

25 Jahre

RTM

Rundfunktechnische Mitteilungen

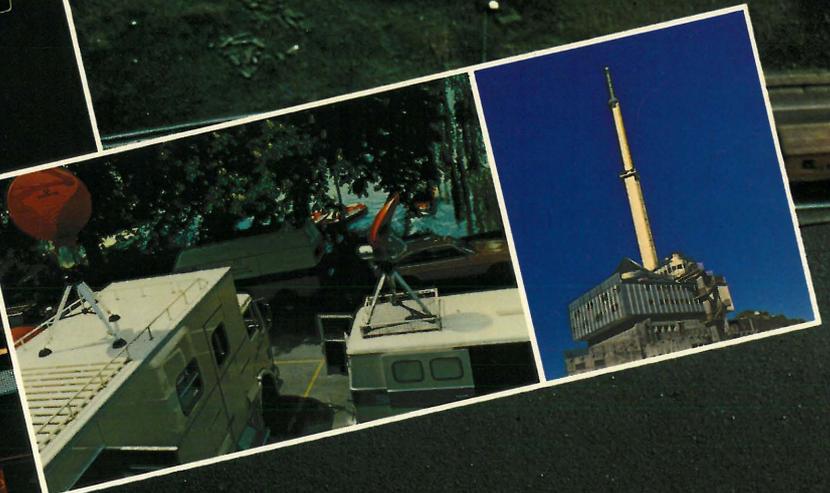
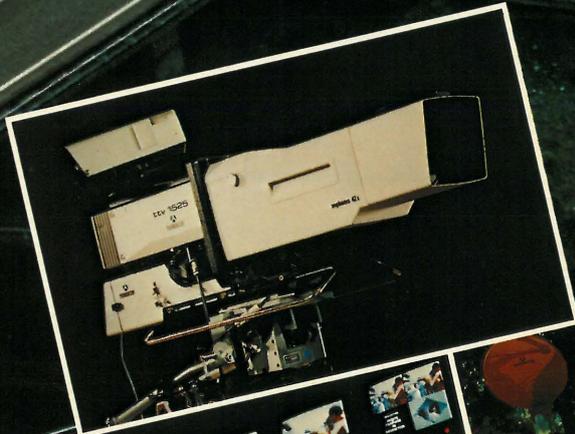
Herausgegeben im Auftrage der Arbeitsgemeinschaft
der öffentlich-rechtlichen Rundfunkanstalten der
Bundesrepublik Deutschland sowie des Zweiten
Deutschen Fernsehens vom

Institut für Rundfunktechnik GmbH **IRT**

- Horst Wollherr* Mikrofonankopplung an das Außenohr eines neuen Kunstkopfes
- Günther Theile* Zur Kompatibilität von Kunstkopfsignalen mit intensitätsstereofonen Signalen
bei Lautsprecherwiedergabe: Die Klangfarbe
- Günther Theile* Zur Theorie der optimalen Wiedergabe von stereofonen Signalen über
Lautsprecher und Kopfhörer
- Franz Pilz u. a.* Montreux 1981 - Technische Ausstellung
- Bernd Raufmann* Die 3. Tagung der UER-Arbeitsgruppe R
- Gerd Petke* Die 6. Tagung der UER-Unterarbeitsgruppe R1
(Terrestrischer Hörrundfunk)
- Tagungen und Ausstellungen - Buchbesprechungen - Nachrichten - Persönliches

THOMSON-CSF :

DIE KREUZUNGEN DER VIDEO-TECHNIK



In Rundfunk und Fernsehen hängt die Qualität im wesentlichen von den technischen Daten der eingesetzten Elemente ab.

Auf dem Gebiet der Video-Technik beherrscht THOMSON-CSF seit langem alle führenden Technologien. Direktaufnahme, Aufzeichnungen, Verarbeitung, Messkontrolle, Bildübertragung und -darstellung bilden einen Teil der "Kreuzungen der

Video-Technik".

Mit über 2000 eingesetzten Kameras, 200 Aufnahmewagen, 200 Studios und Mischpulten sowie 2000 eingerichteten Sendern und allen für die Produktion erforderlichen Zusatzsystemen ist THOMSON-CSF heute in 100 Ländern der ganzen Welt zu Hause.

Ihre internationale Erfahrung und ihr technologischer Vorsprung bieten Ihnen die besten Garantien.



THOMSON-CSF

DIVISION
RADIODIFFUSION-TELEVISION

94, rue du Fossé Blanc
92231 Gennevilliers / France.
Tél. : (1) 790.65.49.

THOMSON-CSF Rundfunk und Fernsehen : Meister der Bildtechnik .

INHALTSVERZEICHNIS:

| | |
|--|--|
| Mikrofonankopplung an das Außenohr eines neuen Kunstkopfes 141 Horst Wollherr | Montreux 1981 — Technische Ausstellung 171 Franz Pilz u. a. |
| Zur Kompatibilität von Kopfsignalen mit intensitätsstereofonen Signalen bei Lautsprecherwiedergabe: Die Klangfarbe 146 Günther Theile | Die 3. Tagung der UER-Arbeitsgruppe R 192 Bernd Raufmann |
| Zur Theorie der optimalen Wiedergabe von stereofonen Signalen über Lautsprecher und Kopfhörer 155 Günther Theile | Die 6. Tagung der UER-Unterarbeitsgruppe R1 (Terrestrischer Hörrundfunk) 194 Gerd Petke |
| | Tagungen und Ausstellungen 195 |
| | Buchbesprechungen 196 |
| | Nachrichten 197 |
| | Persönliches 198 |

MIKROFONANKOPPLUNG AN DAS AUSSENORHR EINES NEUEN KUNSTKOPFES¹VON HORST WOLLHERR²

Manuskript eingegangen am 8. Juli 1981

Kopfbezogene Stereophonie

Zusammenfassung

Bei bisher verwendeten Kunstkopfsystemen zur Erzeugung kopfbezogener Stereophonie war das angestrebte Ziel die genaue Nachbildung eines menschlichen Kopfes einschließlich der Ohrform, des Ohrkanals und der Eingangsimpedanz des Trommelfelles. Bei der unvollkommenen Realisierung traten elektroakustische Nachteile auf, die unter anderem zu unbefriedigenden Ergebnissen bei der Wiedergabe über Lautsprecher führten.

Nach neueren Erkenntnissen ist jedoch die richtige Abschlußimpedanz des Ohrkanals nicht wichtig. In einer Entfernung von wenigen Millimetern vom Eingang des Außenohrkanals ist jede mechanische oder akustische Maßnahme unschädlich für die korrekte Richtungsabbildung des Kunstkopfes.

Da der Einsatz von kleinen Elektretmikrofonen im Ohrkanal zu unzureichender Aussteuerbarkeit des Mikrofonsystems geführt hat, wurde in der vorliegenden Arbeit der Versuch unternommen, ein Studiomikrofon mit einem Membrandurchmesser von 21 mm an den Außenohrkanal so anzukoppeln, daß der früher aufgetretene Tiefpaßcharakter vermieden und im Übertragungsbereich ein befriedigender Frequenzgang erzielt werden konnte.

Summary Microphone coupling to the external ear of a new artificial head

The target aimed at in the artificial-head systems utilised up to the present for the production of head-related stereophony, was the exact reproduction of a human head, including the shape of the ear, the auditory canal and the input impedance of the tympanic membrane. When that is not completely achieved, electro-acoustical distortion occurs that may lead to, among others effects, unsatisfactory results in the case of reproduction by way of loudspeakers.

However, according to more recent knowledge, the correct terminating impedance of the auditory canal is not important. At a distance of a few millimetres from the orifice of the external auditory canal, whatever mechanical or acoustical measures are adopted, there results no deleterious influence on correct directional reproduction with the artificial head.

Because the utilisation of small Elektret microphones in the auditory canal resulted in inadequate modulation of the microphone system, an attempt has been made in the present study to couple a studio microphone having a diaphragm of diameter 21 mm to the external auditory canal, in such a manner that the low-pass characteristic obtained previously has been avoided and a satisfactory frequency response over the transmission band obtained.

Sommaire Couplage des microphones à l'oreille externe d'une nouvelle tête artificielle

Dans les systèmes de tête artificielle utilisés jusqu'à présent pour la réalisation d'une stéréophonie liée à la tête, on s'est efforcé de reproduire exactement la tête humaine, y compris la forme de l'oreille et du canal auriculaire, ainsi que l'impédance acoustique du tympan. Les imperfections donnent lieu à des distorsions électro-acoustiques qui peuvent notamment être responsables de mauvais résultats en cas de reproduction sur haut-parleurs.

D'après des résultats plus récents, l'adaptation d'impédance exacte du canal auriculaire est toutefois sans importance. A une distance de quelques millimètres de l'orifice externe du canal auriculaire, on n'observe aucune influence défavorable sur la reproduction correcte de l'information de direction par la tête artificielle, quelles que soient les mesures mécaniques ou acoustiques adoptées.

L'utilisation de petits microphones à électrets, placés dans le canal auriculaire, entraînait une mauvaise modulation du système et on s'est donc efforcé, dans le cadre de la présente étude, de coupler des microphones dont le diaphragme a un diamètre de 21 mm au conduit auriculaire externe, de manière à éviter la caractéristique passe-bas rencontrée auparavant et à obtenir une réponse en fréquence satisfaisante dans toute la bande transmise.

¹ Der Gegenstand dieses Aufsatzes ist zum Patentschutz angemeldet (unveröffentlichte Patentanmeldung P31 01 264.7).

² Dr.-Ing. Horst Wollherr ist Leiter des Arbeitsbereiches Akustische Meßtechnik/Elektroakustische Wandler im Institut für Rundfunktechnik, München.

1. Einleitung

Als in der Mitte der sechziger Jahre an mehreren Hochschulinstituten versucht wurde, verschiedene Plätze in einem oder mehreren Konzertsälen von Versuchspersonen beurteilen zu lassen, die nicht durch die Kenntnis der Umgebungssituation beeinflusst werden sollten, bemühte man sich um ein die akustischen Raumeigenschaften übertragendes Aufnahme- und Wiedergabeverfahren. Dabei kam man auf das bereits früher erprobte Verfahren, Mikrofone zu verwenden, die in Kopfnachbildungen am Ort der Trommelfelle angebracht waren, und zur Wiedergabe der aufgezeichneten Signale Kopfhörer zu verwenden.

Da man wegen der drängenden Fragestellung keine Zeit hatte, analytisch vorzugehen und die Bedeutung verschiedener Einzelheiten für das Hörereignis getrennt zu beurteilen, beschränkt man den Weg, den Kopf so genau wie möglich nachzubilden. Insbesondere richtete man die Aufmerksamkeit auf die Ohrmuscheln und den äußeren Ohrkanal einschließlich der Abschlußimpedanz, die beim Menschen durch die Eigenschaften des Trommelfelles bestimmt wird.

Insbesondere die richtige Nachbildung der Trommelfellimpedanz stellte erhebliche Schwierigkeiten dar, weil sie einerseits nur indirekt meßbar war – wobei die Meßmöglichkeiten am lebenden Menschen aus verständlichen Gründen eingeschränkt sind – und weil die für einen weiten Frequenzbereich richtige Nachbildung der gefundenen Impedanz mit einer technischen Anordnung durch Platz und Aufwand begrenzt war.

Eine für die gestellte Aufgabe brauchbare Anordnung wurde von der Firma Neumann, Berlin, unter der Bezeichnung KU 80 gebaut und vertrieben. Bei dieser Ausführung hat man sich um die richtige Nachbildung der Trommelfellimpedanz dadurch bemüht, daß der Außenohrkanal mit einem Durchmesser von etwa 5 mm sprunghaft auf den Außendurchmesser des bewährten Studio-Kondensatormikrofons KM 83 erweitert und kurz nach dem Querschnittsprung eine mit Absorbermaterial gefüllte Lochscheibe eingefügt wurde.

Dieser Kunstkopf wurde mit Erfolg bei wissenschaftlichen Untersuchungen in Konzertsälen und in einer Anzahl von Produktionen im Wort- und Musikbereich bei verschiedenen Rundfunkanstalten eingesetzt. Aufgetretene Mängel wurden nicht nur auf untypische Kopf- und Ohrgeometrie, sondern auch auf die unvollkommene Nachbildung der Ohrimpedanz zurückgeführt.

Erst in neuerer Zeit haben Hudde und Schröter [1] den Beweis angetreten, daß bei den gegebenen Abmessungen des menschlichen Ohres die Abschlußimpedanz des äußeren Ohrkanals praktisch keine Rückwirkung auf die Empfindlichkeit des Ohres für Schalleinfall aus verschiedenen Richtungen hat³. Sie wirkt sich – für alle Richtungen gleichmäßig – lediglich auf den Frequenzgang des Ohrsignals aus, ist

demnach ohne Schaden für die Richtungsabbildung elektroakustisch korrigierbar.

Mit den Erkenntnissen von Hudde und Schröter ergeben sich neue Freiheiten bei der Konstruktion eines zur Erzeugung kopfbezogener Stereophonie geeigneten Kunstkopfes. Da bereits einige Millimeter nach dem Beginn des Ohrkanals praktisch nur noch der ebene Wellenmodus existiert, genügt es, hier einen Frequenzgang des Schalldruckes zu erzeugen, der in gleicher Weise an der entsprechenden Stelle im menschlichen Ohrkanal reproduziert werden muß.

2. Mikrofonankopplung

2.1. Kleine Elektretmikrofone

Im Handel gibt es eine Anzahl kleiner Mikrofonkapseln mit Elektretfolien als Membranen. Da deren schallaufnehmende Fläche vergleichbar ist mit der Querschnittsfläche des Ohrkanals, ist ihr Einbau ohne schädliche Einflüsse auf den Frequenzgang des Übertragungsmaßes der Anordnung an einem dem Ohrkanaleingang nahen Ort sehr günstig.

In mehreren Versuchsausführungen, wie zum Beispiel bei Schöne [2], sind derartige Kunstkopfsysteme mit Elektretkapseln realisiert worden. Hinsichtlich Frequenzgang und Richtungsabbildung haben sich damit auch gute Ergebnisse erzielen lassen.

Abgesehen von Problemen, die im Zusammenhang mit der Wahl der geeigneten Entzerrung aufgetreten sind und hier mit Hinweis auf die Ausführungen von Theile [3] nicht näher erläutert werden sollen, stellte sich heraus, daß zumindest für einen Einsatz im Studiobetrieb die elektroakustische Qualität dieser Kunstkopfsysteme nicht ausreichte. Das betraf einerseits das Eigenrauschen, das insbesondere bei rauscharmen Aufzeichnungsverfahren unter Verwendung von Kompandern auffällig wurde, und andererseits die nicht ausreichende Aussteuerbarkeit. Bereits bei der Aufnahme von Schallquellen üblicher Lautstärke traten hörbare Verzerrungen auf.

Es zeigte sich auch, daß Versuchspersonen nur sehr bedingt in der Lage sind, von den elektroakustischen Mängeln abzusehen und sich voll auf die gelungene Raumabbildung zu konzentrieren. Die Darbietung wirkt insgesamt unsauber und kann deshalb auch nicht als dem natürlichen Hören vergleichbar beurteilt werden.

2.2. Großflächige Studiomikrofone

Deshalb sollte der Versuch unternommen werden, die als beste Lösung gefundenen Ohren [1, 4] bei geeignetem Einbau in die Kopfform des von der Firma Neumann hergestellten Kunstkopfes KU 80 so mit den in diesem Kopf verwendeten Mikrofonen (durch Zwischenstücke, die eine 45°-Umlenkung bewirken, leicht abgewandelte Kondensatormikrofone KM 83) zu verbinden, daß deren hohe elektroakustische Qualität nicht wesentlich beeinträchtigt wird. Dabei kamen elektrische Anhebungen des Übertragungsmaßes in bestimmten Frequenzbereichen nur als letzte Möglichkeit und in geringem Umfang in Frage, weil jede derartige Maßnahme auch die Eigenstörspannungen anhebt und damit der Abstand zwischen den Signal- und Störpegeln verringert wird.

Die erkennbaren Schwierigkeiten lagen darin, daß der Übergang vom Außenohrkanal auf die Mikro-

³ Der Autor bedauert, daß er eine Erklärung, die sein Lehrer Professor Cremer bereits vor etwa 15 Jahren in einem Gespräch aufgrund der Abmessungen des Ohrkanals gegeben hat, aus vermeintlich besserem Wissen nicht aufgegriffen hat. Eine Entwicklung hätte abgekürzt werden können.

fonmembrane Hohlräume und Querschnittsänderungen erfordert, die akustisch wirksam werden und das Übertragungsverhalten des Gesamtsystems frequenzabhängig beeinflussen.

3. Möglichkeiten für die Mikrofonankopplung

3.1. Reflexionsarm abgeschlossener Kanal

Eine – zumindest in der Theorie diskutierbare – Möglichkeit der Ankopplung besteht darin, daß der Ohrkanal mit gleicher Querschnittsfläche, aber nicht notwendigerweise gleicher Querschnittsform weitergeführt wird und das Mikrofon, wie in **Bild 1** dargestellt, mit seiner Membrane flächenbündig in diese reflexionsarm abzuschließende Ohrkanalverlängerung eingefügt wird.

Bei praktischen Versuchen zeigte sich jedoch, daß man bei vertretbaren Abmessungen keine hinreichend vollkommene Reflexionsfreiheit über den gesamten interessierenden Frequenzbereich erzielen kann. Außerdem können sich bei hohen Frequenzen Wellen quer im Kanal ausbreiten, die wiederum zu frequenzabhängigen Einflüssen auf das Übertragungsverhalten führen. Dennoch ist dieser Weg – insbesondere in Verbindung mit anderen Maßnahmen – nicht aussichtslos.

3.2. Akustischer Vierpol

Eine andere Möglichkeit besteht darin, die akustischen Gesetzmäßigkeiten der bei der Ankopplung unvermeidlichen geometrischen Gebilde zu ergründen und durch geeignet dimensionierte zusätzliche Anordnungen so zu ergänzen, daß sich ein befriedi-

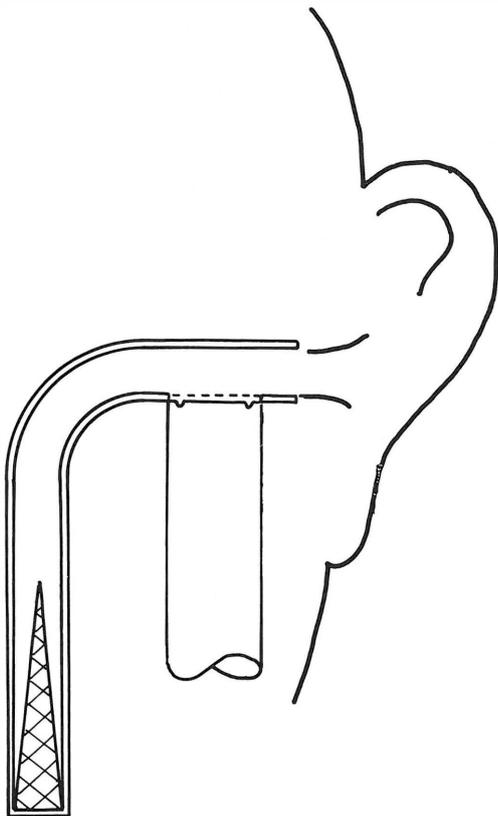


Bild 1

Prinzipbild der Mikrofonankopplung unter Verwendung eines reflexionsarm abgeschlossenen Kanals

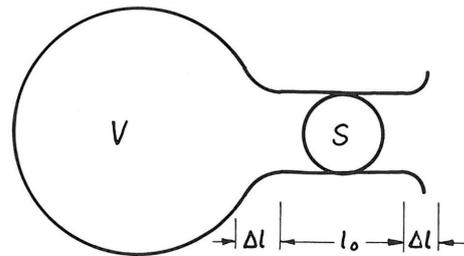


Bild 2

Geometrie eines Helmholtz-Resonators

gendes Übertragungsmaß der gesamten Anordnung ergibt.

Sehr nützlich haben sich bei derartigen Problemen Analogiebetrachtungen zwischen akustisch wirksamen Elementen und elektrischen Bauteilen erwiesen, wie sie besonders Reichardt [5] in vollendeter Form entwickelt hat und wie sie bereits auf das Verhalten unterschiedlichster Gebilde angewandt worden sind [6].

Derartige Analogiebetrachtungen führen dazu, daß man Ergebnisse aus der im Zusammenhang mit der elektrischen Nachrichtentechnik entwickelten Filtertheorie sinngemäß übernehmen kann. In Anwendung auf den Kunstkopf bedeutet das, daß man durch Reihen- oder Parallelschaltungen bekannter bzw. berechenbarer Elemente die bei der Verbindung des Mikrofons mit dem Ohrkanal auftretenden Schaltungselemente so ergänzen oder kompensieren kann, daß man ein gewünschtes Verhalten annähern kann.

3.2.1. Helmholtz-Resonator

Bei tiefen Frequenzen, also bei Wellenlängen, die groß im Vergleich mit den Abmessungen der betrachteten Anordnung sind, ist das einfachste akustische Element mit ausgeprägter Frequenzabhängigkeit der Helmholtz-Resonator, wie er in **Bild 2** skizziert ist. Da das Volumen V federnde Eigenschaften aufweist und die in dem Halsstück der Länge l_0 mit dem Querschnitt S einschließlich der Mündungsbereiche hin und her verschiebbare Luft einen trägen Massenwiderstand darstellt, ergibt sich für die Anordnung das Verhalten eines einfachen Schwingkreises mit der Resonanzfrequenz

$$f_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{\kappa P_0}{\rho}} \sqrt{\frac{S}{V(l_0 + 2\Delta l)}}$$

Dabei ist

$$\kappa = \frac{c_p}{c_v} \text{ (Verhältnis der spezifischen Wärmen),}$$

P_0 = atmosphärischer Luftdruck,

κP_0 = Volumenkompressionsmodul
= $1,4 \cdot 10^5$ Pa bei Normalbedingungen,

ρ = Dichte des Gases (der Luft)
= $1,2 \text{ kg/m}^3$ bei Normalbedingungen,

V = federndes Volumen,

$l_0 + 2\Delta l$ = Länge der verschiebbaren Luftsäule einschließlich der Mündungskorrekturen,

S = Querschnittsfläche der Luftsäule.

Genügend weit unterhalb der Resonanzfrequenz ist der Übertragungsfaktor frequenzunabhängig 1,

hat bei der Resonanzfrequenz eine von der Bedämpfung abhängige Überhöhung und fällt bei höheren Frequenzen schnell ab.

Schließt man ein großflächiges Mikrofon an den Ohrkanal an, ergibt sich vor der Membrane ein unvermeidliches Restvolumen, das zusammen mit der Luftsäule im Ohrkanal im Prinzip einen derartigen Helmholtz-Resonator bildet und eine entsprechende Tiefpaßcharakteristik mit resonanzartiger Überhöhung aufweist. Gelingt es, das Volumen zu verkleinern, kann man den Übertragungsbereich zu hohen Frequenzen hin erweitern. Die Überhöhung im Bereich der Resonanzfrequenz kann durch poröse Materialien im Inneren des Übergangsstückes reduziert werden. Derartige Strömungswiderstände wirken aber nahezu frequenzunabhängig und verringern das Übertragungsmaß auch in dem übrigen Frequenzbereich.

Deshalb ist eine andere Methode vorzuziehen, bei der seitlich an das Volumen ein kleiner Helmholtz-Resonator gleicher Resonanzfrequenz angeschlossen wird. Durch genaue Abstimmung und Bedämpfung dieses bewußt hinzugefügten Resonators kann das Ausmaß und die Frequenzabhängigkeit der Überhöhung des Übertragungsmaßes eingestellt werden. Es ist auch Hintereinanderschaltung mehrerer Helmholtz-Resonatoren möglich, durch die der übertragbare Frequenzbereich auf Kosten eines noch steileren Abfalls bei hohen Frequenzen erweitert werden kann.

3.2.2. Längsresonanzen

Bei Frequenzen mit Luftschallwellenlängen, die mit den linearen Abmessungen der betrachteten Anordnung vergleichbar sind, überlagern sich Wellen, die an Querschnittsprüngen reflektiert werden, mit den hinlaufenden Wellen zu komplizierten Interferenzfeldern. Das führt zu stark frequenzabhängigem Übertragungsverhalten. So ist ein einseitig hart abgeschlossenes Rohr gerade dann besonders gut anregbar, wenn seine Länge einem Viertel der Wellenlänge entspricht, und besonders schlecht dann, wenn sie eine halbe Wellenlänge beträgt. Sinngemäß gelten die Überlegungen auch für endliche Einschnürungen oder Erweiterungen von Rohren.

Gestaltet man derartige Diskontinuitäten geschickt, kann man den gesamten Frequenzgang bewußt beeinflussen. Allerdings ist das nur selten auf rein theoretischem Wege möglich, sondern erfordert gründliche Experimente.

3.2.3. Quermoden

Sind die Abmessungen in senkrechter Ausdehnung zur Schallausbreitungsrichtung größer oder gleich der halben Schallwellenlänge in Luft, so ergeben sich zusätzlich typische Querverteilungen des Schalldruckes, sogenannte Wellenmoden. Derartige Schalldruckmuster sind im allgemeinen recht instabil und werden bereits durch geringe Änderungen der Geometrie beeinflußt, was sich wiederum auf das Gesamtverhalten auswirkt.

Der Einfluß der Wellenmoden ist nur bei einfachen geometrischen Formen theoretisch hinreichend exakt zu erfassen.

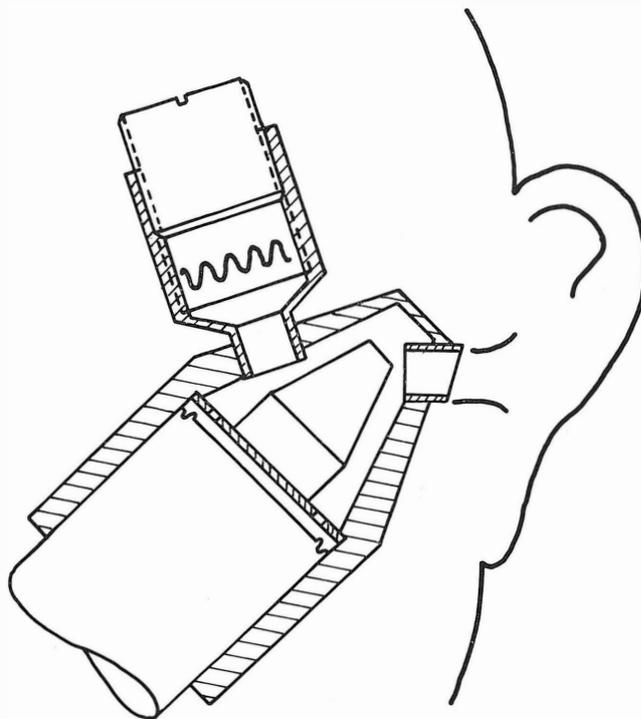


Bild 3
Schematische Darstellung des Kupplers

4. Gestaltung des Kupplers

Nach den Erkenntnissen von Hudde und Schröter [1] mußte der Ohrkanal etwa 5 mm lang unverändert erhalten werden. Da für die labormäßige Ausführung die Kopfform und die abgewinkelten Mikrofone des alten KU 80 verwendet werden sollten, wurde ein in **Bild 3** erkennbares kegelförmiges Übergangsstück über ein unter einem Winkel von 45° eingesetztes kurzes Rohrstück mit dem Ohrkanal verbunden. Der große Hohlraum und der Luftpfropfen in dem verbleibenden Ohrkanalstück haben zu einer Helmholtz-Frequenz von deutlich unter 1000 Hz geführt und damit den übertragbaren Frequenzbereich stark begrenzt. Bereits die Einfügung eines den Hohlraum verkleinernden Innenkegels brachte eine höhere Abstimmung und damit eine deutlich größere Bandbreite. Außerdem wurde der ebenfalls in **Bild 3** erkennbare abstimmbare Helmholtz-Resonator seitlich an den Hohlraum angeschlossen. Mit der Abstimmschraube konnte dessen Resonanzfrequenz so eingestellt werden, daß die Resonanzüberhöhung bis auf eine Restwelligkeit abgebaut werden konnte. Dazu wurde der Hohlraum mit offenporigem Schaumstoff gefüllt, um dem Abstimmschraube die nötige Bedämpfung zu geben. Absorptionsmaterial im Hals des Kompensationselementes ist wirkungsvoller, aber wegen seiner Wirksamkeit weniger gut zu dosieren.

Da auch nach dieser Maßnahme das Übertragungsverhalten bei hohen Frequenzen nicht voll befriedigend war, wurde die zunächst nur als Träger für den Innenkegel gedachte Lochplatte so dimensioniert, daß die in den auf dem Umfang verteilten Löchern hin- und herbewegte Luftmasse mit dem vor der

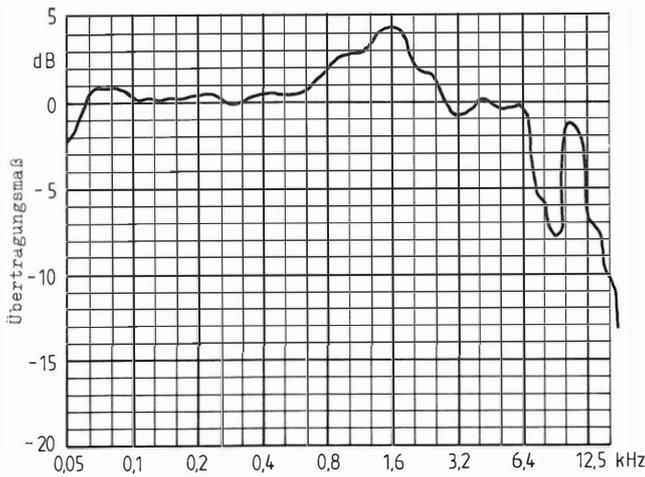


Bild 4

Frequenzgang des KU 81 bei frontalem Schalleinfall

Mikrofonmembrane verbleibenden Restvolumen einen Helmholtz-Resonator ergab, dessen Eigenfrequenz im Bereich des abfallenden Übertragungsmaßes liegt.

5. Eigenschaften des neuen Kunstkopfes KU 81

Die Kombination der alten Kopfform des KU 80 mit den von Hudde und Schröter gefundenen Ohren bei Ankopplung der Kondensatormikrofone KM 83 erhielt die Bezeichnung KU 81. Obwohl nach Theile [3] der im Diffusfeld gemessene Frequenzgang die für den Kunstkopf wichtige Beurteilungsgröße ist, wurde bei den Entwicklungsarbeiten der bei frontalem Einfall gemessene Frequenzgang des Übertragungsmaßes herangezogen, weil dessen Messung weniger Zeit beansprucht. Allerdings wurde bei dessen Beurteilung der Zusammenhang zwischen den beiden Kurven beachtet. So ist es eine bemerkenswerte Eigenschaft des menschlichen Ohres, daß gerade bei frontalem Einfall bei Frequenzen um 8 kHz ein deutlicher Einbruch auftritt, der bei anderen Winkeln – und damit auch im Diffusfeld – nicht vorhanden ist.

Mit den eingesetzten Mitteln konnten für die vier hergestellten Labormuster des KU 81 Frequenzgänge erzielt werden, die alle der in Bild 4 dargestellten Kurve sehr ähnlich sind. Die Überhöhung im Fre-

quenzbereich um 1,5 kHz ist bewußt nicht völlig abgebaut worden, weil sie durch zusätzliche elektrische Filter leichter abgebaut werden kann als eine bei weiterer Kompensation auftretende Restwelligkeit.

Messungen im Diffusfeld haben ergeben, daß der KU 81 bei Frequenzen oberhalb 6 kHz um etwa 10 dB empfindlicher ist als der alte KU 80. Erst im Terzbereich um 16 kHz treten starke Absenkungen des Übertragungsmaßes auf, die bei den vorgegebenen Randbedingungen nicht auszugleichen waren.

6. Schlußbemerkung

Durch bewußte Gestaltung eines Übertragungsstückes zwischen dem Außenohrkanal und dem Studiomikrofon KM 83 als akustisches Filter war es möglich, nahezu im gesamten interessierenden Frequenzbereich einen so ausgeglichenen Verlauf des Übertragungsmaßes zu erzielen, daß ohne Einbuße der elektroakustischen Qualität gewünschte Entzerrungen auf elektronischem Wege erzielbar sind. Insbesondere wurde erreicht, daß eine Diffusfeldentzerrung nur noch geringer Zusatzmaßnahmen bedarf.

