duisburg.

Dipl.-Ing. Hans-Joachim Platte ist Wissenschaftlicher Assistent beim Institut für Elektrische Nachrichtentechnik der Technischen Hochschule Aachen.

beiden Ohrmuscheln gießen. Als Material wurde für den Kopf Gips, für die Ohrmuscheln Menzolit verwendet. In einem nächsten Schritt wurde an jede Ohrmuschelnachbildung ein Menzolitzyylinder angegossen, der einen Außendurchmesser von 50 mm aufweist und mit einer Ohrkanalbohrung von 8 mm Durchmesser und 27 mm Länge (= mittlere Länge des natürlichen Ohrkanals) versehen ist.

Über einen Konusflansch können die jeweils zu untersuchenden Abschlußimpedanzstücke angeflanscht werden. Auf diese Weise bilden die Ohrmuscheln, der Menzolitzyylinder und die Abschlußimpedanz eine zusammenhängende Anordnung, die außerhalb des Kopfes montiert und ausgemessen werden kann und dann als Nachbildung des natürlichen Außenohres in eine entsprechende Bohrung des Gipskopfes eingefügt wird.

Als Bezugsebene BE zur Abtastung der Ohrsignale wurde eine Ebene im Kunstkopf-Ohrkanal gewählt, die – in Richtung Ohrkanalabschluß gesehen – 4 mm hinter dem Ohrkanaleingang liegt.

Die Gründe für die Wahl dieser Bezugsebene, die von der Ohrsignalabtastebene bisheriger Kunstkopfsysteme abweicht (dort liegt sie entweder außerhalb des Ohrkanals oder hinter dem Ohrkanalabschluß), sind die folgenden:

1. Eigene Untersuchungen und eine Analyse der in [5] und [6] veröffentlichten Meßergebnisse zeigen, daß an natürlichen Köpfen bei einem Abstand von 4 mm zwischen der Bezugsebene BE und dem Ohrkanaleingang der Übertragungsfaktor der Strecke „Bezugsebene BE – Trommelfellbezugsebene“ praktisch unabhängig von der Schalleinfallrichtung ist.
2. Die Bezugsebene BE ist, übertragen auf den natürlichen Kopf, genügend weit vom natürlichen Trommelfell entfernt, so daß bei Messungen, bei denen etwa die monauralen Übertragungsfunktionen des natürlichen Kopfes mit denen des Kunstkopfes verglichen werden, die Modenanregung durch das natürliche Trommelfell nicht berücksichtigt werden muß (hierzu [7]).
3. Die Bezugsebene BE stellt eine Meßebeine dar, die sowohl am Kunstkopf als auch an natürlichen Köpfen von außen einfach zugänglich ist.

### 3. Messungen

Um die Unterschiede zwischen den schallrichtungsabhängigen Freifeld-Übertragungsfunktionen des Kunstkopfes und denen des natürlichen Kopfes bestimmen zu können, wurden im reflexionsarmen Raum des Institutes für Elektrische Nachrichtentechnik der TH Aachen mit der Aufnahmeanordnung nach [1] für die vier Schalleinfallrichtungen

- $\phi = 0^\circ$  (Lautsprecher vor dem Kopf)
- $\phi = -90^\circ$  (Lautsprecher genau rechts vom Kopf)
- $\phi = 180^\circ$  (Lautsprecher hinter dem Kopf)
- $\phi = +90^\circ$  (Lautsprecher genau links vom Kopf)

an 6 Versuchspersonen bzw. am Kunstkopf bei konstanter Lautsprecherspannung und konstantem Lautsprecherabstand ( $r = 3$  m, bezogen auf Kopfmittelpunkt) der Schalldruck  $|p(f, \phi)|$  in der Bezugsebene BE des linken Ohrkanals in doppelt logarithmischem

Maßstab registriert. Bei den Messungen am Kunstkopf wurden drei Fälle untersucht:

Fall 1:

Abschluß des Ohrkanals schallhart,  
Bezeichnung des Schalldrucks der Bezugsebene:  
 $p_h(f, \phi)$

Fall 2:

Abschluß des Ohrkanals mit einem kreiszylindrischen Volumen (Länge: 21 mm, Durchmesser: 8 mm, mit Gehörschutzwatte gefüllt)  
Bezeichnung des Schalldrucks der Bezugsebene:  
 $p_w(f, \phi)$

Fall 3:

Abschluß des Ohrkanals mit einem akustischen Zweipol nach [8], der die von Morton und Jones [9] gemessene Impedanz des natürlichen Trommelfells approximiert.  
Bezeichnung des Schalldrucks der Bezugsebene:  
 $p_m(f, \phi)$

### 4. Meßergebnisse

Für die Fälle 1, 2 und 3 wurde das Verhältnis des am Kunstkopf gemessenen Schalldrucks zu dem am natürlichen Kopf auftretenden Schalldruck ermittelt und dem Betrage nach über der Frequenz aufgetragen. Dieses Schalldruckverhältnis gibt direkt an, inwieweit die Freifeld-Übertragungsfunktionen des Kunstkopfes von denen des natürlichen Kopfes abweichen.

Hat dieses Schalldruckverhältnis im gesamten Frequenzbereich und für alle Schalleinfallrichtungen den Wert 1 ( $\cong 0$  dB), so liegt hinsichtlich der Bezugsebene BE der anzustrebende Idealfall, nämlich die totale Übereinstimmung der beiden Empfangssysteme „Kunstkopf“ und „natürlicher Kopf“ vor.

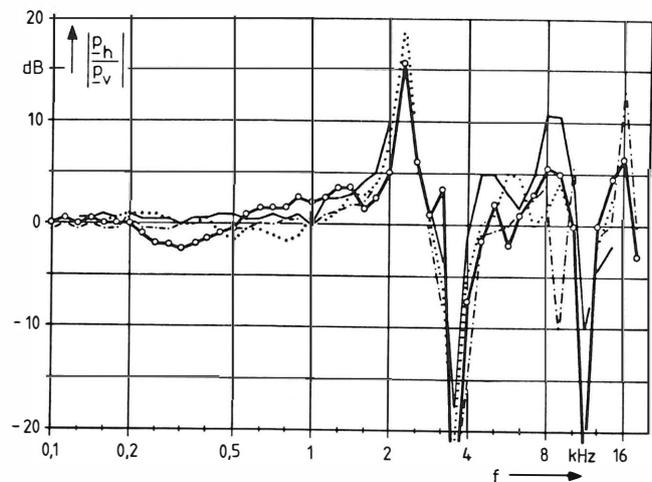


Bild 1

Schalldruckverhältnis  $p_h/p_v$  als Funktion der Frequenz und der Schalleinfallrichtung  $\phi$  bei schallhartem Abschluß des Kunstkopf-Ohrkanals

- $\phi = 0^\circ$
- .....  $\phi = -90^\circ$
- · — · — ·  $\phi = 180^\circ$
- · — · — ·  $\phi = +90^\circ$
- $p_v$  = Schalldruckmittelwert  
(6 Versuchspersonen)

Die in **Bild 1** veranschaulichten Meßresultate zeigen nun, daß bei schallhartem Abschluß des Kunstkopf-Ohrkanals (Fall 1) für alle vier untersuchten Schalleinfallrichtungen große Unterschiede zwischen den am Kunstkopf gemessenen Schalldrucksignalen und den an natürlichen Köpfen gemessenen bestehen.

**Bild 1** läßt ferner erkennen, daß das Verhältnis

$$\underline{A}_{hv}(f, \phi) = \frac{p_h(f, \phi)}{p_v(f, \phi)}$$

für jede der vier Schalleinfallrichtungen eine unterschiedliche Frequenzcharakteristik zeigt.

Es ergeben sich damit also jeweils Unterschiede zwischen den bei  $\phi = -90^\circ$ ,  $\phi = 180^\circ$  und  $\phi = +90^\circ$  beobachteten Charakteristiken und der bei  $\phi = 0^\circ$  gemessenen Charakteristik, oder anders ausgedrückt: Das Verhältnis  $\underline{A}_h(f, \phi)$  der monauralen Kunstkopf-Übertragungsfunktion  $p_h(f, \phi)/p_h(f, \phi_0 = 0^\circ)$  zur monauralen Übertragungsfunktion  $p_v(f, \phi)/p_v(f, \phi_0 = 0^\circ)$  des natürlichen Kopfes, nämlich

$$\underline{A}_h(f, \phi) = \frac{\frac{p_h(f, \phi)}{p_h(f, \phi_0 = 0^\circ)}}{\frac{p_v(f, \phi)}{p_v(f, \phi_0 = 0^\circ)}} = \frac{p_h(f, \phi)}{p_v(f, \phi)}$$

ist bei schallhartem Abschluß des Kunstkopf-Ohrkanals von der Schalleinfallrichtung abhängig.

Eine Auswertung der bei Fall 1 gefundenen Daten ergab, daß  $|\underline{A}_h(f, \phi)|$  für die drei Schalleinfallrichtungen  $\phi = -90^\circ$ ,  $\phi = 180^\circ$  und  $\phi = +90^\circ$  Abweichungen vom 0-dB-Wert aufweist, die im Frequenzbereich  $f > 2$  kHz durchaus 10 dB ausmachen.

Von daher gesehen eliminiert eine Entzerrung des in **Bild 1** dargestellten Verhältnisses

$$\underline{A}_{hv}(f, \phi = 0^\circ) = \frac{p_h(f, \phi = 0^\circ)}{p_v(f, \phi = 0^\circ)}$$

mittels eines elektrischen Entzerrers, der in Kette zum abtastenden, entzerrten Bezugs ebenen-Mikrofon geschaltet ist und der einen zu  $\underline{A}_{hv}(f, \phi = 0^\circ)$  inversen Übertragungsfaktor besitzt, nicht alle Übertragungsfehler des Kunstkopfsystems:

Bei Schalleinfall  $\phi = 0$  würden zwar die elektrischen Entzerrerausgangssignale den am natürlichen Kopf abgetasteten Schalldrucksignalen der Bezugsebene entsprechen, bei allen anderen Schalleinfallrichtungen würde jedoch im Vergleich zu den am natürlichen Kopf auftretenden Verhältnissen ein Fehler entsprechend dem Verhältnis  $\underline{A}_h(f, \phi)$  zu beobachten sein.

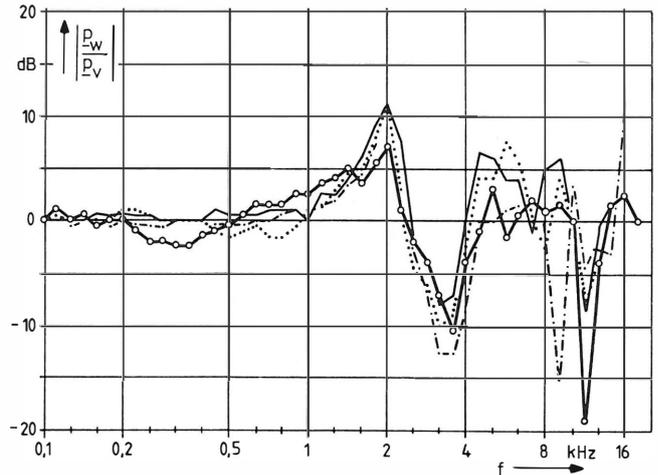
Zudem würde ein derartiger Entzerrer, da er vor allem im Frequenzbereich  $3 \text{ kHz} < f < 4 \text{ kHz}$  um rund 30 dB anheben müßte (siehe **Bild 1**), unter Umständen das Signal-Rauschverhältnis der Aufnahmeanordnung verschlechtern.

Insgesamt folgt aus den Meßergebnissen, daß es nicht möglich ist, bei Verwendung einer einfachen Außenohrnachbildung, die im Fall 1 untersucht wurde, durch eine Entzerrung der Funktion

$$p_h(f, \phi = 0^\circ)/p_v(f, \phi = 0^\circ)$$

die am natürlichen Kopf herrschenden Verhältnisse ausreichend genau nachzubilden.

Dies gilt auch für den Fall 2, bei dem – wie oben beschrieben – ein mit Gehörschutzwatte gefülltes Vo-



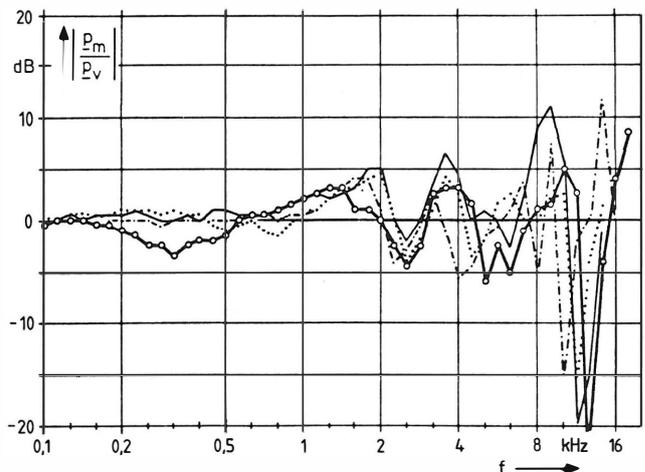
**Bild 2**  
Schalldruckverhältnis  $p_w/p_v$  als Funktion der Frequenz und der Schalleinfallrichtung  $\phi$  bei Abschluß des Kunstkopf-Ohrkanals entsprechend Fall 2

- o-o-o-  $\phi = 0^\circ$
- $\phi = -90^\circ$
- .....  $\phi = 180^\circ$
- . - . -  $\phi = +90^\circ$
- $\underline{p}_w$  = Schalldruckmittelwert (6 Versuchspersonen)

lumen den Abschluß des Kunstkopf-Ohrkanals bildete.

Zwar sind in diesem Fall die Schalldruckunterschiede – verglichen mit dem Fall 1 – bereits erheblich geringer, da durch die eingebrachte Gehörschutzwatte die Ohrkanalresonanzen gedämpft werden, die Unterschiede aber zwischen den bei  $\phi = 0^\circ$ ,  $-90^\circ$ ,  $180^\circ$ ,  $+90^\circ$  auftretenden  $|p_w(f, \phi)/p_v(f, \phi)|$ -Charakteristiken haben sich nur geringfügig verkleinert (**Bild 2**).

Die innerhalb dieser gesamten Untersuchung geringsten Unterschiede ergeben sich, wenn man den



**Bild 3**  
Schalldruckverhältnis  $p_m/p_v$  als Funktion der Frequenz und der Schalleinfallrichtung  $\phi$  bei Abschluß des Kunstkopf-Ohrkanals durch den in [8] beschriebenen Zweipol

- o-o-o-  $\phi = 0^\circ$
- $\phi = -90^\circ$
- .....  $\phi = 180^\circ$
- . - . -  $\phi = +90^\circ$
- $\underline{p}_v$  = Schalldruckmittelwert (6 Versuchspersonen)

Kunstkopf-Ohrkanal mit einem in [8] beschriebenen akustischen Zweipol abschließt (Fall 3).

Wie aus **Bild 3** entnommen werden kann, sind die Schalldruckunterschiede zumindest für Frequenzen  $f < 7$  kHz kleiner als 7 dB. Im Bereich oberhalb 7 kHz dagegen sind große Unterschiede zu beobachten.

Hierzu muß gesagt werden, daß die im Fall 3 verwendete Ohrkanalabschlußimpedanz die von Morton und Jones [9] nur im Frequenzbereich unterhalb 4 kHz gemessenen Trommelfellimpedanzwerte ziemlich genau approximiert, im Bereich hoher Frequenzen aber sicherlich eine ungenaue Substitution des natürlichen Trommelfells darstellt. Aus den hier vorgestellten Ergebnissen folgt, daß auch im Bereich hoher Frequenzen eine weitere Verringerung der Schalldruckunterschiede zu erwarten ist, wenn z. B. mit Hilfe der in [10] beschriebenen Substitutionsmethode eine genauere Trommelfellsubstitution realisiert sein wird.

Hörversuche mit dem Kunstkopf entsprechend Fall 3 ergaben, daß im Vergleich zu bisher gebräuchlichen kopfbezogenen stereofonen Übertragungssystemen die relative Häufigkeit von Richtungsinversionen bei Schalleinfall von  $\phi = 0^\circ$  kleiner ist.

Die Autoren danken Herrn Dipl.-Ing. K. Genuit für seine tatkräftige Mitarbeit bei der Durchführung der erforderlichen Messungen.

#### SCHRIFTTUM

- [1] Platte, H.-J.; Laws, P.; v. Hövel, H.: Anordnung zur genauen Reproduktion von Ohrsignalen. Fortschritte der Akustik, Plenarvorträge und Kurzreferate der DAGA '75 Braunschweig, Physik-Verlag GmbH, Weinheim 1975, Seite 361—363.
- [2] Laws, P.; Platte, H.-J.: Spezielle Experimente zur kopfbezogenen Stereophonie. Fortschritte der Akustik, Plenarvorträge und Kurzreferate der DAGA '75, Braunschweig, Physik-Verlag GmbH, Weinheim 1975, S. 365—368.
- [3] Kürer, R.; Plenge, G.; Wilkens, H.: Verfahren zur hörrichtigen Aufnahme und Wiedergabe von Schalleignissen und Vorrichtungen zu seiner Durchführung. Deutsche Patentanmeldung, Offenlegungsschrift Nr. 1927401, 1970.
- [4] Platte, H.-J.; Laws, P.: Die Vorne-Ortung bei der kopfbezogenen Stereophonie. radio mentor electronic 42 (1976), 3, S. 97—100.
- [5] Wiener, F. M.; Ross, D. A.: The pressure distribution in the auditory canal in a progressive sound field. J. Acoust. Soc. Amer. 18 (1946), S. 401—408.
- [6] Mehrgardt, S.: Die Übertragungsfunktion des menschlichen Außenohres — Richtungsabhängigkeit und genauere Bestimmung durch komplexe Strukturmittelung. Fortschritte der Akustik, Plenarvorträge und Kurzreferate der DAGA '75, Braunschweig, Physik-Verlag GmbH, Weinheim 1975, S. 357—360.
- [7] Schröter, J.: Die Störung der Schallausbreitung einer ebenen Welle im Rohr durch eine schräg eingespannte Membran. Fortschritte der Akustik, Plenarvorträge und Kurzreferate der DAGA '76, Heidelberg, VDI-Verlag GmbH, Düsseldorf 1976, S. 633—636.
- [8] Laws, P.; Platte, H.-J.: Approximation der Trommelfellimpedanz durch ein einfaches akustisches Netzwerk. Fortschritte der Akustik, Plenarvorträge und Kurzreferate der DAGA '76, Heidelberg, VDI-Verlag GmbH, Düsseldorf 1976, S. 625—628.
- [9] Morton, J. Y.; Jones, R. A.: The acoustical impedance presented by some human ears to hearing aid earphone of the insert type. Acustica 6 (1956), S. 339.
- [10] Platte, H.-J.; Laws, P.: Ein Beitrag zum Problem der Messung der menschlichen Trommelfellimpedanz. Fortschritte der Akustik, Plenarvorträge und Kurzreferate der DAGA '76, Heidelberg, VDI-Verlag GmbH, Düsseldorf 1976, S. 621—624.

# DIE VERWENDUNG DES DOLBY-B-VERFAHRENS BEI DER FM-RUNDFUNKÜBERTRAGUNG<sup>1</sup>

VON ELMAR STETTER<sup>2</sup>

Manuskript eingegangen am 15. Dezember 1977

Kompendersysteme

## Zusammenfassung

Im UKW-Rundfunk und in der Fernsehübertragung wurden bisher zur Rauschverminderung im Empfänger die Höhen abgesenkt. Diese Deemphasis genannte Höhenabsenkung wird durch eine spiegelbildliche Höhenanhebung am Sender, die Preemphasis, für das Nutzsignal aufgehoben. Das heute in der Heimtontechnik in großem Umfang verwendete Dolby-B-System ergibt ebenfalls eine Verbesserung des Störabstandes ohne Beeinträchtigung der Klangqualität. Dabei wird praktisch eine Pre- und Deemphasis angewandt, die vom Signalpegel gesteuert wird. Wird das Dolby-System im UKW-Rundfunk und in der Fernsehübertragung eingesetzt, dann läßt sich eine zusätzliche Rauschverminderung und eine größere Höhenaussteuerbarkeit des Übertragungskanal bei gleichzeitig besserer Ausnutzung des gesamten Aussteuerungsbereiches erreichen. Die Wirkungsweise des Verfahrens sowie die erreichbaren Verbesserungen werden beschrieben und Fragen der einheitlichen Anwendung sowie der Kompatibilität besprochen. Das Verfahren läßt sich mit geringem gerätetechnischem und finanziellem Aufwand am Sender einführen. Eine Reihe von Empfängermodellen mit der Dolby-FM-Wiedergabeschaltung wird von einer Anzahl von Firmen bereits hergestellt.

## Summary The use of the Dolby B System in FM Broadcasting

In VHF-FM radio broadcasting and in TV sound transmission noise reduction is up to now achieved by rolling off high frequencies in the receivers, according to a fixed de-emphasis curve. At the transmitter, pre-emphasis is applied to boost the high frequencies in a mirror image fashion, so that overall the wanted signal is unchanged. Similarly, the Dolby system achieves noise reduction without changing the wanted sound. The system, which is now widely used in consumer equipment, can be described as signal controlled pre- and de-emphasis. When the Dolby system is used in FM broadcasting and TV sound transmission, then a higher noise reduction is achieved as well as a substantially improved maximum high-frequency output level, allowing at the same time improved use of the modulation capabilities of the transmission channel over the full frequency range. The use of the Dolby system in transmission and reception is described as well as the improvements obtained. Compatibility and standardisation aspects are discussed in detail. The technical changes and the expenditure required for the introduction of the system at the transmitter are relatively small. A range of receivers and tuners with Dolby FM circuits are already available from a number of companies.

## Sommaire L'application du procédé Dolby B dans la transmission OTC de radiodiffusion

Jusqu'à présent on obtient la réduction de bruit dans la transmission de son VHF et télévisive en abaissant les hautes fréquences dans le récepteur. Cette désaccentuation appelée déemphasis, se compense avec une préaccentuation de réponse image dans l'émetteur, appelée préemphasis, de manière à laisser inchangé le signal utile. Le système Dolby B appliqué aujourd'hui vastement dans la technique sonore domestique mène aussi à l'amélioration du rapport signal-bruit, sans détériorer la qualité de son. Par cela on applique pratiquement une pré- et déemphasis qui est commandée par le niveau de signal. Si l'on applique le système Dolby dans la transmission VHF et télévisive, on atteint une meilleure réduction de bruit et une amélioration de niveau maximum pour les fréquences élevées dans le canal de transmission, utilisant en même-temps avec meilleur profit toute la plage d'admission. L'effet du procédé ainsi que les améliorations obtenues sont décrits et des questions d'application uniforme et de compatibilité sont discutées. Le procédé peut être introduit pour l'émetteur à peu de dépense technique et financière. En effet un certain nombre de producteurs offre déjà des récepteurs à réglage de reproduction selon le système Dolby FM.

## 1. Einleitung

Der UKW-Rundfunk wurde in Europa eingeführt als der Mittelwellenbereich übervölkert war und deshalb Gleich- und Nachbarkanalstörungen unerträglich wurden und als die folgende Begrenzung der Bandbreite im Empfänger die Qualität auch der ungestörten Mittelwellenübertragungen wesentlich beeinträchtigte. Im UKW-Bereich war es dagegen wegen der geringen Reichweiten möglich, eine Vielfalt von Programmen aufzubauen. Gleichzeitig wurde ein Übertragungsmedium hoher Qualität geschaffen, da die auf UKW verwendete Frequenzmodulation eine gute Basisbandbreite und einen ausgezeichneten Störabstand ermöglichte. Der für Frequenzmodulation notwendige Aufwand verpflichtet geradezu, den UKW-Rundfunk als ein Heimtonmedium für höchste Qualitätsansprüche zu erhalten.

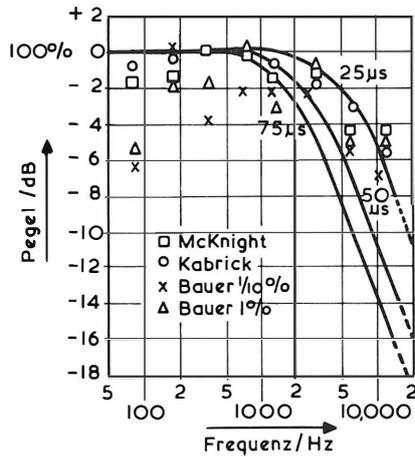
Seit der Einführung haben sich auch im UKW-Bereich Änderungen ergeben, die die Empfangsqualität beeinträchtigen. Zukünftige Entwicklungen scheinen die Bedingungen noch schwieriger zu machen. Die senderseitige Verwendung des Dolby-Verfahrens bietet eine generell einführbare und zukunftssichere Lösung, die zudem mit relativ geringen Kosten verbunden ist. Versuchssendungen wurden seit 1971 und in der endgültigen Form seit 1973 in Zusammenarbeit mit verschiedenen Rundfunkorganisationen durchgeführt und haben die praktische Durchführbarkeit des Verfahrens und seine Kompatibilität mit bestehenden Empfängern bestätigt [1, 2].

## 2. Preemphasis und Amplitudenstatistik

Die bei FM-Übertragungen angewandte Pre- und Deemphasis bildet ein einfaches Verfahren zur Rauschverminderung. Die empfängerseitige Deemphasis senkt alle Signalanteile bei höheren Frequenzen ab, einschließlich des nach der senderseitigen Preemphasis dazugekommenen Rauschens des Über-

<sup>1</sup> Erweiterte Fassung eines Vortrags, gehalten auf der 4. Fachtagung Hörrundfunk der Nachrichtentechnischen Gesellschaft (NTG) in Düsseldorf, 2. bis 4. November 1976.

<sup>2</sup> Dipl.-Ing. Elmar Stetter ist Mitarbeiter der Dolby Laboratories Inc., London.



**Bild 1**  
Deemphasiskurven verschiedener Zeitkonstanten  
im Vergleich mit veröffentlichten Amplitudenspektren

tragungskanals. Pre- und Deemphasis ergeben zusammen ein komplementäres System, das heißt, die entgegengesetzt wirkenden Einflüsse am Sender und am Empfänger heben sich für das Nutzsignal auf, so daß das Programmmaterial in seiner ursprünglichen Form wiedergegeben wird. Man setzt dabei voraus, daß das Amplitudenspektrum der gesendeten Programme bei höheren Frequenzen abfällt, so daß durch die Höhenanhebung vor dem Sender keine Übersteuerung verursacht wird. Seit der Festlegung der Werte der gegenwärtigen Preemphasis hat sich der Anteil großer Amplituden im Bereich der hohen Frequenzen des NF-Spektrums erhöht. Ursache sind neue Mikrofontechniken und die Mehrspur-Aufnahmetechnik, sowie die Entstehung neuer Musikstilarthen. Durch diese Entwicklung ergeben sich Aussteuerungs- oder Übersteuerungsprobleme.

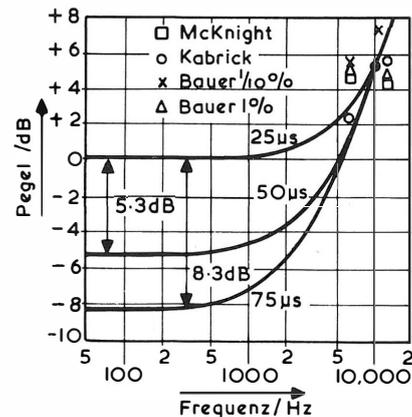
**Bild 1** stellt die Deemphasiskurven für Amerika (75  $\mu$ s), sowie Europa und Japan (50  $\mu$ s) dar. Dazu sind von verschiedenen Autoren veröffentlichte Amplitudenspektren in einheitlicher Form dargestellt (Oktavbandbreiten; die Kurven sind so eingetragen, daß für jede Meßreihe die jeweils höchste Amplitude auf die 0-dB-Linie kommt, unabhängig davon, bei welcher Frequenz dieses Maximum auftritt). Die zusätzlich eingetragene Kurve für 25  $\mu$ s ergibt offensichtlich eine weit bessere Näherung als die 75- $\mu$ s- und 50- $\mu$ s-Kurven. Die gezeigten Spektren wurden von Originalbändern von Musikaufnahmen gewonnen. Betrachtet man es als eine Aufgabe des UKW-Rundfunks, eine mit den besten Heimtonquellen vergleichbare Originaltreue anzubieten, dann muß darauf geachtet werden, daß die für Untersuchungen oder als Testprogramm verwendeten Spektren auch tatsächlich vom Original abgeleitet wurden, und nicht von bereits begrenzten Signalquellen.

**Bild 2** zeigt die Preemphasiskurven, die prinzipiell gegenläufig zu den in **Bild 1** dargestellten verlaufen. Sie sind aber regelmäßig so gegeneinander verschoben, daß sie sich bei 10 kHz treffen. Mit diesen unterschiedlichen Pegelungen für die verschiedenen Preemphasiswerte wird erreicht, daß bei 10 kHz die Vollmodulation nur für einen kleinen Prozentsatz der Zeit überschritten wird (die 1-0/- und 0,1-0/-Ver-

teilungen nach Bauer sind eingezeichnet). Mit einer Preemphasis von 25  $\mu$ s würde man dann praktisch im ganzen Frequenzbereich eine konstante Übersteuerungssicherheit erreichen. Bei 50  $\mu$ s oder gar 75  $\mu$ s wären dagegen die mittleren Frequenzen um etwa 5 dB bzw. 8 dB zu niedrig ausgesteuert. Würde man aber mit einem solchen Programm und mit 50 oder 75  $\mu$ s auf die volle Modulation bei mittleren Frequenzen aussteuern, dann würde in weit mehr als 1 % der Zeit bei den hohen Frequenzen der zulässige Hub am Sender überschritten – und damit die zulässige Bandbreite des frequenzmodulierten RF-Signals. Aus dieser Zwangslage entwickelten sich in den verschiedenen Ländern unterschiedliche Praktiken.

## 2.1. Amerika

In Amerika sorgt die FCC (Federal Communications Commission) dafür, daß der maximale Frequenzhub von 75 kHz eingehalten wird. Bei fester Spitzenaussteuerung und fester Preemphasis blieb für die einzelnen Sender die Entscheidung zwischen einer Reduzierung der mittleren Modulation und einer Reduzierung des Höhenanteils des Programmmaterials. Bei gleicher Einstellung des Wiedergabeverstärkers im Empfänger wird ein niedriger modulierter Sender leiser erscheinen als ein Sender mit höherer Modulation, und das Versorgungsgebiet mit annehmbarem Störabstand verringert sich ebenfalls bei geringerer Modulation. Die Mehrzahl der amerikanischen Sender entschied sich, zum Teil durch die Konkurrenzsituation gezwungen, für die höhere Modulation, das heißt für den Einsatz von Limitern und Filtern, Kompressoren und Zusatzgeräten, die die verlorenen echten Höhen durch zusätzliche Signalbearbeitung zu kompensieren versuchen. Die Art und Weise der am Sender vorgenommenen Signalbearbeitung kann von Sender zu Sender sehr unterschiedlich sein; sie unterliegt außerdem modischen Tendenzen. Der qualitätsbewußte Hörer hat somit keine Möglichkeit, das Signal in seiner ursprünglichen Form wiederzugewinnen. Die Wiedergabequalität ist häufig nicht wesentlich besser als auf Mittelwelle und kann sich nicht mit der Qualität moderner Schallplatten- oder Tonbandwiedergabe vergleichen.



**Bild 2**  
Preemphasiskurven verschiedener Zeitkonstanten  
im Vergleich mit veröffentlichten Amplitudenspektren

## 2.2. Europa

In Europa war die Ausgangslage aufgrund der geringeren Preemphasis besser. Die Rundfunkanstalten entschieden sich im Prinzip für eine reduzierte Aussteuerung und gegen eine Signalbearbeitung am Sender. Die Spitzenaussteuerung vor der Preemphasis variiert allerdings von Land zu Land, in der Bundesrepublik Deutschland entspricht sie einem Hub von 40 kHz, in England einem Hub von 56 kHz. Vom IRT angestellte Untersuchungen [3] zeigten, daß in der Bundesrepublik Deutschland für verschiedene Programmarten unterschiedlich hoch ausgesteuert werden kann. Auch der Einsatz von Limitern und Kompressoren ist in den verschiedenen europäischen Ländern sehr unterschiedlich. Es ist aber heute selbst in Europa durchaus nicht mehr selbstverständlich, daß im UKW-Bereich keine Signalbearbeitung am Sender vorgenommen wird. In manchen Ländern werden die Höhen begrenzt um eine höhere Aussteuerung zu bekommen. Teilweise wird eine Signalbearbeitung auch wegen des Empfangs mit Koffer- und Autoradios eingeführt. Eine gewisse Gefahr ist nicht von der Hand zu weisen, daß auch hier die einseitige Signalbearbeitung bei der UKW-Übertragung zunimmt.

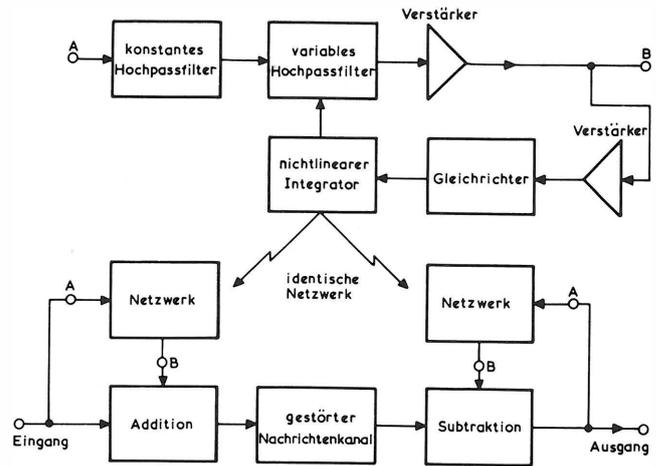
Nachdem wegen der Preemphasis in Europa eine reduzierte Modulation eingeführt worden war, erschien es außerdem möglich, ein engeres Kanalaraster (100 kHz anstatt 200 kHz) einzuführen und damit mehr Senderfrequenzen zuzuteilen.

## 3. Wirkungsweise des Dolby-B-Systems

Wie die Pre- und Deemphasis, wird auch das Dolby-NR-System (NR = Noise Reduction) in komplementärer Form am Sender und am Empfänger eingesetzt. Das System ist aber pegelabhängig und vermeidet auf diese Weise die Übersteuerungsprobleme der Preemphasis. Vor dem gestörten Teil des Nachrichtenkanals wird eine genau definierte Kompression vorgenommen, der am Empfänger eine genau entgegengesetzte Expansion folgt. Kompandersysteme dieser Art sind schon seit über 30 Jahren bekannt, hatten sich aber nie in großem Maße durchgesetzt. Das Dolby-System wurde seit 1965 weltweit akzeptiert, da es die hörbaren Nebenwirkungen der herkömmlichen Kompander in systematischer Weise verhindert [4, 5]. Das Dolby-B-System, die Ausführung für die Heimtontechnik, wurde anderweitig ausführlich beschrieben [6]. Deswegen sollen hier nur zwei wichtige Punkte näher betrachtet werden. Sie betreffen das Verhalten des Systems bei sprunghaften Signaländerungen, sowie die Erzielung eines subjektiv konstanten, niedrigeren Störpegels.

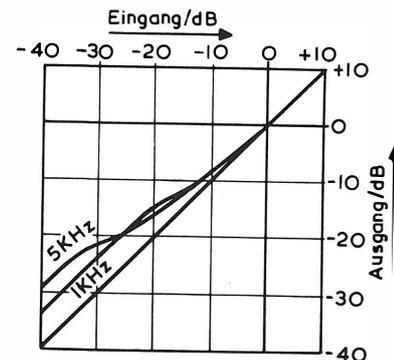
### 3.1. Differentielle Signalbearbeitung

**Bild 3** zeigt das Blockschaltbild der Dolby-B-Schaltungen für den Sender und den Empfänger. In beiden Fällen durchläuft das Signal einen Hauptpfad (die Additions- bzw. Subtraktionsschaltung) und einen Nebenpfad (im Bild als Netzwerk bezeichnet). Der Hauptzweig überträgt die volle Dynamik des unveränderten Signals, da er aus einem linearen Verstärker besteht. Der Nebenpfad überträgt praktisch nur die niederpegeligen Signalanteile und liefert einen zusätzlichen, „differentiellen“ Signalanteil,



**Bild 3**  
Blockschaltbild Dolby B

der zum Hauptsignal addiert wird. Nur im Nebenpfad finden Regelvorgänge statt. Die bei allen Regelvorgängen möglichen Überschwingerscheinungen treten deswegen auch nur am Ausgang des Nebenpfades auf, wo sie begrenzt werden. Da das hochpegelige und unveränderte Hauptsignal anschließend addiert wird, werden eventuell auftretende begrenzte Überschwingimpulse bei kleineren Pegeln gehörmäßig verdeckt. Bei herkömmlichen Kompandern, z. B. mit konstantem Kompressionsgrad, ist diese getrennte Bearbeitung nicht möglich. Überschwingen kann in solchen Fällen nur durch schnelle Regelung vermieden werden. Beim Dolby-System müssen die Regelzeitkonstanten nicht ausschließlich für die Kontrolle des Überschwingens ausgelegt werden, sondern sie können so gewählt werden, daß kein hörbares Modulationsrauschen entsteht und gleichzeitig die durch den Regelvorgang entstehenden Modulationsprodukte möglichst klein bleiben. Dadurch wird die Kompatibilität des komprimierten Signals verbessert, und die Anforderungen an den Übertragungskanal werden reduziert. Es läßt sich zeigen, daß bei einer Anordnung nach **Bild 3** das Nutzsignal mathematisch exakt wiederhergestellt wird, vorausgesetzt, daß die beiden Netzwerke identisch sind. Praktisch kann eine Näherung mit jeder gewünschten Genauigkeit erzielt werden. **Bild 4** zeigt den Ausgangspegel des Kompressors als Funktion des Eingangspegels für verschiedene Frequenzen.



**Bild 4**

Ausgangspegel des Kompressors als Funktion des Eingangspegels

3.2. Variierter Frequenzbereich (sliding band)

Die Höhe der Rauschverminderung eines Kompan- ders wird von der Pegelabsenkung im Empfänger bestimmt. Am Sender kann bei hohen Pegeln grund- sätzlich keine Pegelerhöhung angewandt werden, da sonst Übersteuerung auftreten könnte. Deswegen kann dann auch im Empfänger keine Pegelabsenkung und somit keine Rauschverminderung erfolgen. Es wird erwartet, daß bei hohen Nutzsignalpegeln der Verdeckungseffekt die subjektive Rauschverminde- rung übernehmen wird. Ein lautes Nutzsignal ver- deckt aber nur dann ein leises Störsignal, wenn die beiden ein ähnliches Frequenzspektrum aufweisen. Wird bei frequenzmäßig sehr unterschiedlichen Si- gnalen das Störsignal nur unzureichend verdeckt, dann wird sich das Störsignal hörbar in seiner Laut- stärke und Zusammensetzung mit der Modulation ändern; man erhält ein Modulationsrauschen. In ein- fachen Kompan- dersystemen wird der stark hörbare hochfrequente Anteil des Modulationsrauschens durch zusätzliche Pre- und Deemphasis reduziert. Dadurch ergibt sich aber eine verstärkte Empfindlichkeit des Systems für Frequenzgangfehler des Übertragungs- kanals. Schon bei relativ kleinen Fehlern tritt dann eine Signalmodulation ein, z. B. ein Pumpen der Ge- samtlautstärke im Rhythmus des hochfrequenten Si- gnalanteils. Alle hier beschriebenen Effekte sind stärker hörbar, wenn höhere Kompression und Ex- pansion angewandt werden.