Bei Konstruktionen, die weniger an vorhandene Teile gebunden sind, ist mit weiteren Verbesserungen zu rechnen.

Der Verfasser dankt L. Pfister für seine einsatzfreudige und ideenreiche Mitarbeit bei der Herstellung des beschriebenen Mikrofonkopplers.

SCHRIFTTUM

- [1] Hudde, H.; Schröter, J.: Verbesserungen am Neumann-Kunstkopfsystem. Rundfunktech. Mitt. 25 (1981), S. 1 bis 6.
- [2] Schöne, P.: Kopfbezogene Stereophonie. Funkschau 52 (1980), S. 79 bis 84.
- [3] Theile, G.: Zur Kompatibilität von Kunstkopfsignalen mit intensitätsstereofonen Signalen bei Lautsprecherwiedergabe: Die Klangfarbe. Rundfunktech. Mitt. 25 (1981), in diesem Heft.
- [4] Theile, G.: Zur Kompatibilität von Kunstkopfsignalen mit intensitätsstereofonen Signalen bei Lautsprecherwiedergabe: Die Richtungsabbildung. Rundfunktech. Mitt. 25 (1981), S. 67 bis 73.
- [5] Reichardt, W.: Grundlagen der technischen Akustik. Akademische Verlagsgesellschaft Geest & Portig, Leipzig 1968.
- [6] Wollherr, H.: Akustische Untersuchungen an Radialventilatoren unter Verwendung der Vierpoltheorie. Dissertation. Technische Universität Berlin, 1973.

ZUR KOMPATIBILITÄT VON KUNSTKOPFSIGNALEN MIT INTENSITÄTSSTEREOFONEN
SIGNALEN BEI LAUTSPRECHERWIEDERGABE: DIE KLANGFARBE¹VON GÜNTHER THEILE²

Manuskript eingegangen am 1. Juli 1981

Kopfbezogene Stereophonie

Zusammenfassung

Für die Einführung der Kunstkopfstereophonie beim Hörrundfunk hat das Kompatibilitätsproblem eine entscheidende Bedeutung. In einer vorangegangenen Untersuchung wurde bereits gezeigt, daß bei Wiedergabe der Kunstkopfsignale über Lautsprecher eine gleichwertige Richtungsabbildung auftritt wie bei Wiedergabe entsprechender Signale eines Koinzidenzmikrofons. Bei der Weiterentwicklung des Kunstkopfes NEUMANN KU 80 brauchten die Kompatibilitätseigenschaften hinsichtlich der Richtungsabbildung also nicht verbessert zu werden. Hinsichtlich der Klangfarbe dagegen mußte eine geeignete Entzerrung der Kunstkopfsignale erfolgen.

Während man früher die natürlichen Ohrsignale an einer bestimmten Ebene des Gehörgangs nachzubilden versucht hat, gab es später Vorschläge, die Kunstkopfsignale dem standardisierten freifeldentzerrten Kopfhörer anzupassen. Man ging davon aus, daß freifeldangepasste Mikrofonsignale im Prinzip Lautsprecherkompatibilität aufweisen müssen.

Es hat sich jedoch gezeigt, daß eine derartige Freifeldanpassung wegen der frequenzabhängigen Richtcharakteristik des Kunstkopfmikrofons nur dann zu klangverfärbungsfreier Lautsprecherwiedergabe führt, wenn die Schalleinfallrichtung am Kunstkopf mit der Bezugsrichtung seiner Entzerrung übereinstimmt. Eine Freifeldentzerrung kann immer nur für eine Schalleinfallrichtung zutreffen, beeinflußt aber das Übertragungsmaß für alle Schalleinfallrichtungen. Das bedeutet, daß auch der für den Klangeindruck entscheidende Frequenzgang des Diffusfeldübertragungsmaßes von der gewählten Freifeldbezugsrichtung abhängt. In Hinblick auf die üblichen Anforderungen an die in der Studioteknik gebräuchlichen Stereomikrofone wurde deshalb der neue Kunstkopf so entzerrt, daß nicht ein bestimmter Freifeldfrequenzgang, sondern sein Diffusfeldfrequenzgang eben ist. Er erweist sich damit in der Praxis auch hinsichtlich der Klangfarbe als kompatibel mit Koinzidenzmikrofonen.

Summary On the compatibility of artificial-head signals with intensity-stereophonic signals when reproduced by means of loudspeakers: the sound quality

The problem of compatibility plays a decisive part in the introduction of artificial-head stereophony in sound broadcasting. In an earlier demonstration already, it was shown that, with the reproduction of artificial-head signals by means of loudspeakers, an equivalent directional image occurs as for the reproduction of the corresponding signals from a coincidence microphone. In the subsequent development of the NEUMANN KU 80 artificial head, it was, therefore, not necessary to improve the compatibility characteristics as regards the directional image. As regards the sound quality, on the other hand, a suitable correction of the artificial-head signals had to be effected.

Whereas earlier endeavours had sought to simulate the natural aural signals at a given plane of the auditory meatus, it was proposed subsequently to match the artificial-head signals to the standardised free-field corrected headset. Those proposals were based on the fact that, in principle, free-field matched microphone signals must have loudspeaker compatibility.

However, it became evident that, because of the frequency-dependent directional pattern of the artificial-head microphone, such free-field matching results in loudspeaker reproduction free from sound coloration, only when the direction of sound incidence at the artificial head coincides with the reference direction of its correction. Free-field correction can always apply to only one direction of sound incidence, but it influences the transmission level for all the directions of sound incidence. This signifies, moreover, that the frequency characteristic of the diffused-field transmission level, which is decisive for the sound impression, depends on the free-field reference direction chosen. In consideration of the customary demands made on stereophonic microphones used in studios, the new artificial head was, therefore, corrected in such a way that it was its diffused-field frequency characteristic, and not a particular free-field frequency characteristic, that is uniform. It is thus, in practice, compatible with coincidence microphones also as regards the sound quality.

Sommaire Compatibilité des signaux de tête artificielle et des signaux en stéréophonie d'intensité en cas de reproduction par haut-parleurs: coloration du son

Le problème de la compatibilité revêt une importance fondamentale pour l'introduction de la stéréophonie à tête artificielle en radiodiffusion sonore. Des recherches antérieures ont montré qu'en cas de reproduction par haut-parleurs de signaux captés au moyen d'une tête artificielle, on observe la même image sonore directionnelle qu'en cas de reproduction de ces signaux captés par un microphone à coïncidence. Lors de la mise au point de la tête artificielle NEUMANN KU 80, il n'a de ce fait pas été nécessaire d'améliorer les caractéristiques de compatibilité en ce qui concerne l'image directionnelle. Pour la coloration du son, par contre, il a fallu corriger de façon appropriée les signaux de tête artificielle.

Tandis qu'auparavant on s'efforçait de reproduire les signaux perçus naturellement à un certain niveau du conduit auditif, on a plutôt recherché par la suite à adapter les signaux de tête artificielle au casque normalisé à champ corrigé, en se basant sur le principe que des signaux de microphone en champ libre doivent être compatibles pour des haut-parleurs.

Il est cependant apparu que, comme la directivité dépend de la fréquence, cette adaptation au champ libre ne permet une reproduction par haut-parleurs sans détérioration du son que lorsque la direction d'incidence du son à la tête artificielle correspond à la direction de référence de sa correction. Une correction de champ libre ne peut jamais s'appliquer qu'à une seule direction d'incidence du son, mais elle influence le facteur de propagation de toutes les directions d'incidence. Cela signifie également que la réponse en fréquence du facteur de propagation du champ diffus, qui détermine l'impression sonore, dépend du choix de la direction de référence pour le champ libre. Compte tenu des exigences habituellement imposées aux microphones stéréophoniques pour studios, on a corrigé la nouvelle tête artificielle pour obtenir une réponse en fréquence de champ diffus uniforme, et non une réponse déterminée de champ libre. Dans la pratique, cette tête se révèle donc compatible avec les microphones à coïncidence, même pour ce qui est de la coloration du son.

¹ Der Gegenstand dieses Aufsatzes ist zum Patentschutz angemeldet (unveröffentlichte Patentanmeldung P31 02 965.5).

² Dr.-Ing. Günther Theile ist Leiter des Arbeitsbereiches Systeme der Ton-Aufnahme/Wiedergabe im Institut für Rundfunktechnik, München.

1. Einleitung

In den Rundfunkanstalten wird nahezu ausschließlich der Kunstkopf KU 80 (Neumann) eingesetzt. Der dazu verwendete Kopfhörer ist in den meisten Fällen ein offener Kopfhörer, sehr häufig der Kopfhörer HD 414 (Sennheiser). Diese Gerätekombination entspricht aber nur dem Stand unseres Wissens vor etwa zwölf Jahren. Inzwischen hat die Forschung, die sich mit dem räumlichen Hören beschäftigt, bemerkenswerte Fortschritte gemacht. Das ist nicht zuletzt der Tatsache zu verdanken, daß es Kunstkopfsysteme mit befriedigenden Abbildungseigenschaften gab. Damit eng verknüpft konnten neue Erkenntnisse in der Kunstkopfforschung gewonnen werden. Darüber hinaus haben die Erfahrungen, die man in den Rundfunkhäusern mit Kunstkopfstereofonie gemacht hat, wichtige Anstöße zur Verbesserung des Kunstkopfsystems gegeben.

Über ein verbessertes Kunstkopfkonzept und speziell über konkrete Verbesserungsmaßnahmen am KU 80 haben Hudde und Schröter [1] berichtet. Der Schwerpunkt dieser Arbeit lag darin, die richtungsabhängigen Übertragungseigenschaften des Systems besser an die einer „typischen“ Versuchsperson anzupassen, um die bekannten Lokalisationsfehler zu vermeiden. Erste Hörversuche mit einem Labormuster des Kopfes mit „typischer“ Richtcharakteristik zeigen eine wesentliche Verbesserung der Abbildungseigenschaften [2]. Das gilt bezüglich der Natürlichkeit der klanglichen und räumlichen Wiedergabe und besonders bezüglich der Richtungsabbildung in der Medianebene. Richtungsinversonen traten nicht wesentlich häufiger auf als beim natürlichen Hören, Im-Kopf-Ortungen wurden bei den orientierenden Versuchen nicht mehr festgestellt.

Das Kompatibilitätsproblem (vgl. [3]) hatte bei der Weiterentwicklung des Kunstkopfes KU 80 eine entscheidende Bedeutung. Ursprünglich für Forschungszwecke entwickelt und eingesetzt, war der Kopf völlig unabhängig von der Forderung entstanden, daß Kunstkopfaufnahmen im Vergleich zu Aufnahmen in üblicher Technik ohne Qualitätsverlust über Lautsprecher abgehört werden können. Seit der ersten Kunstkopfsendung im Hörfunk wuchs auf der Hörerseite das Interesse an dieser Technik sehr schnell an, doch in den Rundfunkanstalten wurde damit das Bedürfnis nach ausreichender „Lautsprecherkompatibilität“ immer dringlicher. Besonders die Erfahrungen bei Musikproduktionen machten deutlich, daß der Kunstkopf speziell in Hinblick auf Klangfarbentreue verbessert werden mußte.

Über die Untersuchung der Kompatibilitätseigenschaft des Kopfes KU 80 hinsichtlich der Richtungsabbildung wurde ebenfalls bereits berichtet [3]. Es hat sich gezeigt, daß die Abbildungseigenschaften des Kunstkopfes im Freifeld sich bei Lautsprecherwiedergabe äquivalent zeigen zu denen eines entsprechenden XY-Mikrofons. Der Kopf läßt sich in Hinblick auf Lokalisation und Lokalisationsunschärfe ohne Einschränkung wie ein Koinzidenzmikrofon einsetzen; er brauchte deshalb in diesem Punkt nicht geändert zu werden.

Geändert werden mußten dagegen die spektralen Eigenschaften der Kunstkopfsignale, um eine akzeptable Klangqualität bei Lautsprecherwiedergabe zu

erreichen. Auch in Hinblick auf die Klangfarbe wurde eine Gleichwertigkeit mit den in der Studio-technik gebräuchlichen Stereomikrofonen angestrebt.

2. Problemanalyse

Das Kunstkopfsystem KU 80 plus Kopfhörer HD 414 ist entstanden mit der Idee, die Schalldruckverläufe, die direkt vor den beiden Trommelfellen eines natürlichen Kopfes gemessen werden, nachzubilden und zu übertragen. Um die Mikrofon-signale des Kunstkopfes, die den Schalldruckverläufen soweit wie möglich entsprechen, ohne lineare Verzerrungen an die Trommelfelle des Hörers zu bringen, mußte ein Kopfhörer verwendet werden, dessen Übertragungsfunktion (bis zum Meßpunkt am Trommelfell des Abhörenden) frequenzunabhängig ist [4]. Man ging bei der Konstruktion davon aus, daß die Richtcharakteristik des Ohres von der Trommelfellimpedanz und vom äußeren Ohrkanal abhängig wäre, daß also das Außenohr von Kopf bis einschließlich Trommelfell nachgebildet werden müßte. Noch vor etwa drei Jahren wurde von Platte/Laws [5] nach einer rein meßtechnischen Untersuchung diese Notwendigkeit bestätigt; die Nachbildung der Trommelfellimpedanz erschien als dringendes Problem im Kunstkopfbau [6].

Offenbar hat diese Vorstellung vom Kunstkopfgesamtsystem die technische Weiterentwicklung nicht nur hinsichtlich einer genauen Nachbildung der natürlichen Richtcharakteristik behindert, sondern auch hinsichtlich der Kompatibilität: Erst mit dem theoretischen und experimentellen Nachweis von Hudde und Schröter [7], daß in der Praxis auf eine mechanische Trommelfellnachbildung verzichtet und die „falsche“ Impedanz durch elektrische Entzerrung der Mikrofon-signale korrigiert werden kann, begannen intensive Bemühungen um eine Lautsprechertauglichkeit dieser Mikrofon-signale [2, 8, 9].

Der KU 80 sollte also die elektrischen Entsprechungen der natürlichen Trommelfellsignale liefern. Den Entwicklern war die sehr grobe Trommelfellnachbildung als Fehlerquelle bekannt, aber unbekannt war die Wirkung dieser Fehlerquelle auf den richtungswirksamen Teil der Übertragungsfunktionen des Kunstkopfes. Doch es erschien sinnvoll, zunächst unabhängig von einer genauen Trommelfellnachbildung (sie ist bis jetzt nicht gelungen [10]) den Kunstkopf zu bauen. Denn erstens konnte man die Auswirkungen dieser – scheinbaren – Fehlerquelle auf die Abbildungseigenschaften nicht ohne Kunstkopf untersuchen, zweitens war völlig unklar, wie der unzureichenden Trommelfellnachbildung beizukommen war. Drittens war zu hoffen, daß sich aus der Summe aller (spektralen) Fehler ein Fehleranteil abspalten läßt, der sich unabhängig von der Schalleinfallrichtung verhält, und der deshalb durch geeignete Entzerrung im Übertragungskanal ausgeglichen werden kann.

Tatsächlich hatte sich in Hörversuchen erwiesen, daß die Übertragungsfunktion des Kopfhörers HD 414 keine ungünstige Entzerrung darstellt [11, 12, 13, 14] und diesen Ausgleich schon teilweise vornimmt. Diesen Sachverhalt zeigen auch Messungen, die später im Zusammenhang mit der konzipierten Freifeldan-

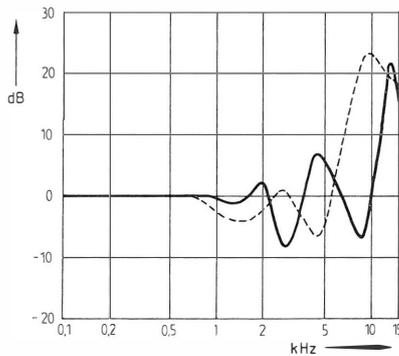


Bild 1

Frequenzgang des Freifeldanpassungsfilters für den Kunstkopf KU 80 nach [9] (gestrichelte Kurve) und Frequenzgang des Freifeldkorrekturfilters für den Kopfhörer HD 414 nach [1] und [5] (durchgezogene Kurve)

passung der Kunstkopfsignale an den freifeldentzerrten Kopfhörer [1, 8] erfolgten (Bild 1). Der Frequenzgang des Freifeldanpassungsfilters für den KU 80 nach [9] (es glättet das Freifeldübertragungsmaß des KU 80 bei frontalem Schalleinfall) und der Frequenzgang des Freifeldkorrekturfilters für den HD 414 nach [1] und [5] (es glättet das Freifeldübertragungsmaß des HD 414, bezogen auf frontalen Schalleinfall) verlaufen in erster Näherung invers zueinander; die linearen Verzerrungen der Gesamtübertragungsstrecke KU 80 – HD 414 reduzieren sich sogar etwas im Frequenzbereich 2 bis 5 kHz. Bild 1 vermittelt, daß der Übertragungsfehler dieses Kunstkopfsystems hinsichtlich des Amplitudenspektrums im Frequenzbereich unterhalb etwa 5 kHz zwischen 0 und +6 dB liegt. Der Übertragungsfehler in diesem Frequenzbereich ist überraschend gering – wird doch ein nach DIN 45 500 [15] freifeldentzerrter Kopfhörer für die Wiedergabe von Kunstkopfsignalen benutzt, welche von der Idee her den natürlichen Ohrsignalen vor den Trommelfellen entsprechen sollen!

Bild 1 vermittelt weiterhin, daß die Übertragungsstrecke einen Tiefpaß mit etwa 6 kHz Grenzfrequenz darstellt. Der für die Lokalisation im Frontalbereich so wichtige Frequenzbereich um 8 kHz [16] wird praktisch nicht übertragen. Hinsichtlich der Klangfarbe ergibt sich daraus für den KU 80 zunächst die Feststellung, daß bei Wiedergabe über den Kopfhörer HD 414 starke Klangverfärbungen wahrgenommen werden, die sich vor allem durch den Mangel an Höhen auszeichnen.

Der Versuch, Gehörkanal- und Trommelfellnachbildung am KU 80 zu realisieren, führte zu den schlechten Klangfarbeneigenschaften. Die akustische Kopplung zwischen Ohreingang und Mikrofon geschieht beim KU 80 über einen 25 mm langen Ohrkanal von 6 mm Durchmesser, woran sich ein Koppeler anschließt, der die Querschnittsanpassung zum Mikrofon (21 mm Durchmesser) und einen Strömungswiderstand enthält. Das resultierende große Volumen zwischen Ohrkanaleingang und Mikrofonmembran und die akustisch ungünstige Ausbildung dieser Ankopplung führen zu der starken Absenkung der hochfrequenten Anteile des Signalspektrums oberhalb von etwa 6 kHz.

An dieser Stelle sei aber darauf hingewiesen, daß das Konzept der genauen Gehörkanal- und Trommel-

fellnachbildung im Prinzip nicht falsch ist, sondern lediglich ungünstig in bezug auf die für die Lautsprecherkompatibilität notwendige Entzerrung: Das Kunstkopfsystem kann nur an der Stelle der Übertragungskette entzerrt werden, wo sich nicht der richtungswirksame Teil, sondern ein richtungsunwirksamer Teil befindet. Letzterer ist beim KU-80-Konzept erst hinter der Mikrofonmembran vorhanden, so daß hier sehr zuungunsten des Rauschabstandes eine Entzerrung durchgeführt werden müßte. Aber schon Blauert [17] und Mehrgardt/Mellert [18] haben festgestellt, daß die Übertragungsfunktion des Gehörgangs von der Schalleinfallrichtung unabhängig ist (etwa 3 mm einwärts des Gehörgangs kann sich nur noch die Grundmode der Schallwelle ausbreiten), und es wurde deshalb später vorgeschlagen, den Gehörgang zugunsten eines möglichst glatten Frequenzgangs zu kürzen [19].

Die Idee „glatter Frequenzgang“ hat eine große Bedeutung für die geforderte Klangverfärbungsfreiheit bei Lautsprecherwiedergabe, doch dieses Problem berührt prinzipiell nicht Fragen der Ausgestaltung der inneren Übertragungsglieder (hierüber wird an anderer Stelle berichtet [20]).

Somit war es die klar definierte Aufgabe bei der Weiterentwicklung des Kunstkopfes KU 80, die optimale Entzerrung eines „Stereomikrofons“ zu ermitteln, dessen – stark frequenzabhängige – Richtcharakteristik entsprechend der vorangegangenen Untersuchungen [1, 2] festliegt.

3. Welche Entzerrung ist optimal?

Die bisherige intensitätsstereofone Aufnahmetechnik ist bezogen auf die Wiedergabe über Lautsprecher. Verwendet man anstelle der Lautsprecher einen Kopfhörer, so soll dieser möglichst den gleichen Klangeindruck erzeugen wie die Lautsprecher. Es erscheint naheliegend, diese Aussage auf die Kunstkopfstereofonie anzuwenden; der Rückschluß lautet: Die Kunstkopfstereofonie ist bezogen auf die Wiedergabe über Kopfhörer. Bezieht man sich dazu gerade auf denjenigen Kopfhörer, der bei intensitätsstereofonen Signalen den gleichen Klangeindruck erzeugt wie die Lautsprecher, so sind die Kunstkopfsignale damit zwangsläufig geeignet für die Wiedergabe über Lautsprecher. Die Konsequenz lautet [5, 8, 9, 19, 22]: Wenn der nach DIN 45 500 [15] standardisierte, auf frontalen Schalleinfall freifeldentzerrte Kopfhörer bei Kunstkopfsignalen den gleichen Klangeindruck erzeugt wie die Lautsprecher bei Intensitätsstereofonie, so sind die auf diesen Kopfhörer bezogenen, freifeldangepaßten Kunstkopfsignale bezüglich der Klangfarbe kompatibel mit intensitätsstereofonen Signalen.

Platte/Laws [5] haben als erste vorgeschlagen, die Entzerrung der Kunstkopfsignale exakt auf eine genaue Freifeldentzerrung des Kopfhörers für frontalen Schalleinfall anzupassen. Da dieser Kopfhörer ein frequenzunabhängiges Freifeldübertragungsmaß aufweist, ist es also erforderlich, für frontalen Schalleinfall am Kunstkopf ebenfalls einen „glatten Frequenzgang“ zu erhalten. Wenn in dieser Form die Schnittstelle zwischen Aufnahme- und Wiedergabe-seite entzerrt ist, liegt nicht nur eine verzerrungsfreie Übertragungsstrecke Kunstkopf–Kopfhörer vor,

sondern es ist nach Schöne [9] Kompatibilität zur Lautsprecherwiedergabe gewährleistet.

Zur Überprüfung dieser Annahme wurde ein unveränderter Kopf KU 80 mit Hilfe eines elektrischen „Freifeldanpassungsfilters“ für frontalen Schalleinfall freifeldentzerrt (vgl. **Bild 1**, Übertragungsfunktion des Kopffilters). Ein Klangfarbenvergleich mit gebräuchlichen Mikrofonen im freien Schallfeld zeigte bei frontalem Schalleinfall eine hohe Klangfarbenähnlichkeit [9].

Doch das Ergebnis läßt noch keine Aussage zur Kompatibilität zu, weil die Wirkung der frequenzabhängigen Richtcharakteristik unberücksichtigt geblieben war: Die freifeldangepaßten Kopfsignale liefern theoretisch sicher nur dann ebensowenig Klangverfärbungen wie die Signale eines entsprechenden Vergleichsmikrofons, wenn die Schalleinfallrichtung am Kunstkopf gleich der Bezugsrichtung seiner Freifeldanpassung ist. Andererseits sollte man nach der vorausgegangenen Überlegung davon ausgehen können, daß gerade wegen der Anpassung an den freifeldentzerrten Kopfhörer diese Kopfsignale auch Lautsprecherkompatibilität aufweisen.

Zur Klärung dieses Problems bot sich zunächst ein rein praktisches Vorgehen an: Mit dem freifeldangepaßten Kopf KU 80 wurden diverse Konzertaufnahmen gemacht. Die Schalleinfallrichtungen am Kunstkopf weichen also sicher vorwiegend von der Bezugsrichtung seiner Freifeldanpassung ab. Die Konzertaufnahmen wurden im direkten Vergleich mit entsprechenden intensitätsstereofonen Aufnahmen über Lautsprecher abgehört. Das Ergebnis war zunächst ermutigend, die Klangfarben erwiesen sich nahezu als gleichwertig. Als jedoch später der neuentwickelte KU 80 mit verbesserter, „typischer“ Richtcharakteristik (vgl. Hudde/Schröter [1]) mit dem Freifeldanpassungsfiler kombiniert wurde, brachte ein erneuter Klangfarbenvergleich ein enttäuschendes Ergebnis: Die Klangfarbe des neuen Kopfes war nicht akzeptabel. Offenbar führte eine sehr starke Anhebung im oberen Frequenzbereich zu dem wahrzunehmenden „spitzen“ Klang (hinzu kamen außerdem Klirrscheinungen der eingebauten Elektretkapseln bei mittleren bis hohen Schalldruckpegeln). Das Phänomen erklärt sich aus dem Tiefpaßverhalten des KU 80 einerseits und der Wirkung der Richtcharakteristik andererseits.

Die Freifeldanpassung des KU 80 stellt praktisch eine Entzerrung des 6-kHz-Tiefpasses dar. Oberhalb dieser Grenzfrequenz hat die Richtcharakteristik praktisch keine Wirkung mehr; es gibt bei Schalleinfallrichtungen, die von der frontalen abweichen, kaum klangbeeinflussende spektrale Anhebungen. Dies ist aber besonders gravierend der Fall, sobald die Richtcharakteristik auch im oberen Frequenzbereich „stimmt“: Gerade der Bezug auf den frontalen Schalleinfall erfordert eine Entzerrung der sogenannten „8-kHz-Senke“ [17, 21, 23], das heißt, es muß im 8-kHz-Bereich eine Anhebung um 15 bis 20 dB erfolgen. Die „8-kHz-Senke“ ist aber ein markantes Merkmal der Freifeldübertragungsfunktion für den frontalen Schalleinfall, und aus diesem Grunde werden Freifeldübertragungsfunktionen aller anderen Rich-

tungen mit einer entsprechend großen 8-kHz-Anhebung versehen.

Eine Freifeldentzerrung kann immer nur für eine Schalleinfallrichtung zutreffen, sie beeinflußt aber das Übertragungsmaß für alle Schalleinfallrichtungen. Dieser Sachverhalt hat bei der Suche nach der optimalen Entzerrung die entscheidende Bedeutung. Er führt weiter zu folgenden Aspekten und Überlegungen:

1. Gerade die genaue Anpassung der Kopfsignale an den standardisierten freifeldentzerrten Kopfhörer, wie sie Platte/Laws [5] und Schöne [8] vorgeschlagen haben, ist für die Lautsprecherwiedergabe nicht geeignet. Es wird deshalb im Prinzip für diesen Kopfhörer ein Korrekturfilter zwecks Anpassung an die gesuchte Kopffentzerrung benötigt. Theoretisch ist für Kopfhörerwiedergabe die Wahl der Entzerrung beliebig, da mit einer geeigneten Kopfhörerentzerrung die Übertragungstrecke grundsätzlich verzerrungsfrei arbeiten kann. Es ist aber anzustreben, daß die standardisierte Kopfhörerentzerrung sich zumindest näherungsweise für die gefundene Kopffentzerrung eignet. Unter Umständen gewährleistet diese Kopffentzerrung einerseits eine akzeptable Klangfarbe bei Lautsprecherwiedergabe und andererseits minimale Lokalisationsfehler bei Wiedergabe über einen bestimmten Kopfhörer nach DIN 45 500 [15] (dessen realer Freifeldfrequenzgang gerade die notwendige Korrektur darstellt). Die Diskrepanz zwischen Kopff- und Kopfhörerentzerrung sollte deshalb die Größenordnung des Toleranzschlauches der DIN 45 500 nicht wesentlich überschreiten.
2. Unabhängig von der Definition der Schnittstelle Aufnahme/Wiedergabe sind die spektralen Merkmale, die durch die Wirkung der Richtcharakteristik des Kopfes auftreten, auf der Wiedergabeseite vorhanden. Bei verzerrungsfreier Kopfhörerwiedergabe können sie vom Gehör als Merkmale eines Schallereignisortes interpretiert werden; das Gehör „verrechnet“ die spektralen Merkmale derart, daß sie nicht als Klangfarbenmerkmal in Erscheinung treten. (Dieses Phänomen bei der Lokalisation ist sehr einfach nachzuweisen: Eine Versuchsperson, die sich im reflexionsarmen Raum vor einem Lautsprecher, der weißes Rauschen abstrahlt, langsam um 180° dreht, empfindet bei zweiöhrigem Hören kaum Klangfarbenänderungen, obwohl die Spektren der Ohrsignale sich durch die Wirkung der Richtcharakteristik (vgl. [24]) stark ändern.) Im Fall der Lautsprecherwiedergabe dagegen zerstören die interauralen Übersprechanteile und zusätzliche lineare Verzerrungen, hervorgerufen durch die Wirkung des Außenohres des Abhörenden im Wiedergaberaum, sowie Reflexionen des Wiedergaberaums die ursprünglichen Lokalisationsmerkmale; ihre „Verrechnung“ kann nicht stattfinden, und es ergeben sich daraus die Klangverfärbungen [24].
3. Diese Klangverfärbungen sind im Prinzip unvermeidlich. Es sei denn, man erreicht durch geeignete Kompensationsschaltungen (z. B. Tradis-Verfahren [22, 25]), daß die Kopfsignale bei Lautsprecherwiedergabe praktisch unverzerrt an

die Ohren des Hörers gelangen. Diese „Nachbildung der Kopfhörer-Übertragungsfunktion“ bei Lautsprecherwiedergabe würde theoretisch eine ungestörte „Verrechnung“ der ursprünglichen Lokalisationsmerkmale, also Klangverfärbungsfreiheit, gewährleisten. Doch es ist in der Praxis sicher nicht möglich, mit dem „Tradis“-Ansatz ein lautsprecherkompatibles Signal zu senden, weil die individuellen Abhörbedingungen sich zu sehr unterscheiden. Darüber hinaus würde ein derartiges Kunstkopffilter ein dazu inverses Filter für die Kopfhörerwiedergabe erfordern.

4. Die Wahrnehmbarkeit von linearen Verzerrungen beim Hören ist untersucht worden [26, 27, 28]. Ein in diesem Zusammenhang wichtiges Ergebnis ist die bessere Wahrnehmbarkeit von schmalbandigen Anhebungen („Höckern“) im Frequenzgang gegenüber entsprechenden Senken. „Höcker“ werden auch dann noch gehört, wenn gleich große Senken nicht mehr wahrnehmbar sind. Den Untersuchungen ist zu entnehmen, daß etwa ein terzbreiter, 3 dB hoher Höcker oder ein 5 dB hoher Höcker mit der Breite einer halben Terz die Wahrnehmbarkeitsschwelle darstellen, die Senken dagegen eine Tiefe von etwa 9 dB bzw. 15 dB aufweisen dürfen.
5. Befindet sich ein Mikrofon bei der Schallaufnahme in einem Raum, so ist für das Klangbild schon bei einem relativ kleinen Abstand des Mikrofons von der Schallquelle nicht nur der für frontalen Schalleinfall gemessene Freifeldfrequenzgang, sondern auch der sogenannte Diffusfeldfrequenzgang des Mikrofons maßgebend [29, 30, 31, 32]. Dies ist der Frequenzgang des Mikrofons für Schall, der annähernd statistisch gleich verteilt (auch zeitlich) aus allen Raumrichtungen auf das Mikrofon trifft [33, 34, 35]. Er ist für den Klangeindruck bestimmend, den die Schallrückwürfe von den Begrenzungsflächen des Raumes hervorrufen, also für den gesamten indirekten Schall.

6. Bisher gibt es keine Untersuchungen darüber, in welchem Maße der indirekte Schallanteil im Verhältnis zum direkten Anteil das Klangbild bestimmt. Zwei Aussagen lassen sich aber zu diesem Punkt aus der Praxis gewinnen:

a) Von Studiomikrofonen wird gefordert, daß ihr Freifeld- und ihr Diffusfeldfrequenzgang annähernd parallel verlaufen. Nur dann läßt sich die Hallbalance durch Änderung des Mikrofonabstandes verändern, ohne daß sich zugleich auch die Klangfarbe ändert. **Bild 2** zeigt als Beispiel Richtdiagramme und Frequenzgänge eines gebräuchlichen Studiomikrofons, das diese Anforderung besonders gut erfüllt.

b) Der Abstand des Kunstkopfes zur Schallquelle ist in der Praxis größer, als dies bei Einsatz eines normalen Koinzidenzmikrofons üblich ist. Der indirekte Schallanteil hat deshalb bei Kunstkopfaufnahmen (besonders bei Musikaufnahmen) ein sehr großes Gewicht bezüglich der Klangfarbe.