Beim Dolby-System wird eine getrennte Behand- lung hoch- und niederpegeliger Signalteile un- terschiedlicher Frequenz dadurch erzielt, daß das hör- bare Spektrum in Teilbereiche aufgeteilt wird. Das Dolby-B-System wurde speziell für Rauschspektren entwickelt, deren Amplitude bei hohen Frequenzen zunimmt. Bei ihm wird Kompression und Expansion nur bei mittleren und hohen Frequenzen angewandt. Die untere Grenzfrequenz des Arbeitsbereichs wird vom Signal variiert, so daß frequenzmäßig nahe beim Nutzsignal noch eine Rauschverminderung erzielt wird, ohne den Übertragungskanal zu übersteuern. Dieses von Dolby eingeführte Verfahren vermeidet Modulationsrauschen auch unter kritischen Bedin- gungen.

Bild 5 zeigt die frequenzmäßige Verschiebung des Arbeitsbereiches bei niedrigen Pegeln in Gegen- wart eines schmalbandigen Nutzsignals mit vollem Pegel. Der verwendete Meßaufbau ist in Bild 6 dar-

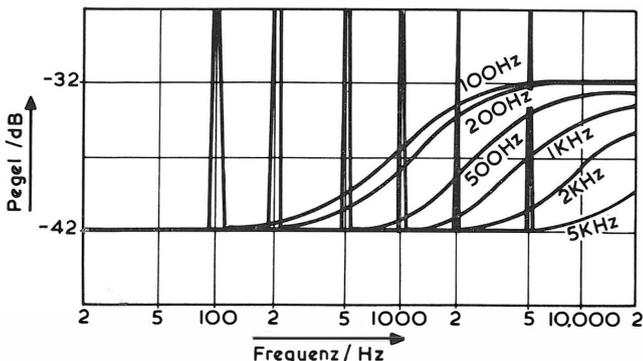


Bild 5

Frequenzmäßige Verschiebung des Arbeitsbereiches bei niedrigen Pegeln bei schmalbandigem Nutzsignal mit vollem Pegel

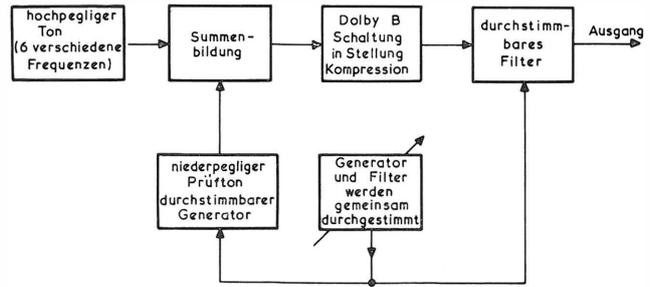


Bild 6

Meßaufbau zur Bestimmung der Kurven in Bild 5

gestellt. Bei fester Frequenz des Vollpegelsignals wird das schwache Signal (-42 dB relativ zum Voll- pegel) über den gesamten Frequenzbereich durchge- stimmt, synchron mit einem schmalbandigen Filter vor dem Meßgerät am Ausgang der Schaltung. Diese Meßreihe wird mit sechs verschiedenen Frequenzen des Vollpegelsignals durchgeführt (100 Hz, 200 Hz, 500 Hz, 1 kHz, 2 kHz, 5 kHz).

4. Das Dolby-FM-Konzept

Nach dem 1973 von Dolby zum erstenmal vorge- schlagenen Verfahren werden gleichzeitig zwei Än- derungen der UKW-Übertragungsparameter einge- führt:

- das Dolby-B-Verfahren wird zur Rauschvermin- derung eingesetzt,
- die statische Pre- und Deemphasis wird auf 25 µs reduziert.

Bei hohen Pegeln wird damit eine verbesserte Übertragung der hohen Frequenzen ermöglicht und eine gleichmäßigere Aussteuerung im gesamten Fre- quenzband erreicht. Bei niedrigen Programmpiegeln leistet das Dolby-FM-Verfahren 7 dB mehr Rausch- verminderung als das herkömmliche 50-µs-Pre- und Deemphasisverfahren. Es ergibt sich also insgesamt eine Verbesserung des Signal-Rauschabstandes des Übertragungskanals. (Die Dynamik des zu übertra- genden Programmes ist selbstverständlich unabhän- gig davon zu betrachten. Europäische Rundfunkrich- tlinien sehen als Grenze für die zulässige Programmdynamik den akustischen Geräuschpegel auf der Wiedergabeseite einerseits und die Schalldämmung der Wohnungen andererseits.)

Diese zusätzliche Verbesserung des Störabstan- des ist in einer Reihe von Situationen praktisch spür- bar, obwohl der theoretisch maximal erreichbare Rauschabstand auch schon beim herkömmlichen UKW-Rundfunk sehr gut ist.

Bei Stereoempfang tritt gegenüber Monoübertra- gung eine Verschlechterung des Rauschens um 21,5 dB ein. Mit dem Dolby-FM-System kann auch bei schwä- cheren Eingangssignalen noch eine gute, für Auf- nahmen geeignete Stereoqualität erreicht werden. Dies trifft auf Randgebiete oder schwierig zu versor- gende Zonen ebenso zu wie auf Empfangsanlagen mit sehr einfachen UKW-Antennen.

Bei Kopfhörerwiedergabe wird das Rauschen be- sonders störend empfunden. Bei Kunstkopfstereofo- nie hat sich der verbesserte Störabstand deshalb als sehr vorteilhaft erwiesen.

Mit besseren Antennen oder Gemeinschaftsantennenanlagen und Kabelsystemen wird eine Rauschverminderung den Empfang weiter entfernter Sender möglich machen. Bei der Versorgung von großen Gebieten mit Ball-Empfangsanlagen wird eine Verbesserung des Störabstandes ebenfalls spürbar sein.

In manchen Gegenden Europas treten heute im UKW-Bereich Gleichkanal- und Nachbarkanalstörungen auf. Soll die Senderzahl weiter erhöht werden, müßte eine weitere Zunahme der Störungen erwartet werden, wenn nicht eine Reduzierung der Senderleistungen bzw. des Frequenzhubs auf einer Wellenkonferenz beschlossen würde. Das dadurch gebietsweise stärkere Rauschen würde ebenso wie die Gleich- und Nachbarkanalstörungen durch das Dolby-FM-Verfahren reduziert werden.

Verfahren zur Übertragung zusätzlicher Informationen im UKW-Rundfunk und im Fernsehkanal werden gegenwärtig von verschiedenen europäischen Organisationen untersucht (Sender- und Programmkennungen, sowie zusätzliche Rauminformation des Programmes). Bei Verwendung von Rauschverminderung könnte eventuell eine größere Bandbreite für solche Zusatzinformationen zur Verfügung gestellt werden. Sollten in Zukunft höhere Frequenzen für den FM-Rundfunk verwendet werden, müßte mit einer Reduzierung der Feldstärke in den Randgebieten gerechnet werden; die sich ergebende Erhöhung des Rauschens kann mit Rauschverminderung kompensiert werden.

Wie das IRT zeigte, kann auch beim Fernsehkanal der Störabstand durch das Dolby-FM-Verfahren verbessert werden. Bei der Einführung eines Stereo-Fernsehkanals wäre diese Verbesserung besonders nützlich.

## 5. Kompatibilität

Nach den Erfahrungen mit dem Dolby-System bei Tonband-Kassettengeräten kann erwartet werden, daß ein großer Prozentsatz der neuen Empfänger mit der Dolby-FM-Schaltung ausgestattet wird, sobald regelmäßige Sendungen nach dem Verfahren aufgenommen werden. Trotzdem ist die Kompatibilität des Dolby-FM-Signals bei Wiedergabe über Geräte ohne Dekodiermöglichkeit wichtig, zumindest für eine Übergangszeit.

### 5.1. Kompatibilitätskriterien

Es ist sinnvoll, die Situation mit der Stereo-Mono-Kompatibilität oder mit der Farb-Schwarzweiß-Kompatibilität beim Fernsehen zu vergleichen. Auch beim Dolby-FM-System betrachtet man im kompatiblen Fall nur die eine Hälfte eines Gesamtsystems, das als solches zur Verbesserung gegenüber der bisherigen Norm eingeführt werden soll. Ein direkter Vergleich zwischen einer ursprünglichen Schwarzweißsendung und einer in schwarzweiß empfangenen Farbsendung würde eine Reihe von Unterschieden aufzeigen. Für viele Stereoaufnahmen gilt ähnliches. „Kompatibel“ bedeutet in diesem Fall nicht „identisch“. Man wendet vielmehr viel subjektivere Maßstäbe an und berücksichtigt dabei, daß der Hörer keinen direkten Vergleich mit dem Original anstellen kann. Beim kompatiblen Empfang sollte der Hörer unter für ihn

normalen Hörbedingungen nicht den Eindruck bekommen, daß die Tonqualität ungewöhnlich oder schlechter als gewöhnlich ist. Das kompatible Signal sollte für ihn „normal“ klingen. Es ist außerdem zu berücksichtigen, daß gerade die technisch kritischsten Zuhörer sich wahrscheinlich als erste mit einer Wiedergabeschaltung ausrüsten würden und deshalb viel mehr an der Signaltreue des kompletten Systems und an seiner Freiheit von Modulationsrauschen interessiert sein werden.

Es gibt bereits langjährige Erfahrungen mit der kompatiblen Wiedergabe von Dolby-B-kodierten Signalen, da nämlich viele Schallplattenfirmen schon seit langem Tonbandkassetten mit klassischer Musik, Unterhaltungsmusik und gesprochenen Programmen nur in Dolby-B-kodierter Form verkaufen. Die Bedingungen beim UKW-Rundfunk sind zwar kritischer, da es bereits einen nicht zu vernachlässigenden Prozentsatz von UKW-Stereoempfängern mit guter Wiedergabequalität gibt. Allerdings ist auch die Kompatibilität eines Dolby-FM-Signals wesentlich günstiger, da die Höhenanhebung durch das Dolby-System teilweise durch die Höhenabsenkung aufgrund der reduzierten Preemphasis kompensiert wird. Die pegelunabhängige Höhenabsenkung, die sich aus der Differenz zwischen der neuen Preemphasis von  $25 \mu\text{s}$  und der herkömmlichen Deemphasis von  $50 \mu\text{s}$  beim kompatiblen Empfang ergibt, kann natürlich nicht im technischen Sinn die pegelabhängige Höhenanhebung der Kompression aufheben. Ganz allgemein wird man bei Programmmaterial mit sehr hochpegeligen Höhen einen Höhenverlust erwarten, und bei leisen Stellen eine Präsenzhebung. Bei mittleren bis höheren Pegeln wird ein guter Ausgleich erreicht. Zusätzlich ist zu berücksichtigen, daß bereits im ursprünglichen Programmmaterial vorhandenes Rauschen (z. B. bei älteren Aufnahmen) zusammen mit den niederpegeligen Nutzsignalanteilen im Kompressor angehoben, beim kompatiblen Empfang von der Deemphasis aber nur teilweise wieder abgesenkt wird. Würde man eine größere Kompression als die des Dolby-B-Systems anwenden, dann ergäbe sich auch eine stärkere Modulation des Quellenrauschens bei compatiblen Empfang.

### 5.2. Hörversuche

Subjektive Kompatibilität muß im subjektiven Hörtest geprüft werden. Zu diesem Zweck wurden von einer Reihe von europäischen Organisationen, darunter vom IRT und dem Schwedischen Rundfunk, ausführliche Tests mit ausgesuchten Versuchspersonen durchgeführt. Es zeigte sich dabei immer wieder, daß professionelle, geschulte Hörer bei einer an sich guten Kompatibilität sich mehr und mehr auf die verbleibenden Unterschiede konzentrieren. Dabei wird leicht vergessen, den erreichten Kompromiß zu würdigen und ihn gegen die zu erzielenden Verbesserungen abzuwägen. Die nicht geschulten Hörer kamen häufig zu günstigeren Urteilen. Die verbesserte Verständlichkeit des kompatiblen Signals unter Autoradiobedingungen wurde häufig erwähnt. Insgesamt waren die internen Versuche so erfolgreich, daß in den letzten Jahren eine Reihe von Sendern der ARD und auch Sender in anderen Europäischen Ländern über längere Zeiträume Dolby-FM-Sendungen

ausstrahlten. Dabei wurden Betriebserfahrungen gesammelt und gleichzeitig die spontanen Hörerreaktionen überprüft. Zu diesem Zweck wurden die meisten Versuche unangesagt durchgeführt. In England wurden von der Independent Broadcasting Authority (IBA) angesagte Versuche durchgeführt. In allen Fällen wurden nur sehr wenige Hörerreaktionen festgestellt, die sich auf die Verwendung des Dolby-Systems bezogen. Bei den angesagten Versuchen in London gab es eine ganze Reihe von Anrufen von Hörern, die über die Einzelheiten der Versuche in der Presse gelesen hatten und die sich erkundigten, wie sie ihre vorhandenen Kassettengeräte mit Dolby-Schaltung für den Empfang verwenden könnten.

### 6. Wieviel Rauschverminderung?

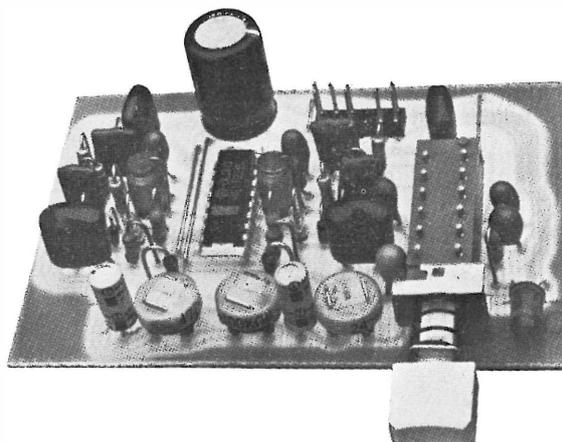
Die Größe der erreichbaren Rauschverminderung ist nur einer der Parameter, die für die Bewertung eines Komandersystems herangezogen werden müssen. Die Rauschverminderung in dB kann nicht isoliert betrachtet werden. Bei Komandersystemen muß eine ganze Reihe von Parametern aufeinander abgestimmt werden, wie in 3. erwähnt wurde.

Aus **Bild 3** ist zu sehen, daß die niederpegelige Kompression und Expansion des Dolby-B-Systems durch die gewählte Verstärkung in dem mit „Netzwerk“ gekennzeichneten Zweig exakt definiert ist. Die mit dem Dolby-B-System erzielbare Rauschverminderung von 10 dB ist also bewußt auf diesen Wert eingestellt und nicht etwa die mit einer solchen Schaltung überhaupt erreichbare Rauschverminderung. Für eine höhere Rauschverminderung hätte man die senderseitige Kompression – das heißt die Verstärkung der kleinen Pegel – erhöhen müssen. Damit ergibt sich automatisch eine Verschlechterung der Kompatibilität und auf jeden Fall eine stärkere Anhebung des bereits im Signal vorhandenen Rauschens.

Wie **Bild 4** veranschaulicht, ist die Verstärkung des Dolby-B-Systems bei kleinen Pegeln konstant. Solange das Rauschen des Übertragungskanalns nur in diesem Pegelbereich einen wahrnehmbaren Beitrag zum Gesamtsignal liefert, ist eine ideale Komplementarität und damit eine vollkommene Wiederherstellung des Nutzsignals möglich. In diesem Bereich der konstanten Verstärkung ist auch die Rauschverminderung unabhängig vom Rauschpegel oder vom Nutzsignalpegel.

Der pegelmäßige Einsatz der Rauschverminderung ist festgelegt, um eine internationale Austauschbarkeit zu erzielen. Ein Bezugspunkt von 37,5 kHz Hub, also 6 dB unter dem maximal zulässigen Hub von 75 kHz, wurde festgelegt und wird als „Dolby-Pegel“ bezeichnet. Am Sender wird die einmalige Einpegelung mit Hilfe eines im Dolby-Gerät eingebauten Testgenerators vorgenommen. Auch die Wiedergabeschaltungen im Empfänger werden nur einmal im Werk fest eingemessen. Durch die Begrenzerwirkung im FM-Empfänger ist nämlich ein absolut fester Zusammenhang zwischen Modulationshub und Ausgangspegel gegeben. Pegel- und Frequenzschwankungen, wie sie z. B. bei Kassettengeräten auftreten, sind bei der FM-Übertragungstrecke wesentlich geringer.

Bei den vom IRT im Jahr 1975 durchgeführten Ver-



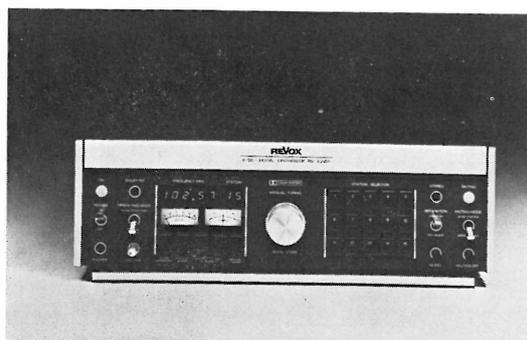
**Bild 7**  
Zweikanalige Dolby-B-Schaltung

suchen mit dem Dolby-FM-Verfahren beim Fernsehen wurde aufgrund der verringerten Preemphasis zusätzlich noch der Frequenzhub bei mittleren Frequenzen erhöht. Dadurch ist eine weitere Verbesserung des Störabstands möglich, der sich auch bei kompatibler Wiedergabe auswirkt. Beim UKW-Rundfunk ist eine solche Erhöhung des mittleren Hubs nur dann möglich, wenn die bisherige Einpegelung schon das Amplitudenspektrum moderner Musikaufnahmen voll berücksichtigt.

Eine Rauschverminderung von 10 dB, auf die das Dolby-System eingestellt ist, ergibt eine nützliche Verbesserung, wenn man den bei der Heimtechnik nutzbaren Dynamikbereich und das Rauschen des vorhandenen Programmmaterials berücksichtigt. Andererseits wird auf diese Weise eine brauchbare kompatible Empfangsqualität erzielt.

### 7. Gegenwärtiger Stand

In den USA ist seit 1974 das Dolby-FM-Verfahren von der FCC zugelassen. Selbstverständlich wurden nicht sofort alle Limiter, Kompressoren und Filter von den Sendern entfernt, aber es bestehen gute Aussichten, daß es in absehbarer Zeit in jeder amerikanischen Stadt zumindest einen Sender geben wird, dessen Signal von den Hörern bis ins letzte Detail wiederhergestellt werden kann. In Kanada, sowie in Mittel- und Südamerika ist das Verfahren ebenfalls eingeführt.



**Bild 8**  
Beispiel eines Tuners mit eingebauter Dolby-FM-Schaltung

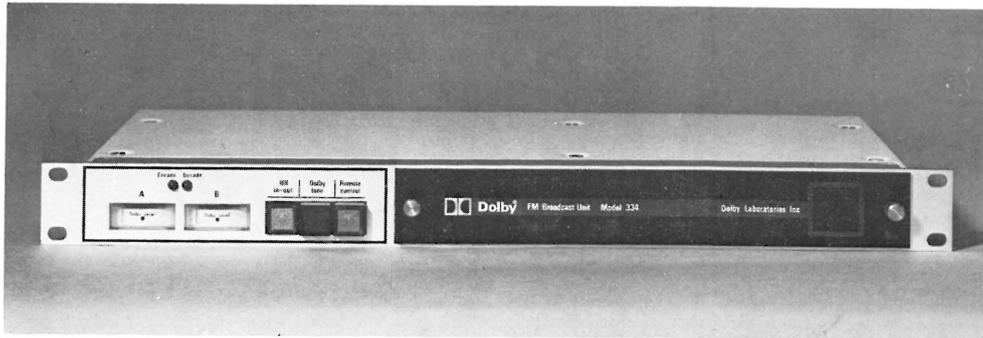


Bild 9

Dolby-Einschub Typ 334 für Verwendung beim Sender

In Europa kann man die Ergebnisse der Kompatibilitätstests wohl zurecht als ermutigend bezeichnen. Die Entscheidung liegt bei den verschiedenen Rundfunkorganisationen, von denen die kleineren sich bestimmt gerne nach den größeren ausrichten wollen. Unabhängig von der Kompatibilität und der Nützlichkeit der Störabstandsverbesserung wird aber immer wieder gefragt, ob man sich jetzt überhaupt auf ein bestimmtes Verfahren festlegen könne, da doch auch noch andere Rauschverminderungssysteme denkbar seien. Solche Überlegungen sind sicherlich nach den Erfahrungen der Quadrofonie, der Bildplatte und anderen neuen Systemen der letzten Jahre begründet, bei denen durch die Vielzahl der von verschiedenen Firmen angebotenen Verfahren die Verbraucher vollständig verunsichert wurden. Solche Parallelen treffen aber für das Gebiet der Kompan-dersysteme für Heimanwendungen wohl kaum zu:

Das Dolby-B-System hat sich seit etwa 10 Jahren in der Praxis bewährt und weltweit durchgesetzt. Über 22 Millionen Dolby-B-Schaltungen wurden bereits hergestellt. Über 80 Firmen auf der ganzen Welt haben eine Lizenz für die Verwendung der Dolby-Schaltung. Seit 1973 gibt es eine integrierte Dolby-B-Schaltung, den Signetics IC NE 545 B. Seit 1977 gibt es vier Dolby-B-ICs der zweiten Generation von den Firmen Signetics (Philips), Fairchild, National Semiconductors und Hitachi. Durch die IC-Technik wurde der Einbau des Dolby-Systems auch in Großserienprodukte praktisch aller Preisklassen möglich.

In **Bild 7** ist eine komplette, zweikanalige Dolby-B-Schaltung mit allen für Dolby-FM notwendigen Bauteilen, einschließlich eines Dolby-B-ICs in Stereoausführung gezeigt. Inzwischen gibt es bereits 67 verschiedene Empfängermodelle (Tuner und Receiver), die die vollständige Dolby-Schaltung enthalten. Bei diesen Empfängern, und auch bei Kompaktanlagen mit eingebautem Kassettengerät mit Dolby-B-Schaltung, kann mit einem einzigen Schalter auf Dolby-FM-Empfang umgeschaltet werden (**Bild 8**). Eine automatische Dolby-FM-Umschaltung und -Anzeige, ähnlich der automatischen Stereoumschaltung, ist für die Zukunft vorgesehen.

**Bild 9** zeigt das am Sender verwendete Gerät, Modell 334, das von Dolby Laboratories hergestellt wird. Es ist ein professionell ausgeführtes Stereogerät, das sowohl zum Kodieren als auch zum Dekodieren verwendet werden kann.

Dolby Laboratories stellt selbst keine Heimtongeräte oder Teile davon her und steht deshalb mit den Lizenznehmern nicht in Konkurrenz. Die Firma konzentriert sich ausschließlich auf die Technik der komplementären Rauschverminderung und damit voll auf die Unterstützung der Lizenznehmer. Eine Akzeptierung des Dolby-FM-Verfahrens für UKW und Fernsehton ist deshalb auf internationaler Basis leichter möglich.

## 8. Schlußfolgerung

Das Dolby-FM-System ermöglicht eine Verbesserung der UKW- und Fernsehübertragung. Es paßt die Übertragungskette an modernes Programmmaterial an, das gegenüber der Vergangenheit wesentlich höhere Spitzenamplituden bei hohen Frequenzen enthält. Die am Sender angewandte Signalbearbeitung kann im Empfänger mit geringem Aufwand wieder aufgehoben werden. Ein wesentlicher Bestandteil des Dolby-FM-Verfahrens ist das Dolby-B-Rauschverminderungssystem, das weltweit gut eingeführt ist und das sich auch in kritischen Anwendungen bewährt hat. Viele Hersteller von Radio- und Fernsehgeräten sowie die Käufer solcher Geräte sind bereits mit dem Dolby-B-System vertraut.

Beim Einsatz im Empfänger wird das Originalsignal voll wiederhergestellt. Gleichzeitig werden Störsignale und Rauschen reduziert, ohne Modulationsrauschen zu verursachen. Der verbesserte Störabstand ist schon heute in vielen Fällen praktisch nutzbar. Mit den voraussehbaren neuen Entwicklungen (Stereofernsehton; größere Senderdichte; höhere Senderfrequenzen) wird sich der Einsatz eines Rauschverminderungssystems noch stärker auswirken.

## SCHRIFTTUM

- [1] Robinson, D. P.: „Dolby B-Type Noise Reduction For FM-Broadcasts“. J. Audio Eng. Soc., Vol. 21 (1973), pp. 351—356.
- [2] Dolby, R. M.: „Optimum Use Of Noise Reduction In FM Broadcasting“. J. Audio Eng. Soc., Vol. 21 (1973), pp. 357—362.
- [3] Jakubowski, H.: „Analyse des Programmaterials des Hörrundfunks“. Rundfunktechn. Mitt. 15 (1971), S. 275—284.
- [4] Dolby, R. M.: „An Audio Noise Reduction System“. J. Audio Eng. Soc., Vol. 15 (1967), pp. 383—389.
- [5] Engineering Field Bulletin 47L, „Evaluating Noise Reduction“. Dolby Laboratories.
- [6] Berkovitz, R.; Gundry, K.: „Das Dolby B System“. Funk-Technik 28 (1973), S. 55—57 und S. 83—86.
- [7] Robinson, D. P.: „Dolby B-Type Processing For FM Broadcasting And TV Sound Transmission“. Vortrag beim 10. Internationalen Symposium in Montreux, Juni 1977.

## KOMMANDOANWAHL MIT DIGITALER STEUERUNG „SETAST“

VON JOSEF SAUER UND HENNING TANNENBERGER<sup>1</sup>

Manuskript eingegangen am 4. Mai 1977

Automation

### Zusammenfassung

Bei der Neubeschaffung der Kommandoanlage für den Fernseh-Studiobereich entschied sich der Saarländische Rundfunk für eine Vierdraht-Anlage mit digitaler Steuerung. Durch die Übermittlung der Steuer- und Signalfunktionen in digitaler Form ist die früher aufwendige Verkabelung zwischen den Bedienstellen und der Kommandozentrale stark reduziert. In ihrer Aufbauweise gestattet die Anlage, jederzeit andere oder zusätzliche Kommandowege herzustellen. Darüber hinaus können von jeder Bedienstelle neben den Kommando-Verbindungen weitere Steuerungsfunktionen (z. B. Anwahl einer Kreuzschiene u. a.) über ein Koaxialkabel in die Zentrale weitergeleitet werden.

### Summary Talkback dialing with digital control „Setast“

Saarland Broadcasting has newly acquired a four-wire device with digital control for the television studio talkback unit. Transmitting the control and signal operations in digital form greatly reduces excessive wiring between the terminal and the talkback station. By virtue of its construction the unit allows at any time other or additional talkback paths to be set up. Moreover each terminal can transmit further control operations (e.g. dialing a crossbar switcher etc.) over a coaxial cable to the central station.

### Sommaire sélection de commande à contrôle digital „Setast“

Pour le domaine de la production en télévision la radiodiffusion de la Sarre (Saarländischer Rundfunk) s'est décidée à installer un système de commande digitale à quatre fils. Par la transmission des fonctions de commande et de signal sous forme digitale, le câblage compliqué d'autrefois entre les points de contrôle et le pupitre de commande a été fortement réduit. La structure de l'installation permet en tout temps d'introduire des voies de commande diverses ou supplémentaires. En plus, sortant de chaque point de contrôle il est possible de transmettre à la centrale d'autres fonctions de réglage outre les raccordements de commande (p. ex. sélection à barres croisées) par un câble coaxial.

### 1. Prinzipieller Aufbau

Die Kommandobedienstellen sind sternförmig mit der Zentrale verbunden. Zu einer einzelnen Sprechstelle werden folgende Kabel benötigt:

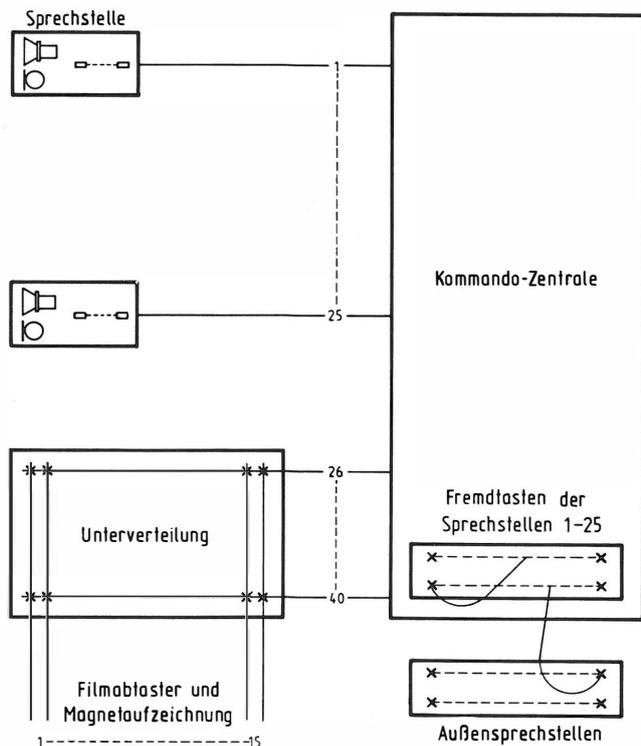
- 1 Koaxkabel für Steuer- und Signalfunktionen
- 2 Kommando-Modulationsleitungen und nach Bedarf eine 12-V-Spannungsversorgung.

Die Modulationsdurchschaltung erfolgt in herkömmlicher Relaisstechnik in einem zentralen Koordinatenfeld über eine digitale Anwahl, die in einem nachfolgenden Abschnitt noch näher erläutert wird.

Die Anlage ist zur Zeit für 40 Teilnehmer ausgebaut. 15 Teilnehmerschaltungen sind über einen steckbaren Unterverteiler (UV 1) den Filmabtastern und Magnetbandaufzeichnungsanlagen zugeordnet. Der UV 1 ist in unmittelbarer Nähe der Filmmaschinen untergebracht, und das Bedienungspersonal stellt die benötigten Steckverbindungen selbst her. An den Filmabtastern und MAZ-Anlagen konnte die Anzahl der Bedientasten auf 3 begrenzt werden, 2 davon über den UV 1 steckbar, eine fest dem Fernseh-schaltraum zugeordnet.

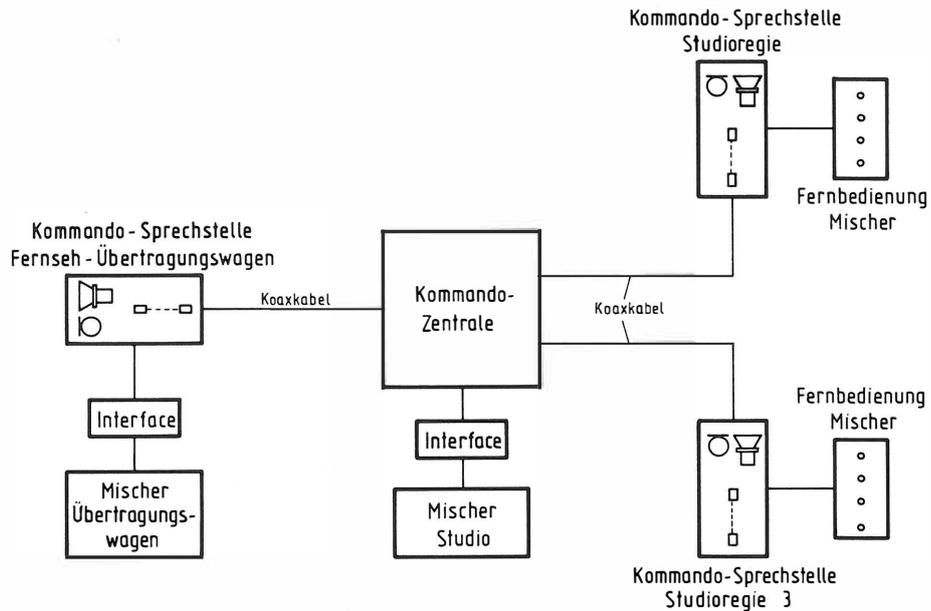
Durch einige frei programmierbare Linien an jeder Bedienstelle und dem UV 1 war es möglich geworden, die Anzahl der Tasten pro Bedienstelle auf 20 zu reduzieren. Damit war eine noch überschaubare Tastatur mit allen notwendigen Verbindungen geschaffen.

Selten benötigte Außenstellen sind zusätzlich an ein Steckfeld in der Zentrale angeschlossen und können nach Bedarf mit den frei programmierbaren Linien einer Sprechstelle verbunden werden (**Bild 1**).



**Bild 1**  
FS-Kommando-Anlage

<sup>1</sup> Ing. (grad.) Josef Sauer ist Mitarbeiter in der Abteilung Zentraltechnik beim Saarländischen Rundfunk, Saarbrücken. Henning Tannenberger ist Mitarbeiter in der Abteilung Entwicklung in der Delta-System Studioanlagen GmbH, Rödermark.



**Bild 2**  
Fernbedienung der Schnittasten des U-Wagen-Mischers und des Studio-Mischers

**2. Weitere Anwendungen**

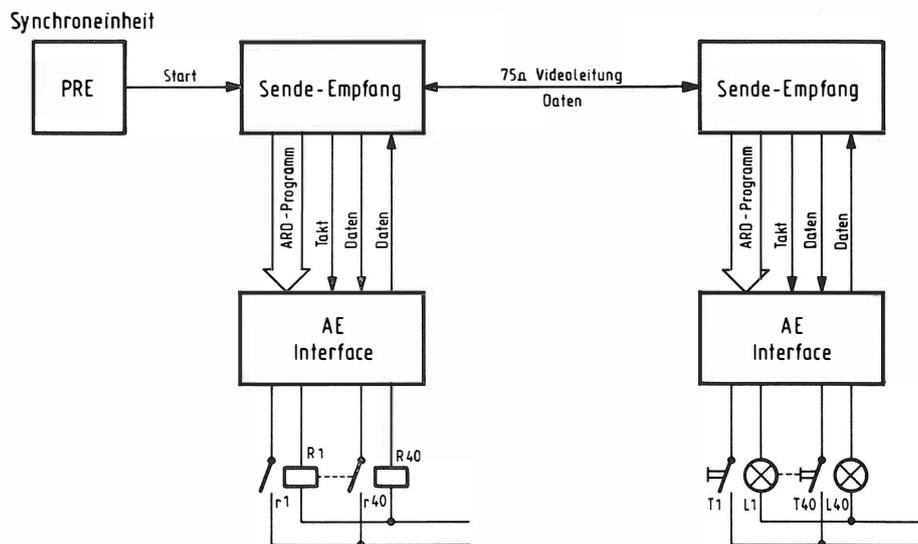
Beim Anschließen des Fernsehübertragungswagens an ein Probenstudio ist es wünschenswert, die Fernbedienung der Schnittasten des Ü-Wagen-Mischers im Studio zu haben. Da der Ü-Wagen bei Studiobetrieb an die Studio-Kommandoanlage angeschlossen wird, konnten die Steuerfunktionen des Mischers über die bestehenden Datenübertragungsleitungen in das jeweilige Studio geschaltet werden, da dort ebenfalls ein Datenanschluß besteht. Bei diesem Umbau wurde auch die Fernbedienung des Studiomischers (nur Schnittasten) über die Datenleitungen geführt. Dadurch ist es jetzt möglich, durch einfache Umschaltung jeden der beiden Mischer (Studioelektronik oder Ü-Wagen) in jedem Studio

(Studio 1 oder Probenstudio) fernzubedienen, ohne zusätzliche Steuerkabel und Steuerleitungsumschalter (**Bild 2**).

Weiter ist vorgesehen, eine Videokreuzschienen-ebene vom Fernseh-Ü-Wagen aus über die Datenübertragungsanlage anzuwählen.

**3. Digitale Steuerung „Setast“ – Funktionsbeschreibung**

Setast ist eine serielle Datenübertragungsanlage, die speziell für den Bereich der Studiotechnik konzipiert wurde. Über eine 75-Ohm-Videoleitung werden Steuer- und Meldebus abwechselnd übertragen. Die seriellen Datentelegramme umfassen jeweils 256 Bits. Die Länge eines Bits entspricht der



**Bild 3**  
Setast-Anlage zur Übertragung von 40 Steuer- und Meldefunktionen

Zeilenlänge eines Videosignals. Über die Synchron Einheit „PRE“ kann die Setast-Anlage mit dem Haus takt des Studios synchronisiert werden. Das Setast-Konzept besteht aus drei Grundkarten im Europa-format:

1. Die Startmarken- und Synchronkarte „PRE“
2. Die Sendeempfängerkarte „SE“
3. Die I/O Interfacekarte „AE“.

**Bild 3** zeigt eine einfache Setast-Anlage zur Übertragung von 40 Steuer- und Meldefunktionen. Durch Expansion mit weiteren AE-Karten lassen sich jeweils 40 weitere Funktionen übertragen. Die Synchronkarte „PRE“ wird auch bei großen Anlagen nur einmal benötigt.

Die drei Grundkarten haben folgende Funktionen:

### 3.1. Die Synchronkarte „PRE“

Die PRE-Karte enthält einen 4-MHz-Oszillator. Aus der Oszillatorfrequenz wird in Teilerstufen ein Taktsignal und hieraus in Zählerschaltungen abwechselnd ein kurzes und ein langes Startsignal erzeugt. Dieses Signal wird nun jeweils einer SE-Karte eines Systems zugeführt und gelangt von dieser direkt auf die Datenleitung.

### 3.2. Die Sendeempfängerkarte „SE“

Die Sendeempfängerkarte enthält einen Taktgenerator, der über das von der Datenleitung kommende Startsignal synchronisiert wird. Aus diesem Takt werden über Zählerschaltungen Adressentakte zur Codierung bzw. Decodierung der 256 Bits gebildet. Durch äußere Beschaltung der Karte wird die Zuordnung getroffen, ob die Karte nach dem kurzen Startsignal auf Senden oder Empfangen schaltet. Erkennt die SE-Karte nun das Startsignal zum Senden, schaltet sie die von den AE-Karten kommenden codierten Signale auf die Datenleitung. Nach Ablauf der 256 Bits wird die Karte in den Wartezustand gesetzt bis ein neues Startsignal erkannt wird. Ist diesem Startsignal der Empfangszustand zugeordnet, wird das ankommende Telegramm auf Taktfehler und Vollständigkeit überprüft. Bei fehlerhaftem Telegramm wird die Weiterleitung der Daten zu den AE-Karten sofort gesperrt.

### 3.3. Die I/O Interfacekarte „AE“

An die AE-Karte werden die Befehlsgeräte parallel angeschlossen. Mit den Adressentakten wird jetzt die Zuordnung getroffen, an welcher Stelle im Telegramm der Eingang übertragen werden soll. Es wer-

den also über die Adressentakte nacheinander alle Eingänge abgefragt und die Eingangszustände seriell der SE-Karte zugeführt. Gibt die SE-Karte Empfangsdaten aus, werden über die gleichen Adressentakte nun die Ausgangsspeicher nacheinander aktiviert, und sie übernehmen den Zustand, den das serielle Signal an dieser Stelle hat. Dieser Zustand wird beibehalten, bis der Speicherplatz wieder adressiert wird. Die Ausgänge der Speicher stehen über Treiberstufen an den Kartenausgängen zur Verfügung. Verbraucher, wie Relais, Kontrollampen usw., können direkt an diese Ausgänge angeschlossen werden.

Durch dieses Adressierungsprinzip sind auch komplexe Zuteilungssysteme über die eigene Datenleitung ohne größeren Aufwand zu verwirklichen. Die Datenschnittstellen sind so konzipiert, daß ein direktes Zusammenschalten mit einem AFRA-Bussystem möglich ist. Spezielle Interfacekarten für Sonderfunktionen, z. B. Übertragung analoger Werte, Koordinatenanwahl oder Prozeßrechnerschnittstellen, stehen zur Verfügung.

## 4. Schlußbemerkungen

Die Setast-Kommandoanlage ging am 15. März 1976 in Betrieb.