Man erkennt, daß der Diffusfeldfrequenzgang des Kunstkopfes das entscheidende Kriterium für eine klangfarbengerechte Entzerrung der Kunstkopfsignale darstellen kann.

Aus dem oben Gesagten ergibt sich folgendes Bild: In der Summe aller richtungsspezifischen linearen Verzerrungen steckt ein gemeinsamer Anteil, der in erster Linie hinsichtlich guter Klangfarbeneigenschaften bei Lautsprecherwiedergabe, in zweiter Linie hinsichtlich ausreichender Kompatibilität mit dem standardisierten freifeldentzerrten Kopfhörer optimal entzerrt werden muß.

Die Freifeldentzerrung für frontalen Schalleinfall ist ungeeignet. Auch diverse andere Bezugsrichtungen ergeben zwar größtenteils etwas bessere Entzerrungen, doch zeigt schon eine Analyse der Freifeldübertragungsfunktionen, daß richtungsspezifische Senken im Amplitudenfrequenzgang – ähnlich der beschriebenen 8-kHz-Senke – praktisch immer vorhanden sind [21]. Eine genaue Entzerrung von richtungsspezifischen Senken, die tiefer sind als 5 dB, führt zu störenden Klangfarbenfehlern. Hörversuche, die mit verschiedenen Freifeldentzerrungen (0° vorne, 30° vorne, 90° seitlich, 180° hinten, oben) durchgeführt wurden, zeigten keine befriedigenden Resultate. Im Vergleich zum Koinzidenzmikrofon waren Klangfarbenfehler nicht nur bei Rauschsignalen, sondern auch bei Konzertaufnahmen unterschiedlich stark hörbar. Hierzu zeigt **Bild 3** die Terzspektren eines 0°-freifeldentzerrten Kunstkopfes bei Beschallung von vorne (0° und 30° und von oben). Man erkennt den großen Einfluß der Richtcharakteristik auf das Spektrum, das heißt, auch den großen Einfluß der Wahl der Bezugsrichtung auf die Klangfarbe. Terzmessungen wurden gewählt, weil eine detaillierte Freifeldentzerrung nicht nur unsinnig ist (es geht nur um die Klangfarben!), sondern eher schädlich (schmale Senken im Frequenzgang sind meistens sehr richtungsspezifisch, das heißt, ihr Ausgleich stört bei anderen Schalleinfallrichtungen). Möglichst genau muß lediglich auf der Wiedergabeseite die zur Kunstkopffentzerrung „passende“ Kopfhörerentzerrung sein (Individualentzerrung [7, 8]).

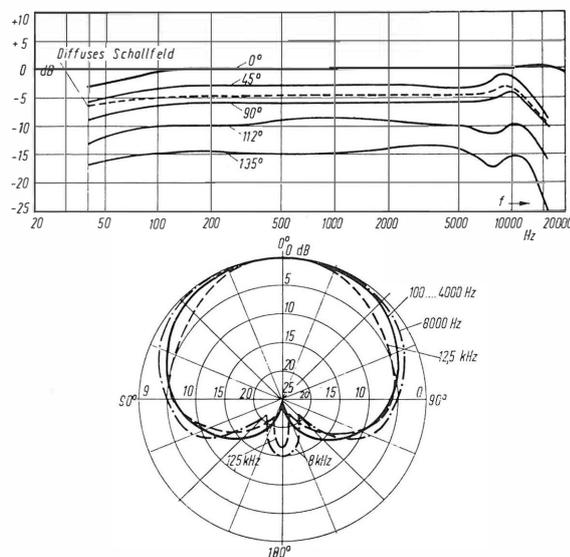


Bild 2

Frequenzgänge und Richtdiagramme eines kleinen Druckgradientenmikrofons mit Nierencharakteristik (entnommen aus [29])

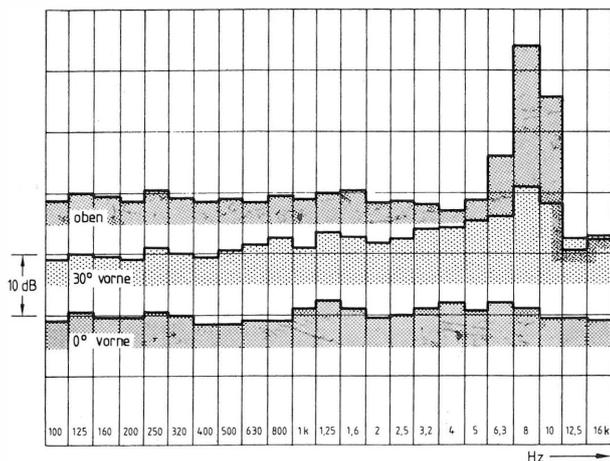


Bild 3
Terzspektren der Freifeldübertragungsmaße für den 0°-freifeldentzerrten Kunstkopf nach [1] bei drei verschiedenen Schalleinfallrichtungen

4. Die Diffusfeldentzerrung

4.1. Wirkung bei Lautsprecherwiedergabe

Man könnte auf die Idee kommen, zunächst eine günstige Freifeldentzerrung zu wählen, sie aber im Sinne eines befriedigenden Klangeindrucks zu optimieren (Abkehr vom Prinzip „Freifeldentzerrung“). Realisiert man beispielsweise die Freifeldentzerrung für frontalen Schalleinfall, ohne die 8-kHz-Senke zu berücksichtigen, so verbessert sich das Klangbild wesentlich: Die schädliche Anhebung im 8-kHz-Bereich wird vermieden. Es hat sich aber gezeigt, daß derartige Manipulationen immer dazu führen, daß der Diffusfeldfrequenzgang des Kunstkopfes geglättet wird. Auch mit diesem Ansatz kommt man also zu der Erkenntnis, daß offenbar der ebene Diffusfeldfrequenzgang eine klanggetreue Lautsprecherwiedergabe gewährleistet.

Der neue Kunstkopf wurde deshalb diffusfeldentzerrt, genauer, er liefert im Diffusfeld den gleichen Frequenzgang [30] wie ein in der Studioteknik gebräuchliches Stereomikrofon.

Den Diffusfeldfrequenzgang des verbesserten Kopfes KU 80 (er enthält die „typische“ Richtcharakteristik nach [1] und eine zweckdienliche Ankopplung der Ohrmuschel an das bewährte Mikrofon KM 83 nach [20]) gibt **Bild 4** wieder. Der Diffusfeldfrequenzgang ist bezogen auf denjenigen des Stereomikrofons SM 69 (Neumann); die Abweichungen vom Referenzmikrofon sind vernachlässigbar. Ein Klangfarben-

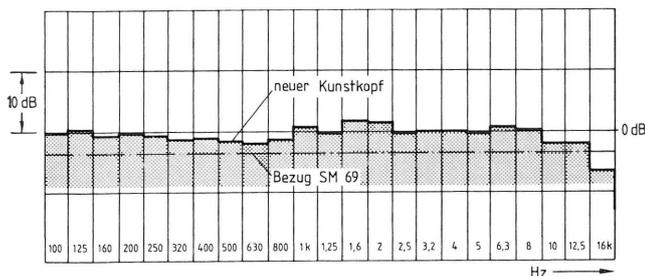


Bild 4
Terzspektrum des Diffusfeldübertragungsmaßes für den diffusfeldentzerrten Kunstkopf mit Richtcharakteristik nach [1], bezogen auf das Stereomikrofon SM 69

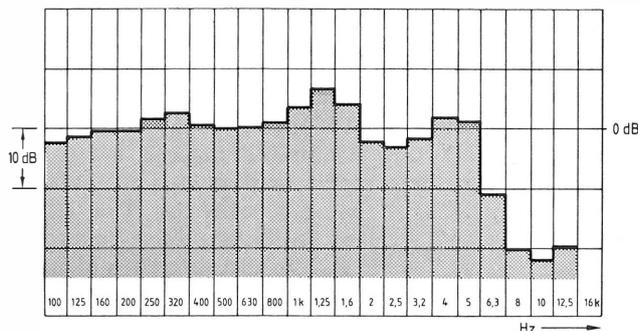


Bild 5
Terzspektrum des Diffusfeldübertragungsmaßes für den Kunstkopf KU 80

vergleich mit weißem Rauschen im Hallraum, aber auch im Konzertsaal oder in anderen Räumen bringt keine nennenswerten Unterschiede. Bisher wurden in der Praxis auch keine störenden Klangfarbenfehler festgestellt, wenn der Direktschall dominiert (Aufnahmeentfernung kleiner als Hallradius, Außenaufnahmen).

Zunächst haben diverse Demonstrationen der Lautsprecherkompatibilität vor vielen Fachleuten des Hörfunks nahezu uneingeschränkt Beifall gefunden. Musikaufnahmen aus verschiedenen Konzertsälen wurden dabei mit den entsprechenden intensitätsstereofonen Aufnahmen verglichen; die Klangfarben erwiesen sich als gleichwertig, vielleicht wegen der größeren Aufnahmeentfernung beim Kunstkopf sogar ausgewogener.

Die Lautsprecherkompatibilität des neuen diffusfeldentzerrten Kunstkopfes wurde auch verglichen mit derjenigen des alten Kopfes KU 80 und mit derjenigen des neuen, aber freifeldentzerrten Kopfes nach [1, 8]. Die Klangfarben korrespondieren sehr gut mit den dazugehörigen Diffusfeldfrequenzgängen: **Bild 5** gibt die Wirkung des 6-kHz-Tiefpasses am KU 80 deutlich wieder, und in **Bild 6** erkennt man die fatale Wirkung der Entzerrung der 8-kHz-Senke, wie sie im Freifeld bei frontalem Schalleinfall auftritt.

Es hat sich erwiesen, daß das meßtechnisch klar definierte Kriterium „ebener Diffusfeldfrequenzgang“ sehr gut mit der Eigenschaft „hohe Klangfarbentreue“ korrespondiert. Das gilt nicht für das ebenso klar definierte Kriterium „ebener Freifeldfrequenzgang mit bestimmter Bezugsrichtung“.

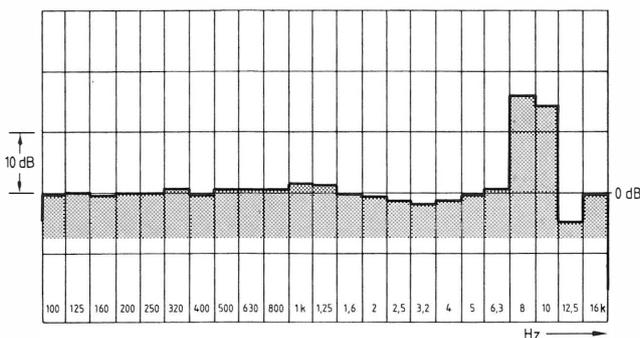


Bild 6
Terzspektrum des Diffusfeldübertragungsmaßes für den 0°-freifeldentzerrten Kunstkopf nach [1]

Diese Erkenntnis hat übrigens nicht nur für die Entzerrung des Kunstkopfes Gültigkeit. Auch beim Bau von Mikrofonen, die als reine Druckempfänger arbeiten, stimmen bekanntlich Freifeld- und Diffusfeldfrequenzgang niemals überein. In vielen Fällen trägt man auch hier der Bedeutung des Diffusfeldfrequenzgangs durch einen möglichst ebenen Verlauf Rechnung, und man nimmt dafür im Freifeldfrequenzgang einen Anstieg im oberen Frequenzbereich in Kauf [29] (vgl. **Bild 7**). (Dies gilt natürlich nicht für Spezialmikrofone, die vorwiegend im Nahbereich der Schallquelle eingesetzt werden oder die einen bestimmten „sound“ erzielen sollen.)

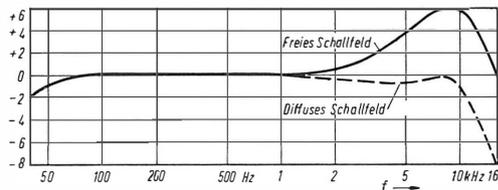


Bild 7

Frequenzgang des Diffusfeld- und Freifeldübertragungsmaßes für ein kleines Druckmikrofon (entnommen aus [29])

Allgemein bevorzugt man auf der Aufnahme- und Wiedergabe- seite, die mit der Diffusfeldentzerrung definiert ist, gewährleistet hinsichtlich der Klangfarbe Kompatibilität unter den verschiedenen Mikrofonarten – einschließlich „Kunstkopfmikrofon“.

4.2. Wirkung bei Kopfhörerwiedergabe

Die Freifeldanpassung des Kunstkopfsignals stellt eine ungeeignete Entzerrung für die Lautsprecherwiedergabe dar, doch sie stimmt überein mit der standardisierten Kopfhörerentzerrung. Umgekehrt stellt die Diffusfeldanpassung eine geeignete Entzerrung für die Lautsprecherwiedergabe dar, doch sie stimmt nicht überein mit der standardisierten Kopfhörerentzerrung. Eine „Universalschnittstelle“ zwischen Aufnahme- und Wiedergabeseite scheint nach dieser Bilanz also nicht möglich zu sein.

Bisher ist aber nur die mangelnde Lautsprecherkompatibilität der freifeldentzerrten Kunstkopfsignale erwiesen, nicht jedoch die mangelnde Standardkopfhörerkompatibilität der diffusfeldentzerrten Kunstkopfsignale. Es wurde bereits in Abschnitt 3 (Punkt 1) darauf hingewiesen, daß die tatsächliche Diskrepanz zwischen Kunstkopf- und Kopfhörerentzerrung möglicherweise klein genug ist und zusätzliche Abbildungsfehler kaum oder gar nicht auftreten.

Um einen Überblick über die tatsächlichen Verhältnisse zu gewinnen, wurden die diffusfeldentzerrten Signale des verbesserten Kopfes mit 25 verschiedenen Kopfhörern abgehört und bezüglich der Abbildungseigenschaft beurteilt. In die „engere Wahl“ kamen 8 Kopfhörer, mit denen zwei Beurteilungstests, einer bezüglich Lokalisation und einer bezüglich Klangfarbe, durchgeführt wurden (12 Versuchspersonen). Deutlich bevorzugt wurde der DT 440

(Beyer). Dieses Verfahren hatte gegenüber einer Messung der jeweils verbleibenden Diskrepanz den Vorteil, daß direkt die resultierenden Abbildungseigenschaften verglichen wurden. Ein Vergleich der verbleibenden linearen Verzerrungen wäre weniger aussagekräftig.

Ein Vergleich des „vollständig entzerrten“ Kunstkopfsystems (freifeldentzerrter Kopf nach [1] plus freifeldkorrigierter Kopfhörer HD 414 nach [1]) mit dem „unvollständig entzerrten“ Kunstkopfsystem (diffusfeldentzerrter Kopf nach **Bild 4** plus unkorrigierter Kopfhörer DT 440) brachte keine nennenswerten Unterschiede bezüglich der Lokalisation. Bezüglich der Klangfarbe waren Unterschiede wahrnehmbar, vor allem erschien aber das freifeldangepaßte System etwas höhenbetont („spitz“).

Die diffusfeldangepaßten Kunstkopfsignale ermöglichen demnach bei Wiedergabe über den unkorrigierten Kopfhörer DT 440 nahezu die gleiche Lokalisation wie bei Wiedergabe über einen diffusfeldkorrigierten Kopfhörer DT 440. Dies wurde weiter deutlich bei der Entwicklung des Diffusfeldkorrekturfilters:

Bild 8 zeigt die Freifeldübertragungsfunktion des diffusfeldentzerrten Kunstkopfes entsprechend **Bild 4** für die Schalleinfallrichtungen vorne 0° und schräg vorne 30° . Kennzeichnend ist vor allem die nicht entzerrte 8-kHz-Senke bei Schalleinfall von vorne. Da ein für vorne freifeldentzerrter Kunstkopf einen ebenen Verlauf dieser Übertragungsfunktion aufweisen würde, stellt die Freifeldübertragungsfunktion des diffusfeldentzerrten Kopfes für vorne zugleich die Diskrepanz der beiden Entzerrungen „Freifeld vorne“ – „Diffusfeld“ dar. Eine entsprechende Korrekturfilterkurve ist in **Bild 9** eingetragen (gestrichelt); sie wäre erforderlich, wenn der benutzte Kopfhörer ideal freifeldentzerrt wäre. Doch die notwendige Korrekturfilterkurve für ein ebenes Freifeldübertragungsmaß des DT 440 zeigt ebenfalls **Bild 9** (durchgezogene Linie nach [5]); sie verläuft schon ziemlich genau invers zur Kurve des Freifeld-Diffusfeldkorrekturfilters im Bereich zwischen 3 und 10 kHz. Die für den DT 440 verbleibende notwendige Restentzerrung gibt **Bild 10** wieder. Daraus geht hervor, daß wahrscheinlich nur im mittleren Frequenzbereich eine Korrektur vorzunehmen ist, im oberen Frequenzbereich bleiben die geringen linearen Verzerrungen sicher ohne nennenswerten Einfluß. Feh-

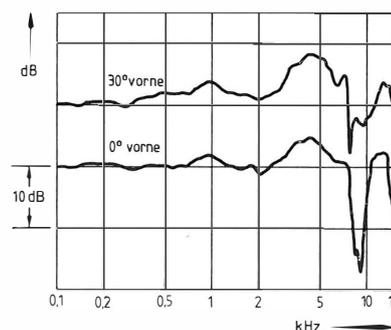


Bild 8

Frequenzgänge der Freifeldübertragungsmaße für den diffusfeldentzerrten Kunstkopf mit Richtcharakteristik nach [1] bei zwei verschiedenen Schalleinfallrichtungen

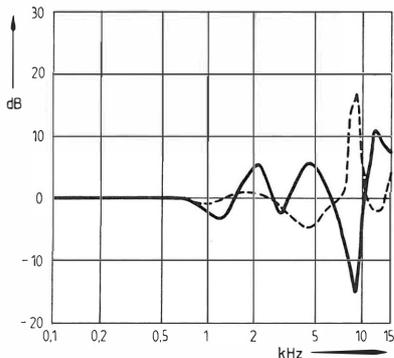


Bild 9

Frequenzgang des Freifeldanpassungsfilters für den diffusfeldentzerrten Kunstkopf mit Richtcharakteristik nach [1] (gestrichelte Kurve, vgl. Bild 1 und Bild 8) und Frequenzgang des Freifeldkorrekturfilters für den Kopfhörer DT 440 nach [5] (durchgezogene Kurve, vgl. Bild 1)

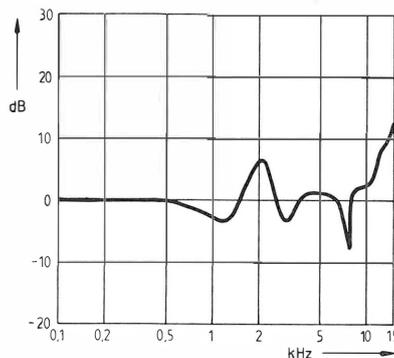


Bild 10

Frequenzgang des Korrekturfilters für die genaue Restentzerrung der Übertragungsstrecke diffusfeldentzerrter Kunstkopf - Kopfhörer DT 440 (entnommen aus Bild 9)

ler, die durch die Streuung des individuellen Freifeldübertragungsmaßes eines Kopfhörers auftreten, können im oberen Frequenzbereich viel größer sein [36, 37, 38].

Dieses überraschende Ergebnis erklärt zunächst die geringfügigen Abbildungsfehler bei Wiedergabe der diffusfeldentzerrten Kunstkopfsignale über den unkorrigierten Kopfhörer DT 440. Weiter läßt es den Schluß zu, daß der DT 440 im Frequenzbereich von 3 bis 10 kHz recht gut diffusfeldentzerrt ist; die 8-kHz-Senke – das kennzeichnende Merkmal für die Schalleinfallrichtung „vorne“ – wird vom DT 440 nicht reproduziert.

5. Problematik der standardisierten Kopfhörerentzerrung

An dieser Stelle soll kurz auf eine wichtige Konsequenz für die Kopfhörerentzerrung eingegangen werden, die in [39] beschrieben wird und die sich aus neuen wissenschaftlichen Erkenntnissen auf dem Gebiet des räumlichen Hörens ergibt [24].

Das räumliche Hören basiert im Lokalisationsmodell nach [24] auf einem Mustererkennungsprozeß, der mit einer assoziativen Reizverarbeitung ermöglicht wird. Die Lokalisation setzt deshalb eine Schallquelle voraus, die die Entfernungswahrnehmung ausreichend gewährleistet. Dies ist der Fall, wenn spektrale Merkmale des aktuellen Reizes auswertbar sind. Die Lokalisation, das heißt die Ortung einer Schallquelle außerhalb des Kopfes erfordert einen hinreichend breitbandigen Reiz.

Das Meßverfahren, das für die Bestimmung des Freifeldübertragungsmaßes von Kopfhörern nach DIN 45 619 [40] vorgeschrieben ist, sieht eine schmalbandige Schallquelle vor den Versuchspersonen als Lautstärkereferenz vor, denn man will erreichen, daß die Freifeldübertragungsfunktion des menschlichen Kopfes für frontalen Schalleinfall möglichst genau vom Kopfhörer nachgebildet wird.

Je genauer man jedoch das Meßverfahren nach DIN 45 619 befolgt, desto gravierender gilt folgender Einwand: Das breitbandige Spektrum der Signale, die für Lautsprecherwiedergabe bestimmt sind, erfährt durch das Freifeldübertragungsmaß des Kopfhörers eine Bewertung. Diese Bewertung wird zwar aus der Wirkung der menschlichen Richtcharakteri-

stik im freien Schallfeld abgeleitet, doch die Nachbildung geschieht viel zu ungenau, als daß das Gehör diese spektralen Merkmale tatsächlich im Lokalisationsprozeß auswerten könnte. Die Genauigkeit ist selbst für ein Monosignal völlig unzureichend. Wäre sie ausreichend, so würde der Lokalisationsprozeß stattfinden, das Hörereignis würde außerhalb des Kopfes auftreten [41, 42]. Bei Wiedergabe von intensitätsstereofonen Signalen jedoch ist dies mit einer einfachen Entzerrung auch theoretisch nicht erreichbar [43]. Das bedeutet aber, daß die spektralen Merkmale der Ohrsignale, die der freifeldentzerrte Kopfhörer verursacht, entsprechende Klangfarbenfehler zur Folge haben [24, 39].

Den Herstellern von Kopfhörern ist die „Klangfarbenschwäche“ der exakt freifeldentzerrten Kopfhörer bekannt. Man versucht noch heute, durch entsprechende Erweiterung des Toleranzfeldes der DIN 45 500 ein besseres Klangbild zu ermöglichen (vgl. z. B. [44]). Größere Toleranzen sind aber, besonders in Hinblick auf die Kunstkopfstereofonie, genau der falsche Weg. Vielmehr muß die optimale Kopfhörerentzerrung neu festgelegt werden, damit das **Toleranzfeld** der vorgeschriebenen Entzerrung endlich **enger** gefaßt werden kann.

Es wird in [39] vorgeschlagen und theoretisch begründet, die Entzerrung des Kopfhörers ganz äquivalent zur Aufnahme-seite auf das Diffusfeld zu beziehen. Messungen an Kopfhörern [1, 5, 36, 45, 46] weisen schon darauf hin, daß die Toleranzen der Freifeldentzerrung gerne in Richtung Diffusfeldentzerrung ausgenutzt werden. Dies trifft besonders deutlich beim DT 440 zu.

6. Ergebnis

Die Weiterentwicklung des Kunstkopfes KU 80 in Hinblick auf verbesserte Klangfarbe bei Lautsprecherwiedergabe hat die folgenden Erkenntnisse gebracht:

1. Der Kunstkopf läßt sich als Stereomikrofon mit stark frequenzabhängiger Richtcharakteristik auffassen.
2. Ein normales Studiomikrofon besitzt ein möglichst frequenzunabhängiges Diffusfeldübertragungsmaß. Dies gewährleistet auch für den Kunstkopf minimale Klangfarbenfehler.

ZUR THEORIE DER OPTIMALEN WIEDERGABE VON STEREOFONEN SIGNALEN ÜBER LAUTSPRECHER UND KOPFHÖRER

VON GÜNTHER THEILE¹

Manuskript eingegangen am 9. Juli 1981

Kopfbezogene Stereophonie

Zusammenfassung

Eng verknüpft mit der Weiterentwicklung der kopfbezogenen Stereophonie sind die theoretischen Vorstellungen über die Funktion des Gehörs beim räumlichen Hören erweitert worden. Sie lassen sich beschreiben mit Hilfe eines neuen Lokalisationsmodells, dem „Assoziationsmodell“. Es basiert auf der Hypothese, daß Assoziationsvorgänge ein Grundprinzip der sensorischen Reizverarbeitung darstellen. Danach resultiert die auditive räumliche Wahrnehmung grundsätzlich aus zwei unterschiedlichen Verarbeitungsprozessen. Jeder der beiden Verarbeitungsprozesse geschieht auf dem Wege einer assoziativ gesteuerten Musterselektion: Ein aktueller Reiz, welcher von einer Schallquelle herrührt, löst in der ersten Stufe eine Ortsassoziation und in der zweiten eine Gestaltassoziation aus. Beide Stufen bestimmen gemeinsam die Höreigniseigenschaften.

Die Abhängigkeit der Ohrsignale vom Schallquellenort wird als Form der Codierung räumlicher Information aufgefaßt, deren Kenntnis eine Decodierung der räumlichen Information ermöglicht. Die Decodierung der räumlichen Information leistet die Ortsassoziationsstufe des Modells. Die Wirkung kann mit einem steuerbaren Filter beschrieben werden, dessen Übertragungsfunktion sich infolge der assoziativen Mustererkennung invers verhält zur ortsabhängigen Übertragungsfunktion des Außenohres.

Es zeigt sich, daß dieses Funktionsschema eine einheitliche Erklärung der wichtigen Phänomene des räumlichen Hörens zuläßt. Es ermöglicht eine einfache systemtheoretische Darstellung der gesamten „Übertragungsstrecke“ Schallereignis — Ohrsignal — Höreignis. Insbesondere für die unterschiedlichen elektroakustischen Übertragungsverfahren läßt sich damit die Auswertung der jeweils wirksamen Ohrsignale leicht übersehen und abschätzen.

Für die optimale Wiedergabe raum- oder kopfbezogener Signale über Lautsprecher oder Kopfhörer ergeben sich verschiedene Konsequenzen. Speziell die Frage nach der Kompatibilität raum/kopfbezogener Signale hat zwei neue Erkenntnisse gebracht: Es läßt sich zeigen, daß

- die Freifeldentzerrung des Kunstkopfes eine im Prinzip falsche Entzerrung darstellt in Hinblick auf Lautsprecherwiedergabe;
- die (standardisierte) Freifeldentzerrung der Kopfhörer eine im Prinzip falsche Entzerrung darstellt in Hinblick auf Wiedergabe der gebräuchlichen intensitätsstereofonen Signale.

Es wird deshalb aus systemtheoretischen Gründen, die sich aus der Wirkungsweise unseres Gehörs ableiten, als „Universalschnittstelle“ zwischen Aufnahme- und Wiedergabeseite eine Entzerrung vorgeschlagen, die sich grundsätzlich auf das Diffusfeld bezieht.

Summary On the theory of the optimum reproduction of stereophonic signals by way of loudspeakers and headsets

In close relation to the continuing development of head-related stereophony, the theoretical conceptions regarding the function of the ear in the case of spatial hearing have been extended. They may be described by means of a new localisation model, the „association model“. This is based on the hypothesis that the association processes constitute a basic principle of the sensorial stimulation processing. According to this, the spatial auditive perception results basically from two different processes of assimilation. Each of the two assimilation processes occurs by way of an associatively orientated selection of samples: an actual stimulus, derived from a sound source, gives rise in the first stage to a localisation association and in the second stage to a form association. Both stages together determine the characteristics of the hearing event.

The dependence on the location of the sound source of the aural signal is adopted as the form of the coding of the spatial information, the knowledge of which makes possible the decoding of the spatial information. The decoding of the spatial information is dealt with in the localisation association stage of the model. The effect can be represented by means of an adjustable filter whose transfer function, because of the associative sample recognition, is the inverse of the location-dependent transfer function of the external ear.

It is shown that this function scheme makes possible a general explanation of the important phenomena of spatial hearing. It makes possible also a simple system-theoretical representation of the entire „transmission chain“: sound event — ear signal — hearing event. For the different electro-acoustical transmission methods, in particular, the evaluation of the effective ear signal in question may thus be easily observed and interpreted.

For the optimal reproduction of space- or head-related signals by way of loudspeakers or headsets, there are several consequences. The question of the compatibility of space/headrelated signals, in particular, has given rise to two new concepts; it is possible to show that:

- the free-field correction of the artificial head constitutes a correction that is, in principle, wrong as regards reproduction by loudspeakers;
- the (standardised) free-field correction of the headset constitutes a correction that is wrong in principle, as regards the reproduction of the usual intensity-stereophonic signals.

Therefore, for system-theoretical reasons that are based upon the functioning of our sense of hearing, a correction is proposed as a „universal interface“ between the recording and reproduction ends, which relates basically to the diffused field.

Sommaire Considérations théoriques sur la reproduction optimale de signaux stéréophoniques au moyen de haut-parleurs et d'écouteurs

Les notions théoriques relatives au fonctionnement de l'oreille dans le cas de l'écoute directionnelle ont été étendues, en relation étroite avec les développements en cours dans le domaine de la stéréophonie liée à la tête. On peut décrire ces propriétés par un nouveau modèle dit d'association, basé sur l'hypothèse que les associations constituent une des données fondamentales du traitement des stimulations sensorielles. Dans ces conditions, la perception auditive de l'espace résulte fondamentalement de deux processus d'assimilation différents. Chacun découle d'une sélection d'échantillons orientée associativement. Un stimulus produit par une source sonore donne tout d'abord lieu à une association de localisation, puis dans une seconde étape, à une association de forme et c'est la synthèse de ces deux phénomènes qui détermine les caractéristiques de la perception auditive.

La relation entre l'emplacement de la source sonore et le signal auditif constitue un codage de l'information spatiale dont le décodage permet la localisation. Cette opération correspond à l'étape d'association de

localisation. Son effet peut être représenté par un filtre variable dont la fonction de transfert est l'inverse de celle de l'oreille externe, du point de vue de la localisation, du fait de la reconnaissance associative des échantillons.

On montre que ce schéma de relation fonctionnelle permet de donner une explication générale à l'important phénomène de l'écoute directionnelle et aussi de donner une représentation théorique simple de l'ensemble de la "chaîne de transmission": phénomène sonore, signal auditif, phénomène auditif. La méthode permet notamment d'observer et d'interpréter facilement l'évaluation du signal auditif effectif pour différents systèmes de transmission électro-acoustiques. Il en résulte plusieurs conséquences pour la reproduction optimale par haut-parleurs ou par écouteurs de signaux liés à l'espace ou à la tête. La question de la compatibilité de ces signaux a notamment permis de dégager deux nouvelles notions et on peut démontrer que:

- la correction de champ libre de la tête artificielle est, par principe, erronée en ce qui concerne la reproduction au moyen de haut-parleurs;
- la correction d'espace libre normalisée appliquée aux écouteurs est erronée par principe, du point de vue de la reproduction des signaux en stéréophonie d'intensité normale.

On propose donc une correction appuyée sur des raisons théoriques basées sur le fonctionnement de l'ouïe humaine, ce qui permettrait de définir une "interface universelle" entre la prise de son et la reproduction. Cette correction porte principalement sur le champ diffus.

1. Einleitung

Sowohl die Erfahrungen, die man während der letzten 8 Jahre in den Rundfunkanstalten mit der Kunstkopfstereofonie gemacht hat [1, 2, 3], als auch die Erkenntnisse, die man in jüngster Zeit bei der Weiterentwicklung der Kunstkopfstereofonie gewonnen hat [4, 5, 6], zeigen, daß dieses Übertragungsverfahren eine echte Alternative darstellt zur bisher gebräuchlichen Intensitätsstereofonie.