Der Dauerprobelauf von einigen Wochen vor der Inbetriebnahme hat sich bewährt; bei der digitalen Steuerschaltung in CMOS-Technik konnten bisher auch keine Störungen durch Impulse oder andere Einflüsse festgestellt werden. Umgekehrt konnten auch keine Störungen von der Anlage her beobachtet werden, obwohl die Anlage nicht mit dem Studio takt verkoppelt ist.

Im Zusammenhang mit der Kommandoanlage sind noch zwei Neuentwicklungen erwähnenswert. Einmal der Kommando-Knotenpunktverstärker V 1075 R, der mit seinem sehr kleinen Eingangswiderstand (ca. 1 Ohm) zur Zusammenschaltung von ankommenden Kommandosignalen dient. Die Doppelverstärkerplatine hat eine Bautiefe von ca. 20 mm.

Für die Anschaltung der Außenstellen wurde eine Tischsprechstelle G 1039 entwickelt. Sie enthält neben Mikrofon und Lautsprecher ein Netzteil und auf einer Europakarte einen Mikrofonverstärker mit Begrenzer mit symmetrischem 6-dB-Ausgang (30 Ohm) sowie einen Lautsprecherverstärker mit symmetrischem 6-dB-Eingang (10 kOhm). Diese Sprechstelle wird auch zur Anschaltung an andere Vierdraht-Einrichtungen verwendet.

## IRT EMPFÄNGT SIRIO

Zur Erforschung der Ausbreitungseffekte im Frequenzbereich um 12 GHz (der dem Satellitenrundfunk zugewiesene Frequenzbereich liegt zwischen 11,7 und 12,5 GHz) beteiligt sich das Institut für Rundfunktechnik in München am SIRIO-Projekt. Die Beteiligung erfolgt passiv, d. h. es wird das vom Satelliten ausgestrahlte Signal rund um die Uhr empfangen und ausgewertet, das IRT betreibt jedoch keine Sendestelle für die Aufwärtsverbindung.

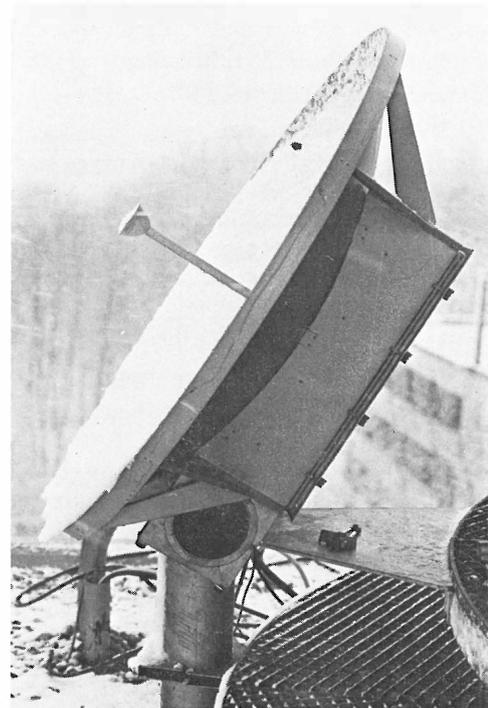
SIRIO ist ein italienischer Forschungssatellit, der ursprünglich bereits vor einigen Jahren gestartet werden sollte und der nun, nach seinem erfolgreichen Start am 26. August 1977 auf der geostationären Orbitposition 15° W „steht“, also nahe der späteren Position eines die Bundesrepublik Deutschland versorgenden Satelliten, wofür 19° W vorgesehen ist. Die technische Zentrale für das Satellitenprojekt befindet sich in Fucino, einer Hochebene in den Abruzzen, etwa 120 km östlich von Rom. Sie umfaßt eine Bodenstation, die bei etwa 17,5 GHz die Aufwärtsverbindung herstellt und einen Kontrollraum zur Überwachung und Durchführung der Schaltvorgänge sowie der Bahnsteuerung.

Nach dem mißlungenen Start des OTS am 13. September 1977 ist SIRIO z. Z. der einzige Satellit, der in Europa für Ausbreitungsmessungen bei 12 GHz zur Verfügung steht. Von der Sendeantenne des SIRIO werden zwei Strahlenkeulen erzeugt; die eine versorgt Europa und Nordafrika, die andere reicht, bei reduzierter Leistungsflußdichte, von Westeuropa bis zur Ostküste der USA und Kanadas.

Das SIRIO-Signal bei 11,6 GHz konnte am IRT mit dem in Azimut und Elevation voll drehbaren 2,4-m-Spiegel erstmals am 17. Oktober 1977 empfangen werden. Einige Tage später gelang es auch mit der kleineren, fest ausgerichteten Parabolantenne von 1,2 m Durchmesser die Signale des SIRIO zu empfangen. Mit dieser Antenne (**Bild 1**) wird seit Anfang November das Signal permanent registriert und statistisch ausgewertet. Dies geschieht z. Z. noch durch eine Serie von Häufigkeitszählern, die bei Überschreitung einer bestimmten Empfangsfeldstärke ansprechen. Eine Registrierung und Auswertung durch einen Mikroprozessor/Laborrechner ist in Vorbereitung.

Ende April dieses Jahres wird erneut ein OTS-Satellit gestartet werden. Auch mit seinem Signal will man am IRT Ausbreitungsmessungen durchführen. Dabei soll jedoch die drehbare Parabolantenne eingesetzt werden, die wahrscheinlich stündlich den Bewegungen des Satelliten nachgeführt werden wird. Dies ist sehr wichtig, da Aussagen über die tatsächliche Höhe der durch Regen oder Schneefall verursachten Signaldämpfungen beim Empfang des SIRIO insofern nicht gemacht werden können, als hierbei, selbst bei klarem Wetter, tägliche Signalschwankungen von bis zu  $\pm 1,5$  dB, bedingt durch die Bewegungen des Satelliten um seinen „Standort“, registriert werden, der sich die zusätzlichen Dämpfungen dann überlagern. Erst die Nachführung der Empfangsantenne, gesteuert durch Rechner, eliminiert weitgehend den Einfluß der Satellitenbewegung auf die Ausbreitungsmessungen. (Eine rein rechnerische Berücksichtigung der durch die Satellitenbewegungen hervorgerufenen Signalschwankungen ist nicht möglich, da ihr täglicher Verlauf relativ stark variiert und exakte Bahndaten zur Berechnung nicht zur Verfügung stehen.)

Erste Ergebnisse konnten bereits gewonnen werden. Der Satellitenempfang zeichnet sich durch sehr hohe Konstanz aus. Während im Beobachtungszeitraum (November 1977 bis Januar 1978) Signaleinbrüche durch



**Bild 1**  
Parabolantenne des Instituts für Rundfunktechnik mit einem Durchmesser von 1,2 m zum Empfang des italienischen Forschungssatelliten SIRIO

Die Aufnahme entstand am 4. 1. 1978 bei heftigem Schneetreiben. Der im Antennenspiegel angesammelte Schneebeleg dämpft das Signal um etwa 4 dB.

starken Regen nur bis etwa  $-3$  dB festgestellt werden konnten, führten Schnee- und Eisbelag auf der Antenne zu sehr hohen Dämpfungen bzw. in zwei Fällen sogar zur Unterbrechung der Verbindung. Dabei sind zwei unterschiedliche Effekte beobachtbar: Bei starkem Schneefall, wie er z. B. in München am 4. 1. 78 herrschte, setzt sich der Parabolspiegel voll Schnee, das Signal sinkt bis etwa 10 dB unter Sollwert. Interessant ist hierbei, daß sich in dem großen Antennenspiegel, der an diesem Tag nach Süden gerichtet war, kaum Schnee ansammelte. Bei einer Ausrichtung auf den OTS (Orbitposition 10° O) dürfte es also weniger Probleme durch Schneebeleg geben. Da spätere Fernsehsatelliten jedoch auf 19° W stehen werden, das ist von uns aus gesehen etwa im Südwesten, und Schnee und Regen bei uns meist von Westwinden getrieben werden, entspricht die SIRIO-Verbindung bezüglich Schneefall weit eher unseren späteren, vom Wettergeschehen her gesehen ungünstigeren Verhältnissen.

Kritischer noch als der Schneebeleg ist der zweite beobachtete Effekt, der durch die Bauform der Empfangsantenne bedingt ist. Bei dieser Antenne handelt es sich um einen Cassegrain-Typ, deren Subreflektor durch eine Kunststoffmanschette über dem Hohlleitererreger befestigt ist. Bei Regen oder Schneereggen und Temperaturen knapp unter dem Gefrierpunkt wächst um die Kunststoffmanschette ein Eis- und Schneepanzer, dessen Dämpfungseinfluß so groß werden kann ( $> 20$  dB), daß die Verbindung abreißt. In späteren Systemen sollten also – bei Verwendung dieses Antennentyps – Vorkehrungen getroffen werden, die diesen Effekt ausschließen (glattere Kunststoffe, Gebläse usw.).

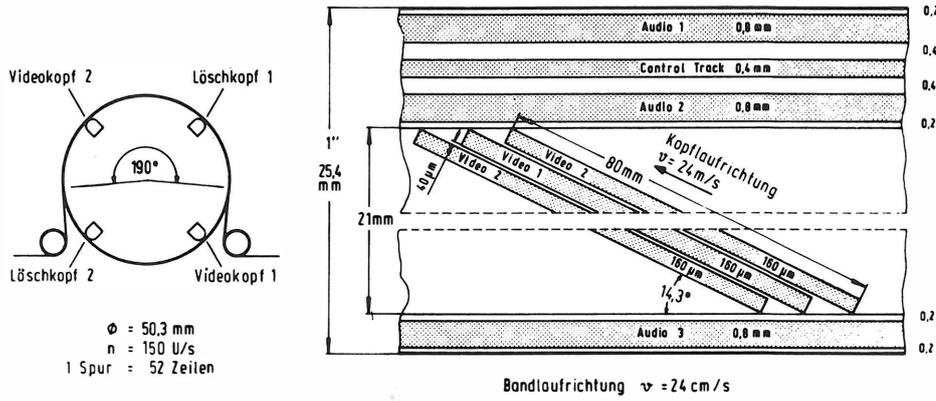
Christoph Dosch  
Institut für Rundfunktechnik

## BCN-FORMAT ALS STANDARD FÜR SEGMENTIERTE 1-ZOLL-SCHRÄGSPURAUFZEICHNUNGSGERÄTE VON SMPTE-ARBEITSGRUPPE VORGESCHLAGEN

In der letzten Ausgabe der RTM berichteten wir über Aktivitäten bei der SMPTE, die bei den Firmen Ampex und Sony entwickelten Formate für nichtsegmentierte 1-Zoll-Helical-Scan-MAZ-Anlagen zu einem einheitlichen Standard „C“ zusammenführen. Heute möchten wir unsere Leser auch über den Stand beim segmentierten 1-Zoll-Helical-Scan-System informieren, das als BCN-Format bekannt ist und im Jahr 1976 von der Technischen Kommission als zweiter Studiostandard für den Bereich ARD/ZDF beschlossen wurde. Die Spezifikationen für dieses Format wurden parallel zum Standard „C“, der vorläufig allerdings nur für die Norm 525 Zeilen/60 Hz NTSC ausgearbeitet wurde, vom zuständigen SMPTE-Komitee am 31. 8. 77 als sog. Standard „B“ ebenfalls verabschiedet.

und weiterhin beschlossen, das Format als DIN 45 483 zu veröffentlichen.

Tragbare und Studiobandmaschinen nach diesen Spezifikationen sind von mehreren Herstellern bereits weltweit erhältlich. Seit der Markteinführung vor zwei Jahren sind insgesamt 350 Anlagen mit diesem Standard in 33 Ländern in Betrieb gegangen, wo sie bei über 70 Fernsehanstalten und Produktionsgesellschaften zum Teil unter extremsten Umweltbedingungen von  $-10^{\circ}\text{C}$  bis  $+45^{\circ}\text{C}$  eingesetzt sind.



**Bild 1**  
Spurlagen

Eine Arbeitsgruppe des SMPTE-Komitees für Videoaufzeichnung und -wiedergabe hat im August 1977 die Spezifikationen für die segmentierte Schrägspuraufzeichnung erarbeitet und dabei die Basis-Systemparameter, Dimensionen und Lagen von Bild-, Ton- und Kontrollspuren, sowie die elektronischen Bild- und Tonparameter für das als 1-Zoll-Typ B-Helical-Scan-System bezeichnete Format festgelegt. Dieser Vorschlag wurde nach Zustimmung vom SMPTE-Komitee an den SMPTE-Normenausschuß weitergeleitet.

Grundlage für die Spezifikationen war das von Bosch-Fernseh entwickelte und eingeführte BCN-1-Zoll-Format, wobei diese Bezeichnung von der SMPTE in „Typ B“ geändert wurde, um eine Firmenterminologie zu vermeiden.

Parallel zu den Aktivitäten bei SMPTE wurde das BCN-Format von der Deutschen Elektrotechnischen Kommission (DKE) im DIN und VDE bei der IEC eingereicht

Neben den konventionellen Spulenmaschinen für stationären und tragbaren Betrieb wird für dieses System auch eine Kassettenversion angeboten, für die als weitere Entwicklung auch eine Multi-Kassetten-Anlage für automatisierten Studiobetrieb in Vorbereitung ist. Über Möglichkeiten der Standbild- und Zeitlupenwiedergabe wird in diesem Heft an anderer Stelle berichtet.

**Bild 1** zeigt die Spurlagen des 1-Zoll-Typ B-Formats, bei dem die 80 mm langen Videospuren jeweils 52 Fernsehzeilen aufzeichnen. Die Aufzeichnung schließt die gesamte Vertikal-Austastlücke ein, d. h. das Videosignal wird lückenlos aufgezeichnet.

Das Bild zeigt auch die Abmessungen des Kopfrads und die Anordnung der Köpfe. Drei gleichwertige Tonspuren ermöglichen die Aufzeichnung von Stereoton und zusätzlichem Timecode. Laufwerk und Scanner sind für Aufzeichnung und Wiedergabe aller Fernsehnormen einheitlich (625/50, 525/60, NTSC, PAL, PAL-M, SECAM).

Nach SMPTE- und Bosch-Fernseh-  
Presseveröffentlichungen

## BUCHBESPRECHUNGEN

**Angewandte Funktechnik, Bd. 1: Feste und bewegliche Funkdienste.** 2., erweiterte Auflage, Herausg.: Der Dienst der Deutschen Bundespost. 369 Seiten, zahlreiche Abbildungen und Beispiele, Format 21 cm x 15 cm, Plastikeinband, R. v. Decker's Verlag, G. Schenck, Hamburg 1975, Preis 81,40 DM, ISBN 3-7685-2975-4.

**Angewandte Funktechnik, Bd. 2: Rundfunkdienste, Ortungsfunkdienst, Amateurfunk, Funkmeßdienste, Planung von Funknetzen.** 2., erweiterte Auflage, Herausg.: Der Dienst der Deutschen Bundespost. 311 Seiten, zahlreiche Abbildungen und Beispiele, Format 21 cm x 15 cm, Plastikeinband, R. v. Decker's Verlag, G. Schenck, Hamburg 1977, Preis 66,- DM, ISBN 3-7685-3576-2.

Weitgehend unbekannt dürften bei den in der Funktechnik tätigen Fachleuten außerhalb des Bereiches der Deutschen Bundespost die Publikationen aus der Reihe „Der Dienst bei der Deutschen Bundespost, Postleitfaden, Leitfaden für die berufliche Bildung“ sein. Diese Reihe enthält einen Band 6 „Fernmeldetechnik“. In Fortsetzung dieser Hierarchie gliedert sich Teil 7 in Teilband 6/7-I „Grundlagen der Funktechnik“ und Teilband 6/7-II „Angewandte Funktechnik“. Von dem Teil „Angewandte Funktechnik“ erschienen in der letzten Zeit in zweiter und überarbeiteter Auflage zwei weitere Teilbände. Ein solches Ordnungsprinzip mag auf den ersten Blick mehr Verwirrung stiften als Klarheit schaffen. Es gliedert sich aber dennoch nach einer aus dem Thema sich zwangsläufig ergebenden Reihenfolge. Das ist umso eher verständlich, als es sich hier um eine Lehrbuchreihe handelt, die primär der fachspezifischen Aus- und Fortbildung von Ingenieuren der Deutschen Bundespost dient. Da sich in der Praxis viele Arbeitsgebiete bei Post und Rundfunk überschneiden, dürfte dieser „Postleitfaden“ aber auch für den Ingenieur bei den Rundfunkanstalten von großem Interesse sein.

**Teilband 1: „Feste und bewegliche Funkdienste“.** Dieser Teilband behandelt die wesentlichen Probleme, die sich bei Verwendung von Funksystemen der festen und beweglichen Funkdienste ergeben. Im einzelnen werden die folgenden Kapitel behandelt: Der Europa- und Überseefunk, der Richtfunk über mittlere Entfernung (terrestrische Relaisstellen), der Richtfunk über große Entfernungen (Satelliten als Relaisstellen), Funknachrichten an einen oder mehrere Empfänger, der bewegliche Landfunkdienst, der bewegliche Seefunkdienst, der Flugfunkdienst und der Europäische Funkrufdienst. Der Text gibt eine zusammenfassende Darstellung über die heutigen Funksysteme in den genannten Dienstzweigen. Den Ingenieur und Planer bei den Rundfunkanstalten dürfte dabei in Anbetracht der weltweiten Satellitenkonferenz Anfang des Jahres 1977 das Kapitel über den Richtfunk zur Überbrückung großer Entfernungen mit Hilfe von Satelliten interessieren. Hier wird ein sehr guter Überblick über die anstehenden Probleme gegeben, angefangen bei der internationalen Zusammenarbeit und den grundlegenden Naturgesetzen über die technischen Parameter der Satelliten selbst bis zu den notwendigen Systemfragen, die für den Rundfunk besonders wichtig sind. Es werden u. a. das Übertragungsvorhaben mittels Frequenz- und Zeitmultiplex, die atmosphärische Dämpfung bei Frequenzen über 10 GHz und die Frage nach der erforderlichen Leistungsflußdichte bei Fernsehübertragung behandelt.

**Teilband 2: „Rundfunkdienste, Ortungsfunkdienst, Amateurfunk, Funkmeßdienste, Planung von Funknetzen“.** Dieser Teilband liefert eine zusammenfassende Übersicht über Funksysteme, die im Teilband 1 nicht be-

handelt sind. Wie der Titel schon anzeigt, liegt hier bei dem Kapitel „Rundfunkdienste“ das Hauptaugenmerk des Rundfunkingenieurs. Das Kapitel beginnt mit dem Tonrundfunkdienst. Dabei werden Fragen der Sender- und Antennentechnik in den verschiedenen Frequenzbereichen ausführlich dargelegt. Darin eingeschlossen sind Systemfragen für die Übertragung bei Stereobetrieb. Es schließt sich ein Abschnitt über den Fernsehrundfunkdienst an. Hier werden die Systemfragen (Fernsehnorm), die Senderkonzepte einschließlich Füllsender und Umsetzer und die benötigten Antennenanlagen aufgezeigt. Eine Beschreibung der Betriebsbedingungen ergänzt diesen Abschnitt.

Für den Rundfunk von sehr großer Bedeutung ist das Thema des Kapitels „Einführung in die Planung von Funknetzen“. Hier wird aus Gründen der Umfangsbegrenzung in gedrängter Form auf die Problematik der Frequenzknappheit und die optimale Nutzung des zur Verfügung stehenden Frequenzspektrums eingegangen. Anschließend werden die Optimierungsmethoden beschrieben, wie sie Grundlage und Voraussetzung für den erfolgreichen Abschluß einer jeden Funkverwaltungskonferenz sein sollten.

Martin Dahme

**Elektromagnetische Wellen.** Ausbreitung und Abstrahlung. Von Ferdinand Nibler. 158 Seiten, 62 Bilder, Format 20,5 cm x 13,5 cm, gebunden, R. Oldenbourg Verlag, München-Wien 1975, Preis 28,- DM, ISBN 3-486-39771-0.

Grundlage dieses Buches bilden Vorlesungen, die der Autor als Dozent an einer Fachhochschule der Bundeswehr hält. Angesprochen werden daher hauptsächlich Studenten der mittleren und höheren Semester entsprechender Fachrichtung. Zum Themenbereich der elektromagnetischen Wellen, ihrer Abstrahlung, Ausbreitung und ihres Empfanges, wird die Verbindung zwischen physikalischen Grundlagen und technischer Anwendung dargestellt.

In dieser Weise sind auch die einzelnen Kapitel aufgebaut. Sie enthalten die Maxwell'schen Gleichungen des elektromagnetischen Feldes, die Erklärung der Energiestromdichte und eine systematische Einteilung der Elektrizitätslehre. Das Hauptkapitel bezieht sich auf die elektromagnetischen Wellen unter grundlegendem Einbezug des Elementarstrahlers mit Hilfe der Vektoranalysis. Der Anhang des Buches bietet einen Abriß der Vektorrechnung und Analysis, womit ein besseres Verständnis der im Hauptteil des Buches entwickelten Gedankengänge erreicht werden soll.

Günther Potschkat

**Physik.** 13., neubearb. und erw. Auflage. Von H. Vogel. Herausg. Gerthsen/Kneser/Vogel. XXVI, 768 Seiten, 885 Bilder, über 900 Aufgaben, Format 25 cm x 17 cm, gebunden, Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg-New York 1977, Preis 56,- DM bzw. 24.70 US\$, ISBN 3-540-07876-2.

Deutsche Hochschulbücher über Experimentalphysik galten in den vergangenen Jahren zumeist als veraltet in der Art der Auswahl und Darstellung des Stoffes. Neueres Wissen über die Struktur der Materie, sei es bei den Elementarteilchen oder den Festkörpern, war zu wenig oder überhaupt nicht berücksichtigt. Die Studenten griffen zu Büchern aus dem angelsächsischen Sprachraum, etwa den berühmten „Feynman Lectures“ oder dem Berkeley Physik Kurs. Hier scheint sich jetzt all-

mählich eine Wende abzuzeichnen. Kürzlich erschien die 13., von H. Vogel neubearbeitete und erweiterte Auflage des altbekannten Lehrbuches „Physik“ von Chr. Gerthsen. Die Grundstruktur dieses Buches stammt aus dem Jahr 1948 aus Vorlesungen an der Universität Berlin.

Die dreizehnte Auflage ist handlicher geworden als die zwölfte, trotz erheblicher Neufassungen und Erweiterungen. Diese betreffen vor allem die Elementarteilchen, den Festkörper und die Kosmologie. Vogel beabsichtigt damit, eine Einführung in moderne physikalische Gedankengänge zu bringen. Das ursprüngliche Ziel von Gerthsen bleibt dabei erhalten, unter Vermeidung von zu aufwendiger Mathematik mit der Darstellung zugleich eine Vorbereitung für die theoretische Physik zu geben. So sind in den Text jetzt auch Aufgaben eingefügt, die die relativistische Elektrodynamik, einige grundlegende Techniken der Quantenmechanik und die statistische Physik berühren. Fast alle „klassischen“ Kapitel wurden ebenfalls überarbeitet und erweitert. Strömungslehre und Elektrostatik erscheinen in ganz neuer Form. Systematischer Einsatz der Vektoranalysis gestaltet den Text übersichtlicher und vermeidet Wiederholungen. Zusätze erfuhren die Abschnitte über: Energiekrise, Gasdynamik, Amplituden- und Phasenmodulation, Ultra- und Hyperschall, Tieftemperaturphysik, Phasenkontrast- und Rasterelektronenmikroskopie, spektrales Auflösungsvermögen, Auge und Farbe, Virialsatz, Wellenteilchen-Dualismus, Kernfusion, absolute Reaktionsraten und extreme Zustände der Materie. Als Maßeinheiten sind die zur Zeit üblichen benutzt worden, wie sie dem internationalen System (SI) entsprechen. Über 200 neue Abbildungen erleichtern dem Leser das Lernen.

Dieses Lehrbuch kann in seiner neuen Form dem angehenden sowie dem bereits in der beruflichen Praxis stehenden Naturwissenschaftler und Ingenieur zur Benutzung empfohlen werden.

Martin Dahme

**Probleme aus der Physik.** Aufgaben mit Lösungen aus Gerthsen/Kneser/Vogel, Physik, 13. Auflage. Von H. Vogel. XII, 328 Seiten, 123 Abbildungen, über 900 Aufgaben, Format 24 cm x 16,5 cm, geheftet, Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg-New York 1977, Preis 24,80 DM bzw. 11,00 US\$, ISBN 3-540-08129-1.

Beim Studium eines Lehrbuches hat der Leser vielfach den behandelten Stoff nur scheinbar verstanden, ohne sich darüber im klaren zu sein. Das liegt an der Methode, rezeptiv zu lernen. Häufig stellt der gleiche Leser später entweder beim Versuch, eine konkrete Aufgabe zu lösen, oder in der Diskussion mit Fachkollegen fest, daß er den Stoff noch keineswegs richtig bzw. vollständig verstanden hat.

Aus der Erkenntnis dieser Situation schrieb H. Vogel zu der von ihm neu verfaßten 13. Auflage des Lehrbuches „Physik“ von Gerthsen/Kneser/Vogel eine Aufgabensammlung von über 900 Aufgaben aus Problemen der Physik. Probleme von unterschiedlichem Schwierigkeitsgrad aus allen Anwendungsbereichen der Physik werden zusammen mit ausgearbeiteten Lösungsvorschlägen in der vorliegenden separaten Aufgabensammlung angeboten. Die Aufgaben selbst sind identisch mit den bereits im Lehrbuch angegebenen, jeweils geordnet nach den entsprechenden Kapiteln des Lehrbuches. Der fleißige Leser sollte nach erfolgreicher Bearbeitung der Aufgaben in der Lage sein, viele Probleme aus der Physik und ihrer technischen Anwendungen selbständig lösen zu können. Man findet hier Aufgaben, die für den Physikunterricht wie auch die berufliche Praxis Anregung und Leitlinie sein können.

Martin Dahme

**Theoretische Elektrotechnik.** 6., überarbeitete Auflage. Herausg.: Robert Rompe und Ernst Schmutzer, Verfasser: K. Simonyi. 973 Seiten, zahlreiche Abbildungen und Beispiele, Format 23,5 cm x 17 cm, Plastikeinband, VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften, Berlin 1977, Preis 65,- M (DDR), Bestell-Nr. 570 450 3.

Die „Theoretische Elektrotechnik“ von Prof. K. Simonyi wurde jetzt in 6. Auflage herausgebracht, ein seit Jahren bei Studenten der Elektrotechnik und Physik an Hochschulen beliebtes Lehr- und Fachbuch. Die vorliegende Auflage der deutschen Übersetzung wurde vom Autor – Professor an der Technischen Universität Budapest – weitgehend überarbeitet und ergänzt. Um den Umfang des Buches nicht zu sprengen, denn die 5. Auflage erreichte bereits eine „kritische“ Dicke von knapp 1000 Seiten, entschloß sich der Verfasser zu zahlreichen Kürzungen, um bei etwa gleichem Umfang auch viele Neuerungen hinzufügen zu können. So wurden insgesamt etwa 100 Seiten ausgetauscht, d. h. völlig neu geschrieben.

Einführend werden die grundlegenden physikalischen Gesetze der Elektrotechnik in aller Kürze zusammengefaßt und dem Leser ins Gedächtnis zurückgerufen. Daran anschließend behandelt Simonyi die theoretischen Probleme der Elektrotechnik auf einem Stand, wie es auch in der Elektrodynamik im Rahmen der theoretischen Physik üblich ist. Dabei werden die besonderen mathematischen Methoden der Elektrostatik, der Behandlung stationärer und quasistationärer Vorgänge sowie der elektromagnetischen Wellen ausführlich dargestellt. Man spürt das didaktische Geschick des Autors, wobei er die elektrotechnische Praxis angemessen berücksichtigt.

Die stoffliche Erweiterung der vorliegenden Auflage berücksichtigt vor allem die Randwertprobleme, deren Lösung auf Zylinderflächen, die Streuprobleme, die Theorie der inhomogenen Hohlleiter und die allgemeine Theorie der Hohlraumresonatoren. Dafür finden Kürzungen in der Netzwerktheorie, in der Beschränkung auf die wichtigsten Spezialfälle der Hohlleiter und im Kapitel „Allgemeine Strahlungsprobleme“ statt. So entfällt jetzt z. B. die Behandlung des Babinetschen Prinzips und der Theorie der Wellenausbreitung über endlich leitendem Boden nach van der Pol und Bremmer. Dies kann man im Hinblick auf die Gebiete Antennen und Wellenausbreitung zwar bedauern, aber über eine geeignete Auswahl der Streichungen dürfte man je nach den speziellen Interessen des Lesers wohl meist verschiedener Meinung sein.

Dieses bewährte Lehr- und Nachschlagewerk kann Studenten und Ingenieuren aller Zweige der Elektrotechnik sowie Physikern empfohlen werden, denen die Grundbegriffe und -gesetze der Elektrodynamik bekannt sind und die ihr theoretisches Wissen vertiefen wollen.

Martin Dahme

**Simulation mit analogen Rechenschaltungen.** Von Wilhelm P. Schneider und Reinhold Roggan. 130 Seiten, 65 Bilder, zahlreiche Beispiele, Format DIN A 5, kartoniert, Dr. Alfred Hüthig Verlag, Heidelberg 1977, Preis 24,80 DM, ISBN 3-7785-0435-5.

Die Verfasser kommen aus der Luft- und Raumfahrtforschung – einem Gebiet, auf dem die Simulation technisch-physikalischer Vorgänge eine sehr große Rolle spielt. Sie geben in vorliegendem Büchlein eine leicht verständliche Einführung in die Methoden, zu einem physikalischen Originalsystem ein physikalisches Ersatzsystem zu schaffen, das bei geringem Aufwand eine ausführliche Untersuchung der Eigenschaften des Originalsystems gestattet. Dabei wird als „System“ eine Anordnung definiert, bei der „auf eine Anregung eine Antwort erfolgt“, und gezeigt, daß lediglich die mathematische Funktion zwischen Anregung (Eingang  $\hat{=}$  Ursache)

und Antwort (Ausgang  $\cong$  Wirkung) für beide Systeme die gleiche sein muß. Die Simulation besteht dann in der richtigen Zuordnung der physikalischen Größen nach Dimension, Variablen und Parametern (Entsprechungen).

Das Buch beschreibt nach allgemeinen Betrachtungen über „Systeme und Systemvergleich“ die verschiedenen linearen und nichtlinearen Rechenschaltungen. An Hand ausführlicher „einfacher“ Beispiele wird gezeigt, wie Rechenverstärker als Multiplizierer und Dividierer, Integrierer und Differenzierer betrieben werden. Besonders lehrreich sind die Abschnitte über „Programmieren“ = Aufstellung der Rechenschaltung an Hand der Systemfunktion (meist Differentialgleichung) des Originalsystems und „Skalieren“ = Anpassung der Maßstäbe für die Abszissen-(Zeit-)achse und die Ordinaten-(Amplituden-)achse.

Die Rechenverstärker werden hier als „System“ (s. o.) behandelt, ohne auf ihre innere Schaltung einzugehen. Genauigkeitsbetrachtungen führen zu der Feststellung: Verzicht auf hohe Genauigkeit läßt die Verwendung billiger integrierter Operationsverstärker zu; ihnen ist ein besonderer Abschnitt gewidmet. Dagegen bedeutet die Forderung nach höchster Genauigkeit den Übergang von der analogen zur digitalen Arbeitsweise unter Verzicht auf die „schnelle“ Rechnung und die sofortige übersichtliche Darstellung des Ergebnisses, insbesondere bei Änderung der Parameter für dynamische Prozesse.

Beachtlich sind die anschauliche Darstellungsweise und der didaktisch geschickte Aufbau des Buches. Es spricht alle Ingenieure und Physiker – ob Student oder Dozent, Theoretiker oder Praktiker – an, sofern sie mit den Grundlagen der Wechselstromlehre und der Infinitesimalrechnung vertraut sind (es fällt auf, daß die komplexe Rechnung vermieden ist). Wer sich mit Informatik, Kybernetik und Regelungstechnik beschäftigt, der findet in dem vorliegenden Buch einen guten Leitfaden nicht nur zu dem speziellen Thema „Simulation“, sondern auch zu den allgemeinen Grundlagen der analogen Rechen-technik.

Ferdinand Müller

**Elektronische Analog-Digital-Umsetzer.** Von Dieter Seitzer. VII, 143 Seiten, 103 Bilder, Format 24 cm  $\times$  16,5 cm, geheftet, Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg-New York 1977, Preis 39,- DM bzw. 17.20 US \$, ISBN 3-540-07954-8.

Die meisten in der Physik und in der Technik ablaufenden Prozesse sind kontinuierlicher, also analoger Natur. Ihre experimentelle Auswertung und ihre Steuerung bzw. Regelung geschieht wegen der damit verbundenen Vorteile überwiegend digital. In dem Maße, in dem der Einsatz digitaler Systeme gestiegen ist, hat sich auch der Bedarf an Analog-Digital- und Digital-Analog-Umsetzern (ADU bzw. DAU) als Bindeglieder zwischen den analogen Sensoren und den Digitalgeräten einerseits bzw. den Digitalgeräten und den Aktoren andererseits erhöht.

Das vorliegende Buch enthält den Stoff einer einsemestrigen Vorlesung für Studenten der höheren Semester. Zwei wesentliche Aufgaben stellt der Autor für sein Werk heraus: Zum einen am Beispiel des gegebenen Themas in die Denkweise des Entwurfs elektronischer Geräte und Systeme einzuführen, und zum anderen einen Überblick über den aktuellen Stand dieser speziellen Technik zu geben. In zwei einführenden Kapiteln findet man die Begriffsdefinitionen, Kenngrößen und theoretischen Grundlagen in knapper Form zusammengestellt. Wegen der Fülle unterschiedlicher Wandlungsverfahren ist eine geschlossene Synthese oder Analyse nicht möglich. Deshalb werden zunächst die wichtigsten Verfahren zur Analog-Digital-Umsetzung (Parallel-Verfahren, Kaskadenverfahren, zyklische und indirekte Umsetzer sowie

Wägeverfahren und andere) vorgestellt. Hierauf liegt das Schwergewicht.

Es folgt die Behandlung der verschiedenen Verfahren mit DAU (Verfahren mit gewichteten Strömen, Kettenleitern und Kondensatorumladungen). Entsprechend der relativen Einfachheit der DAU und dem Gewicht, das der Autor dem ADU im Vergleich dazu beimißt, ist dieses Kapitel knapp bemessen. Da einige ADU-Verfahren mit DAU in der Rückführung arbeiten, empfiehlt es sich für manchen Leser, das Kapitel über DAU vorzuziehen.

In einem weiteren Themenkreis werden Bauelemente und Grundschaltungen für ADU behandelt. Hier sind als Stichworte zu nennen: Schalter, Abtasthalteglieder (sample and hold), Komparatoren, Sägezahngeneratoren und Zähler. Der Umfang des Buches bedingt die Beschränkung auf die wichtigsten Fakten zu den Einzelthemen. Entsprechende Vorkenntnisse über die Schaltungstechnik einfacher digitaler und analoger Schaltungen sind Voraussetzung.

Das letzte Kapitel befaßt sich mit Messungen an Umsetzern. Hier werden Verfahren zur Ermittlung der statischen und dynamischen Kennwerte von DAU und ADU skizziert.

Das Buch gibt eine sehr gute Einführung in die Verfahren der ADU und DAU sowie einen Überblick über den derzeitigen Stand der Technik. Es ist daher dem Studierenden sehr zu empfehlen. Darüber hinaus ist es wegen der zahlreichen Quellenangaben, insbesondere über den ADU, auch für den in der Praxis tätigen Ingenieur eine wertvolle Hilfe.

Bodo Morgenstern

**Automaten.** Theorie und Anwendung in der digitalen Schaltungstechnik. 2., bearbeitete Auflage. Von Heinz Stürz und Walter Cimander. 200 Seiten, 160 Tafeln, Format 21,5 cm  $\times$  14,5 cm, Broschur, VEB Verlag Technik, Berlin 1975, Preis 15,- M (DDR), Bestell-Nr. 551 945 5.

Das vorliegende Buch befaßt sich mit der technischen Interpretation der Automatentheorie und deren Anwendung bei der Realisierung digitaler Automaten. Es wendet sich deshalb an Ingenieure und Informatiker, die auf dem Gebiet des systematischen Entwurfs digitaler Schaltungen tätig sind. Da das Werk aus Vorlesungen heraus entstanden ist, eignet es sich auch besonders für Studierende dieser Fachrichtungen.

Es werden drei Themenkreise behandelt. Die beiden ersten (automatentheoretische Grundlagen und Verfahren der Automatenanalyse) dienen der Einführung, wobei die Grundkenntnisse der Schaltalgebra vorausgesetzt werden. Das Hauptgewicht liegt auf dem dritten Abschnitt. Er befaßt sich mit den Verfahren zur praktischen Berechnung digitaler Automaten.

Eine Reihe von Aufgaben mit Lösungen geben dem Leser die Möglichkeit, die erworbenen Kenntnisse zu überprüfen und zu festigen.

Die Darstellung des Stoffes dürfte besonders den Ingenieur ansprechen. Als besonderer Vorzug ist der sehr günstige Preis zu nennen, für den dem Leser viel Information geboten wird.

Bodo Morgenstern

**Großgemeinschafts-Antennenanlagen.** Von A. Fiebranz. 86 Seiten, 29 Bilder, Format 21 cm  $\times$  14,5 cm, broschiert, Dr. Alfred Hüthig Verlag, Heidelberg 1977, Preis 12,80 DM, ISBN 3-7785-0440-1.

Die Errichtung von Großgemeinschafts-Antennenanlagen (GGA) bedarf einer sorgfältigen Planung. Hierbei gilt als oberster Grundsatz, dem Teilnehmer des Hörs- und Fernsehfunks seine Programme ohne Einbuße an Empfangsgüte über ausgedehnte Kabelnetze zu übermitteln.

Theorie und Praxis dieses Buchinhalts hat der Autor in eigener Berufstätigkeit an derartigen Projekten angewendet. Er erläutert die Grundlagen zur Berechnung und für den Entwurf von Großgemeinschafts-Antennenanlagen. Die praktische Aufgabenstellung wird an einigen Beispielen gezeigt und der Weg zur besten Lösung gewiesen. Darunter befindet sich die Anlage einer typischen Empfangsstelle für Großgemeinschafts-Anlagen bestehend aus Antennen, Verstärkern und Frequenzumsetzern. In weiteren Kapiteln wird u. a. auf die wichtigen Themen der Anpassung und Pegelung eingegangen, von deren richtiger Berechnung und Durchführung das einwandfreie Funktionieren einer GGA abhängig ist.

Der Anhang des Buches enthält eine Anleitung zur Berechnung von Oberschwingungen und Kombinationsfrequenzen, eine Tabelle zur Umrechnung von Leistungsfaktoren und die Literaturangaben über Vorschriften für den Antennenbau.

Günther Potschkat

**Das Arbeiten mit Elektronenstrahl-Oszilloskopen.** Bd. 2: Bedienung – Messen – Auswerten – Meßbeispiele – Meßschaltungen. Von Hans Werner Fricke. 304 Seiten, 292 Bilder, Format 21,5 cm x 15 cm, Kunststoffeinband, Dr. Alfred Hüthig Verlag, Heidelberg 1977, Preis 44,80 DM, ISBN 3-7785-0429-0.

Während der Leser des 1. Bandes mit den Eigenschaften und dem inneren Aufbau der Elektronenstrahl-Oszilloskope bekanntgemacht wird, gibt der vorliegende 2. Band eine umfassende Anleitung zur vielseitigen praktischen Anwendung dieses modernen Meßinstrumentes.