Im Gegensatz zur intensitätsstereofonen Technik ist es das Ziel der Kunstkopfstereofonie, dem Zuhörer die Hörillusion zu verschaffen, daß er sich am Aufnahmeort befände und dort am akustischen Geschehen unmittelbar teilhätte. Darüber hinaus aber müssen die Kunstkopfsignale aus Kompatibilitätsgründen bei Lautsprecherwiedergabe gleichwertige Abbildungseigenschaften aufweisen wie entsprechende intensitätsstereofone Signale.

Es hat sich gezeigt, daß die Anforderungen bei der technischen Entwicklung einer rundfunktauglichen kopfbezogenen Stereofonie besonders vielfältige Probleme aufwerfen, Probleme, die überwiegend mit den wichtigen Phänomenen des räumlichen Hörens direkt zusammenhängen: Dazu gehören Phänomene der Lokalisation einer Einzelschallquelle, der Lokalisation im Schallfeld, welches von mehreren Schallquellen hervorgerufen wird (überlagertes Schallfeld), sowie Phänomene der Kopfhörerbeschallung (Lateralisation).

Ferner hat sich gezeigt, daß die bisherigen theoretischen Vorstellungen über die Funktion unseres Gehörs beim räumlichen Hören nicht ausgereicht haben, um die komplexen Zusammenhänge und Gesetzmäßigkeiten für die Konzeption eines optimalen stereofonen Übertragungsverfahrens zu nutzen. Zwar sind die vielen Einzelphänomene – oft sehr ausführlich – experimentell untersucht worden, und für den überwiegenden Teil der bekannten Gesetzmäßigkeiten gibt es Modellvorstellungen, die das Gehör in den verschiedenen Funktionen zu beschreiben suchen. Doch die Mehrheit dieser Modelle sind nachrichtentechnische Modelle, welche nur innerhalb ihrer eng begrenzten Gültigkeitsbereiche Aussagen machen über die Beziehungen zwischen bestimmten Ohrsignalmerkmalen und Hörereigniseigenschaften. Es ist wegen der eng begrenzten Gültigkeitsbereiche

aber zweifelhaft, ob sie damit überhaupt Informationen liefern, die das Verständnis über die Funktion des gesamten Auswertungsprozesses beim Hören stereofoner Signale verbessern. Welchen Sinn hat beispielsweise ein Modell nur für das Richtungshören bei raumbezogener Stereofonie, gültig nur im freien Schallfeld, nur für die Horizontalebene, nicht für breitbandige Lautsprecher-signale und nicht für die Hörereignis-entfernung (vergleiche Wendt [7])?

Dem heute gebräuchlichen intensitätsstereofonen Übertragungsverfahren lag bisher keineswegs eine allgemeingültige Theorie zur „Bildung von Hörereignissen zwischen den Lautsprechern“ zugrunde. Vielmehr hat man die Möglichkeit, durch geeignete Wahl der gegenseitigen Pegeldifferenzen der Lautsprecher-signale die Hörereignisrichtung im Winkelbereich der Lautsprecher willkürlich festzulegen, ganz pragmatisch ausgemessen und für die stereofone Übertragung im Hörfunk genutzt. Die Intensitätsstereofonie hat sich ziemlich unabhängig von entsprechenden wissenschaftlichen Untersuchungen entwickelt; sie muß im wesentlichen als technisches Resultat der elektroakustischen Übertragungspraxis angesehen werden.

Für die bisherige Entwicklung der Kunstkopfstereofonie dagegen waren wissenschaftliche Erkenntnisse über die Funktion des Gehörs bei der Lokalisation entscheidend. Dies betraf das Verständnis über die Auswertung der Ohrsignale hinsichtlich Hörereignisrichtung, -entfernung und -ausdehnung, insbesondere Vorstellungen über die Ursachen der Im-Kopf-Ortung, der Vorne-Hinten-Vertauschung, der Hörereigniselevation. Die entsprechenden Theorien dazu stehen in guter Übereinstimmung mit experimentellen Ergebnissen, die auch im Zuge der Kunstkopfforschung gewonnen wurden.

Doch vor allem das bedeutsame Problem der Kompatibilität raum/kopfbezogener Signale hat Fragen aufgeworfen, die sich nicht mehr mit den bekannten speziellen Theorien, jede mit eng begrenztem Gültigkeitsbereich, beantworten lassen. Vielmehr müssen für diesen Problemkomplex gerade die Zusammenhänge unter den verschiedenen Teilaspekten der Lokalisation verstanden werden. Der in dieser Beziehung wichtige Teilaspekt liegt vor, wenn mehrere Schallquellen einem gemeinsamen Hörereignis zugeordnet sind, so daß Hörereignisort und Schallquellenorte nicht übereinstimmen, beispielsweise bei Intensitätsstereofonie. Aber es hat sich erwiesen, daß keine der bisher bekannten Theorien zur Intensitäts-

¹ Dr.-Ing. Günther Theile ist Leiter des Arbeitsbereiches Systeme der Ton-Aufnahme/Wiedergabe im Institut für Rundfunktechnik, München.

stereofonie übertragbar ist auf die Lokalisation einer Einzelschallquelle [8]. Ebenso gibt es keine allgemeine Theorie zur Lokalisation, welche die Hörereigniseigenschaften auch dann einheitlich erklärt, wenn mehr als eine Schallquelle die Beschaffenheit der Ohrsignale bestimmt.

Ein Ansatz für eine allgemeine Theorie zur Lokalisation ergibt sich, wenn die Lokalisation konsequent als Folge eines Wahrnehmungsprozesses angesehen wird, der allein aufgrund der Hörerfahrung möglich ist. Die Hörerfahrung ergibt sich aus den natürlichen Hörbedingungen. Und unter natürlichen Bedingungen erfolgt das Hören vorwiegend im überlagerten Schallfeld. Störschallquellen aller Art, sehr häufig Reflexionen am Boden oder an den Begrenzungsflächen eines Raumes (Spiegelschallquellen), aber auch eine Vielzahl gleichwertiger Schallquellen, beispielsweise verschiedene Sprecher in der Nähe eines Hörers, erzeugen normalerweise Ohrsignale, die in keiner Weise mit dem Elementarfall einer Einzelschallquelle übereinstimmen. Aber das menschliche Gehör ist in der Lage, unter diesen Schallfeldbedingungen „einen sehr sinnvollen Auswahl-, Ordnungs- und Gliederungsprozeß durchzuführen“ [9], so daß trotz der Überlagerung die entsprechenden Hörereigniszustände zustande kommen können. Bekannte Hörphänomene in diesem Zusammenhang sind das „Gesetz der ersten Wellenfront“ [10] und der „Cocktailparty-Effekt“ [11, 12].

In der vorliegenden Arbeit wird ein Modell für die Lokalisation im überlagerten Schallfeld beschrieben. Es basiert auf dem Ansatz, daß die Lokalisation über einen „Reizmustervergleich zwischen aktuellen Reizen und erlernten Reizmustern“ [9] erfolgt, daß also aufgrund der Hörerfahrung die Hörereigniszustände zustande kommen. Versteht man die Abhängigkeit der Ohrsignale vom Schallquellenort als einen Mechanismus zur Codierung räumlicher Information, so kann die Kenntnis dieser Ohrsignalabhängigkeit als Schlüssel zur Decodierung der räumlichen Information aufgefaßt werden. Im überlagerten Schallfeld stellt sich damit die Lokalisation als Prozeß zur gleichzeitigen Decodierung verschiedener räumlicher Informationen dar. Er gelingt ganz, teilweise oder gar nicht, abhängig von der Anzahl und den Eigenschaften der beteiligten Schallereignisse.

Es zeigt sich, daß die gleichzeitige Decodierung verschiedener räumlicher Informationen im überlagerten Schallfeld auch dann noch gelingen kann, wenn das Schallfeld von den beiden Lautsprechern, die stereofone Signale abstrahlen, hervorgerufen wird [8]. Damit ist das Lokalisationsmodell grundsätzlich geeignet für eine Vorhersage des Hörereignisortes, sowohl für den Fall einer Realschallquelle als auch für den Fall der „Phantom-schallquelle“ bei Stereofonie über Lautsprecher.

Die Kompatibilität raum/kopfbezogener Signale war aber nicht nur hinsichtlich des Hörereignisortes zu klären. Besonders problematisch hat sich die Frage der Hörereignisklangfarbe erwiesen. Es hat bisher kein Lokalisationsmodell gegeben, welches die Wirkung der ausgeprägten Richtcharakteristik des Außenohres (bzw. des Kunstkopfes) auf das Leistungsdichtespektrum des Ohrsignals (bzw. des Kunstkopfsignals) im Hinblick auf die Klangfarbe des Hörereig-

nisses berücksichtigt. In der Literatur ist das Klangfarbenphänomen unter dem Aspekt der wirksamen Übertragungsfunktion des Außenohres überhaupt erst in jüngster Zeit beschrieben worden [6, 8, 13]; entsprechende systematische Hörversuche stehen noch aus.

Welchen Einfluß hat der Prozeß der Decodierung der räumlichen Information auf die Klangfarbe des Hörereignisses? Welche Ohrsignalanteile diskriminiert das Gehör für den Ort und/oder für die Klangfarbe des Hörereignisses? Welche Schallereignismerkmale gewährleisten dies?

Es ist zweckmäßig, an dieser Stelle zunächst den Begriff „Schallereignis“ präzise zu definieren. Bisher ist unklar, wie zwei Schallereignisse überhaupt voneinander unterschieden werden sollen. Betrachtet man entsprechend Blauert [15] ausschließlich „die physikalische Seite des Hörvorgangs“, so kann damit allein die Wirkung von Kopf und Außenohren im Schallfeld gemeint sein. Zwei verschiedene, simultane Schallereignisse sind dann aber nur infolge verschiedener räumlicher Merkmale vorhanden (Orte der Schallquellen, Ausbreitungsrichtungen der Schallwellen usw.). Diese Betrachtung erscheint im überlagerten Schallfeld deshalb nicht sinnvoll, weil der Hörvorgang hier wesentlich durch die Diskriminierbarkeit einzelner Signalanteile gekennzeichnet ist: Zwei räumlich getrennte Lautsprecher z. B. können – abhängig von den Eigenschaften der Sendesignale – entweder zwei simultane Hörereignisse an verschiedenen Orten oder ein einziges Hörereignis an einem dritten Ort erzeugen; weiterhin kann ein einziger Lautsprecher, der zwei „unterschiedliche Sendesignale“ abstrahlt, zwei simultane Hörereignisse erzeugen. Die Auswertungsprozesse im Gehör, die zur Bildung des Hörereignisortes und der Hörereignisgestalt führen, bestimmen stets gemeinsam die Hörereigniseigenschaften; sie beeinflussen sich scheinbar gegenseitig. Die physikalische Seite der Lokalisation ist erst mit Schallereignissen beschreibbar, die sich nicht allein hinsichtlich räumlicher Merkmale gegeneinander abgrenzen lassen. Im folgenden gilt deshalb für den Begriff folgende Definition:

Ein **Schallereignis** ist derjenige Schallanteil, der von einer Einzelschallquelle herrührt und der die Eigenschaft des zugeordneten Hörereignisses hinsichtlich Ort oder Gestalt bestimmt oder beeinflusst.

Wird unter Hörereignis nach Blauert [16] allgemein die „zeitlich, räumlich und eigenschaftlich“ bestimmte auditive Wahrnehmung verstanden, so ergibt sich damit für den Begriff „Lokalisation“ eine Definition, die auch für das überlagerte Schallfeld ausreicht:

Die **Lokalisation** ist das Zuordnungsgesetz zwischen dem Ort eines Hörereignisses außerhalb des Kopfes und bestimmten Merkmalen eines oder mehrerer Schallereignisse.

Das neue Lokalisationsmodell wird „Assoziationsmodell“ genannt. Es entspricht der Auffassung, daß die Wirkungsweise des Gehörs beim räumlichen Hören weniger in abgegrenzten Teilbereichen, sondern sinnvoller „ganzheitlich“ untersucht und verstanden werden kann. Es vermeidet bewußt das in der Nach-

richtentechnik übliche Bestreben, beobachtete Verknüpfungen zwischen Schall- und Hörereignismerkmalen sogleich als Gesetzmäßigkeit bzw. mit Hilfe eines Funktionsmodells zu formulieren (woraus sich die Notwendigkeit zur präzisen Abgrenzung ergibt). Vielmehr trägt es der Erkenntnis Rechnung, daß gerade die Grenzen der Gültigkeitsbereiche sowie mögliche Zusammenhänge einzelner Hörphänomene von besonderem Interesse sein müssen, ebenso verstärkt die Erkenntnisse aus anderen Wissenschaftszweigen, beispielsweise der Neurophysiologie und der Wahrnehmungsforschung. In dieser Hinsicht kann die Anwendung der assoziativen Speichertechnik und Signalverarbeitung neue Möglichkeiten schaffen.

2. Das Assoziationsmodell

Das Assoziationsmodell basiert auf der Hypothese, daß Assoziationsvorgänge ein Grundprinzip der sensorischen Reizverarbeitung darstellen. Im sensorischen System entspricht der hypothetische Assoziationsvorgang der Funktion eines hochwirksamen Filters zur Informationsreduktion, welche zwischen peripherer Rezeption und bewußter Wahrnehmung stattfindet. Gespeicherte Assoziationsmuster, die aufgrund früherer Erfahrungen geprägt werden, bewirken einerseits eine sinnvolle Informationsselektion. Andererseits ermöglichen sie, trotz reduzierter Information die streng determinierten Reizkonfigurationen der Umwelt mit ausreichender Genauigkeit zu erkennen [17, 18].

Können wegen mangelnder Erfahrung, fehlender Adaption oder aus organischen Gründen keine Assoziationen gebildet werden, entstehen anstelle bewußter Wahrnehmungen nur bedeutungslose Empfindungen. Man kennt diese Erscheinung in der Neurophysiologie. Eine Ausschaltung der sogenannten Assoziationsfelder im sensorischen System hat Wahrnehmungsstörungen zur Folge, und zwar fehlt die Fähigkeit, die Sinneseindrücke, die empfunden werden, zu erkennen (Agnosie). Agnosien können sich beim Menschen für verschiedene Sinnesmodalitäten entwickeln. Wird z. B. das akustische Assoziationsfeld (im linken Temporallappen) zerstört, so geht unter anderem das Sprachverständnis verloren. Obwohl der Betroffene noch hören kann, bleibt ihm die Bedeutung des Signals verborgen. Es ist allerdings nicht bekannt, ob sich ebenso die Lokalisationsfähigkeit unterbinden läßt (ein derartiger physiologischer Nachweis einer „Ortsassoziation“ wäre sehr aufschlußreich).

Die Bedeutung von Assoziationsprozessen für bewußte Wahrnehmungen führt auf eine sinnvolle Möglichkeit, die Begriffe „Empfindung“ und „Wahrnehmung“ terminologisch zu trennen:

Empfindungen sind die durch Reize ausgelösten, nicht weiter gliederbaren Sinnesereignisse, die sich gegenüber Lernvorgängen und bewußten oder unbewußten Interpretationen invariant verhalten; sie kommen nicht durch Assoziationen zustande.

Wahrnehmungen sind die durch Reize ausgelösten Sinnesereignisse, die infolge der Sinneserfahrung der Außenwelt zugeordnet auftreten und die deshalb durch Lernvorgänge und bewußte oder unbewußte Interpretationen beeinflusst werden können; sie kommen durch Assoziationen zustande.

Aus dieser Abgrenzung folgt für die Entwicklung von Perzeptionsmodellen, daß grundsätzlich geklärt sein sollte, ob ein Empfindungs- oder Wahrnehmungsmodell den Prozeß beschreiben soll bzw. kann.

Das Grundproblem bei der Untersuchung von Wahrnehmungsvorgängen ist damit die erforderliche Abgrenzung. Hier liegen Fehlerquellen, weil ohne Kenntnis des gesamten Zusammenhanges nicht entschieden werden kann, ob oder mit welcher Einschränkung aus dem Wahrnehmungsprozeß bestimmte Teilbereiche herausgelöst beschrieben werden können.

Es ist mit Vorbehalt wohl möglich, das räumliche Hören abgetrennt von der visuellen Wahrnehmung zu betrachten. Doch wie läßt sich begründen, das Richtungshören abgetrennt vom Entfernungshören zu betrachten? Richtung und Entfernung sind nur Koordinaten des Hörereignisortes; es gibt keine Richtung ohne Entfernung. Ein Modell für das Richtungshören ist kein Wahrnehmungsmodell, es beschreibt deshalb nicht zwangsläufig eine spezielle Funktion des Gehörs beim räumlichen Hören. Ebenso fragwürdig ist die Untersuchung der Lokalisation mit Tönen: Wie könnte das Gehör die Entfernung einer Schallquelle, die einen reinen Ton abstrahlt, bestimmen?

Bei dem zu beschreibenden Lokalisationsmodell wird davon ausgegangen, daß Richtung und Entfernung untrennbare Größen der räumlichen Wahrnehmung sind. Auffällig ist, daß auf dem Gebiet der visuellen Wahrnehmung viele echte Wahrnehmungsmodelle bekannt sind, dagegen für das Hören kaum. Das ist aus neurophysiologischer und informationstheoretischer Sicht nicht einzusehen, denn hier bestehen für das Auge und das Ohr, in ihrer Eigenschaft als Nachrichtenempfänger, keine prinzipiellen Unterschiede. Aber es ist aus zwei Gründen verständlich: Erstens besteht für technische Anwendungen der visuellen Wahrnehmungsmodelle (Datenreduktion durch geeignete Quellencodierung für die Bildübertragung, beispielsweise Nachbildung von Mustererkennungsprinzipien mit Hilfe von Klassifikationsprozessen oder adaptiven Filtern) aus kommerziellen Gründen ein wesentlich größeres Interesse. Zweitens sind Mustererkennungs- und Assoziationsprinzipien beim Sehen offensichtlicher vorhanden als beim Hören.

Das Assoziationsmodell ist durch eine **zweidimensionale Reizverarbeitung** wesentlich gekennzeichnet. Die erste Verarbeitungsstufe wird „Ortsassoziationsstufe“ genannt. Sie ist infolge der Hörerfahrung in der Lage, durch Bildung von Ortsassoziationen solche Ohrsignale zu selektieren, welche ausschließlich durch die Wirkung von Kopf und Ohrmuscheln im (überlagerten) Schallfeld miteinander verkoppelt sind. Im folgenden werden diese Ohrsignalanteile als „Lokalisationsreize“ bezeichnet:

Hinreichend breitbandige Ohrsignale oder Ohrsignalanteile an den Trommelfellen oder beiden Ohren bilden zusammen einen **Lokalisationsreiz**, wenn sie sich hinsichtlich der Zeit- und der spektralen Merkmale einem einzigen Schallereignisort zuordnen lassen.

Die Ortsassoziationsstufe ist im Modell einer zweiten, höher gelagerten zentralen Verarbeitungsstufe

vorgeschalet. Diese sogenannte „Gestaltassoziationsstufe“ enthält die Prozesse, welche die eigenschaftlichen Merkmale des Hörereignisses mit Ausnahme der räumlichen Merkmale bestimmen.

Die konsequente Unterscheidung der beiden Verarbeitungsstufen entspricht völlig den beiden elementaren Bereichen der Hörerfahrung: Die empfangenen Ohrsignale sind zurückzuführen auf die beiden voneinander unabhängigen, stets paarweise auftretenden Schallquelleneigenschaften „Ort“ und „Signal“. Demzufolge sind im Modell die auftretenden Hörereignisse zurückzuführen auf die Wirkung einer ortsbestimmenden und einer gestaltbestimmenden Verarbeitungsstufe.

Beide Stufen müssen durchlaufen werden, damit der Reiz zu einer Wahrnehmung führt. Beide Prozesse bestimmen also stets gemeinsam die Eigenschaften eines Hörereignisses; auch die **gestaltbestimmende** Verarbeitungsstufe ist damit ein Element des **Lokalisationsmodells**. Man erkennt, daß beispielsweise der oben erwähnte Zusammenhang zwischen Hörereignisort und Hörereignisklangfarbe prinzipiell vom Assoziationsmodell erfaßt wird.

2.1. Die Lokalisationsreizselektion

Die Ortsassoziationsstufe des Modells hat die Eigenschaft, einen empfangenen Reiz vorzugsweise als Lokalisationsreiz zu deuten, das heißt sie vergleicht spontan den aktuellen Reiz mit Reizmustern, welche infolge der Erfahrung bestimmten Hörereignisorten zugeordnet sind. Nur ein Lokalisationsreiz führt zur Lokalisation. Er liegt vor, wenn die Ohrsignalmerkmale hinsichtlich Zeit und Spektrum mit der Erfahrung vereinbar sind. Damit ist das Gehör in der Lage, aus einer Summe von Signalen die für einen Schallquellenort charakteristischen Signalanteile zusammenzufassen und geschlossen weiterzuleiten (Lokalisationsreizselektion). „Geschlossen weiterleiten“ heißt dabei: Die Lokalisationsreizselektion läßt sich als Fusionsprozeß interpretieren, welcher die binauralen Signalanteile einer bestimmten Schallquelle untrennbar vereint und mit der umcodierten, zur Wahrnehmung führenden räumlichen Information versieht. Die Lokalisationsreizselektion wirkt im überlagerten Schallfeld als Filter zur gleichzeitigen Diskrimination einzelner Sendesignale.

Diese Funktion der hypothetischen Ortsassoziationsstufe läßt sich wahrscheinlich nicht mit Operatoren nachbilden, die nach unserem heutigen Wissen physiologisch möglich sind. Vielmehr sollen die Leistungsmerkmale dieser Verarbeitungsstufe – soweit wie möglich – mit Mitteln der linearen Systemtheorie beschrieben werden, und in diesem Rahmen auch nur für maximal zwei Schallereignisse beliebiger räumlicher Konstellation. Als grobes Schema wird ein steuerbares Filter angenommen, dessen Übertragungsfunktion sich invers zur ortsabhängigen Übertragungsfunktion des Außenohres verhält. Die Bestimmung der momentan wirksamen Übertragungsfunktion geschieht durch Mustererkennungsprozesse.

2.1.1. Die räumliche Decodierung

Das Gehör besteht aus einem Auswertesystem mit zwei Eingangskanälen. Den Eingangskanälen ist ein gemeinsames lineares Netzwerk vorgeschaltet, dessen Übertragungsfunktion M sich aus der Wirkung

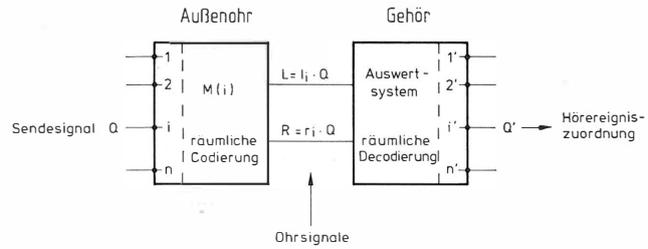


Bild 1
Das räumliche Übertragungssystem des Gehörs

des Kopfes und der Außenohren im Schallfeld ergibt. M ist eine Funktion des Schallquellenortes i, welche die Ohrsignale definiert miteinander verknüpft („räumliche Codierung“). Liegt am Eingang i der Matrix M(i) ein Sendesignal Q an, so treten an den Eingängen des Auswertesystems die verknüpften Signale der Form $l_i \cdot Q = L$ und $r_i \cdot Q = R$ auf (l_i, R_i = akustische Übertragungsfaktoren bei Beschallung vom Ort i für das linke Ohr bzw. rechte Ohr); nach erfolgter räumlicher Decodierung erscheint die Antwort Q' am zugeordneten Ausgang i' (Bild 1).

Man kann nun zeigen [19], daß unter bestimmten Bedingungen eine inverse Matrix M^{-1} existiert, welche die Verknüpfung der Ohrsignale, die infolge der Matrix M auftritt, wieder vollständig aufhebt. Es ist also im Gehör ein Auswertesystem zur räumlichen Decodierung denkbar, das beispielsweise auf adaptivem Wege die Übertragungsfunktion M^{-1} annimmt. Hierzu sind lediglich Kenntnisse der interauralen Übertragungsfunktion notwendig. Damit ist zunächst auf einfachem Wege der systemtheoretische Nachweis möglich, daß im überlagerten Schallfeld prinzipiell zwei Schallquellen gleichzeitig diskriminierbar sind, sofern über hinreichend verschiedene elektroakustische Übertragungsfaktoren übertragen wird. Das Gehör kann theoretisch die Signalanteile trennen, die von dem Lautsprecher A und dem Lautsprecher B einer stereofonen Anordnung herrühren.

Zur genaueren Betrachtung der räumlichen Decodierung gibt Bild 2 die Strukturen der zueinander inversen Netzwerke wieder. Die Schallquellen erzeugen an den Trommelfellen die Summensignale

$$L = l_1 \cdot A + l_2 \cdot B \tag{1}$$

bzw.

$$R = r_2 \cdot B + r_1 \cdot A, \tag{2}$$

wobei $l_{1,2}$ und $r_{1,2}$ die ortsabhängigen elektroakustischen Übertragungsfaktoren für das linke bzw. rechte Ohr darstellen (Quelle A befindet sich am Ort 1,

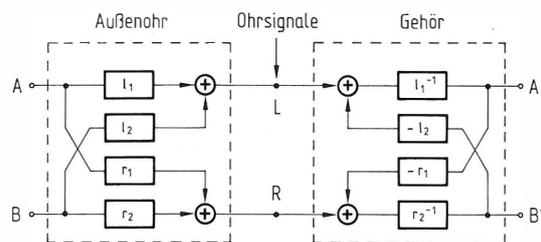


Bild 2
Räumliche Codierung und Decodierung bei zwei Schallquellen

Quelle B am Ort 2). Das Außenohr wirkt als Matrix M , die dem Signal der Quelle A bzw. B die räumliche Codierung aufprägt. Die räumliche Decodierung im Gehör geschieht nach erfolgter Mustererkennung in der angepaßten Matrix M^{-1} , deren inverse Übertragungsfunktion mit den Gleichungen

$$A' = \frac{r_2 \cdot L - l_2 \cdot R}{l_1 \cdot r_2 - r_1 \cdot l_2}, \quad (3)$$

$$B' = \frac{l_1 \cdot R - r_1 \cdot L}{l_1 \cdot r_2 - r_1 \cdot l_2} \quad (4)$$

beschrieben werden kann. Durch Einsetzen der Gleichungen (1) und (2) in (3) bzw. (4) ist die räumliche Decodierung nachgewiesen:

$$A' = \frac{r_2 \cdot l_1 \cdot A + r_2 \cdot l_2 \cdot B - l_2 \cdot r_2 \cdot B - l_2 \cdot r_1 \cdot A}{l_1 \cdot r_2 - r_1 \cdot l_2} = A, \quad (5)$$

$$B' = \frac{l_1 \cdot r_2 \cdot B + l_1 \cdot r_1 \cdot A - r_1 \cdot l_1 \cdot A - r_1 \cdot l_2 \cdot B}{l_1 \cdot r_2 - r_1 \cdot l_2} = B. \quad (6)$$

Die räumliche Decodierung kann demnach mit Hilfe eines linearen Netzwerkes erfolgen, das sich in der geschriebenen Form „an den Schallquellenort angepaßt“ verhält. Es ist an dieser Stelle ohne Belang, ob die Anpassung mit einem variablen Netzwerk oder mit variablen Bewertungsfaktoren an den Ausgängen einer Bank von Netzwerken nachgebildet wird.

Das Wesen der Lokalisation liegt offenbar in einem Erkennungsprozeß, der die Information für die optimale Anpassung liefern kann und damit erst die **Voraussetzung** schafft für eine Isolation bestimmter Signalmuster.

Das Wesen der Lokalisation soll deshalb in einem Erkennungsprozeß liegen, der zur Selektion führt. Ganz entsprechend enthält das Funktionsschema der Ortsassoziationsstufe einen Baustein „Mustererkennung“, der die Information für die optimale Filteranpassung liefert. Der Mustererkennungsprozeß schafft die Voraussetzung für eine Isolation bestimmter Signalmuster.

2.1.2. Die assoziative Mustererkennung

Eine wichtige Arbeitshypothese zur Entwicklung entsprechender Modelle für die Mustererkennung stellt die Annahme dar, daß bestimmte aktuelle Reize ganz bestimmte Assoziationsprozesse auslösen. Diverse adaptive Vorgänge bei der Lokalisation legen nahe, daß sich der Zusammenhang zwischen Hörereignis- und Schallereigniseigenschaft mit Assoziationsprozessen erklären läßt [8]. Das gleiche gilt für verschiedene „Lokalisationsfehler“. Wenn Assoziationsprozesse bewirken, daß Hörereignisort und Schallquellenort normalerweise deckungsgleich auftreten, so müssen entsprechende Lokalisationsabweichungen gerade mit diesen Assoziationsprozessen erklärbar sein. Tatsächlich scheint das nicht nur für das Phänomen „Phantomschallquelle“ zuzutreffen [20]. Folgende weitere Beispiele für Divergenzen zwischen Hörereignisort und Schallquellenort entstehen unter speziellen, widernatürlichen Umständen:

1. Die Hörereignisrichtung in der Medianebene steht im direkten Zusammenhang mit dem Signalspek-

trum; sie verhält sich bei schmalbandigen Signalen von der Schalleinfallrichtung unabhängig. Die Abhängigkeit vom Spektrum läßt sich aus den linearen Verzerrungen ableiten, die vom Außenohr verursacht werden (Blauert [16]) und zur Prägung von richtungsbestimmenden Reizmustern führen.

2. Die Hörereignisentfernung steht bei Signalkennntnis im direkten Zusammenhang mit Signalpegel und -spektrum [21]. Bei Lautsprecherdarbietung im kleinen Schallfeld verhält sie sich abhängig von der Hörererfahrung [9]: Entscheidend ist das Verhältnis der Lautheit und Klangfarbe zur assoziierten Lautstärke und „Tonlage“ der Schallquelle.
3. Die Hörereignisrichtung entspricht nicht der Schalleinfallrichtung bei Fehlanpassung an die bisherige Hörererfahrung, beispielsweise nach plötzlicher Normalisierung eines einseitig krankhaft veränderten Gehörs (Operation, [22]).
4. Der Hörereignisort läßt sich, in bestimmten Grenzen unabhängig vom Schallquellenort, durch Assoziationslenkung beeinflussen, beispielsweise durch begleitende akustische oder optische Reize (z. B. [14, 23 („räumliche Komplikation“), 24, 25, 26]).
5. Die vielfältigen Ursachen der Im-Kopf-Ortung lassen sich zusammenfassen, wenn man davon ausgeht, daß die Lokalisation über einen Reizmustervergleich zwischen aktuellem Reiz und erlernten Reizmustern erfolgt [27, 28]. Im-Kopf-Ortung tritt auf, sobald der Reiz sich nicht einem ortsbestimmenden Reizmuster zuordnen läßt; sie kann durch Assoziationslenkung verhindert werden (z. B. optische Information, [29]).

Bevor das vollständige Lokalisationsmodell entwickelt wird, soll die Bedeutung des Assoziationsprinzips auf anderen Forschungs- und Anwendungsgebieten kurz umrissen werden. Es zeigt sich dabei, daß wesentliche Bereiche des Wahrnehmungsprozesses mit einer Art „assoziativen Mustererkennung“ erklärt und auch in stark vereinfachter Form beschrieben werden können, daß andererseits jedoch Assoziationsvorgänge – beispielsweise aus neurophysiologischer Sicht – in der nervösen Verarbeitung des zentralen Nervensystems nicht einheitlich als erwiesen gelten.

Aus wahrnehmungspsychologischer und informationstheoretischer Sicht geben Assoziations- und Mustererkennungsmechanismen aber die oft einzig mögliche Erklärung bestimmter Phänomene der auditiven (und visuellen) Wahrnehmung. Dazu gehört z. B. die Erscheinung der „simultanen Hörereignisse“ bei Darbietung verschiedener Signale über einen Lautsprecher. Das entspricht nachrichtentechnisch dem Empfang getrennter Signale nach Übertragung über einen einzigen Kanal mit der Bandbreite eines Signals. Diese grundlegende Fähigkeit unseres Gehörs ist leicht nachzuweisen und nachrichtentechnisch wohl nur mit der informationsreduzierenden Wirkung von Mustererkennungsmechanismen erklärbar.

Assoziative Mustererkennung ist ein Prozeß, der ein aktuelles Muster mit einem gespeicherten Muster verknüpft, selbst dann, wenn nur Teile des

gespeicherten Musters im aktuellen Muster enthalten sind.

Dieser bis heute noch hypothetische Mechanismus ist seit langer Zeit auf mehreren Forschungsgebieten Gegenstand des Interesses, so besonders in der Kybernetik, vergleiche Flechtner [30]. In der Neurophysiologie wird die Existenz eines „sensorischen Assoziationsystems“ für die Verarbeitung der sensorischen Erregungen im zentralen Nervensystem vermutet (z. B. [31]); es gilt indes als nahezu unerforscht. Die hier erkennbaren Vorstellungen sind stark beeinflusst von kybernetischen Modellen. Besonders in jüngerer Zeit versucht man intensiv, die speziellen Fähigkeiten des menschlichen Gehirns nachzubilden, um sie zu untersuchen oder technisch anzuwenden. Assoziative Informationsspeicherung und assoziativer Informationsruf stellen dabei offenbar ein Grundprinzip der Verarbeitung dar [32 bis 40].

Ein „Modell eines neuronalen Netzwerkes“ von Wigstroem [41] beispielsweise:

„... das für die Beschreibung der Gehirnrinde gedacht ist, besteht aus einem Netzwerk von Zellen, die von erregendem und hemmendem Typ sind. Es hat die Fähigkeit für assoziatives Lernen. Es wird gezeigt, daß unter geeigneten Bedingungen das Ausgangsmuster von nur einer Hauptkomponente gebildet wird, auch wenn das erregende Eingangsmuster aus einem Gemisch von mehreren Mustern, die beim Lernprozeß Verwendung fanden, besteht. Diese Hauptkomponente ist ein Teil des speziellen Ausgangsmusters, das beim Einlernen mit dem Eingangsmuster assoziiert wurde. Das Verhalten wird durch einen dynamischen Prozeß erreicht, in dem die Musterseparationseigenschaften der Rückkopplungskreise eine wichtige Rolle spielen. Die Funktion des Modells kann als Mustererkennung betrachtet werden.“

Als weiteres Beispiel sei die Arbeit von Willwacher [42] angegeben, der die „Fähigkeiten eines assoziativen Speichersystems im Vergleich zu Gehirnfunktionen“ untersuchte. Das vorgestellte Netzwerk vermag in stark vereinfachter Weise Leistungen des menschlichen Gehirns nachzuahmen: parallele Assoziation (vollständiger Aufruf eines Musters durch Eingabe eines Teils des Musters), serielle Assoziationen (Aufruf einer zeitlichen Mustersequenz durch Eingabe eines Anfangsmusters), Zuordnung eines unbekanntes (nicht gespeicherten) Musters, Zuordnung von Mustern aus zwei Systembereichen, Assoziation einer wahrscheinlichen Musterfolge, Störung des Assoziationsvorgangs, „Eselsbrücke“, „Abstraktion des Gemeinsamen“, „Umlernen“, „produktiver Einfall“.

Diesen und anderen kybernetischen Ansätzen ist gemeinsam, daß die verwendeten Systembausteine ein den realen Neuronen analoges Verhalten zeigen. Da bis heute keine bis ins einzelne gehenden Befunde der Neurologie über die Struktur des Gehirns und die Art der Mustererkennung vorliegen, synthetisiert man mit Hilfe der bekannten Bausteine entsprechende Gehirnleistungen, um daraus Hypothesen zur Gehirnfunktion zu gewinnen. Die zentrale Hypothese lautet, daß Assoziationsvorgänge ein Grundprinzip der sensorischen Reizverarbeitung darstellen.

2.1.3. Ein Funktionsschema der Ortsassoziationsstufe

Die Ortsassoziationsstufe leistet die Lokalisationsreizselektion. Der Verarbeitungsprozeß dieser Stufe läßt sich beispielsweise mit der Wirkung eines ortsabhängigen Filters beschreiben, dessen Parameter

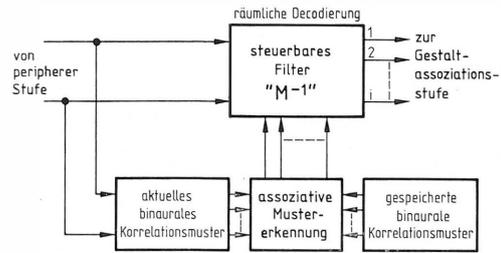


Bild 3

Funktionsschema der Ortsassoziationsstufe

Das adaptive Filter „M-1“ erzielt die räumliche Decodierung entsprechend Bild 1, sobald die assoziative Mustererkennung erfolgt

aufgrund der assoziativen Mustererkennung gesteuert werden. Als zweckdienliches Signalmuster für den Erkennungsprozeß wird ein in [8] definiertes „binaurales Korrelationsmuster“ gewählt. Das Funktionsschema gibt Bild 3 wieder.

Es sei angenommen, daß die Verknüpfung zwischen Ein- und Ausgangssignal das Verhalten dieser hypothetischen Verarbeitungsstufe beschreibe. Das Schema soll nicht die innere Struktur der sensorischen Verarbeitung nachbilden. Die Funktion der Stufe setzt voraus, daß der Erfahrungsprozeß stattgefunden hat, daß also das gespeicherte binaurale Korrelationsmuster vorliegt.

Kennzeichnend ist die selektive Eigenschaft. Das von der peripheren Stufe ankommende Signal enthält eine Rauminformation und eine Gestaltinformation (einer Schallquelle). Die Rauminformation wird mit Hilfe des Mustererkennungsprozesses erkannt, die Gestaltinformation mit Hilfe des adaptiven Filters „M-1“ diskriminiert und der Gestaltassoziationsstufe zugeführt. Mit anderen Worten: Das ankommende Signal wird mit Hilfe des ortsangepaßten Filters „M-1“ von der Beeinflussung durch das Außenohr entsprechend dem Schallquellenort befreit, die Bewertung des Sendesignals durch die wirksame Übertragungsfunktion wird aufgehoben, das reine Sendesignal sowie die gewonnene Richtungs- und Entfernungsinformation werden **getrennt** weitergeleitet.

2.2. Die Wirkungsweise des Assoziationsmodells

Die vorangegangenen Überlegungen führen auf das in Bild 4 gezeigte Funktionsprinzip des Assoziationsmodells. Es umfaßt neben der peripheren Stufe, in der die Ohrsignale zunächst mit Hilfe von Filterbänken im Bereich etwa konstanter relativer Bandbreite spektral zerlegt werden (vergleiche [15, 43, 44, 45]), die beiden zentralen Verarbeitungsstufen Ortsassoziationsstufe und Gestaltassoziationsstufe. Jeder der beiden Verarbeitungsprozesse geschieht auf dem Wege einer assoziativ gesteuerten Musterselektion: Bestimmte Ohrsignale lösen nach der peripheren Verarbeitung in der ersten zentralen Stufe eine Ortsassoziation und in der höhergelagerten Stufe eine Gestaltassoziation aus.

Beide zentralen Auswertungsstufen enthalten die im Prinzip gleichen Verarbeitungsmechanismen. Ebenso wie der für die Ortsassoziationsstufe bereits beschriebene Mechanismus zur Lokalisationsreizselektion enthält die Gestaltassoziationsstufe einen Mechanismus zur Selektion der Gestalt.

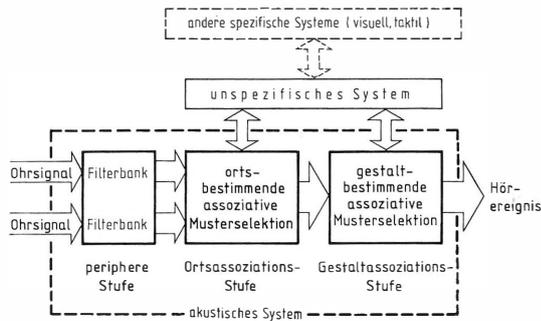


Bild 4
Das Funktionsprinzip des Assoziationsmodells

Geht man davon aus, daß beide Assoziationsprozesse nur aufgrund verschiedener gespeicherter Merkmalsmuster unterschiedlich wirken, so kann von den Fähigkeiten der Gestaltassoziationsstufe in bestimmten Grenzen [8] auf die Fähigkeiten der Ortsassoziationsstufe geschlossen werden: Die Fähigkeit der Gestaltassoziationsstufe beispielsweise, zwei (oder mehr) Schallereignisse auch bei identischer räumlicher Eigenschaft gleichzeitig diskriminieren zu können, entspricht der hypothetischen Fähigkeit der Ortsassoziationsstufe, zwei (oder mehr) Schallereignisse bei identischer Gestalteeigenschaft gleichzeitig diskriminieren zu können.

Die Grenzen der Lokalisationsreizselektion sind aus informationstheoretischer Sicht erreicht, wenn die Informationsreduktion, die bei der assoziativen Signalverarbeitung erreicht wird, optimal genutzt wird. Sie sind in [8] in Hinblick auf die gleichzeitige Diskriminierbarkeit von **zwei** bestimmten Schallereignissen beliebiger räumlicher Konstellation näher untersucht worden.

Es wird angenommen, daß die Funktion des akustischen Assoziationsystems von einem sogenannten „unspezifischen System“ im Sinne einer Assoziationslenkung beeinflusst wird. (In der Neurophysiologie weiß man, daß dieses „Retikulärsystem“ mit allen Bereichen des Großhirns in Verbindung steht und man vermutet, daß es eine Koordination der Erregungsverarbeitung, beispielsweise der Verarbeitung akustischer und optischer Erregungen, sowie eine bewußtseins- und aufmerksamkeitsabhängige Erregungsauswahl bewirkt; vergleiche Caspers [31].) Beide Verarbeitungsstufen des akustischen Systems sind Bestandteil des Kurzzeitgedächtnisses und des Langzeitgedächtnisses; sie wirken im Sinne der für den Wahrnehmungsvorgang notwendigen Informationsreduktion.

Die Eigenschaft der Ortsassoziationsstufe ergibt sich aus der bereits beschriebenen Lokalisationsreizselektion, die sich als Wirkung eines adaptiven Filters auffassen läßt, das die räumliche Decodierung entsprechend den Gleichungen (5) und (6) vornimmt, sofern der entsprechende Mustererkennungsprozeß die für die Steuerung des Filters notwendige Information liefern kann.

Die Gestaltassoziationsstufe hat die Eigenschaft, einen empfangenen Reiz unabhängig von seiner räumlichen Information zu verarbeiten. Diese Stufe repräsentiert alle Mechanismen, die für eine inhalt-

liche Wahrnehmung des Reizes erforderlich sind und deren Teilbereiche für eine Vielzahl unterschiedlicher Hörphänomene verantwortlich sind. Hierzu gehören Mechanismen der Signalverschmelzung sowie der Erkennung und Bewertung von Musik und Sprache.

Von Bedeutung für das räumliche Hören sind im Assoziationsmodell die Gesetzmäßigkeiten der binauralen Signalerkennung (BMLD und BILD, siehe Blauert [15]), die der Gestaltassoziationsstufe zugeschrieben werden. Entsprechende Modelle, z. B. das „Akkumulationsmodell“ von Schenkel [46], das „EC-Modell“ von Durlach [47] oder das „Korrelationsmodell“ von Osman [48], sind also der Lokalisationsreizselektion nachgeschaltet.

Das Modell zur Tonhöhenwahrnehmung von Klängen von Terhardt [49] läßt sich besonders gut mit der assoziativen Verarbeitung der Gestaltassoziationsstufe vereinbaren. Es basiert ebenfalls auf Verarbeitungsprozessen, die sich aus der angelesenen Kenntnis der Tonhöhenbeziehungen ergeben. Auch die Tonhöhen von Klängen werden hier als Hörereigniseigenschaft aufgefaßt, die – unter bestimmten Voraussetzungen – infolge der Hörerfahrung wahrgenommen wird. Im Sinne des Assoziationsmodells geschieht dies, nachdem durch die Wirkung der Ortsassoziationsstufe die spektralen Informationen, die aufgrund der Übertragungsfunktion des Außenohres auftreten, eliminiert werden.

Das Assoziationsmodell sagt voraus, daß die Tonhöhenwahrnehmung von Klängen ebenso wie die Wahrnehmung der Klangfarbe unabhängig ist vom Schallquellenort. Diese Erkenntnis entspricht der Erfahrung, wurde aber noch nicht experimentell belegt. Sie ergibt sich aus der Wirkung der Ortsassoziationsstufe: Wegen der Lokalisationsreizselektion gelangt allein das diskriminierte Sendesignal an die Gestaltassoziationsstufe; erst hier erfolgen die Prozesse, die zur Tonhöhen- und Klangfarbenwahrnehmung führen.

3. Diskussion und Konsequenzen des Modells

3.1. Summenlokalisierung

Ein wichtiger Spezialfall der Lokalisation im überlagerten Schallfeld liegt bei Stereophonie über Lautsprecher vor. Kennzeichnendes Merkmal dieser Technik ist offenbar die Tatsache, daß Hörereignisort und Schallquellenorte nicht übereinstimmen. Man spricht dann pauschal von einer „Phantomschallquelle“, weil ein Hörereignis dort wahrgenommen wird, wo sich keine Schallquelle befindet.

Im Sinne der vorangestellten Definition kann aber das Wort „Schallquelle“ nicht zur Beschreibung des Hörereignisraumes herangezogen werden. Die Phantomschallquelle wird deshalb in der Literatur auch im Sinne einer „gedachten Schallquelle“ verstanden, mit deren Hilfe man die physikalische Seite der Lokalisation zu beschreiben sucht. Man geht davon aus, daß die Phantomschallquelle grundsätzlich eine Ersatzschallquelle darstellt, in deren Schallfeld am Hörort die gleichen Ohrsignalmerkmale erzeugt werden wie im überlagerten Schallfeld.

Alle bekannten Phantomschallquellentheorien basieren gemeinsam auf der grundsätzlichen Annahme, daß „Summenlokalisierung“ [50] stattfindet. Darunter

wird die Vorstellung verstanden, daß aus den Schallfeldüberlagerungen an den Ohren Summensignale resultieren, deren Komponenten das Gehör nicht mehr trennen kann. Man vermutet deshalb bei der Lokalisation einer „Phantomschallquelle“ und bei der Lokalisation einer entsprechenden, am Ort der Phantomschallquelle befindlichen Realschallquelle eine Äquivalenz der Ohrsignalmerkmale am linken Ohr bzw. am rechten Ohr. In den Arbeiten über Summenlokalisation werden verschiedene Äquivalenztheorien beschrieben, deren Gültigkeitsbereiche sich jedoch auf das Richtungshören beschränken, oft sogar speziell auf das Richtungshören in der Horizontalebene [7, 51, 52, 53, 54].

Gegen das hypothetische Prinzip der Summenlokalisation wurde erst in jüngster Zeit ein „spektraler Einwand“ formuliert [8, 20]. Er besagt, daß die spektralen Eigenschaften der Ohrsignale, die aus der Schallfeldüberlagerung resultieren, sich nicht mit den Eigenschaften des zugeordneten Hörereignisses vereinbaren lassen. Weder die Entfernung, noch die Elevation, noch die Klangfarbe des Hörereignisses „Phantomschallquelle“ lassen sich den resultierenden Summensignalen an den Ohren unter der Annahme zuordnen, daß diese Ohrsignale einen einzigen Lokalisationsreiz darstellen. Vielmehr sind diese Eigenschaften des Hörereignisses „Phantomschallquelle“ von den Lokalisationsreizen bestimmt, die die Lautsprecher signale getrennt hervorrufen. Einzelheiten dazu sind in [8] ausführlich beschrieben.

Die Phantomschallquelle läßt sich hinsichtlich der an den beiden Ohren wirksamen Spektren nicht als Ersatzschallquelle auffassen. Diese Erkenntnis steht im Widerspruch zu den Summenlokalisationstheorien, wird dagegen vom Assoziationsmodell vorhergesagt: Infolge der Lokalisationsreizselektion werden die Lautsprecher signale aufgrund der unterschiedlichen Lautsprecherorte zunächst diskriminiert (Wirkung der Ortsassoziationsstufe). Erst nach erfolgter räumlicher Decodierung verschmelzen die Reize, weil die Lautsprecher hinreichend ähnliche Signale abstrahlen (Wirkung der Gestaltassoziationsstufe). Detaillierte Angaben findet man in [5, 8, 20].

Besonders in der Phantomschallquellsituation wird deutlich, daß der Hörereignisort (Richtung, Entfernung und Elevation) nicht einem Verarbeitungsprozeß zugeschrieben werden kann, welcher der Lokalisation einer entsprechenden Ersatzschallquelle gleichkommt. Das Assoziationsmodell befindet sich mit diesem Sachverhalt in Übereinstimmung, weil nicht grundsätzlich der eigentliche ortsbestimmende Verarbeitungsprozeß den Hörereignisort festlegt. Vielmehr führen im Modell die Ortsassoziationen nur in Verbindung mit zugeordneten Gestaltassoziationen zu Hörereignissen; es gibt keinen Hörereignisort ohne zugeordnete Hörereignisgestalt.

3.2. Ersatzschallquelle oder Phantomschallquelle?

Unterschiedliche Verarbeitungsprozesse im Gehör können also im Prinzip identische Hörereignisorte hervorbringen. Dies geschieht abhängig von den Ohrsignalen immer dann, wenn unterschiedliche Orts- und Gestaltassoziationen in ihrer Gesamtwirkung zur gleichen Lokalisation führen. Zwei Lautsprecher in Stereostandardaufstellung beispielsweise können

mit bestimmten Signalen genau die Ohrsignale erzeugen, die eine Realschallquelle verursachen würde (z. B. Tradis-Verfahren [55]); der Hörereignisort kommt als Folge einer Ortsassoziation zustande, die fiktive Schallquelle ist eine **Ersatzschallquelle**. Zwei andere Lautsprecher signale können aber auch ein Schallfeld erzeugen, welches entsprechend der wirksamen Schallereignisorte zwei Ortsassoziationen auslöst und dennoch den gleichen Hörereignisort wie im ersten Fall verursacht; die fiktive Schallquelle ist in diesem Fall eine **Phantomschallquelle**.

Kommt die Lokalisation eines Hörereignisses im überlagerten Schallfeld als Folge einer einzigen Ortsassoziation zustande, ist die fiktive Schallquelle eine **Ersatzschallquelle**.

Kommt die Lokalisation eines Hörereignisses im überlagerten Schallfeld als Folge von wenigstens zwei Ortsassoziationen zustande, so ist das Hörereignis die Folge einer **Phantomschallquelle**.

Aus diesen Definitionen leiten sich zwei weitere ab, die für die Beurteilung stereofoner Übertragungsverfahren von Bedeutung sind:

Kopfbezogene Stereophonie liegt unabhängig von der Beschallungsart immer dann vor, wenn eine Ersatzschallquelle existiert.

Raumbezogene Stereophonie liegt unabhängig von der Beschallungsart immer dann vor, wenn eine Phantomschallquelle existiert.

Wie sich zeigen wird, ermöglichen die Definitionen eine zweckmäßige Systemübersicht für die unterschiedlichen Möglichkeiten stereofoner Übertragung. Die Definitionen sind zweckmäßig, weil sie sich unmittelbar aus der Funktion des Gehörs ableiten. Die Funktion des Gehörs bei der Lokalisation im überlagerten Schallfeld wird mit dem Assoziationsmodell, keinesfalls aber mit Summenlokalisationsmodellen ausreißend einheitlich und allgemeingültig beschrieben.

Diese Aussage des Assoziationsmodells entspricht nicht dem in der Literatur zu findenden Verständnis über die Funktion des Gehörs beim räumlichen Hören. Man geht bisher davon aus, daß der überaus komplexe Prozeß, der zur Lokalisation führt, eindeutig beschreibbar sein müsse, wenn nur die räumlichen Eigenschaften des Hörereignisses eindeutig festliegen. Die Vorstellung ist unrichtig, weil unterschiedliche Ohrsignale die gleichen räumlichen Hörereigniseigenschaften hervorrufen können, sobald mehr als eine Schallquelle das Hörereignis bestimmt. Man geht weiterhin davon aus, daß der Lokalisationsprozeß grundsätzlich auf die Wirkung einer ortsbestimmenden Verarbeitungsstufe im Gehör zurückführbar sein müsse. Diese Vorstellung ist nicht zwingend und erscheint unwahrscheinlich, weil dann die ortsbestimmende Verarbeitungsstufe bestimmte Ohrsignale unterschiedlich interpretieren würde.

Demgegenüber ergeben sich die Zusammenhänge beim räumlichen Hören nach dem Assoziationsmodell wie folgt:

1. Eine Einzelschallquelle ruft in der ortsbestimmenden Stufe (unter bestimmten Bedingungen) eine Ortsassoziation hervor, welche allein den Hörereignisort festlegt.

2. Zwei Schallquellen, die hinsichtlich Ort und Sendesignal verschieden und unabhängig sind, rufen (unter bestimmten Bedingungen) in der ortsbestimmenden Stufe zwei Ortsassoziationen und in der gestaltbestimmenden Stufe zwei Gestaltassoziationen hervor. Entsprechend der Schallereignisse sind auch die Hörereignisse hinsichtlich Ort und Gestalt „entkoppelt“, so daß die Lokalisation allein auf die Wirkung der Ortsassoziationsstufe zurückzuführen ist.
3. Zwei Schallquellen, die nur hinsichtlich des Ortes verschieden und hinsichtlich des Sendesignals verkoppelt sind, rufen (unter bestimmten Bedingungen) in der ortsbestimmenden Stufe nach wie vor zwei Ortsassoziationen hervor. In der Gestaltassoziationsstufe kann aber entsprechend der Verkopplung der Sendesignale keine Entkopplung stattfinden. Da ein Hörereignis grundsätzlich von beiden Verarbeitungsstufen bestimmt ist, treten infolge der gemeinsamen Gestalteigenschaften entsprechend verkoppelte Hörereignisse auf. Identität der Sendesignale führt deshalb zur vollständigen Hörereignisverschmelzung, also auch zur Verschmelzung der Hörereignisorte. In diesem Fall muß die Lokalisation sowohl auf die Wirkung der Orts- als auch der Gestaltassoziationsstufe zurückgeführt werden.

Allgemein gilt, daß die Lokalisation nur dann mit der Funktion einer ortsbestimmenden Verarbeitungsstufe erklärt werden kann, wenn allein ein Lokalisationsreiz zur Bildung des Hörereignisses beiträgt. Ein Lokalisationsreiz liegt vor, wenn hinreichend breitbandige, binaurale Ohrsignale ausschließlich durch die Wirkung von Kopf und Außenohren im Schallfeld miteinander verkoppelt sein können.

3.3. Gesetz der ersten Wellenfront, Cocktailparty-Effekt

Die grundsätzliche Unterscheidung einer ortsbestimmenden und einer gestaltbestimmenden Verarbeitungsstufe im Gehör führt auf ein besonderes Verständnis für Hörphänomene, die im überlagerten Schallfeld auftreten. Speziell solche Erscheinungen, die von der Beziehung der Sendesignale abhängen (Phantomschallquelle, Gesetz der ersten Wellenfront, Cocktailparty-Effekt), lassen sich im Assoziationsmodell infolge der „zweidimensionalen“ Verarbeitung prinzipiell erklären. Die Ortsassoziationsstufe diskriminiert einzelne Sendesignale aufgrund der räumlichen Informationen; erst die Reizantworten dieser Stufe unterliegen in der nachfolgenden Stufe der gestaltbestimmenden Verarbeitung, erst hier kommt also die Beziehung der Sendesignale zur Wirkung. Sofern die beteiligten Sender selegierbare und simultane Lokalisationsreize hervorrufen, können bei festen Sendeorten durch Verändern der Sendesignalbeziehungen nur die Gesetzmäßigkeiten der Gestaltassoziationsstufe untersucht werden, – und zwar auch dann, wenn die Sendesignalbeziehungen den Hörereignisort beeinflussen.

3.3.1. Das Gesetz der ersten Wellenfront

Die Horizontalrichtung einer Phantomschallquelle hängt von der eingefügten Laufzeit- und/oder Pegeldifferenz der beiden breitbandigen Lautsprechersignale ab. Diese Erscheinung (Laufzeitstereofonie

ebenso wie Intensitätsstereofonie) erklärt das Assoziationsmodell mit der Lokalisationsreizselektion einerseits und mit den Gesetzmäßigkeiten der Gestaltassoziationsstufe andererseits: Der erste Lokalisationsreiz (bzw. derjenige größerer Intensität) an der Gestaltassoziationsstufe hat ein größeres Gewicht. Im Zusammenhang mit Kompatibilitätsfragen bei Kunstkopfstereofonie wird hierüber ausführlich in [5] berichtet.

Die jeweils zuerst an der Gestaltassoziationsstufe eintreffenden Reizantworten dominieren im Verarbeitungsprozeß dieser Stufe, die späteren werden gedämpft; dies um so mehr, je größer die Zeitdifferenz der eintreffenden Lokalisationsreize wird. Erst nach Überschreitung einer Zeitdifferenz von etwa 10 bis 30 ms bekommt der nacheilende Lokalisationsreiz wieder zunehmendes Gewicht, er wird oberhalb der Echoschwelle (Definition z. B. in [15]) als getrenntes Hörereignis wahrnehmbar. Darüber hinaus vermittelt das Modell, daß im gesamten Zeitdifferenzbereich zwischen 0 und 10 bis 30 ms kein prinzipieller Unterschied in der Reizauswirkung besteht. Vielmehr wird angenommen, daß die Gesetzmäßigkeiten sowohl der Laufzeitstereofonie als auch der ersten Wellenfront auf eine zeitabhängige Bewertung der nacheinander eintreffenden Lokalisationsreize zurückführbar sind.

Die Ortsassoziationsstufe wirkt im überlagerten Schallfeld als Filter zur Diskrimination der Sendesignale, so daß nur in der nachgeschalteten Gestaltassoziationsstufe die Sendesignalbeziehung bewertet wird. Zwei Sendesignale mit Laufzeitunterschieden führen dazu, daß zwei Lokalisationsreize nicht zugleich eintreffen. Alle resultierenden Gesetzmäßigkeiten für die zugeordneten Hörereignisorte lassen sich als „Gesetz des ersten Lokalisationsreizes“ verstehen.

Darüber hinaus sagt das Modell aus, daß Laufzeitstereofonie auch für stationäre breitbandige Signale möglich ist, dagegen das Gesetz der ersten Wellenfront nur an Signalen mit ausgeprägten Hüllkurven nachzuweisen ist. Und es sagt weiter aus, daß die durch Signalverzögerungen verursachten Effekte im Prinzip auch bei Kopfhörerarbeit auftreten müssen, sofern eine ausreichende Lokalisierbarkeit der Einzelschallquellen vorliegt. Nähere Einzelheiten dazu in [8].

3.3.2. Der Cocktailparty-Effekt

Die Selektionseigenschaften sowohl der Ortsassoziationsstufe als auch der Gestaltassoziationsstufe ermöglichen es, gleichzeitig unterschiedliche Muster zu diskriminieren. Abhängig von den Orten der Sender und von den Eigenschaften der Sendesignale treten die zugeordneten Ortsassoziationen und Gestaltassoziationen auf. Wenn davon ausgegangen wird, daß jede Selektionsstufe gleichzeitig wenigstens zwei Muster diskriminieren kann, ergibt sich ein prinzipieller Ansatz, um auch den Cocktailparty-Effekt mit Hilfe des Assoziationsmodells erklären zu können.

Die Phantomschallquelle verschwindet, sobald die beiden Lautsprechersignale hinreichend unähnlich werden, das heißt sobald sie unterschiedliche Hörereignisgestalten hervorrufen. Dies ist der allgemeine, natürliche Fall eines überlagerten Schallfeld-

des. Zwei Schallquellen rufen normalerweise nicht nur zwei verschiedene Ortsassoziationen, sondern zusätzlich zwei verschiedene Gestaltassoziationen hervor. Die resultierenden beiden Hörereignisse treten dann also nach zweistufiger Selektion auf, woraus sich die größtmögliche Auflösung ableitet. Trägt nur die Gestaltassoziationsstufe zur Hörereignisauflösung bei, weil beide Lautsprecher sich am gleichen Ort befinden, so geht die Hörereignisauflösung auf einen Grenzwert zurück (Grenzauflösung der Gestaltassoziationsstufe, [8]). Man erkennt auch hier die Bedeutung der Gestaltassoziationsstufe für das räumliche Hören: Simultane Hörereignisorte können nur auftreten, wenn die auslösenden Reizmuster zusätzlich verschiedene Hörereignisgestalten hervorgerufen.

Umgekehrt ergibt sich der Cocktailparty-Effekt als Wirkung der Ortsassoziationsstufe; simultane Hörereignisgestalten können unter bestimmten Bedingungen erst auftreten, wenn die auslösenden Reizmuster zusätzlich als Lokalisationsreize wirken. Beispielsweise kann aus einem ausreichend vielstimmigen Stimmengewirr nicht ein bestimmter Sprecher „herausgehört“ werden, wenn ein Ohr verschlossen wird, weil damit die Ortsassoziationsstufe keinen Selektionsbeitrag mehr liefern kann. Die Lokalisationsreizelektion ist ein sinnvoller Vorselektionsprozeß, der der höhergelagerten Mustererkennung vorangeht. Jede der beiden Verarbeitungsstufen selektiert die Muster hinsichtlich unterschiedlicher, voneinander unabhängiger Merkmale. Die resultierende Auflösung der unterschiedlichen Muster gewährleistet dann, daß das Gehör einzelne Hörereignisse unterscheiden kann. Dabei könnte die Konzentration auf ein Hörereignis dazu führen, daß infolge einer entsprechenden Assoziationslenkung die Auflösung eines bestimmten Musters weiter erhöht wird (Assoziationslenkung durch das Bewußtsein).

Die Lokalisation im überlagerten Schallfeld ist nach dieser Darstellung ein zweistufiger Prozeß, der aufgrund der Hörerfahrung die Hörereigniszuordnung leistet. Eine grundlegende Hörerfahrung lautet: Die empfangenen Ohrsignale sind zurückzuführen auf einen bestimmten Sendeort und auf ein bestimmtes Sendesignal. Beide Sendereigenschaften verhalten sich voneinander unabhängig; sie treten nur paarweise auf. Das Assoziationsmodell ist dieser Hörerfahrung vollständig angepaßt. Dies ist ein Grund für die weitreichende Aussagekraft.

3.4. Lokalisation oder Lateralisation?

Binaurale Ohrsignale oder Ohrsignalanteile, die keinen Lokalisationsreiz darstellen, sondern beliebig miteinander verkoppelt sind, unterliegen nicht den Gesetzmäßigkeiten einer ortsbestimmenden Verarbeitungsstufe. Dieser Sachverhalt ist besonders bei Lateralisationsexperimenten gegeben. Er läßt sich noch deutlicher darstellen, wenn die Wirkung der beiden Verarbeitungsstufen im Assoziationsmodell betrachtet wird:

Die Ortsassoziationsstufe ist der Gestaltassoziationsstufe vorgeschaltet. Damit erhält das Gehör die Eigenschaft, aus einem aktuellen Reizangebot vorzugsweise Lokalisationsreize zu selektieren. Die Lokalisationsreizelektion wirkt im überlagerten Schall-

feld als Filter zur Diskrimination einzelner Sendesignale, so daß prinzipiell erst in der Gestaltassoziationsstufe eine etwaige Verkopplung der Sendesignale zum Tragen kommt. In der Phantomschallquellsituation beispielsweise verhindert die Ortsassoziationsstufe Summenlokalisation; die Lokalisationsreizelektion bewirkt, daß trotz der Schallfeldüberlagerung in der Gestaltassoziationsstufe die gleichen Signale verarbeitet werden wie bei Kopfhörerbeschallung.

Lateralisationsexperimente geben lediglich Auskunft über die Funktion der Gestaltassoziationsstufe, weil die beiden Sendesignale unabhängig von der Senderentfernung einzeln diskriminiert und der Gestaltassoziationsstufe zugeführt werden. Lateralisationsexperimente lassen deshalb grundsätzlich keine Rückschlüsse zu auf die Funktion der Ortsassoziationsstufe; sie führen nur auf Gesetzmäßigkeiten der Phantomschallquelle („Phantomschallquelle im Kopf“). Eine „Ersatzschallquelle im Kopf“ ist nicht vorhanden (bei adaptiertem Gehör, vgl. Plenge [28]).