Bei den Einstellungen und Messungen wird durchweg von einem Zweistrahl-Oszilloskop ausgegangen. Der Aufbau des Buches legt es nahe, es nicht nur rein theoretisch durchzuarbeiten, sondern möglichst Schritt für Schritt im Labor oder in der Werkstatt die aufeinander aufbauenden Messungen mit den verfügbaren Geräten nachzuvollziehen. In dieser Möglichkeit liegt die Stärke dieses nützlichen Lehrbuches. Stellen sich bei solchen praktischen Übungen oder angewandten Meßaufgaben Schwierigkeiten und Fragen ein, so findet der Benutzer dieses Buches hier die benötigte Hilfestellung und Möglichkeiten zur Umgehung der Komplikationen oder zur Erhöhung der Meßgenauigkeit bis hin zur Ausschaltung von Störspannungen. Ausführlich wird auf solche Messungen eingegangen, für die das Oszilloskop unersetzlich ist wie z. B. nicht sinusförmige Signale und unter ihnen die verschiedenen Rechtecksignale.

Von besonderem Nutzen für den Lernenden sind die übersichtlichen formelmäßigen Zusammenhänge und die durchgerechneten Zahlenbeispiele. Im Gegensatz zu der guten verlegerischen Ausstattung des Buches steht die ungewöhnlich hohe Zahl nichtkorrigierter Rechen- und Satzfehler. Bei einer Neuauflage sollten diese Mängel unbedingt bereinigt werden. Dabei könnte die numerische Durchführung anstatt auf den Rechenstab auf den heute schon weit verbreiteten wissenschaftlichen Taschenrechner abgestimmt werden.

Günter Jürgensen

**Einführung in die elektronische Regelungstechnik.** 4., völlig überarbeitete und erweiterte Auflage. Von Friedrich Fröhr und Fritz Ortenburger. 342 Seiten, 260 Bilder, 12 Tabellen, Format DIN A 5, kartoniert. Herausgeber und Verlag: Siemens AG, Berlin-München 1976, Buchhandelspreis 78,- DM, ISBN 3-8009-1228-7.

Hinweis: Bei Siemens eingehende Zuschriften werden als Bestellung gewertet!

Von den 6 Kapiteln des Buches befaßt sich nur das vierte speziell mit „Elektronischen Reglern“, während die vorangehenden und folgenden Teile die allgemeine Re-

gelungstechnik behandeln. Die zahlreichen Anwendungsbeispiele beziehen sich fast ausschließlich auf die elektrische Antriebs- und Energietechnik; dabei werden grundsätzliche Betrachtungen vorwiegend anhand der „Gleichstrommaschine“ erläutert.

In dem einleitenden Kapitel „Grundbegriffe der Regelungstechnik“ findet man nach der Erläuterung der Begriffe Steuern und Regeln auch die Unterscheidung Analog – Digital; alle weiteren Ausführungen bedienen sich der analogen Betrachtungsweise. Bereits in den ersten Abschnitten „Einschwingvorgänge der Regelgröße“ und „Sprungantwort und Frequenzgang“ wird die außerordentlich einprägsame Gestaltung der Abbildungen sichtbar – die sich über die folgenden 250 Bilder fortsetzt.

Das zweite Kapitel „Beschreibung des regeldynamischen Verhaltens von Übertragungsgliedern“ zeigt die mathematische Behandlung von Regelungsvorgängen und weist insbesondere auf die Vereinfachung der Berechnung hin, die sich durch den Übergang von der allgemeinen Zeitgleichung (Differentialgleichung) zur Frequenzgleichung (komplexe Schreibweise) ergibt. Frequenzgang, Ortskurve und Frequenzkennlinien werden erläutert und für Verzögerungsglieder 1. und 2. Ordnung dargestellt. Im 3. Kapitel wird das „Verhalten von Übertragungsgliedern in der Regelstrecke“ beschrieben. Kapitel 5 befaßt sich mit „Verknüpfungen von Übertragungsgliedern“ und 6 mit der „Optimalen Einstellung von Regelkreisen“. Hierin werden die Begriffe und Verfahren der Kompensation und der Optimierung nach Betrags- und Symmetrischem Optimum ausführlich erörtert.

Im 4. Kapitel „Elektronische Regler“ – es umfaßt ein knappes Drittel des Buches – werden die Eigenschaften der Operationsverstärker und ihre verschiedenen Beschaltungsmöglichkeiten aufgezeigt, sowie das Übertragungsverhalten aus solchen aufgebauter Regler ausführlich diskutiert. Ein Dimensionierungsbeispiel für einen Ankerstromregler findet sich am Schluß des 6. Kapitels.

Ein ausführliches Stichwortverzeichnis erleichtert das Nachschlagen. Als besonders wertvoll erweist sich der Anhang mit einer sehr ins einzelne gehenden Zusammenstellung der Bezeichnungen (Formelzeichen), Begriffe und Kennzeichen (wie P, I, D usw.). Hervorzuheben ist ferner die ausgezeichnete typographische Gestaltung sowohl des Textes (einschl. Formelsatz) als auch der vielen sehr instruktiven Bilder. Durch die weitgehende Verwendung der Übertragungsfunktionen wird das Verstehen auch komplizierterer Zusammenhänge auch für denjenigen Benutzer stark erleichtert, der im Umgang mit der differentiellen Zeitdarstellung weniger geübt ist. Eine kleine Tabelle im Anhang bringt dazu noch eine Gegenüberstellung Übertragungsfunktion  $F(s)$  – Übergangsfunktion  $f(t)$ .

Ferdinand Müller

**Informationsübertragung, Wissensspeicher.** Von Gottfried Fritzsche. 396 Seiten, 656 Bilder, 50 Tafeln, Format 24,5 cm x 17,5 cm, Kunststoffeinband, Dr. Alfred Hüthig Verlag GmbH, Heidelberg 1977 (Lizenzausgabe des VEB Verlag Technik, Berlin), Preis 46,- DM, ISBN 3-7785-0397-9.

Kürzlich erschien im Hüthig Verlag (Heidelberg) eine Lizenzausgabe des Buches „Informationsübertragung, Wissensspeicher“ von Prof. G. Fritzsche. Die Originalausgabe erschien nur wenig zuvor in der DDR im VEB Verlag Technik. Fritzsche trat bereits durch seine Bücher „Theoretische Grundlage der Nachrichtentechnik“ und „Systeme, Felder, Wellen“ in den letzten Jahren als Autor an die Öffentlichkeit. Das vorliegende Buch ist aus Erfahrungen entstanden, die bei Vorlesungen und Übun-

gen im Lehrgebiet „Theorie der Nachrichtentechnik“ gesammelt wurden. Er richtet sich daher auch vorwiegend an Studenten der Nachrichtentechnik sowie die auf diesem Gebiet in der Praxis tätigen Hochschulingenieure. Dabei entspricht dem Untertitel „Wissensspeicher“ die Absicht, bestimmte wesentliche Erkenntnisse des Fachgebietes im Interesse der Forschung sowie der Aus- und Weiterbildung komprimiert und systematisch geordnet darzustellen. Damit sollen die spezifischen Grundlagen der Übertragungstheorie und -technik bereitgestellt werden.

Der Autor verwendet dazu eine klare und systematische Gliederung des Stoffes. Der einleitende Abschnitt stellt Begriffe und Prinzipien dar. Es folgt der Abschnitt „Grundlagen und Lösungswege im Überblick“, wo einige mathematische und elektrotechnische Grundlagen zusammengestellt und ein Überblick über die Themen der folgenden Abschnitte gegeben wird. Im Hauptabschnitt „Systemanalyse“ wird die klassische Mehrpoltheorie beschrieben, insbesondere die Bestimmung praktisch anwendbarer Kennfunktionen. Ausführungen über Empfindlichkeitsanalyse, die Analyse diskreter Systeme, die Rauschanalyse und die Analyse nichtlinearer Schaltungen ergänzen die Mehrpoltheorie. Im Hauptabschnitt „Systemsynthese“ folgen Entwurfsmethoden im Zeit- oder Frequenzbereich, insbesondere der Entwurf von aktiven RC-Schaltungen. Daran schließen sich die rechnergestützte interaktive Schaltungssynthese und einige Grundfragen der Synthese diskreter Systeme an. Der Hauptabschnitt „Systemtheorie“ beschreibt als zentrales Problem das Zusammenspiel Signal-System-Signal. Hier steht der Prozeß der Signalwandlung bei der Übertragung in Form von Schalt-, Abtast- und Rauschvorgängen im Vordergrund mit Ergänzungen, die die Probleme der Störbeseitigung, der Modulation und Codierung betreffen. Abschließend wird im Hauptabschnitt „Informationstheorie“ das übergeordnete Zusammenwirken Information-System-Information mit einer Darstellung der wichtigsten Begriffe und Kenngrößen der Informationstheorie beschrieben.

Mit dem vorliegenden Buch ist es dem Autor gelungen, im Hinblick auf die Erwerbung neuer oder die Vertiefung bereits erlernter Kenntnisse den gegenwärtigen Stand der Informationsübertragung in Form von Diagrammen, Übersichten, Zeichnungen und Tabellen anschaulich darzustellen. Dazu sind die umfangreichen Literatur- und Sachverzeichnisse besonders hilfreich.

Martin Dahme

**Zur Jahreswende 1977/78 hat die Redaktion eine Anzahl von Taschen- und Jahrbüchern erhalten, auf die an dieser Stelle hingewiesen werden soll:**

**Fachvorträge vorbereiten und durchführen.** Von Andreas Alteneder. 2. Auflage, 100 Seiten, viele Bilder, Taschenbuchformat, kartoniert, Siemens AG, Berlin und München 1977, Preis 18,- DM, durch jede Buchhandlung zu beziehen, ISBN 3-8009-1238-4.

Dieses kleine Buch will all denen helfen, die manchmal oder auch oft aus beruflichen Gründen Vorträge halten müssen. Der Verfasser hat bei seiner langjährigen Tätigkeit an der Siemens-Schule für Datenverarbeitung in München eine Menge Erfahrungen gesammelt, die er ganz praxisbezogen auf 100 Seiten mit vielen erläuternden Bildern knapp zusammengefaßt hat. Selbst der geübte Redner wird dem Büchlein manche Anregung entnehmen können, wie ein Vortrag noch klarer aufgebaut und noch flüssiger dargeboten werden kann. Dem Anfänger wird es behilflich sein, die Fehler zu vermeiden, die so oft einen Vortrag sterbenslangweilig oder unzumutbar überladen ausfallen lassen.

### **Jahrbuch für Elektromaschinenbau + Elektronik 1978.**

400 Seiten, zahlreiche Bilder, Tabellen und Diagramme, Taschenbuchformat, flexibler Kunststoffeinfband, Hüthig und Pflaum Verlag, München/Heidelberg, Preis 8,80 DM. Zu beziehen über: Wilckensstraße 3-5, 6900 Heidelberg 1.

Die Ausgabe 1978 – zum erstenmal unter neuem Namen – ist wieder ein aktuelles Nachschlagewerk für die Praxis. Im Abschnitt Grundlagen wird ausführlich auf das Internationale Einheitssystem (SI) eingegangen, da 1977 auch die letzte Übergangsfrist abgelaufen ist. Das Kapitel Elektronik wurde selbstverständlich auch wieder dem neuesten Stand der Technik angepaßt.

**Jahrbuch für das Elektrohandwerk 1978.** 474 Seiten, viele Bilder, Schaltzeichen, Diagramme und Schaltungsbeispiele, Taschenbuchformat, flexibler Kunststoffeinfband, Hüthig und Pflaum Verlag, München/Heidelberg, Preis 8,80 DM. Zu beziehen über: Wilckensstraße 3-5, 6900 Heidelberg 1.

Das Taschenbuch ist schon seit Jahren ein treuer Begleiter für viele Fachleute. Die alljährliche Bearbeitung sorgt dafür, daß dem Benutzer ein Informationspaket nach dem aktuellsten Stand der Normung und der elektrotechnischen Bestimmungen an die Hand gegeben wird.

**Jahrbuch der Unterhaltungselektronik 1978.** Von Claus Reuber. 312 Seiten, zahlreiche Bilder und großer Tabelleil, Taschenbuchformat, Kunststoffeinfband, Hüthig und Pflaum Verlag, München/Heidelberg, Preis 8,80 DM, ISBN 3-8101-0038-2.

Das Jahrbuch ist ein aktuelles Hand- und Nachschlagebuch für alle, die in irgendeiner Weise mit der Unterhaltungselektronik zu tun haben. Es enthält sowohl Tabellen als auch Übersichtsberichte. „Mikroprozessor und Konsum-Elektronik – Technische Möglichkeiten für die Zukunft“ heißt der eine Bericht, der sich besonders damit befaßt, was Mikroprozessoren in der Fernstechnik zu leisten vermögen. Der andere Bericht „Moderne Kondensatoren, ihre Materialien und Eigenschaften“ gibt Auskunft darüber, was heute in der Elektronik und besonders in der Unterhaltungselektronik an Festkondensatoren verwendet wird, welchen Aufbau und welche Eigenschaften die einzelnen Ausführungsformen haben.

Die Tabellen wurden überwiegend aus zwei Gebieten gewählt. In der einen Gruppe findet der Leser wichtige Daten für Materialien der Elektronik, in der anderen eine Hilfe, um sich in der Vielfalt der Größen und Einheiten zurechtzufinden und vor allem, um von den bisher geltenden nationalen Einheiten in die ab 1978 verbindlichen SI-Einheiten umrechnen zu können.

Anzumerken ist noch die Zusammenstellung „Wo ist was genormt“ und schließlich als Anregung zu Kontakten die Liste „Who is Who in der Unterhaltungselektronik“, die zwar noch einige Lücken aufweist, von denen der Verfasser aber hofft, daß sie sich im nächsten Jahr schließen werden.

**Abkürzungen aus der Elektronik** – Abkürzungen (Kunstwörter) auf ihren Ursprung zurückgeführt und erklärt. Von Ulrich Freyer. 100 Seiten, Taschenbuchformat, kartoniert, Franzis-Verlag, München 1978, RPB electronic-taschenbuch Nr. 96, Preis 4,80 DM, ISBN 3-7723-0961-5.

Was heißt LSD? Das Buch gibt Auskunft: least significant digit. Deutsch: niedrigstwertige Ziffer. Dieses Beispiel charakterisiert das Bändchen, das allen, die in Theorie und Praxis mit der Elektronik zu tun haben, eine schnelle und große Hilfe im Dschungel der Abkürzungen sein möchte.

NACHRICHTEN

RUNDFUNKVERSORGUNG  
IN DER BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND  
UND BERLIN (WEST)

Mittelwellensender

Änderungen

Radio Bremen

RB hat am 3. Oktober 1977 seine Mittelwellensender Bremen und Bremerhaven auf die Frequenz 935 kHz umgestellt.

Der Sender Bremen strahlt mit einer Leistung von 100 kW und mit einer Leistungseinschränkung auf 14 kW in Richtung 80-130 Grad. Der Sender Bremerhaven strahlt mit einer Leistung von 5 kW. Beide Sender strahlen wie bisher das 1. Hörfunkprogramm der „Hansa Welle Bremen“ aus.

Fernsehsender

Inbetriebnahmen

Von den Rundfunkanstalten wurden für das I. Fernsehprogramm folgende Füllsender in Betrieb genommen:

Station	Kanal	Offset	Leistg. ERP W	Pol.	Azimut Grad	Tag der Inbetrieb- nahme
---------	-------	--------	---------------------	------	----------------	--------------------------------

Bayerischer Rundfunk

Weibersbrunn	44	6M	2	H	65	15. 11. 77
Weismain	43	8P	10	H	337; 155	20. 12. 77

Hessischer Rundfunk

Bensheim-Schönberg	12	2P	10	H	60; 280	22. 11. 77
Rassdorf	60	0	60	H	00; 87	20. 12. 77

Norddeutscher Rundfunk

Bad Lauterberg/Barbis	8	2P	1	H	45; 305	14. 12. 77
Bockenem/Bornum	9	2P	3	H	92	15. 12. 77

Saarländischer Rundfunk

Köllertal	8	0	10	V	105	19. 12. 77
-----------	---	---	----	---	-----	------------

Süddeutscher Rundfunk

Nattheim	12	0	2	V	100	22. 11. 77
Schwieberdingen	5	1P	2	V	80	23. 11. 77
Sinsheim	12	6P	10	V	70; 290; 355	23. 11. 77
Waldenbuch	6	2M	8	H/Z	80; 165; 280; 345	24. 11. 77

Station	Kanal	Offset	Leistg. ERP W	Pol.	Azimut Grad	Tag der Inbetrieb- nahme
---------	-------	--------	---------------------	------	----------------	--------------------------------

Südwestfunk

Biberach/Riss	12	6P	4	H	10	21. 11. 77
Burglahr	26	2P	16	H	55	23. 11. 77
Dietrichingen	46	6P	10	H	355	10. 11. 77
Friesenhagen	5	8P	0,3	H	235	5. 12. 77
Kiechlinsberg	10	2M	0,4	H	205	13. 12. 77
Lemberg	11	2M	1	H	357	21. 12. 77
Müden	5	8P	0,6	H	125	24. 11. 77
Mülheim-Kärlich	9	0	2	H	80	7. 12. 77
Rheinböllen	12	0	2	H	325	8. 12. 77
Schindhard	35	2P	5	H	25	20. 12. 77
Überlingen	29	2M	700	V	40	30. 11. 77
Valwig	12	8P	0,6	H	170	25. 11. 77

Westdeutscher Rundfunk

Oberschlehdorn	58	6P	47,5	H	154	18. 08. 77
----------------	----	----	------	---	-----	------------

Änderungen

Von den Rundfunkanstalten wurden an den Füllsendern für das I. Fernsehprogramm folgende Änderungen vorgenommen (die geänderten Werte sind **halbfett** gedruckt):

Station	Kanal	Offset	Leistg. ERP W	Pol.	Azimut Grad	Tag der Änderung
---------	-------	--------	---------------------	------	----------------	---------------------

Bayerischer Rundfunk

Füssen	11	<b>0</b>	<b>20</b>	H	<b>35; 290</b>	6. 07. 77
--------	----	----------	-----------	---	----------------	-----------

Süddeutscher Rundfunk

Königsbrunn	6	8P	<b>2</b>	<b>H</b>	<b>140; 215; 290</b>	2. 11. 77
-------------	---	----	----------	----------	----------------------	-----------

Südwestfunk

Büßlingen	<b>9</b>	<b>7P</b>	<b>4</b>	H	<b>85; 215</b>	1. 06. 77
-----------	----------	-----------	----------	---	----------------	-----------

Westdeutscher Rundfunk

Gummersbach	7	4M	<b>2</b>	H	ND	31. 08. 77
Niedersfeld	6	<b>6P</b>	3	H	340	12. 77
Plettenberg I	7	<b>10P</b>	<b>1,6</b>	<b>H/V</b>	<b>52; 170; 300</b>	20. 07. 77
Remblinghausen	5	8M	1	<b>H/V</b>	<b>125; 330</b>	12. 09. 77

### Der Fernsehturm des SDR in Stuttgart

In Heft 6/1977 berichteten wir über Fernmeldetürme in der Bundesrepublik Deutschland, die eine Höhe von 200 m übertreffen und für Rundfunk und Richtfunk errichtet wurden. Ergänzend zu diesem Bericht, dem eine Pressemitteilung der DBP zugrunde lag, legt der Süd-deutsche Rundfunk Wert auf die Feststellung, daß der Fernsehturm in Stuttgart in den Jahren 1954 bis 1956 vom SDR als erster Stahlbetonturm für Rundfunkzwecke errichtet wurde. Die Baukosten betragen damals 3,5 Mill. DM. Seit dieser Zeit strahlt der SDR das 1. Fernsehprogramm und seine UKW-Programme von diesem Turm ab.

### Neue Generation von Bildröhren für die Farbfernsehempfänger

Eine neue Generation von Farbbildröhren, die jetzt auch von AEG-Telefunken produziert wird, zeichnet sich durch eine wesentlich höhere Leuchtdichte als die bisherigen Typen aus. Sie liegt bei der neuen 26"-Farbbildröhre A 66-510 X bei gleichem Strahlstrom um mindestens 70 % höher als bei der Röhre A 66-500 X.