Die Relevanz von Lateralisationsexperimenten für das räumliche Hören ist bisher unbekannt. Man nimmt an, daß der Lokalisationsprozeß in Teilaspekte zerlegbar ist, welche sich mit Hilfe von Kopfhörern isoliert untersuchen lassen. Stellvertretend für das in der Literatur zu findende Verständnis hierzu sei Blauert [15] zitiert:

„Die Entstehung von Hörereignissen in seitlichen Richtungen setzt unterschiedliche Ohrsignale voraus. Ohrsignalunterschiede spezifischer Art entstehen infolge Beugung, Abschattung und Resonanzen an Kopf und Außenohren. Durch Lateralisationsversuche mit Kopfhörern kann man diese sehr differenzierten Signalunterschiede auf ihre „wirksamen“ Bestandteile untersuchen.“

Speziell im Zusammenhang zur Summenlokalisation heißt es:

„Es liegt nahe, den Einfluß der einzelnen Signalanteile auf die Hörereignisrichtung näher zu untersuchen. Dies kann z. B. so geschehen, daß man synthetisch erzeugte Impulsgruppen über Kopfhörer darbietet. Die einzelnen Signalanteile sind dann beliebig variierbar.“

Man geht davon aus, daß die „Auswertung unterschiedlicher Ohrsignale“ (Kapitel 2.4 in [15]), die das Gehör bei der Lokalisation einer Schallquelle vornimmt, sich mit zwei hinreichend nahe an den Ohren befindlichen Schallquellen untersuchen läßt. Man beachtet zwar die resultierende Im- oder Am-Kopf-Ortung formal, indem das Experiment als Lateralisationsexperiment, also als „Experiment mit mangelhafter Entfernungswahrnehmung“ ausgewiesen wird. Es gibt jedoch keinen Nachweis für die in der Literatur bisher gültige Annahme, daß die Ergebnisse aus Lateralisationsexperimenten – und die daraus abgeleiteten Hypothesen bezüglich der Vorgänge bei der Bildung von Hörereignissen in seitlichen Richtungen – sich „auch auf das räumliche Hören im freien Schallfeld verallgemeinern lassen“ [15].

3.5. Die Im-Kopf-Ortung

Für die stereofone Wiedergabe über Kopfhörer hat das Phänomen der Im-Kopf-Ortung eine überragende Bedeutung. Bezüglich des Hörereignisortes hat bereits Plenge [9] ein Modell beschrieben, das vermutlich eine umfassende Erklärung der Im-Kopf-Ortung zuläßt. Es enthält einen Kurzzeit- und Langzeitpeicher und einen Reizverarbeitungsmechanis-

mus, welcher gespeicherte Reizmuster mit aktuellen Reizmustern vergleicht. Die Reizverarbeitung führt dann nicht zur Lokalisation (außerhalb des Kopfes), wenn entweder der Kurzzeitspeicher keine oder (noch) falsche Information über Schallquelle und Darbietungsort enthält, oder wenn die Reize so geartet sind, daß „sie keinem im Langzeitspeicher enthaltenen Reizmuster zugeordnet werden können“. Bemerkenswert daran ist, daß die Lokalisation auf einen Lernprozeß zurückgeführt wird und dabei sowohl dem Kurzzeitgedächtnis als auch dem Langzeitgedächtnis eine spezielle Bedeutung zukommt.

Der Ansatz „Reizverarbeitung durch Vergleich mit gespeicherten Reizmustern“ [9] ist im Assoziationsmodell enthalten, die beschriebene „assoziativ gesteuerte Mustererkennung“ der Ortsassoziationsstufe stellt dessen Weiterentwicklung dar. Die Vorhersagen bezüglich des Hörereignisortes stimmen deshalb überein. Bezüglich der Hörereignisklangfarbe dagegen führt das Assoziationsmodell zu weiteren Konsequenzen, weil zusätzlich die ortsbestimmende Verarbeitungstufe die diskriminierten Sendesignale an eine gestaltbestimmende Stufe weiterleitet. Hieraus erklärt sich vor allem die Unabhängigkeit der Hörereignisklangfarbe von der Richtung **und der Entfernung** der Lautsprecher.

Diese Aussage gilt auch für die Entfernung Null, das heißt also für Kopfhörerbeschallung. Dazu sind folgende Bemerkungen zu machen:

- Die Schall- oder Hörereignisentfernung Null liegt am Kopf. Im Gegensatz zu Laws [21] u. a., die die Entfernung vom Kopfmittelpunkt (Koordinatenursprung) aus messen, kann im Sinne des Assoziationsmodells die Entfernung Null nur an den Begrenzungsflächen des Empfängers vorliegen. Ein Schallereignis im Kopf gibt es nicht. Ein Hörereignis im Kopf kann deshalb auch nicht aufgrund eines Lokalisationsprozesses auftreten; es widerspricht der Hörerfahrung. Ein „Hörereignis ohne Entfernung“ kennzeichnet die Im-Kopf-Ortung.
- Die Hörereignisklangfarbe verhält sich natürlich nur insoweit ortsunabhängig, wie dies vom Leistungsdichtespektrum des Schalldrucks am Hörort gewährleistet ist. Insbesondere sind für den Übergang der Lautsprecherentfernung gegen Null die Schalldruckverhältnisse im Nahfeld zu berücksichtigen („Nahfeldverzerrung“). Allerdings ist bisher nicht untersucht worden, ob und unter welchen Bedingungen dieser Einfluß vom Gehör ebenfalls erlernt und demzufolge decodiert wird.
- Die Decodierung der Entfernung der Lautsprecher (bzw. Kopfhörerkapseln) geschieht nur unter zwei Voraussetzungen:
 1. Die Lokalisationsbedingung „breitbandiges Spektrum“ muß eingehalten werden (vgl. 3.6.).
 2. Eine Ersatzschallquelle darf nicht existieren (keine kopfbezogenen Signale bzw. keine Kopfhörer mit „lautsprecher-simulierender Entfernung“ [21, 57, 58]).

Die „mangelhafte Entfernungswahrnehmung“ bei Kopfhörerwiedergabe erklärt das Assoziationsmodell mit der „Lautsprecherwiedergabe Null“; auch die

Schallquellenorte „an den Ohren“ verursachen im Prinzip zwei Lokalisationsreize, die entsprechende Ortsassoziationen auslösen. Hieraus ergeben sich Folgerungen für die Kopfhörerentzerrung (vgl. 4.). Weiterhin ergeben sich Folgerungen für Untersuchungen der Gehörfunktionen bei der Lokalisation: Die Auswertung unterschiedlicher Ohrsignale, die das Gehör bei der Lokalisation einer Schallquelle vornimmt, kann grundsätzlich **nicht** im Lateralisationsexperiment, sondern nur unter Lokalisationsbedingungen untersucht werden [8].

3.6. Schmalbandige Signale

Eng verbunden mit dem Effekt „mangelnde Entfernungswahrnehmung“ ergibt sich eine weitere wichtige Konsequenz: Die geforderte Lokalisationsbedingung wird nicht eingehalten, wenn das Schallereignis ein schmalbandiges Spektrum aufweist. Denn der Wahrnehmungsprozeß, der zur Lokalisation führt, ist nur möglich, wenn spektrale Merkmale die Zuordnung der Hörereignisentfernung zulassen.

Eine Unterschreitung der minimalen Signalbandbreite hat beispielsweise in der Phantomschallquellsituation zur Folge, daß keine Lokalisationsreizelektion stattfindet. In diesem Fall trifft die Bezeichnung „Summenlokalisierung“ den Sachverhalt. Die interauralen Summensignale sind hinsichtlich ihrer „Summanden“ nicht mehr zerlegbar (vgl. „binaurales Korrelationsmuster“ in [8]). Die resultierenden interauralen Phasen- und Intensitätsbeziehungen verursachen wie bei der Lateralisation lediglich seitliche Auslenkungen. Diese allerdings können durch entsprechende Voreingenommenheit von der Versuchsperson leicht als Richtung des Hörereignisses interpretiert werden, z. B. infolge optischer Eindrücke [9, 29].

Ein weiteres Beispiel stellt der Franssen-Effekt dar [59]. Der Lautsprecher A wird mit einem Ton von einigen Sekunden Dauer angesteuert, der mit exponentieller Hüllkurve an- und abklingt [Signal $u_A(t)$]. Lautsprecher B erhält ein Signal $u_B(t)$, das so beschaffen ist, daß die Summe $u_A(t) + u_B(t)$ einen Ton mit rechteckiger Hüllkurve ergeben würde. Lautsprecher B gibt also den (breitbandigen) Einschaltvorgang wieder, dagegen Lautsprecher A den von Schaltvorgängen befreiten (schmalbandigen) Ton. Es zeigt sich, daß der Hörereignisort ausschließlich vom Einschaltvorgang bestimmt ist. Das stimmt mit dem Assoziationsmodell überein, wenn man annimmt, daß der Ton keinen Lokalisationsreiz darstellt, sondern wegen fehlender Entfernungsinformation dem vorhandenen Lokalisationsreiz zugeordnet wird. Entsprechend hat Wendt [60] festgestellt, daß hartgeschaltete Töne sich bei Stereophonie ebenso verhalten wie breitbandige Signale. Sie stehen mit den Hörereignisorten, die er für Dauertöne und Tonimpulse ermittelt hat, in keinem erkennbaren Zusammenhang.

Äquivalent dazu sind auch neuere Untersuchungsergebnisse von Blauert/Cobben [45] zu interpretieren, die die Hörereignisrichtung für schmalbandgefilterte und breitbandige Impulse in Abhängigkeit der Laufzeitdifferenz entsprechend **Bild 5** gemessen haben. Die Lokalisationskurven der Schmalbandsignale decken sich weder im Bereich der Laufzeit-

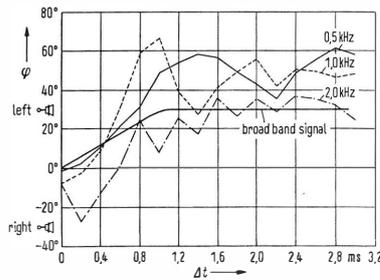


Bild 5

Hörereignisrichtung φ als Funktion der Verzögerung Δt des rechten Lautsprechersignals
(entnommen aus [45])

stereofonie noch bei größeren Laufzeitdifferenzen mit der Kurve, die für das breitbandige Signal gemessen wurde. Man erkennt an der Periodizität dieser Kurven, daß im ganzen Verzögerungsbereich Summenlokalisierung stattgefunden hat, daß also die resultierenden interauralen Signaldifferenzen die Hörereignisrichtung bestimmt haben. Auch das Gesetz der ersten Wellenfront läßt sich in Übereinstimmung mit dem Assoziationsmodell mit Schmalbandsignalen nicht untersuchen.

Hörversuche, bei denen die Lokalisationsbedingungen nicht eingehalten werden, lassen grundsätzlich keine Rückschlüsse zu auf die Funktion des Gehörs bei der Lokalisation einer Einzelschallquelle.

4. Konsequenzen für die elektroakustische Übertragung

Die Wirkung der Ortsassoziationsstufe im Modell kann mit einem adaptiven Filter beschrieben werden, dessen Übertragungsfunktion M^{-1} sich invers verhält zur ortsabhängigen Übertragungsfunktion M des Außenohres (vgl. Bild 1). Dieser Sachverhalt ermöglicht die Darstellung der gesamten „psychoakustischen Funktionskette“ für den Fall einer elektroakustischen Übertragung. Kennzeichnend ist, daß die Funktion des Gehörs bei der Lokalisation im Sinne der vorangegangenen Darlegungen einen Bestandteil der Übertragungstrecke darstellt. Anhand dieser Darstellungsform können dann psychoakustische Zusammenhänge unter den unterschiedlichen Übertragungsverfahren leicht erkannt und beschrieben werden.

Bild 6 gibt die Funktionskette wieder. Eingetragen sind die Bezeichnungen der Übertragungsfunktionen sowie der dazugehörigen Ein- und Ausgangssignale. Es bedeuten

- q = Schallereigniseigenschaft,
- q' = Hörereigniseigenschaft,
- a = Signal am Ausgang des Aufnahmehörmikrofons,
- b = zu übertragendes Signal,
- c = vom Lautsprecher bzw. Kopfhörer abgestrahltes Signal,
- e = nach der räumlichen Decodierung diskriminiertes Signal;
- A = ortsabhängige Übertragungsfunktion des Mikrofons,

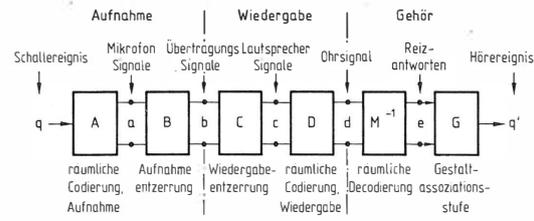


Bild 6

Schema der „psychoakustischen Funktionskette“

- B = Übertragungsfunktion der Mikrofontzerrung,
- C = Übertragungsfunktion der Lautsprecher- bzw. Kopfhörertzerrung,
- D = ortsabhängige Übertragungsfunktion des Außenohres,
- M^{-1} = Übertragungsfunktion des adaptiven Filters zur räumlichen Decodierung,
- G = Wirkung der Gestaltassoziationsstufe.

Die allgemeine Übertragungsgleichung lautet

$$q' = A \cdot B \cdot C \cdot D \cdot M^{-1} \cdot G \cdot q$$

Für das natürliche Hören gilt beispielsweise:

- Die elektroakustischen Übertragungsglieder fallen fort: $A = B = C = 1$
- Selegierbare Lokalisationsreize erzeugt D (natürliches Hören!): $D \cdot M^{-1} = 1$
- Ergebnis: $q' = G \cdot q$

Die Beziehung $q' = G \cdot q$ soll ausdrücken, daß keine Fehler beim räumlichen Hören auftreten. Schallereignisort und Hörereignisort sind identisch, jedoch ergibt sich die Hörereignisgestalt über die in diesem Lokalisationsmodell nicht definierte Abbildungseigenschaft G der Gestaltassoziationsstufe.

Die Übertragungsgleichung $q' = G \cdot q$ ergibt sich erwartungsgemäß ebenfalls bei **kopfbezogener Stereofonie**:

- Die systemgerechte Entzerrung ist vorhanden, wenn für Aufnahme- und Wiedergabeseite eine identische Definition eingehalten wird: $B \cdot C = 1$
- Für Kopfhörerwiedergabe ist die ortsabhängige Übertragungsfunktion des Außenohres eliminiert: $D = 1$
- Aus $B \cdot C \cdot D = 1$ folgt für die Ohrsignale $d = A_K \cdot q = a$. A_K erzeugt einen selegierbaren Lokalisationsreiz (Kunstkopf!): $A_K \cdot M^{-1} = 1$
- Ergebnis: $q' = G \cdot q$

Benutzt man anstelle des Kopfhörers Lautsprecher, die über das Tradis-Filter [55] zur Simulation der Kopfhörerwiedergabe gespeist werden, so gilt theoretisch $C \cdot D = 1$. Um ebenfalls $B \cdot C \cdot D = 1$ zu erreichen, muß $B = 1$ werden, d. h. das Tradis-Filter C muß genau abgestimmt sein auf die Entzerrung des Kunstkopfsignals.

Diese Betrachtungen lassen sich fortsetzen. Doch hier sollen mit ihrer Hilfe vor allem die Kompatibilitätsaspekte aufgezeigt werden.

Zunächst gilt für **raumbezogene Stereophonie** über Lautsprecher:

- Die Entzerrungen von Stereomikrofon und Lautsprecher sind in erster Näherung gleich (ebener Frequenzgang für Bezugsrichtung 0°): $B \cdot C = 1$
- Die selektierbaren Lokalisationsreize erzeugt D (Phantomschallquellensituation): $D \cdot M^{-1} = 1$
- Ergebnis (Index r : übliches Stereomikrofon): $q' = A_r \cdot G \cdot q$

Die gesamte Übertragungstrecke läßt sich also beschreiben mit der Wirkung der Signale eines Stereomikrofons auf die Gestaltassoziationsstufe. Diese Wirkung ist in 3.3. beschrieben worden (Hörereignis-auslenkung zwischen den Lautsprechern infolge der Intensitäts- oder Laufzeitunterschiede); sie verursacht den erwünschten Stereophonie-Effekt.

Hinsichtlich der Kompatibilität raum/kopfbezogener Signale findet man folgende Aussagen:

1. Tritt an die Stelle des Stereomikrofons der Kunstkopf, so verhindert D die kopfbezogene Stereophonie: es bleibt $D \cdot M^{-1} = 1$; $A_K \cdot M^{-1} \neq 1$! Nur für den Fall $C \cdot D = 1$ (Einsatz des Tradis-Filters für C) wird $A_K \cdot M^{-1} = 1$.
2. Die Übertragungsgleichung $q' = A \cdot G \cdot q$ bleibt erhalten. Jedoch wirkt A_K anstelle von A_r auf G. In [5] wurde die Verknüpfung $q' = A_K \cdot G \cdot q$ ausführlich in Hinblick auf den Hörereignisort untersucht und gezeigt, daß dieser sich aus der Summe der Wirkung von Laufzeit- und Pegeldifferenz ergibt. Wie in [5] gezeigt, ist die „gemischte Stereophonie“ kompatibel zur Intensitätsstereophonie.

4.1. Die optimale Kunstkopffentzerrung

Weiterhin wurde in [6] die Übertragungsgleichung $q' = A_K \cdot G \cdot q$ in Hinblick auf die Klangfarbe untersucht. Es wird davon ausgegangen, daß durch den Fusionsprozeß in der Gestaltassoziationsstufe die Klangfarbe unbeeinflusst bleibt von den gegebenen Zeitdifferenzen der Kunstkopfsignale. Vielmehr wird angenommen, daß das klangfarbenbestimmende Gesamtspektrum sich aus den jeweils dominierenden Anteilen zusammensetzt. Damit gestaltet sich das Klangfarbenproblem sehr übersichtlich: Die Gleichung $q' = A_K \cdot G \cdot q$ besagt, daß die ortsabhängige Übertragungsfunktion A_K die Klangfarbenbestimmung durch G direkt beeinflusst. Komplexe, klangfarbenbeeinflussende „Verrechnungen“ dieser Spektren für die Lokalisation gibt es nicht.

Für die Bestimmung der optimalen Entzerrung werden die Funktionen B und C eingesetzt: Man kann jetzt nicht davon ausgehen, daß $B \cdot C = 1$ ist. Es gilt:

$$q' = A_K \cdot B_X \cdot C \cdot G \cdot q$$

In dieser Gleichung ist B_X die gesuchte Entzerrung des Kunstkopfes, C die Entzerrung der Lautsprecher. Geht man davon aus, daß die Lautsprecherentzerrung gegeben ist mit $C = C_{FF}$ (Freifeldentzerrung), dann ist ein B_X zu suchen, das sich invers verhält zu A_K . Die Forderung lautet:

$$A_K \cdot B_X = 1$$

A_K ist die **ortsabhängige** Übertragungsfunktion des Kunstkopfes, B_X dagegen die **ortsunabhängige** Übertragungsfunktion des Entzerrers.

Realisiert man eine Freifeldentzerrung der Kunstkopfsignale nach [61] (Bezugsrichtung 0° vorne), so gilt

$$A_{K \text{ vorne}} \cdot B_X = 1$$

Diese Forderung ist zwar exakt erfüllbar, doch eine Kunstkopffentzerrung der Form $A_{K \text{ vorne}}^{-1}$ berücksichtigt nicht die Ortsabhängigkeit von A_K . Gerade der Bezug „vorne“ ergibt in Hinblick auf die Gesamtheit aller Übertragungsfunktionen eine sehr ungünstige Entzerrung (8-kHz-Senke, vgl. [6]).

Man erkennt, daß für die Bestimmung von B_X nicht eine einzige Bezugsrichtung zugrunde gelegt werden kann, sondern vielmehr für die Gesamtheit der Schalleinfallrichtungen ein Optimum ermittelt werden muß. Geeignet ist beispielsweise die rechnerische Methode der Integralbildung über einen Katalog von Außenrohrübertragungsfunktionen [62]. Noch günstiger ist der meßtechnische Weg dieser Integralbildung, nämlich die Bestimmung der Entzerrung, die einen ebenen Verlauf des Diffusfeld-Übertragungsmaßes gewährleistet. Die praktischen Aspekte für die Wahl und Realisierung dieser Diffusfeldentzerrung werden in [6] behandelt.

4.2. Die optimale Kopfhörerentzerrung

Wie schon gezeigt, ist die systemgerechte Entzerrung bei kopfbezogener Stereophonie vorhanden, wenn gilt: $B \cdot C = 1$. Nur dann gilt die zugehörige Übertragungsgleichung $q' = G \cdot q$. Da sich aus der Kompatibilitätsforderung ein diffusfeldentzerrter Kunstkopf ergibt (Übertragungsfunktion B_{DF}), muß für die Wiedergabe kopfbezogener Signale ein Kopfhörer mit Diffusfeldentzerrung C_{DF} benutzt werden.

Welche Kopfhörerentzerrung ist optimal für die Wiedergabe raumbezogener Signale? Die Lösung findet sich bei Betrachtung der Übertragungskette sehr einfach, indem die beiden Fälle „natürliches Hören“ und „Kopfhörerwiedergabe raumbezogener Signale“ gegenübergestellt werden (es sei $A = B = C = 1$):

$$\text{Natürliches Hören: } q'_N = D_N \cdot M^{-1} \cdot G \cdot q$$

$$\text{Kopfhörerwiedergabe: } q'_K = C_X \cdot D_K \cdot M^{-1} \cdot G \cdot q$$

Beim natürlichen Hören ist infolge der Lokalisationsreizelektion $D_N \cdot M^{-1} = 1$ und somit $q'_N = G \cdot q$.

Auch bei Kopfhörerwiedergabe von **nicht** kopfbezogenen Signalen adaptiert M^{-1} , und zwar auf die Verhältnisse für „Lautsprecherentfernung Null“ (vgl. 3.5.). Dies führt zur Im-Kopf-Ortung in Verbindung mit G. Für die Klangfarbenbestimmung ist wegen $D = 1$ deshalb auch M^{-1} ohne Einfluß. Es gilt daher $D_K \cdot M^{-1} = 1$ und somit $q'_K = C_X \cdot G \cdot q$.

In beiden Darbietungsfällen ist also die Klangfarbe konstant, auch beim natürlichen Hören unabhängig von der Schalleinfallrichtung. Es ist infolge der adaptiven Funktion von M^{-1} nicht möglich, durch Gleichsetzen der beiden Gleichungen C_X zu bestimmen. Doch es gibt die Möglichkeit, die Wirkung von M^{-1} zu unterdrücken: Die Lokalisationsreize sind zerstört, wenn ein Ohr geschlossen ist; eine Klangverfärbung durch die Wirkung der Außenrohrübertragungsfunktion ist wahrnehmbar. In diesem Fall gilt damit:

$$q'_N = D_N \cdot G \cdot q$$

Aus der geforderten Klangfarbenäquivalenz beim einohrigen Hören folgt also mit $q'_N = q'_K$ die Forderung

$$C_X = D_N$$

Analog zur optimalen Kunstkopffentzerrung ergibt sich die optimale Kopfhörerentzerrung durch Integration von D_N über alle Schalleinfallrichtungen.

Ebenso wie für die Wiedergabe kopfbezogener Signale über Lautsprecher ist für die Wiedergabe raumbezogener Signale über Kopfhörer also eine Entzerrung optimal, die sich auf das Diffusfeld bezieht. Der Bezug auf eine bestimmte Schalleinfallrichtung im Freifeld ist ungünstig. Insbesondere der Bezug auf die Schalleinfallrichtung „vorne“ führt dazu, daß die „8-kHz-Senke“ die Klangfarbe beeinträchtigt [6].

Dieses Ergebnis bestätigt die Erfahrungen, die man mit der zur Zeit üblichen Freifeldentzerrung nach DIN 45 619 gemacht hat [6].

Allgemein gilt, daß für die Entzerrung der Schnittstelle zwischen Aufnahme- und Wiedergabeseite die Gesamtheit aller Übertragungsfunktionen des Außenohres durch eine entsprechende mittlere Übertragungsfunktion zu ersetzen ist, sobald kopfbezogene Signale über Lautsprecher oder raumbezogene Signale über Kopfhörer abgehört werden sollen. In beiden Übertragungsfällen kann das Gehör die vorhandenen spektralen Ohrsignalmerkmale, die sich aus der aufnahme- oder wiedergabeseitigen räumlichen Codierung ableiten, nicht decodieren. Infolgedessen gelangen die spektralen Merkmale „unverrechnet“ an die Gestaltassoziationsstufe, sie beeinflussen die Klangfarbe.

5. Ergebnis

Das Assoziationsmodell erweitert das bisherige Verständnis über die Funktion des Gehörs durch zwei bedeutsame Eigenschaften:

1. Die Hörereigniseigenschaften resultieren aus der Wirkung von zwei unterschiedlichen Verarbeitungsprozessen, einer für die Selektion des Ortes und ein zweiter, höher gelagerter Prozeß für die Selektion der Gestalt.
2. Die ortsbestimmende Verarbeitungsstufe hat die Eigenschaft, die räumliche Information des ankommenden Signals mit Hilfe eines ortsangepaßten adaptiven Filters zu decodieren, darüber hinaus aber die Gestaltinformation von der Ortsinformation zu trennen und der gestaltbestimmenden Stufe zuzuführen.

Die adaptive und diskriminierende Funktion der ortsbestimmenden Verarbeitungsstufe erklärt die Phänomene des räumlichen Hörens einheitlich. Der Ansatz hat Konsequenzen sowohl für zukünftige Untersuchungen als auch auf dem Gebiet der elektroakustischen Übertragung.

Insbesondere sagt das Modell den Zusammenhang zwischen Hörereignisort und Klangfarbe voraus. Daraus läßt sich eine Definition für die optimale Entzerrung von Kunstköpfen und Kopfhörern ableiten. Als „Universalschnittstelle“ zwischen Aufnahme- und Wiedergabeseite wird eine Entzerrung vorgeschlagen, die sich grundsätzlich auf das Diffusfeld bezieht.

Der Verfasser dankt den Prof. Dres. J. Blauert, G. Boerger, L. Cremer, G. Plenge sowie Dr. P. Schöne für wertvolle Anregungen und Diskussionen.

SCHRIFTTUM

- [1] Schlemm, W.: Kunstkopf-Stereofonie — eine Alternative zur Quadrofonie? *Funkschau* 46 (1974), S. 771 bis 774.
- [2] Steinke, G.: Möglichkeiten und Grenzen der kopfbezogenen Stereofonie. Teil 1 und 2. *radio fernsehen elektronik* 28 (1979), H. 6 und 7, S. 388 bis 392 und S. 456 bis 466.
- [3] Theile, G.: „Kunstkopf“ Stereophony: Results of recent investigations and development of a new Kunstkopf system. IBC 80, Brighton. Conf. Publ. No. 191, S. 350 bis 353.
- [4] Hudde, H.; Schröter, J.: Verbesserungen am Neumann-Kunstkopfsystem. *Rundfunktech. Mitt.* 25 (1981), S. 1 bis 6.
- [5] Theile, G.: Zur Kompatibilität von Kunstkopfsignalen mit intensitätsstereofonen Signalen bei Lautsprecherwiedergabe: Die Richtungsabbildung. *Rundfunktech. Mitt.* 25 (1981), S. 67 bis 73.
- [6] Theile, G.: Zur Kompatibilität von Kunstkopfsignalen mit intensitätsstereofonen Signalen bei Lautsprecherwiedergabe: Die Klangfarbe. *Rundfunktech. Mitt.* 25 (1981), in diesem Heft.
- [7] Wendt, K.: Das Richtungshören bei der Überlagerung zweier Schallfelder bei Intensitäts- und Laufzeitstereophonie. Dissertation. Technische Hochschule Aachen, 1963.
- [8] Theile, G.: Über die Lokalisation im überlagerten Schallfeld. Dissertation. Technische Universität Berlin, 1980.
- [9] Plenge, G.: Über das Problem der intracranialen Ortung von Schallquellen bei der akustischen Wahrnehmung des Menschen. Habilitationsschrift. Technische Universität Berlin, 1973.
- [10] Cremer, L.: Die wissenschaftlichen Grundlagen der Raumakustik. Band I. S. Hirzel Verlag, Stuttgart 1948.
- [11] Cherry, E. C.: Some experiments on the recognition of speech, with one and with two ears. *J. of Acoust. Soc. Am.* 25 (1953), S. 975 bis 979.
- [12] Cherry, E. C.; Taylor, W. K.: Some further experiments upon recognition of speech, with one and with two ears. *J. of the Acoust. Soc. Am.* 26 (1954), S. 554 bis 559.
- [13] Platte, H.-J.: Zur Bedeutung der Außenohrübertragungseigenschaften für den Nachrichtenempfänger „menschliches Gehör“. Dissertation. Technische Hochschule Aachen, 1979.
- [14] Plenge, G.; Tilse, U.: Cocktail-Party-Effekt with and without conflicting visual cues. 50th AES Convention, London 1975.
- [15] Blauert, J.: Räumliches Hören. S. Hirzel Verlag, Stuttgart 1974.
- [16] Blauert, J.: Untersuchungen zum Richtungshören in der Medianebene bei fixiertem Kopf. Dissertation. Technische Hochschule Aachen, 1969.
- [17] Marko, H.: Ein Funktionsmodell für die Aufnahme, Speicherung und Erzeugung von Informationen im Nervensystem. *Röntgen-Blätter* 24 (Nov. 1971).
- [18] Keidel, W. D.: Informationsverarbeitung. In: *Kurzgefaßtes Lehrbuch der Physiologie*. Hrsg. v. W. D. Keidel. Georg Thieme Verlag, Stuttgart 1973, S. 385 bis 401.
- [19] Engel, W.: Eine neue Methode zur Entkopplung mehrfach geregelter Systeme. Dissertation. Technische Hochschule München, 1966.
- [20] Theile, G.: Weshalb ist der Kammfiltereffekt bei Summenlokalisierung nicht hörbar? Vortrag auf der 11. Tonmeistertagung in Berlin, Nov. 1978.
- [21] Laws, P.: Zum Problem des Entfernungshörens und der Im-Kopf-Lokalisierung von Hörereignissen. Dissertation. Technische Hochschule Aachen, 1972.
- [22] Roeser, D.: Schallrichtungsbestimmung bei krankhaft verändertem Gehör. Dissertation. Technische Hochschule Aachen, 1965.
- [23] Klemm, O.: Lokalisation von Sinneseindrücken bei separaten Nebenreizen. *Psychol. Stud.* 5 (1909), S. 73 bis 162.
- [24] Blauert, J.: Ein Versuch zum Richtungshören bei gleichzeitiger optischer Stimulation. *Acustica* 23 (1970), S. 118 bis 119.
- [25] Massaro, D. W.; Warner, D. S.: Dividing attention between auditory and visual perception. *Perception & Psychophysics* 21 (1977), S. 569 bis 573.

- [26] Lehninger, F. J.: Über die Beeinflussung der Hörereignisrichtung durch das Seheignis bei der Personendarstellung in Telekonferenzen. *Acustica* 42 (1979), S. 240 bis 248.
- [27] Plenge, G.: Über das Problem der Im-Kopf-Lokalisation. *Acustica* 26 (1972), S. 241 bis 252.
- [28] Plenge, G.: On the differences between localization and lateralization. *J. of the Acoust. Soc. Am.* 56 (1974), S. 944 bis 951.
- [29] Jeffress, L. A.; Taylor, R. W.: Lateralization versus localization. *J. of the Acoust. Soc. Am.* 33 (1961), S. 482 bis 483.
- [30] Flechtner, H. J.: Grundbegriffe der Kybernetik. S. Hirzel Verlag, Stuttgart 1972.
- [31] Caspers, H.: Zentralnervensystem. In: Kurzgefaßtes Lehrbuch der Physiologie. Hrsg. v. W. D. Keidel. Georg Thieme Verlag, Stuttgart 1973, S. 467 bis 524.
- [32] Fukushima, K.: A model of associative memory in the brain. *Kybernetik* 12 (1973), S. 58 bis 63.
- [33] Poggio, T.: On optimal nonlinear associative recall. *Biol. Cybernetics* 19 (1975), S. 201 bis 209.
- [34] Kohonen, T.; Reukala, E.; Maekisara, K.; Vainio, L.: Associative recall of images. *Biol. Cybernetics* 21 (1976), S. 159 bis 168.
- [35] Kohonen, T.; Oja, E.: Fast adaptive formation of orthogonalizing filters and associative memory in recurrent network of neuron-like elements. *Biol. Cybernetics* 21 (1976), S. 85 bis 95.
- [36] Kohonen, T.: Associative memory. Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg-New York 1977.
- [37] Wess, O.; Röder, U.: A holographic model for associative memory chains. *Biol. Cybernetics* 27 (1977), S. 89 bis 98.
- [38] Bohn, G.: A structure for associative information processing. *Biol. Cybernetics* 29 (1978), S. 193 bis 200.
- [39] Fukushima, K.; Miyake, S.: A self-organizing neural network with a function of associative memory: Feedback-type cognitron. *Biol. Cybernetics* 28 (1978), S. 201 bis 208.
- [40] Murakami, K.; Akaishi, S.; Aibara, T.: On optimal associative recall by an incomplete key. *Biol. Cybernetics* 30 (1978), S. 95 bis 97.
- [41] Wigström, H.: A model of a neural-network with recurrent inhibition. *Kybernetik* 16 (1974), S. 103 bis 112.
- [42] Willwacher, G.: Fähigkeiten eines assoziativen Speichersystems im Vergleich zu Gehirnfunktionen. *Biol. Cybernetics* 24 (1976), S. 181 bis 198.
- [43] Zwicker, E.; Feldtkeller, R.: Das Ohr als Nachrichtenempfänger. S. Hirzel Verlag, Stuttgart 1967.
- [44] Duifhuis, H.: Perceptual analysis of sound. Dissertation. Technische Hochschule Eindhoven, 1972.
- [45] Blauert, J.; Cobben, W.: Some considerations of binaural cross correlation analysis. *Acustica* 39 (1978), S. 96 bis 104.
- [46] Schenkel, K. D.: Accumulation theory of binaural-masked thresholds. *J. of the Acoust. Soc. Am.* 41 (1967), S. 20 bis 31.
- [47] Durlach, N. I.: Equalization and cancellation theory of binaural masking-level differences. *J. of the Acoust. Soc. Am.* 35 (1963), S. 1206 bis 1218.
- [48] Osman, E.: A correlation model of binaural masking level differences. *J. of the Acoust. Soc. Am.* 50 (1971), S. 1494 bis 1511.
- [49] Terhardt, E.: Zur Tonhöhenwahrnehmung von Klängen. Teil I und II. *Acustica* 26 (1972), S. 173 bis 186 und S. 187 bis 199.
- [50] Warncke, H.: Die Grundlagen der raumbezüglichen stereophonischen Übertragung im Tonfilm. *Akust. Z.* 6 (1941), S. 174 bis 188.
- [51] Leakey, D. M.: Some measurements on the effects of interchannel intensity and time differences in two channel sound systems. *J. of the Acoust. Soc. Am.* 31 (1959), S. 977 bis 986.
- [52] Franssen, N. V.: Stereophonie. Philips Tech. Bibl., Eindhoven 1963.
- [53] Makita, Y.: On the directional localisation of sound in the stereophonic sound field. *E.B.U. Rev. Part A Tech. No. 73*, June 1962, S. 102 bis 108.
- [54] Mertens, H.: Directional hearing in stereophony — Theory and experimental verification. *E.B.U. Rev. Part A Tech. No. 92*, August 1965, S. 146 bis 158.
- [55] Damaske, P.; Mellert, V.: Ein Verfahren zur richtungstreuen Schallabbildung des oberen Halbraumes über zwei Lautsprecher. *Acustica* 22 (1969/70), S. 153 bis 162.
- [56] Gardner, M. B.: Image fusion, broadening and displacement in sound location. *J. of the Acoust. Soc. Am.* 46 (1969), S. 339 bis 349.
- [57] Blauert, J.; Laws, P.: Verfahren zur orts- und klanggetreuen Simulation von Lautsprecherbeschallungen mit Hilfe von Kopfhörern. *Acustica* 29 (1973), S. 273 bis 277.
- [58] Wischgoll, K. J.: Kunstköpfe hören und sprechen. *radio mentor electronic* 40 (1974), S. 276 bis 278.
- [59] Franssen, N. V.: Some considerations of the mechanism of direction hearing. Dissertation. Technische Hochschule Delft, 1960.
- [60] Wendt, K.: Das Richtungshören bei Zweikanal-Stereophonie. *Rundfunktech. Mitt.* 8 (1964), S. 171 bis 179.
- [61] Platte, H.-J.; Laws, P.: Technische Probleme beim Einsatz kopfbezogener stereofoner Übertragungsverfahren. *Rundfunktech. Mitt.* 22 (1978), S. 22 bis 27.
- [62] Schröter, J.: Katalog von Außenrohrübertragungsfunktionen. Ruhruniversität Bochum, 1980.

MONTREUX 1981 — TECHNISCHE AUSSTELLUNG

30. MAI BIS 4. JUNI 1981

In diesem Aufsatz berichten Mitarbeiter des Instituts für Rundfunktechnik (IRT), München, von ihren Eindrücken beim Besuch der Technischen Ausstellung anlässlich des 12. Internationalen Fernsehsymposiums, das vom 30. Mai bis 4. Juni 1981 in Montreux stattfand. Eine entsprechende Rückschau auf die zur Ausstellung komplementäre Informationsebene – die Vorträge und Podiumsdiskussionen – dieser Veranstaltung wird Heft 5 dieser Zeitschrift bringen.

„Montreux“ hat sich in der Rangliste der turnusmäßigen Kongresse und Fachmessen auf dem Gebiet der elektronischen Medientechnik einen hervorragenden Platz erworben und in seiner zwanzigjährigen Geschichte des TV-Symposiums eine geradezu magische Anziehungskraft entwickelt: An die 220 führende Hersteller fernsehtechnischer Produktionsmittel aus 18 Ländern waren diesmal vertreten; der Gesamtwert ihrer Exponate erreichte eine halbe Milliarde Schweizer Franken. Und – man schätzt – weit über zehntausend Fachleute aus aller Welt nutzten dieses kostspielige Angebot vorführbereiter Geräte und Anlagen sowie das außerordentliche Konzentrat hochkarätigen technischen Sachverständes, um sich zu informieren, zu vergleichen, zu diskutieren, und mancher wird nun seine bislang auf „Montreux“ hinausgeschobene Entscheidung über die Beschaffung der in seinem Fernsehbetrieb notwendigen Ersatz- oder Neuinvestitionen leichter fällen.

Die folgenden Informationen sind vornehmlich für Leser geschrieben, die die Ausstellung nicht besuchen konnten; vielleicht können sie aber auch manchem Besucher bei der „Nachlese“ und Verarbeitung der bunten Vielfalt seiner eigenen Erlebnisse in Montreux behilflich sein. Zur besseren Orientierung haben wir in unserem Bericht das vielseitige und umfangreiche Gebiet der Fernsehtechnik in folgende Themenbereiche gegliedert:

1. Fernsehbildaufnahme
(Kameras, Kameraröhren, Objektive, Stative, Beleuchtungsgeräte)
2. Film und Fernsehen
(Filmmaterial, Film- und Diaabstastung)
3. Fernsehbildwiedergabe
4. Fernsehprogrammaufzeichnung auf Magnetband
(MAZ-Geräte und -Anlagen, Elektronische Schnittsysteme für MAZ-Anlagen)
5. Digitale Videotechnik
(Zeitfehlerausgleich, Bildsynchronisatoren, Standardkonverter, universelle Bildspeicher, Bildspeicher für Trickeffekte, Rauschverminderer und Bildverbesserungsgeräte, „Digitale“ Diageber, „Digitale“ Graphiksysteme)
6. Schriftgeneratoren, Untertitelungsgeräte
7. Videotext
8. Bildmischer
9. Signalübertragung über Lichtwellenleiter
10. Fernsehmeßtechnik
(Videomeßtechnik, Sender- und Empfängermeßtechnik)
11. Tontechnik
12. Rundfunkversorgung
(Terrestrische drahtlose Versorgung, Kabel-TV-Anlagen, Satellitenübertragung)
13. Schlußbemerkungen.

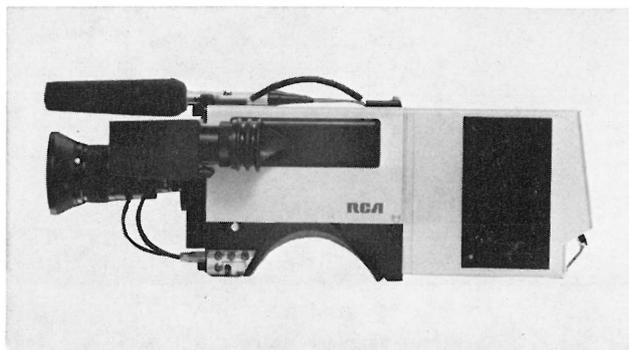


Bild 1
EB-Kamera mit integriertem $\frac{1}{2}$ -Zoll-Magnetbandrecorder
RCA HCR-1 „Hawkeye“

1. Fernsehbildaufnahme

1.1. Fernsehkameras

Eine Attraktion in Montreux waren die tragbaren Kamerarecorder: Bei RCA das „Hawkeye“ (**Bild 1**), eine mit den neuen 13-mm-Plumbikons (oder Satikons) ausgerüstete, sehr kleine 3-Röhren-Kamera, an die ein Recorder angesetzt ist; die VHS-Kassette wird in einem neuen Aufzeichnungsformat bespielt, so daß sich 20 Minuten Spieldauer erzielen lassen. Die Bildqualität ist erstaunlich gut. Auch SONY hat diese neue Konstruktionsphilosophie aufgegriffen: „Betacam“ (**Bild 2**), eine 1-Röhren-Kamera mit beachtlicher Auflösung, gekoppelt mit einem Recorder, der die Beta-Kassette (ebenfalls mit einer getrennten Aufzeichnung der Luminanz- und Chrominanzsignale und mit 20 Minuten Spieldauer) enthält. Ikegami hat an die neue Kamera HL 83 seitlich einen Recorder angesetzt, für den aber noch keine Formatfestlegung getroffen ist. Vom Gewicht her ist SONY am günstigsten. Die Gewichtsaufteilung auf der Schulter sieht bei Ikegami vorteilhafter aus, der Entwicklungsstand scheint bei RCA am weitesten zu sein. Noch ein paar neue Aufzeichnungsformate – wird so mancher stöhnen –, aber wenn Gewicht, Handlichkeit und Qualität bei EB günsti-



Bild 2
Labormodell einer EB-Kamera mit integriertem
 $\frac{1}{2}$ -Zoll-Magnetbandrecorder SONY BVW-1 „Betacam“

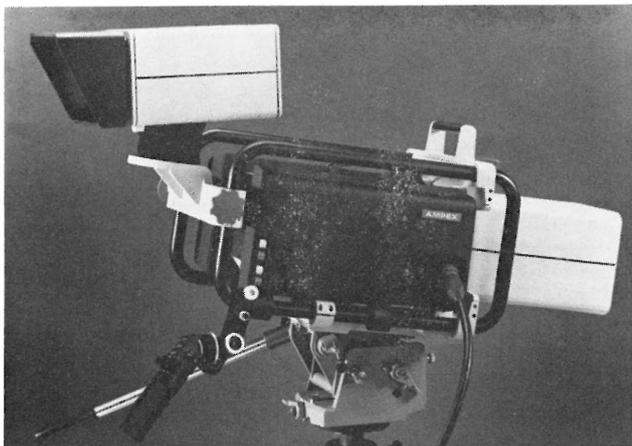


Bild 3
Farbfernsehkamera AMPEX BCC 21
für Studio- und Außenproduktion

ger werden, sollte diese Entwicklung aufgegriffen werden.

In dem großen und vielfältigen Angebot an Kameraanlagen findet man heute zunehmend Neukonstruktionen, die für mehrere Anwendungsbereiche konzipiert sind:

Neu in Montreux waren die Kameras BCC 20 und BCC 21 von AMPEX, die mit Mikroprozessorautomatik, einem extrem verfeinerten Abgleich der Rasterdeckung und mit entsprechend eingegengten Toleranzen aufwarten. Die mit 18-mm-Bleioxidröhren ausgerüstete BCC 21 (**Bild 3**) ist sowohl im Studio als auch für EAP einsetzbar.

Einen interessanten Weg beschreitet THOMSEN-CSF mit der Kamera TTV 1525 (**Bild 4**): Eine 25-mm-Röhre im erweiterten Grünkanal und 18-mm-Röhren (natürlich mit Dioden-Strahlerzeuger) im Blau- und Rotkanal. Damit läßt sich eine hohe Empfindlichkeit bei optimalem Trägheitsverhalten erzielen und eine „Universal“-Kamera bauen, die noch gut auf der Schulter getragen, aber auch mit den größten Objektiven auf dem Stativ geführt werden kann. Wie man erfahren konnte, wird eine auf dieser Kamera basierende Spezialversion auch von BOSCH erhältlich sein – neben der bekannten Studiokamera KCK. Hervorzuheben ist die vorsichtige Anwendung der Mikroprozessortechnik für automatische Einstellhilfen, wieder mit kamerainternem Prüfprojektor und Spezialdia: Neben der Automatik kann auch konventionell mit Schraubenzieher justiert werden; für eine An-

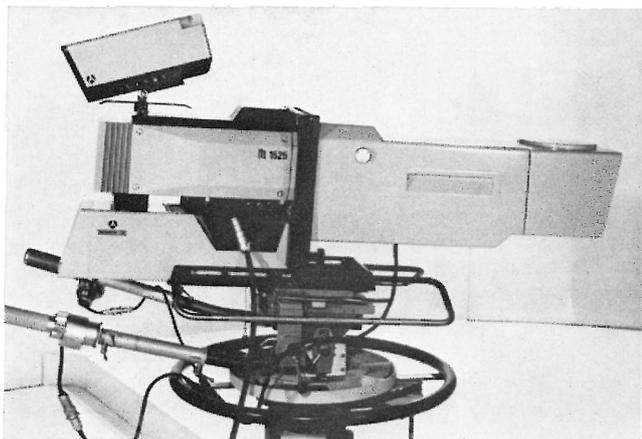


Bild 4
Studiokamera THOMSON-CSF TTV 1525

zahl selten benutzter Funktionen ist dies ohnehin digital nicht möglich.

Die sonst ausgestellten, teils schon bekannten Kameras seien im folgenden nach Firmen geordnet:

Bei BOSCH konnte man die KCA 100 in verschiedenen Versionen (z. B. mit Lichtleiter-Kamerakabel oder als EB-Kamera) sehen, ebenso die KCP 60. Auch die Studio/Ü-Wagen-Kamera KCK war auf mehreren Ständen (bedient aus einigen Ü-Wagen) präsent. PHILIPS zeigte neben den bekannten Studiokameras LDK 5B und LDK 25B die EB/EAP-Kamera LDK 14S („B“ und „S“ für weiterentwickelte Versionen). Dazu kommt noch die LDK 44 als Nachfolger der für professionellen Einsatz herausgestellten Video 80 mit einer Reihe von Verfeinerungen: Vorbelichtung der 18-mm-Röhren, Strahlstromregelung, 2-Zeilen-Konturkorrektur, um nur die wichtigsten zu nennen. In ähnlicher Weise hat GRUNDIG die neue professionelle Kamera FAC 72 (**Bild 5**) ausgerüstet, so daß der Unterschied in der Bildqualität zur EAP-Kamera nur mehr sehr klein ist. Man wartet auch mit Besonderheiten auf, die bei mancher für Rundfunkanwendungen konzipierten Kamera leider fehlen, z. B. einer dynamischen Cross-colour-Unterdrückung. Für beide Kameras (LDK 44 und FAC 72) werden EB-Versionen angeboten.

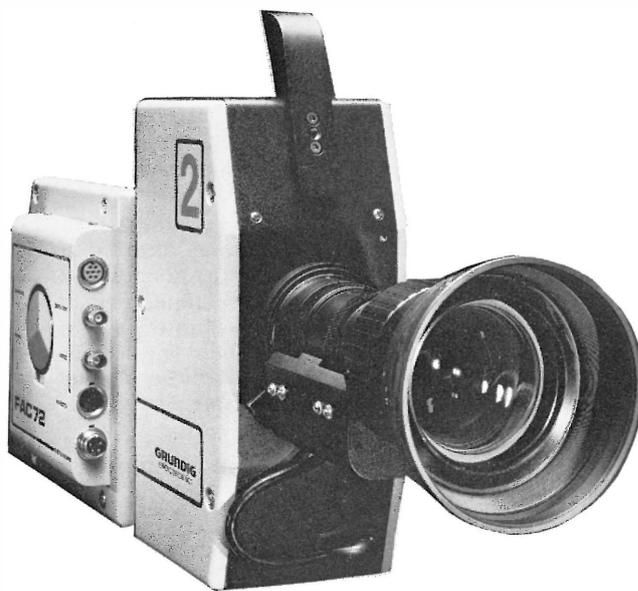


Bild 5
Farbfernsehkamerasystem GRUNDIG FAC 72

Aus England sind als wichtige Kamerahersteller MARCONI mit der Mk IX und LINK mit der Kamera Typ 125 zu erwähnen: MARCONI verwendet 30-mm-Röhren, LINK 25-mm-ACT-Röhren. Beide Konstruktionen beziehen das Objektiv in den Kamerakörper mit ein, MARCONI durch eine räumliche Aufteilung der drei Spulensätze noch konsequenter als LINK, so daß sehr kompakte Studio- bzw. AÜ-Kameras entstanden sind. Beide Kameras sind schon geraume Zeit auf dem Markt, so daß man nach Mikroprozessoren vergebens sucht. LINK bietet auch als EB/EAP-Kamera die von NEC gefertigte Kamera MCN 82A an. Bei THOMSON-CSF findet man die Kompaktkamera TTV 1650P, die TTV 1518 und die EB/EAP-„Microcam“ TTV 1603S (hergestellt bei SONY). Ein weiterer europäischer Kamerahersteller, NTV Mailand, bietet eine Studiokamera NT 750 mit drei 25-mm-Röhren an, deren Aufbau etwas an die LDK 25 erinnert. Leider fehlen Angaben über die Qualitätsparameter.



Bild 6

„Electronic Cinematography Camera“ **IKEGAMI EC 35**

Aus den USA haben sich außer AMPEX und RCA nur noch CEI, vertreten durch EMT, Lahr, als Kamerahersteller nach Montreux begeben. An der schon 1979 ausgestellten CEI 310, einer kleinen Studiokamera, hat man eine recht ansprechende mikroprozessorgesteuerte Automatik angebracht: Alphanumerische Korrekturinformationen erscheinen bei Überschreiten der Abgleichbereiche; Pegelangaben und eine Selbstdiagnose-Information werden eingeblendet. Aus der 310 ist die Kompaktkamera CEI 340 (mit drei 18-mm-Röhren jeder Version) für Schulterbetrieb hervorgegangen.

Sofern japanische Kameras bei einzelnen europäischen Herstellern nicht schon erwähnt wurden (z. B. bei LINK, THOMSON CSF), sind im folgenden die wichtigsten Kameras aus dem fernen Osten aufgeführt: HITACHI stellte auf dem Studiosektor die Kameras SK 96 und die mikroprozessorgesteuerte SK 100 heraus. Die EB/EAP-Kamera SK 91 wird ergänzt durch die sehr leichte SK 81 für EB-Einsatz (beide mit 18-mm-Satikon bestückt). Aber auch auf dem professionellen Sektor kann HITACHI gut mitziehen: zwei EB/EAP-Kameras FP-21 und FP-22 mit 18-mm-Röhren, letztere mit automatischem Abgleich auch der Rasterlagen (mikroprozessorgesteuert); dazu noch eine 1-Röhren-Kamera FP-10 mit einem hochauflösenden 25-mm-Trielektroden-Satikon (430 Zeilen), die mit Objektiv und Sucher 5,3 kg wiegt: Bildqualität sehr beachtlich!



Bild 7

EB-Kamera **SONY BVP 110**

IKEGAMI zeigte ein für Rundfunkanwendungen besonders reichhaltiges Programm an Kameras: Studiokameras HK 357 und HK 302 mit 25-mm-Röhren, erstere mit Kabel KA 64 und automatischem Abgleich (optionell), die zweite als verbilligte Ausführung. Alle weiteren Kameras arbeiten mit 18-mm-Röhren, wobei in der HL 79D bereits die neuen XQ 3427-Röhren mit verringerter Kapazität und besserem Störabstand eingesetzt werden. Im großen Studiogehäuse eingebaut wird aus der HL 79 die HL 790E; ein Triax-Adapter ist ebenfalls erhältlich: TA 79. Kameras wie die EC 35 (**Bild 6**) werden in Europa noch als Exoten angesehen. Man meint auf den ersten Blick, eine 35-mm-Filmkamera vor sich zu haben, und dies ist auch die Absicht von CBS, Hollywood, wo man langsam auf die „Electronic Cinematography“ umstellt. Ein Satz von 5 Festobjektiven und ein Spezialzoom (mit T-Blendenangabe), Mikroprozessorsteuergerät, das nach dem Abgleich entfernt wird, hohe Bildqualität auch bei voller Öffnung, filmähnliche Kennlinienvorentzerrung und extreme „Knie“-Einstellung (600 % Signal am Eingang wird auf 100 % komprimiert, wobei der Aussteuerbereich bis 90 % normal bleibt), Strahlregelschaltung – eine Selbstverständlichkeit. Auf die neue, sehr leichte HL 83 (4 kg mit Sucher ohne Objektiv) wurde bereits hingewiesen (lieferbar erst 1982).

Bleibt last not least SONY, deren tragbare Kameras BVP 300A, BVP 330 mit Dioden-Strahlerzeuger-Röhren und BVP 250 (eine preisgünstigere, mit Satikon ausgerüstete 3-Röhren-Kamera) nicht unerwähnt bleiben dürfen. Für den Betrieb über längere Triax-Kamerakabel ist die neue DCU 300 (digital command) vorgesehen. Auch hier zuletzt eine 1-Röhren-Kamera: BVP 110 (**Bild 7**), ausgerüstet mit einem 18-mm-Satikon/Trinikon, das eine Auflösung von 400 Zeilen bringt. Mit Objektiv und Sucher kommen nur 4 kg auf die Waage bei 9 W Leistungsaufnahme. Kein Wunder, das dies eine Basis für die „Betacam“ ist. Die Bildqualität ist, vorsichtig ausgedrückt, gar nicht schlecht, wenn auch sicher nicht Klasse 1. Ob sich der 11-cm-Farbmonitor BVM 4050P als Sucher mit 250 Zeilen Auflösung einführen kann, muß sich noch erweisen.

1.2. Kameraröhren

Die Kameraröhre – nach wie vor Kernstück aller professionellen Fernsehkameras – ist offensichtlich noch nicht am Ende ihrer Entwicklungsmöglichkeiten. Zu den bemerkenswerten Neuheiten zählen hier insbesondere Röhren mit nur 13 mm Durchmesser. So zeigte PHILIPS ein 13-mm-Plumbikon mit Dioden-Strahlerzeugersystem, elektrostatischer Fokussierung und elektromagnetischer

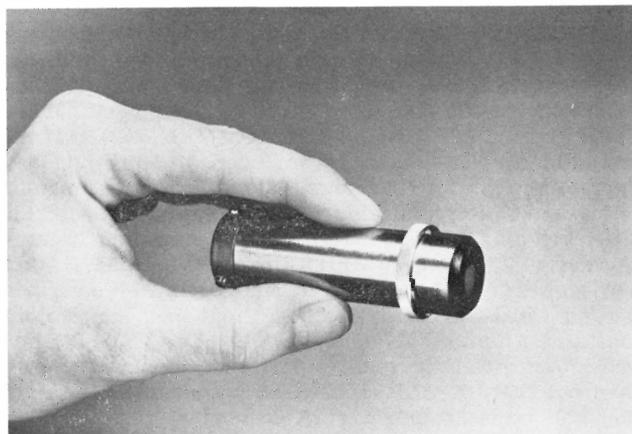


Bild 8

13-mm-Plumbikon mit Ablenkspulen (Gewicht: 65 Gramm) für Reportagekameras



Bild 9

Varioobjektiv ANGENIEUX 15 x 9 — $f : 1,5$ für
18-mm-Kameraröhren

Ablenkung (Bild 8). Röhre und Spulensatz wiegen zusammen nur 65 Gramm. Und da ihre Auflösung mit etwa 45 % Modulationstiefe des Bildsignals bei 4 MHz überraschend gut ist, dürfte diese Röhre für den Einsatz in Reportage-Farbfernsehkameras interessant sein. Vorge stellt wurden auch 13-mm-Satikonröhren mit konventioneller magnetischer Fokussierung und Ablenkung.

RCA und HITACHI gelang es, das Satikonröhren bislang anhaftende, sehr störende „Einbrennen“ bei Überbelichtungen mit Hilfe dickerer Fotohalbleiterschichten zu verringern. Die verbesserten Röhren kommen unter der Bezeichnung „Saticon II“ bei RCA und „Saticon B“ bei HITACHI auf den Markt. EEV bietet neuerdings unter ihren 30-mm-Leddikonröhren eine Spezialausführung mit der Typenbezeichnung P 8420 an; ihre Merkmale sind: Dioden-Strahlerzeuger, geringe Kapazität der Signalplatte gegen Masse und verkleinertes Bildformat 12,8 mm x 9,6 mm. Verringerte Kapazität der Signalplatte gegen Masse, die sich günstig auf den Störabstand auswirkt, findet man auch bei 18-mm- und 25-mm-Röhren aller Hersteller. Diese Röhren bringen in den neuesten Kameras einen Gewinn von etwa 3 dB im Störabstand.

Halbleiter-Flächensensoren für die Fernsehbilddaufnahme waren auf der Ausstellung nicht zu sehen, obwohl es kein Geheimnis ist, daß die Entwicklungen von Sensoren für einfachere Kameras schon nahe an die Marktreife herangekommen sind.

1.3. Objektive

ANGENIEUX brachte ein relativ leichtes Varioobjektiv 15 x 9 — $f : 1,5$ für 18-mm-Röhren (Bild 9) und ein 15 x 7 — $f : 1,4$ für die neuen 13-mm-Röhren heraus. Studioobjektive mit Projektor für das Justagedia gab es außer bei ANGENIEUX auch neu bei SCHNEIDER (Bild 10): Zur besonders gleichmäßigen Ausleuchtung und zum Abgleich der Farbtemperatur verwendet man 3 Lämpchen, Filter und eine U-Halbkugel. Der Projektor sitzt oben am Objektiv, lieferbar für 30-mm- und 25-mm-Format (TV 51 bzw. TV 61). Ein sehr leichtes (1,5 kg) Variogon 14 x 9 — $f : 1,7$ mit 2facher Brennweitenverlängerung wird für das 18-mm-Format neu angeboten; auch für 13 mm soll demnächst ein 14 x 6,5 — $f : 1,4$ in ähnlicher Art lieferbar sein. Superweitwinkelvorsätze sah man bei BOLEX-ASPHERON: bis zu einem Bildwinkel von 120° ohne nennenswerte Geometrieverzerrungen.

FUJII OPTICAL zeigte Studioobjektive mit bemerkenswert leisen Motorantrieben, des weiteren ein sehr weitwinkliges Varioobjektiv 6,5 bis 23 mm — $f : 1,7$ für 18-mm-Röhren. Für die Bildformate 30 mm und 25 mm

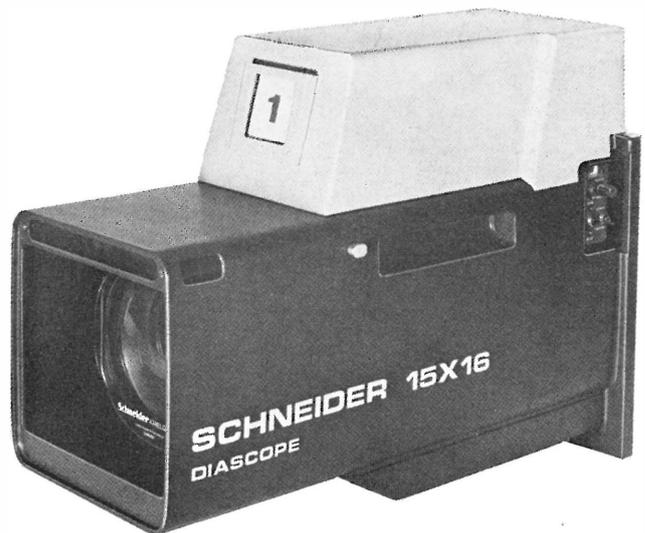


Bild 10

Varioobjektiv SCHNEIDER 15 x 16 — $f : 2,1$
für 30-mm- bzw. 25-mm-Kameraröhren mit Diaprojektor

liegen hochauflösende 14fach-Varioobjektive vor: 12,5 bis 17,5 — $f : 1,6$ bzw. 16,5 bis 23,1 — $f : 2,1$ mit konstanter relativer Öffnung bis zum Tealebereich. Auch für das 18-mm-Format wird nun ein 14fach-Objektiv und Testprojektor (z. B. für die AMPEX BCC 20/21) angeboten: 9,5 bis 133 mm — $f : 1,7$.

CANON zeigte ein neues 13fach-EB-Objektiv, ein 18fach in der Brennweite einstellbares Studioobjektiv und große Einheiten für 20fache bzw. 25fache Variation — nötig für EAP oder AÜ-Einsätze. Verschiedene Teleflex-Prismenvorsätze mit Rotiermechanik und eine Reihe von Sternfiltern sah man bei TELEVISUAL.

1.4. Stativ

Hohe Qualität der Mechanik von Stativen fand man wieder bei VINTEN in einem breiten Angebot vom Leichtstativ über die verschiedenen Pumpstativ bis zum Dolphin Crane Arm. SACHTLER zeigte bemerkenswerte Fluid-Schwenk/Neigköpfe und elegante Stativ vom großen Video 35 (für Kameras bis zu 45 kg Gewicht) bis zum Panorama 7+7 (bis zu 10 kg), insgesamt fünf verschiedene Größen.

Bei AEG konnte man ein verbessertes Kamerasteuersystem für die automatische Einstellung der Betriebsfunktionen Brennweite, Schärfe, Neigen und Schwenken bewundern, das auch kombinierte vorprogrammierte schwierige Parallelbewegungen mehrerer Kameras bei der Trickgestaltung meistert.

1.5. Beleuchtungsgeräte

Lichtstallanlagen fand man bei SIEMENS, RANK-STRAND und LION LIGHTING SYSTEMS. Scheinwerfer-Aufhängesysteme wurden von TELE STAGE ASS. gezeigt. Mehrzweckscheinwerfer verschiedener Bauarten waren bei RANK-STRAND und JOHN PAGE LTD. zu sehen: Arbeitet man bei RANK-STRAND mit zwei um 180° verdrehten Lichtaustrittsöffnungen (für Fläche bzw. Stufenlinse), so werden beim „Leo“ von JOHN PAGE vor die Stufenlinse bis zu 3 Glasstrettscheiben eingeschwenkt, so daß Licht nur in einer Richtung austritt (Lampen jeweils 2,5/5 kW Doppelwendelausführungen). Motorantriebe sind beim Mehrzweckscheinwerfer „Kahoutek“ von RANK-STRAND vorgestellt worden. Die bekannten Lichtsteuergeräte von CSEE — für Halogen-Metall dampflampen — wurden weiterentwickelt.

A. Kaufmann

2. Film im Fernsehen

2.1. Filmmaterial

Die Rohfilmhersteller wollten mit ihrer Anwesenheit wohl lediglich demonstrieren, daß der Film im Fernsehen doch nach wie vor eine gewisse Rolle spielt. Brandneue Produkte waren nicht zu sehen, vielmehr war aus Fachgesprächen zu entnehmen, daß man auch in Zukunft auf die Belange des Fernsehens eingehen und die Materialien bezüglich Empfindlichkeit, Körnigkeit und anderer Parameter weiter verbessern wolle. FUJI machte besonders auf seinen relativ neuen Farbnegativfilm A 250 Type 8518/25 aufmerksam, ein hochempfindliches und (trotzdem) feinkörniges Material für Aufnahmen bei ungünstigen Lichtverhältnissen. Dieser Film könnte für Negativabtastung interessant werden. Weiterhin im Angebot sind der ultrahochempfindliche 16-mm-Umkehrfilm RT-500 und der extrem feinkörnige Umkehrfilm RT-125. Von KODAK war zu erfahren, daß zum kommenden Herbst ein neues, hochempfindliches Negativmaterial auf dem Markt erscheinen wird.