Diese Optimierung wurde durch die folgenden zwei Maßnahmen erreicht:

- Vergrößerung der Glastransmission für die Bildröhrenfrontschale von bisher 52 % auf 68 %.
- Entwicklung einer neuen Lochmaske mit höherer Durchlässigkeit für den Elektronenstrahl, ohne daß dadurch der Helligkeitsabfall zwischen Mitte und Rand größer wurde als bisher (ca. 25 %).

Die größere Leuchtdichte der neuen Bildröhre von  $170 \text{ Cd/m}^2$  ( $U_a = 25 \text{ kV}$ ,  $j_K = 0,4 \mu\text{A/cm}^2$ ) ermöglicht Farbfernsehen auch bei erhöhter Umgebungsbeleuchtung, z. B. bei Tageslicht. Wird bei normalen Betrachtungsbedingungen die volle Helligkeit nicht ausgenutzt, so erhöht sich die Bildschärfe, da bei gleicher Bildhelligkeit wie bei den bisherigen Röhren nur der halbe Strahlstrom fließt.

Nach einer AEG-Telefunken-Presseinformation

### 6. Jahrestagung der Fernseh- und Kinotechnischen Gesellschaft

Die 6. Jahrestagung der Fernseh- und Kinotechnischen Gesellschaft (FKTG) findet vom 9. bis 13. Oktober 1978 in Trier statt. Der in Heft 5/1977 dieser Zeitschrift angekündigte Termin wurde inzwischen auf dieses Datum geändert.

### Berichtigung

In Heft 6/1977 der RTM, Seite 277, ist der Redaktion ein Fehler unterlaufen. Wir bitten unsere Leser höflich darum, ihn zu berichtigen. In der Überschrift zu dem Bericht muß es heißen:

Die Zentralstelle **Elektrotechnik** e. V. beim VDE (ZDE). Sinngemäß ist sowohl in den Seitenüberschriften (Seite 277 und 278) als auch im äußeren und inneren Inhaltsverzeichnis das Wort Elektronik gegen Elektrotechnik auszuwechseln. Vielen Dank!

## PERSÖNLICHES

### Peter Bergmann neuer Geschäftsführer des ZVEI-Fachverbandes Unterhaltungselektronik

Dr. Peter Bergmann, 47, wurde mit Wirkung vom 1. Januar 1978 zum Geschäftsführer des Fachverbandes Unterhaltungselektronik im Zentralverband der Elektrotechnischen Industrie (ZVEI) berufen. Bergmann, der seit 1962 in der Geschäftsführung des damaligen Fachverbandes Rundfunk und Fernsehen tätig ist, wurde 1970 stellvertretender Geschäftsführer des ZVEI-Fachverbandes und tritt jetzt die Nachfolge des am Jahresende in den Ruhestand getretenen Dr. Günther Hücking an. Bergmann ist außerdem seit 1973 Geschäftsführer der Gesellschaft zur Förderung der Unterhaltungselektronik (GFU) mbH.

ZVEI-Presseinformation

### Professor Walter Bruch 70 Jahre

Walter Bruch wurde am 8. März 1908 in Neustadt an der Weinstraße geboren, absolvierte von 1927 bis 1930 die Ingenieurschule und studierte bis 1932 an der TH Berlin. Schon frühzeitig faszinierte ihn die Fernsehtechnik, deren Zukunft damals nur von mutigen Optimisten vorausgesehen wurde. Bruch ging also in die Praxis, konstruierte bei Mihaly Bildabtaster für 90 Zeilen, wurde Mitarbeiter im Labor von Manfred v. Ardenne und wechselte 1935 zu Telefunken. In der von Schröter geleiteten Forschungsabteilung traf er Mitarbeiter wie Urteil, die ihm Grundlage und Mittel zur Entwicklung rein elektronischer Geräte boten.

Telefunken hatte sich eben die Nachbaurechte des von Zworikyn erfundenen Ikonoskops gesichert. Walter Bruch und Mitarbeiter bekamen den Auftrag, bis zu den Olympischen Spielen 1936 eine einsatzfähige Kamera zu bauen. Erster Erfolg: Die Anlage lieferte gute Bilder für die „Fernsehtuben“ in Berlin. Zweiter großer Erfolg: Live-Bilder vom Dach des Deutschen Pavillons auf der Weltausstellung in Paris 1937. Telefunken beauftragte nun Walter Bruch, nach dem Vorbild der Urteilschen Musteranlage eine vollständige Studioeinrichtung mit drei Kameras zu bauen, die 1938 an die Reichspost geliefert und im Deutschlandhaus in Berlin installiert wurde. Hier war Bruch anfangs Technischer Leiter, Kameramann und Regisseur in einer Person!

Während des Weltkrieges entwickelte er kleine Kameras, die zur Unterstützung der Raketenentwicklung in Peenemünde installiert wurden.

Ende der 40er Jahre konnte der Aufbau eines neuen Fernsehens bei uns beginnen. Die 625-Zeilen-Norm nach Gerber schuf die Grundlage für das erste Versuchsstudio der Fernseh GmbH im Auftrag des NWDR. Walter Bruch wurde, wieder bei Telefunken, die Entwicklung der Fernsehempfänger übertragen.

1954 startete in den USA das Farbfernsehen nach dem NTSC-Verfahren. Dieses geniale System hatte jedoch einen prinzipiellen Nachteil, nämlich die durch Phasenfehler bei der Übertragung auftretenden Farbverfälschungen. Mit dem von Bruch hervorragend bis zur Anwen-dungsreife durchentwickelten PAL-Verfahren (Phase Alternating Line) wurden diese Fehler überwunden.

Im Jahre 1963 konnte eine, bis ins Detail ausgearbeitete Versuchsanlage vor Experten der EBU und Mitgliedern der von Richard Theile geführten ad hoc-Gruppe vorgeführt werden. Diese Demonstration in Hannover führte geradlinig zur Einführung des PAL-Systems in heute mehr als 40 Ländern.

Auf diesen persönlichen Erfolg darf Walter Bruch stolz sein. 22 Auszeichnungen wurden ihm verliehen, darunter der Dr.-Ing. e. h., der Professorentitel, das große Verdienstkreuz mit Stern des Verdienstordens der Bundesrepublik und die Goldmedaillen der SMPTE, der Royal Television Society und der FK TG. Noch heute ist er der Forscher, der Theorie und Praxis in Einklang brachte, noch heute unternimmt er Reisen in alle Kontinente als Botschafter des deutschen PAL. Zahllose Veröffentlichungen, über 150 erteilte Patente und seine Lehrtätigkeit bleiben Zeugen seines über 40jährigen Wirkens.

Wir alle, die ihn kennen, wünschen ihm noch viele glückliche Jahre bei bester Gesundheit.

Frithjof Rudert

### Professor Heimann 70 Jahre

Am 17. März 1978 wird Professor Dr.-Ing. E. h. Dr.-Ing. habil. Walter Heimann 70 Jahre alt. Nichts kennzeichnet die Verbundenheit des Jubilars mit seinem Fachgebiet besser als die Tatsache, daß er noch heute tagtäglich in seinem Privatlabor mit der Erforschung neuer optoelektronischer Bauelemente beschäftigt ist und sich bemüht, seinen zahlreichen geistigen Kindern – von der wissenschaftlichen Grundlagenuntersuchung über die ingenieurmäßige Entwicklungsarbeit bis zur Fertigungsreife – zum Leben zu verhelfen.

Wie es zur Gründung seiner Firma Heimann GmbH kam, kann als besonders charakteristisch für den Menschen Walter Heimann gesehen werden. Nach einem Studium der Elektrotechnik und der Technischen Physik ging er 1931 an das AEG-Forschungsinstitut und 1933 zum Reichspostzentramt in Berlin, wo er es bis zum Leiter der Hochvakuumabteilung und zum Oberpostrat brachte. Nach Kriegsende schlug er mehrere verlockende Angebote, in den USA wissenschaftlich tätig zu werden, aus, verließ seine sichere Position bei der Post und ging im April 1946 in Wiesbaden das Wagnis einer Firmen-gründung mit wenigen treuen Mitarbeitern aus seiner früheren und bei Kriegsende aufgegebenen Abteilung ein.

Eine besonders glückliche Kombination von Eigenschaften – die zurückhaltende und abwägend vorsichtige Art des Wissenschaftlers gepaart mit der Beharrlichkeit und Energie des erfolgreichen Unternehmers – befähigten Heimann, seine Firma „Physikalisch Technische Werkstätten“ (PTW) – später Heimann GmbH – schon bald zu einem geachteten Spezialunternehmen für die verschiedenartigsten optoelektronischen Bauelemente auszubauen. Besonders die Fernsehtechnik verdankt Heimann, der bereits für die Übertragung von den Olympischen Spielen 1936 das erste deutsche Ikonoskop entwickelte, und seiner Firma eine ganze Reihe von speziellen Bildaufnahmeröhren, die nicht zuletzt zu dem ungeheuren Aufschwung des angewandten Fernsehens in Deutschland beigetragen haben.

Für diese besonderen Verdienste in der Fernsehtechnik verlieh ihm die Fernseh- und Kinotechnische Gesellschaft im September 1977 die Richard-Theile-Goldmedaille, während ihm für seine hervorragenden Leistungen als Wissenschaftler und Ingenieur von der Technischen Universität Braunschweig im Dezember 1975 die Ehrendoktorwürde verliehen wurde. Heimann fühlte sich stets der Heranbildung des wissenschaftlichen Nachwuchses verpflichtet und nahm sich sogar die Zeit, einem

Lehrauftrag über Bildröhren in der Fernsehtechnik an der TH Darmstadt nachzukommen. 1967 würdigte man diesen besonderen Einsatz durch die Verleihung der Honorarprofessur.

Wer mit 70 noch so intensiv an der Entwicklung moderner optoelektronischer Wandler arbeitet, der zeigt, daß er jung geblieben ist. Alle, die Walter Heimann aber näher kennen, wissen, daß er neue Kräfte für diese immer noch so aktive Laborarbeit aus seiner Begeisterung für gute Musik und vor allem aus seiner geliebten Jagd schöpft. So wünschen wir Walter Heimann, der sich durch seine liebenswerte persönliche Art einen großen Freundeskreis erwerben konnte, daß er sich noch viele schöne Jahre bei guter Gesundheit seinen zahlreichen fachlichen und privaten Neigungen widmen kann.

Helmut Schönfelder

### Wolfgang Dillenburger 70 Jahre

Am ersten Januar dieses Jahres feierte Wolfgang Dillenburger seinen 70. Geburtstag. In Köln geboren, besuchte er Schule und Realgymnasium bis 1927 in Wuppertal. Schon während der Schulzeit zeigte sich seine Begabung für technische Zusammenhänge. Vorträge im Funkverein, Basteln mit Radio und Schallplatte legten den Grundstein für seine spätere experimentelle Arbeit. Das Studium wurde 1932 an der TH München mit dem Diplom abgeschlossen und ergänzt durch Assistententätigkeit bei Prof. Dieckmann in Gräfelfing.

Nach zweijähriger Arbeit bei Braun-Radio in Frankfurt lockte die interessantere Fernsehtechnik: Dillenburger ging im November 1935 zur Fernseh AG nach Berlin und traf dort ein begeistertes, mitreißendes Ingenieurteam. Ernste, harte Arbeit wurde gelegentlich durch fröhlich-ausgelassene Stunden begleitet, kein Mitarbeiter war älter als 30 Jahre!

Der Weg zum rein elektronischen Fernsehen war damals vorgezeichnet. Dillenburger konnte u. a. Probleme der Trägerfrequenz- und Video-Breitbandverstärker lösen, die schwierigen Gradationsfragen bei Negativfilmabtastung klären und Hochleistungsverstärker für Empfänger und Großprojektion entwickeln.

Anfang der 40er Jahre entstanden in seinem Labor tragbare Sender im 3- und 10-m-Bereich, und in diesem Zusammenhang die Schwungrad-Synchronisierung, die – heute selbstverständlich – erstmals die Horizontalsynchronisierung fast unabhängig vom Störabstand des Empfangssignals machte. Besonders hervorzuheben ist eine 1942 fertiggestellte Dia-Übertragungsanlage für 1029zeilige Bilder, Ergebnis eines vielbeachteten 20-MHz-Systems. Noch 1944 konnte Dillenburger die ersten „Live“-Bilder mit einem von Flechsig entwickelten Orthikon zeigen.

Nach Kriegsende nahm Dillenburger an den Vorbereitungen zum neuen Fernsehstart teil, die ab 1946 von einigen wenigen Mitarbeitern der Fernseh GmbH in Taufkirchen begonnen wurden. 1947 konnte er mit einer Dissertation über Breitbandverstärker den Doktor-Titel von Prof. Meincke an der TH München entgegennehmen.

Seit Beginn der Arbeiten in Darmstadt hat Dillenburger die Entwicklung vieler Studiogeräte entscheidend gestaltet. Sein besonderes Interesse galt den elektrooptischen Wandlern: In seinem Labor entstanden die ersten Riesel-Ikonoskop-Kameras und die erste deutsche Kamera mit Superorthikon, später elektrooptische Normwandler für sämtliche Farbsysteme. Schon 1956 konnte Dillenburger auf der FTG-Tagung einen ausführlichen Bericht über die Praxis der Farbbilderzeugung und -übertragung geben, eine Zusammenfassung seiner Arbeit und der seiner Mitarbeiter bei der Fernseh GmbH, darunter der Träger des ersten Urteipreises Dr. Schön-

felder. Es folgten intensive Studien zur Elektronik der Magnetband-Aufzeichnung und systematische Untersuchungen zur Konzeption der Farbkamera.

Dillenburger, dem über 100 Patente erteilt wurden, verstand es, die Fortschritte der Fernsichttechnik in zahlreichen Veröffentlichungen, Vorträgen und in seinen Büchern verständlich darzustellen und der nachfolgenden Generation zu vermitteln. Von seinem theoretischen Wissen und seinem oft persönlichen Engagement bei experimentellen Problemlösungen profitierten auch seine Mitarbeiter, aus deren Kreis hervorragende Ingenieure heute an verantwortlicher Stelle tätig sind.

Einen „Ruhestand“ gab es bisher nicht, Dillenburger stellte zunächst sein großes Wissen weiterhin Bosch-Fernseh zur Verfügung. Heute, bei einem Besuch in seinem Haus bei Darmstadt, führt er gelegentlich uralte, alte und ganz junge 8-mm-Filme vor oder erzählt bei einer Hörprobe seiner großartigen Lautsprecheranlage, wie man eine Endstufe richtig dimensionieren sollte.

Alle seine Freunde und Bekannten wünschen ihm noch viele schöpferische Stunden und viele Jahre bei bester Gesundheit.

Frithjof Rudert

### Adolf Westing zum Gedenken

Am 24. September 1977 verstarb Adolf Westing, der Leiter der ehemaligen Hauptabteilung Betriebstechnik Fernsehen des NDR im Alter von 77 Jahren. Er starb in seinem Lieblingsferienort in der Ramsau an Herzversagen. Der Norddeutsche Rundfunk und alle, die ihn kannten, trauern um einen früheren Mitarbeiter, der nahezu 40 Jahre im Dienste des Rundfunks und späteren Fernsehens tätig gewesen ist, davon fast 27 Jahre im Hause des NDR bzw. des NWDR.

Westing erwarb sich seine ersten grundlegenden Kenntnisse der Nachrichtentechnik als junger Ingenieur bei der Post- und Telegraphenverwaltung der ehemaligen „Freien Stadt Danzig“. Hier wurde ihm bereits im Jahre 1926 der Aufbau des ersten Rundfunksenders in Danzig

übertragen. Sein Name wurde damals sehr bekannt und ist eng mit dem Danziger Rundfunk verbunden. Im Jahre 1939 übernahm die Reichs-Rundfunkgesellschaft den Sender, und Westing leitete ihn bis Kriegsende.

Viele Reichssendungen wurden während dieser Zeit aus Danzig übertragen. Die letzte Sendung kam aus der Marienburg bei Danzig am 23. Februar 1945 um 22 Uhr, als bereits russische Artillerie die Burg beschoß und deutsche Soldaten für Westings Übertragungswagen Deckung geben mußten. Er verließ im März 1945 als letzter sein zerbombtes Danziger Funkhaus und erreichte auf seiner Flucht über die Ostsee, über Dänemark und Hamburg kurz vor Kriegsende Berlin. Nach der Einnahme von Berlin durch die Rote Armee geriet er in russische Gefangenschaft. Als er entlassen worden war, interessierte er sich sofort wieder für seinen geliebten Rundfunk und kam 1948 zum NWDR, der ihn als Betriebsingenieur bei der Senderbetriebstechnik einstellte. Später arbeitete er mehrere Jahre in der Zentralrevision, 1957 wurde er als Oberingenieur Leiter der Betriebstechnik Fernsehen und 1963 wurde er schließlich zum Hauptabteilungsleiter ernannt. Diesen Posten behielt er bis zu seiner Pensionierung im Jahre 1965.

Maßgeblichen Anteil hatte Westing an den Erweiterungs- und Ausbauarbeiten der Lokstedter Fernsehanlagen. Hier konnte er aufgrund seiner langen Betriebserfahrung außerordentlich fruchtbare Anregungen geben und sehr viel zu der laufenden Modernisierung aller Einrichtungen beitragen. Neue Studios und Übertragungswagen entstanden während seiner Betriebsführung. Und selbst nach seiner Pensionierung konnte er sich nicht von Funk und Fernsehen trennen. Im Rahmen eines Beratervertrages widmete er sich der Ausbildung von Praktikanten und gab sein Wissen und seine reichen Erfahrungen dem Nachwuchs weiter.

Mit Adolf Westing hat der deutsche Rundfunk einen seiner Pioniere verloren, der stets ein Vorbild für seine Mitarbeiter gewesen ist und der bei Untergebenen und Vorgesetzten gleichermaßen geachtet worden ist.

Gerhard Schadwinkel

Herausgeber: Institut für Rundfunktechnik GmbH, München.

ISSN 0035-9890

Schriftleitung: Dipl.-Ing. H. Fix, Prof. Dr. U. Messerschmid, Floriansmühlstraße 60, 8000 München 45; Dr. R. Thiele, Bertramstraße 8, 6000 Frankfurt/Main 1; Dipl.-Ing. I. Dahrendorf, Appellhofplatz 1, 5000 Köln 1.

Redaktion: Dipl.-Ing. G. Högel, H. Stiebner, Floriansmühlstraße 60, 8000 München 45, Ruf (089) 38 59 383, Fernschreiber 5/215 605 irtm d

Redaktioneller Beirat: Dipl.-Ing. H. Eden, Dr. H. Großkopf, Dr. G. Plenge, Floriansmühlstraße 60, 8000 München 45.

Verlag: Mensing & Co., 2 Norderstedt. Es erscheinen jährlich 6 Hefte mit einem Gesamtumfang von etwa 300 Seiten. Bezugspreis: Jahresabonnement 84,— DM zuzüglich Versandkosten. Bezugsbedingungen: Bestellungen über den Buchhandel oder beim Verlag. Abbestellungen müssen 6 Wochen vor Ablauf des Kalenderjahres vorliegen. Für gezeichnete Artikel bleiben alle Rechte, insbesondere die des Nachdrucks, der Vervielfältigung und der Übersetzung, auch auszugsweise, sowie die Verwendung der Bilder vorbehalten.

Anzeigenverwaltung: Mensing & Co. Anzeigenannahme durch die Anzeigenverwaltung und alle Werbemittler. Zur Zeit ist Anzeigen-Preisliste Nr. 9 gültig.

Gesamtherstellung: Mensing & Co., Schützenwall 9—11, 2000 Norderstedt, Ruf (040) 5 25 20 11. Einzelhefte werden nach Umfang berechnet und über den Buchhandel ausgeliefert. Auslieferungsdatum 24. 2. 1978. Einzelpreis dieses Heftes 24,60 DM.