2.2. Fernsehfilm- und -diaabtastung

Auf dem Gebiet der Fernsehfilmabtastung gehen die Bemühungen dahin, die Bedienung der Geräte zu erleichtern, ihre Stabilität und Zuverlässigkeit zu erhöhen und die Qualität des Films im Fernsehen bezüglich Störabstand, Farbwiedergabe und Gradation mit elektronischen Mitteln zu verbessern.

Eine vielbeachtete überraschende Neuentwicklung auf der diesjährigen Ausstellung war der neue Abtaster B 3410 von MARCONI mit CCD-Zeilensensoren, Capstanantrieb, digitalem Speicher für vier Halbbilder und voll-digitaler Signalverarbeitung (**Bild 11**). Durch die voll-digi-



Bild 11

Fernsehfilmabtaster MARCONI B 3410 mit CCD-Zeilensensoren, digitaler Bildsignalspeicherung und -verarbeitung für 16-mm- und 35-mm-Film

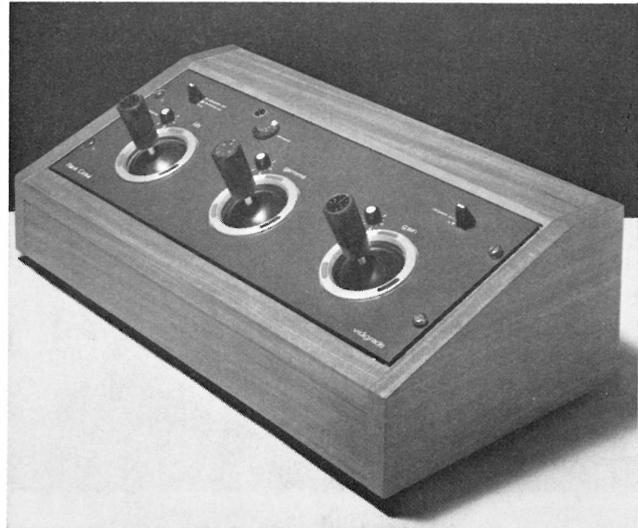


Bild 12

Bedienteil zum FBAS-Farbkorrekturgerät „Vidigrade“ der Firma RANK CINTEL

tale Signalverarbeitung wird eine hohe Genauigkeit und eine hohe Stabilität sichergestellt. Die A/D-Wandlung hat man im Hinblick auf die notwendige Amplitudenauflösung bei der Kennlinienvorentzerrung mit 11 Bit ausgelegt. Auch die Konturkorrektur erfolgt in beiden Richtungen digital. Erwartungsgemäß ist das Gerät als Zweiformatabtaster (16 mm und 35 mm) konzipiert. Der Formatwechsel läßt sich in kürzester Zeit durch Austausch eines Optikblocks ausführen. Weitere Features sind: Einzelbildschaltung (Jogging), Slow-motion in beiden Richtungen, Shuttle-Betrieb in beiden Richtungen, Schnellstart und programmierbarer Suchlauf, Start und Stop. Einige Funktionen, wie Farbkorrektur für Weiß, Gamma und Schwarz sowie Shuttle-Betrieb und Standbild, waren mangels Software noch nicht funktionsfähig. Für Diagnosezwecke gibt es ein spezielles Monitorprogramm.

Reges Interesse fand auch der MK III C von RANK CINTEL, eine nach Kundenwünschen verbesserte Ausführung des vielfach bewährten MK-III-Punktlichtab-tasters mit Capstanantrieb. Einige Verbesserungen sind: Schnellstop, Fußschalter zum Lösen der Servobremse, Shuttle-Betrieb mit variabler (bis zu 20facher) Geschwindigkeit, Einzelbildschaltung und Sättigungseinstellung.

Auch „Vidigrade“, eine vielseitig verwendbare FBAS-Farbkorrekturereinheit mit Kammfilterdecoder, wurde verbessert und mit einem zusätzlichen Sättigungseinsteller versehen. Dieses Gerät (**Bild 12**), das u. a. auch Farbfehler 2. Ordnung korrigiert, ist nicht nur für Filmkorrekturen, sondern auch zur Korrektur elektronischer Produktionen (EB, EAP) von Nutzen.

Ausgestellt war auch eine verbesserte programmierbare Farbkorrektur (Topsy) mit Prozessorsteuerung und Floppy-disc. Die Programmierung ist jetzt mit Hilfe eines Bildschirmsichtgerätes leichter durchzuführen. Mit der gleichzeitig erweiterten Software bieten sich nun folgende Möglichkeiten: automatische Anzeige eines Schaltungs- oder Bedienungsfehlers, Anzeige von Start- und Endzeit schon vorprogrammierter Ereignisse, Anzeige von Betriebsart, Vorwahl bestimmter Funktionen mit Verriegelung der nichtbenötigten Funktionen, Interface mit XY-Zoom, Anzeige der Farbeinstellungen und der Bedieneinstellungen des Filmabtasters auf dem Datensichtgerät. Außerdem wurde für Topsy ein Diagnostiksystem entwickelt, mit dessen Hilfe die Analyse und Fehlerdiagnose vereinfacht wird. In Verbindung mit ei-

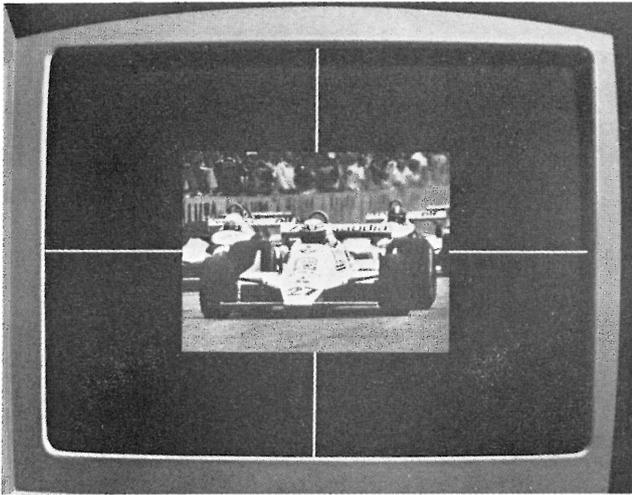
**Bild 13**

Foto eines Fernsehbildes mit elektronisch veränderter Größe durch „XY-Zoom“ der Firma RANK CINTEL

nem Oszilloskop erhält der Anwender Zugriff zu allen Adressen im Topsy-Adreßbereich mit der entsprechenden Rückmeldung.

Neu im Programm von RANK ist ein „Secondary Colour Corrector“, im Prinzip eine nichtlineare Matriziereinheit, die es erlaubt, die drei Grundfarben und ihre Komplementärfarben unabhängig voneinander in Farbton und Farbsättigung zu korrigieren, ohne dabei den Weißabgleich zu beeinflussen. Dieses Gerät ist speziell für die Nachbearbeitung gedacht. Es soll in Zukunft auch eine Schnittstelle zur programmierbaren Farbkorrektur-einheit Topsy erhalten.

Das „XY-Zoom“, erstmals demonstriert auf der IBC 80, erlaubt dem Anwender eine Lageverschiebung des Bildes sowie eine Änderung der Bildgröße bis zu einem Verhältnis von 8 : 1 (**Bild 13**). Die Austastung erfolgt automatisch. Zoom und Bildlage sind mit der Topsy-Einheit programmierbar. Dieses Gerät ist speziell für die Nachbearbeitung von Filmen sehr nützlich (z. B. Panning bei Breitwandfilmen unter Ausnutzung der vollen Bildfläche).

Ferner wurde ein digitaler Rauschminderer vorgestellt, der auf der Entwicklung von PYE basiert. Das Gerät wird bei Filmabtastern zur Reduzierung des Filmkorns eingesetzt. Es arbeitet vollautomatisch, indem das Störsignal, der Bildinhalt und die Bewegung im Bild detektiert und bewertet werden. Ein eingebautes Diagnostiksystem erleichtert die Fehlersuche im gesamten Digitalbereich einschließlich Bildspeicher.

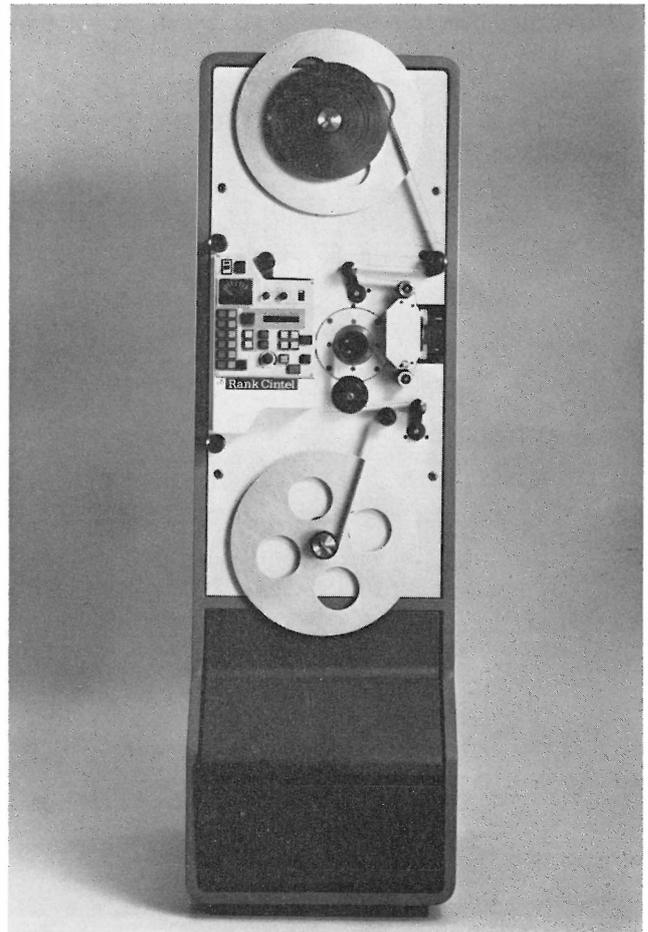
Neu bei RANK war ein prozessorgesteuertes Magnetfilm-Laufwerk FeRRIT mit Capstanantrieb für die Formate 16/17,5/35 mm (**Bild 14**). Die Erfahrungen, welche die Firma inzwischen mit ihrem MK III-Abtaster gesammelt hatte, konnten hierbei verwertet werden. Das Besondere ist ein Capstan mit relativ großem Durchmesser, wobei der Umschlingungswinkel des Magnetfilms 160° beträgt. Die Maschine läuft mit 24 oder 25 Bildern/s; außerdem ist ein kontinuierlich veränderbarer, verkoppelter Shuttle-Betrieb bis zu 20facher Normalgeschwindigkeit möglich. Der Formatwechsel kann innerhalb kürzester Zeit erfolgen.

BOSCH zeigte wieder seinen Filmabtaster FDL 60 mit CCD-Zeilensensoren, digitaler Bildspeicherung und Capstanantrieb, der schon 1979 in Montreux als erster Abtaster dieser Art der Öffentlichkeit vorgestellt worden war. Inzwischen ist dieses Gerät längst aus dem Prototypstadium heraus und hat in die Praxis Eingang gefunden. Erstmals bei der NAB und als Neuheit in Montreux

zu sehen war eine der Kennlinienvorentzerrung nachgeschaltete, auf digitaler Basis arbeitende Black-stretch-Schaltung zur Verbesserung der Detailwiedergabe in den Schattenpartien. Wie zu hören war, soll an der PAL-Version einer Pan-scan-Schaltung zur optimalen Wiedergabe von Cinemascope-Filmen gearbeitet werden. Ferner ist eine Einheit zur Reduzierung des Filmkorns in Vorbereitung.

Auf dem gleichen Stand wurde von FERNSEH INC. der schon länger bekannte Kamera-Filmabtaster TCF 3000 gezeigt, der in erster Linie für den Einsatz in kleineren Studios gedacht ist. In der einfachsten Ausführung könnte er als 2fach-Diaabtaster verwendet werden. Die Kamera kann sowohl mit Vidikons als auch mit Plum-bikons oder Satikons bestückt werden. Interessant ist ein neuartiger Kennlinienentzerrer, der einen hohen Filmkontrast von 250 : 1 berücksichtigt und nur die tieffrequenten Signalanteile entzerrt, um eine Störabstandsverschlechterung bei Bildschwarz erträglich zu halten. Der als Option eingebaute Farbkorrektor CF 3000 arbeitet als nichtlineare Matrizierschaltung (Sechs-Vektor-Korrektor), wobei Weiß unbeeinflusst bleibt.

Wie schon vor zwei Jahren, zeigte THOMSON-CSF auch auf dieser Ausstellung wieder seinen Zweiformat-abtaster TTV 2530 für 16-mm- und 35-mm-Film. Der Filmtransport erfolgt kontinuierlich über einen Capstan. Der Ausgleich der Filmbewegung wird über ein Zweiweg-Prismensystem erreicht. Der vor zwei Jahren angekündigte Filmreinigungszusatz war noch nicht realisiert. Der schon bekannte Diaabtaster TTV 2705 ist weiterhin im Angebot; er kann optional auch mit einer Zoom-Elek-

**Bild 14**

Prozessorgesteuertes Magnetfilm-Laufwerk RANK CINTEL FeRRIT mit Capstanantrieb für die Formate 16/17,5/35 mm

Das Kamerarecordersystem HCR-1 „Hawkeye“ von RCA bietet hervorragende Möglichkeiten für den Ein-Mann-EB/EAP-Betrieb. Mit nur 10,5 kg Gewicht besteht diese Einheit aus der 3-Röhren-Kamera HC-1 mit angeflanschem Recorder HR-1. Auf einer gewöhnlichen 1/2-Zoll-Standard-VHS-Kassette (60-Minuten-Version) wird mit dem neuen „Chroma Track“-Aufzeichnungsverfahren, bei dem die Luminanz- und Chrominanzinformationen separat aufgezeichnet werden, eine Aufzeichnungsdauer von 20 Minuten erreicht. Da es sich nicht mehr um ein „Colour-under“-Verfahren handelt, steht die Farbinformation in voller Bandbreite zur Verfügung. Die Luminanzbandbreite wurde mit 3,5 MHz angegeben, der Gesamt-K-Faktor beträgt 2% und der Videostörabstand 48 dB unbewertet. Für die Tonaufzeichnung stehen 2 Tonspuren bereit. Der 80-Bit-Zeitcode wird auf einer getrennten Spur aufgezeichnet. Der Recorder kann im Bedarfsfall auch abgekoppelt von der Kamera betrieben werden.

Das Kamerarecordersystem „Hawkeye“ wird komplettiert durch eine Bearbeitungseinheit, bestehend aus Studiorecorder HR-2, Schnittsteuereinheit HE-1 und Timebase-Korrektor HT-1 (Bild 17). Mit dieser Einrichtung ist eine echte Insert- und Assemble-Schnittausführung gewährleistet. Der Recorder HR-2 macht dabei die Bearbeitung im Bereich von 1/16, über Standbild, bis zum 8fachen der Normalgeschwindigkeit mit sichtbarem Farbbild möglich. Eine weitere Besonderheit des Systems besteht darin, daß am Ausgang des Recorders HR-2 das Bildsignal in Komponenten zur Verfügung steht, in dieser Form auch überspielt wird und erst über den Timebase-Korrektor die Codierung in das FBAS-Signal (z. B. PAL) erfolgt. Alles in allem wird durch „Hawkeye“ eine beachtliche Bildqualität erzielt, die der von U-matic-Aufzeichnungen überlegen ist.

Einen ähnlichen Weg hat SONY mit seinem „Betacam“-Kamerarecorder BVW-1 beschritten. Hierbei sind Kamera und Recorder zu einer untrennbaren Einheit von nur 6,8 kg Gesamtgewicht verschmolzen. In der Kamera wird eine einzige neuentwickelte Highband-SMF-Trinikonröhre mit Streifenfilter verwendet, die eine Luminanzbandbreite von 4,5 MHz ermöglicht. Auf einer 1/2-Zoll-Standard-Betamax-Kassette (2-Stunden-Version) wird die Luminanz- und Chrominanzinformation – ähnlich wie beim RCA-System, aber damit nicht kompatibel – auf getrennten Spuren aufgezeichnet. Das Band läuft mit der 6fachen Geschwindigkeit eines Betamax-Heimvideorecorders, so daß 20 Minuten Aufnahmekapazität erzielt werden. Zur Wiedergabe wird – wie bei RCA – ein eigenes Abspielgerät benötigt. Jedoch führt dies im Gegensatz zu RCA nicht zu einem getrennten Bearbeitungs-

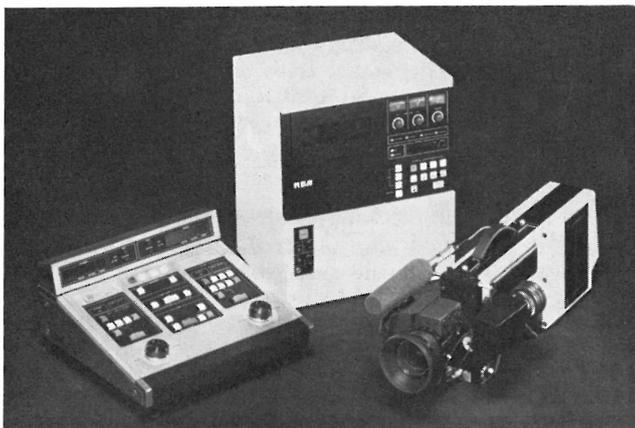


Bild 17
Bearbeitungseinheit
für das RCA-„Hawkeye“-Kamerarecordersystem

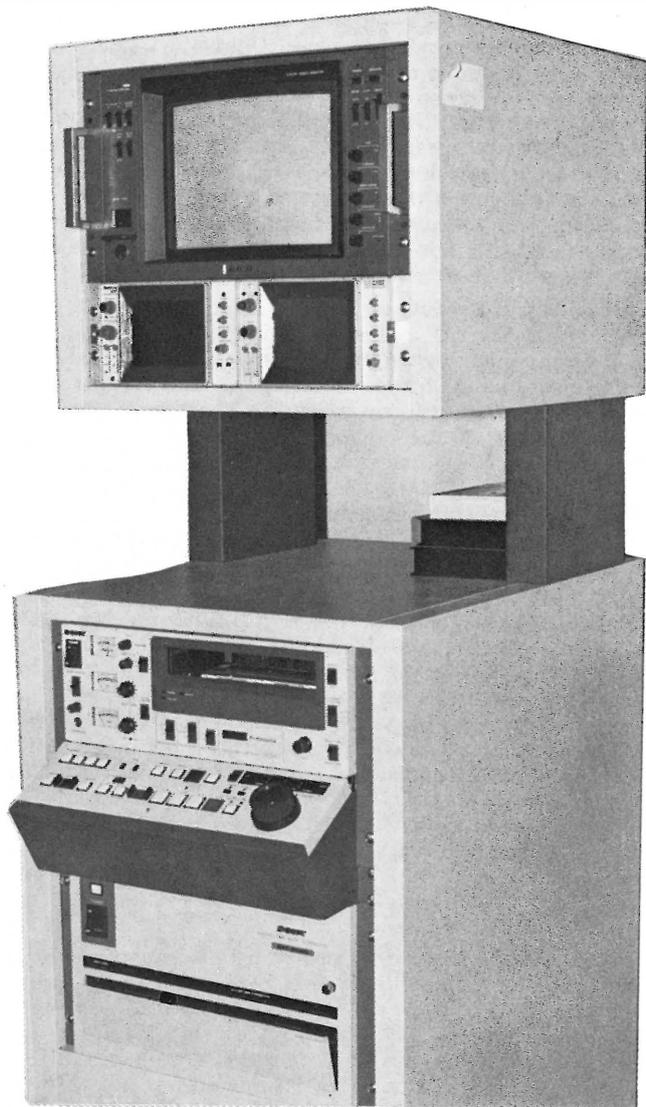


Bild 18
Highband-U-matic-Editing-Recorder SONY BVU-800 P

platz, sondern – und das wird bei SONY ausdrücklich betont – dieses Wiedergabegerät ist als Ergänzung zu bestehenden Systemen gedacht. Das bedeutet, daß mit Hilfe der bekannten Schnitteinrichtung BVE-500 ACE auf Highband-U-matic-BVU-200 P-Recorder überspielt werden kann. Die Eingangsbildqualität ist dabei nach Aussage des Herstellers so gut, daß trotz Überspielung ein Generationsverlust wettgemacht wird. Die Markteinführung des „Betacam“-Kamerarecorders wird für Mitte 1982 erwartet und führt sicher zu einer unerwarteten Bereicherung der EB/EAP-Produktionsmöglichkeiten.

SONY hat auch das bereits bekannte 3/4-Zoll-Highband-U-matic-Format durch eine weitere Novität bereichert. Mit den Recordern BVU-800 P und BVU-820 P führte die Entwicklung zu einer „Studioanlage“ mit Eigenschaften, wie sie bis jetzt nur vom 1-Zoll-Sektor her bekannt waren. Es handelt sich hierbei um Kassettenscanner mit Frontladeeinrichtung und dem daraus erwachsenden Vorteil, sie in einer Studiokonsole anordnen zu können (Bild 18). Die BVU-820 P zusammen mit dem Timebase-Korrektor BVT-500 P bietet sendefähige Zeitlupe im Geschwindigkeitsbereich von 1fach rückwärts bis 3fach vorwärts durch das bekannte „Dynamic Tracking“-Verfahren, d. h. durch nachgeführte Videoköpfe. Beim

Umspulen mit bis zu 40facher Geschwindigkeit ist noch ein Bild erkennbar. Diese neue Highband-U-matic-Einheit BVU-820 P ist zusammen mit Timebase-Korrektor bei einem Preis von etwa 95 000,- DM (BVU-800 P rund 37 000,- DM) zwischen den existierenden U-matic-H-Recordern BVU-200 P und den 1-Zoll-C-Format-Maschinen BVH-1100 P angesiedelt. Inwieweit sich diese Entwicklung auf dem Markt durchsetzen wird, hängt von produktionstechnischen wie wirtschaftlichen Gründen seitens des Anwenders ab; sie stellt jedoch zweifelsohne eine interessante Alternative zur heutigen Ausrüstung dar.

Die 1-Zoll-Studioformate, das B-Format von BOSCH und das C-Format anderer bedeutender Hersteller, haben inzwischen weltweit Anerkennung gefunden. Auch hier blieb die Entwicklung nicht stehen. Das Hauptaugenmerk richtet sich allgemein auf die Erweiterung des Bedienkomforts, auf die Verbesserung der Wiedergabequalität bei vom Normalbetrieb abweichenden Betriebsarten (wie Standbild, Zeitlupe, Zeitraffer) und auf den Ausbau der Schnittsteuereinrichtungen.

AMPEX führte den bekannten Recorder VPR-2B mit dem Timebase-Korrektor TBC-2B und die portable Einheit VPR-20 vor. Die Studiomaschine liefert nun bei Standbildwiedergabe ein komplettes Vollbild. Mit Hilfe des Slow Motion Controllers SMC 100 werden alle Vorteile des AST-Systems ausgenutzt: die variable Zeitlupe vorwärts und rückwärts, Standbild und variables Umspulen, ebenso Setzen von Schnittmarken. Ein VPR-2 mit geändertem Laufwerk ermöglicht eine maximale Spieldauer von 2,5 Stunden im C-Format. Insbesondere für Anwendungen im Spielfilmbereich und Sport entfällt somit der Synchronstart einer zweiten Maschine dank der langen Spielzeit. In diesem Zusammenhang sind auch die Recorder HR-300 von HITACHI und BVH-1180 P von SONY mit 3 Stunden Spieldauer, beide C-Format, erwähnenswert.

BOSCH demonstrierte mit seinen Recordern des B-Formats eine komplette Palette, vom tragbaren Kassettengerät BCN 5 über die transportable BCN 20 bis zur Studiomaschine BCN 51 mit Jogging und Zeitlupe und den Möglichkeiten des Bildspeichers. Der automatische Multikassettenrecorder BVN 100 mit seinen 3 Laufwerken und dem wahlfreien Zugriff zu 32 Kassetten läßt einen vorprogrammierten Ablauf von Programmbeiträgen bis zu einer Gesamtkapazität von 16 Stunden zu.

HITACHI präsentierte mit dem C-Format-Recorder HR-210 nun auch eine Maschine im PAL-Standard. Ein komplettes Produktionssystem wurde mit der Kombination aus HR-200 und elektronischem Schnittsteuersystem ECS-230 vorgestellt. Hier ergeben sich dank mikroprozessorgesteuerter Kontrolle zweier Maschinen alle Betriebsmöglichkeiten inklusive Standbild und Zeitlupe.

Ein besonderes Augenmerk verdient der ebenfalls im C-Format arbeitende Recorder TR-800 von RCA (**Bild 19**). Eine konsequente Integration mehrerer Mikroprozessoren für die Kontrolle und Steuerung aller Funktionen führt zu einem ausgeklügelten System in der Handhabung, bis hin zur Zeitcode-Schnittsteuerung mit dem Zeitcode-Editor AE-800. Eine raffinierte Ergänzung in der Schnittbearbeitung wird durch eine Reihe fest programmierter wiederholbarer Geschwindigkeiten geboten. In begrenztem Umfang ist dadurch eine definierte Zeitraffung und Zeitdehnung möglich, durch die sich z. B. die Länge des Takes bei Insertbetrieb an eine vorgegebene Zeitlücke anpassen läßt, soweit die auftretende Tonhöhenänderung toleriert werden kann. Somit läßt sich bei der Schnittbestimmung zusätzlich Zeit einsparen.

Die SONY-C-Format-Maschine BVH-1100 APS erfährt durch die Dynamic Tracking Control Unit DTR-1100 eine Vereinfachung in der Handhabung beim Betrieb mit variablen Geschwindigkeiten von 1/5 rückwärts, über

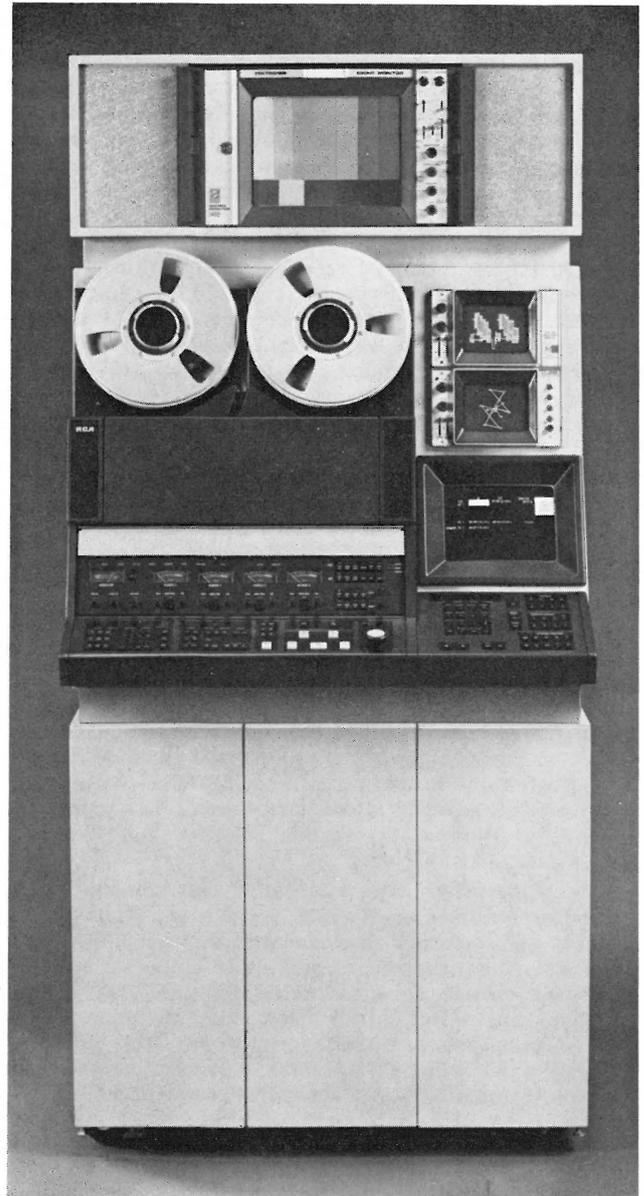


Bild 19

1-Zoll-C-Format-Videorecorder RCA TR-800 mit Mikroprozessorstuerung für nahezu alle Betriebs- und Kontrollfunktionen

Standbild, bis zur doppelten Vorwärtsgeschwindigkeit. Cuemarken-Schnittsteuerung ist ebenfalls integriert. Beachtung findet der tragbare Recorder BVH-500 APS insbesondere wegen seines hochpräzisen Kopftrommelservos, der gyroskopische Effekte verringert und unter verschiedensten Arbeitsbedingungen einen optimalen Bandlauf sicherstellt.

G. Welz

4.2. Elektronische Schnittsysteme für MAZ-Anlagen

Auf dem Gebiet der elektronischen Schnittsysteme für MAZ-Anlagen wurde eine große Zahl von Neu- und Weiterentwicklungen vorgestellt. Bemerkenswertes sah man bei AMPEX (ACE), CMX (THE EDGE) und SONY (BVE-5000); BOSCH zeigte das von BELL & HOWELL entwickelte und nunmehr gemeinsam vertriebene MACH ONE. ALBRECHT (Schwabach) bietet eine von seinem Schnittsystem ESP-M abgeleitete vereinfachte Version ESP-80 an. AEG stellte MOSAIC-A vor, eine Weiterentwicklung des vom IRT entwickelten Bediensystems MO-SAIC.

| Hersteller | Systembezeichnung | Zahl der gleichzeitig kontrollierbaren Maschinen | Betriebsart(en) | Art des Bedienfeldes | Art der Anzeige | Verteilte Intelligenz? | Verwendetes Fernwirksystem | Bemerkungen |
|---------------------|-------------------|--|-----------------|--|------------------|------------------------|--------------------------------|--|
| AEG | MOSAIC-A | 10 | on/off-line | Funktionstasten-Gruppen | Plasma-Displays | ja | V. 24/28 | |
| ALBRECHT, Schwabach | 1) ESP-M | 4 (bzw. 8) | on-line | Funktionstasten-Gruppen | gr. LED-Anzeigen | ja | 75-Ω-KOAX-Bus („ALBRECHT-Bus“) | 1 Interface für 3 Maschinen |
| | 2) ESP-80 | 3 | on-line | Funktionstasten-Gruppen | gr. LED-Anzeigen | teilw. | V. 24/28 | |
| AMPEX | ACE | 16 | on/off-line | drei Varianten: - Schreibmaschinentastatur - Funktionstastatur - Bildschirm | Bildschirm | ja | gemäß SMPTE-Vorschlag | Bedienfeld ist der Bildschirm: „Touch Screen“-System (s. Text); Fernwirksystem gemäß SMPTE-Vorschlag |
| BOSCH | MACH ONE | 6 | on/off-line | Funktionstastatur, ergänzt durch Schreibmaschinentastatur | Bildschirm | nein | - | |
| CMX | 1) 340 X | 32 | off-line | Schreibmaschinentastatur, ergänzt durch Funktionstasten | Bildschirm | ja | V. 24/28 | Fernwirksystem gemäß SMPTE-Vorschlag geplant |
| | 2) THE EDGE | 3 | off-line | 12 Funktionstasten mit variabler Funktion | Bildschirm | nein | - | Funktion der Tasten wird jeweils über Bildschirm angezeigt |
| RCA | AE-800 | 3 | on-line | Funktionstasten-Gruppen | Bildschirm | ja | V. 24/28 | |
| SONY | 1) BVE-1000 | 2 | on-line | Funktionstastatur | LED-Anzeigen | nein | - | |
| | 2) BVE-3000 | 3 | on-line | Funktionstastatur | LED-Anzeigen | nein | - | |
| | 3) BVE-5000 P | 6 | on/off-line | Schreibmaschinentastatur | Bildschirm | teilw. | V. 24/28 | |

Tabelle 1
Eigenschaften handelsüblicher elektronischer Schnittsysteme für MAZ-Anlagen

In **Tabelle 1** sind ohne Anspruch auf Vollständigkeit wichtige Eigenschaften einiger Systeme, die zur Zeit angeboten werden, systematisch in alphabetischer Reihenfolge der Hersteller zusammengefaßt. Es handelt sich um 11 Systeme von 7 Herstellern. Wie aus **Tabelle 1** zu sehen ist, geht die Entwicklung in zwei Richtungen: Einerseits gibt es eine Anzahl neuer hochkomfortabler Systeme (z. B. ACE, BVE-5000), die zum Teil an dem Vorbild der bekannten CMX-Systeme orientiert sind, andererseits wird einfacheren Anwendungsfällen mit preiswerten Systemen Rechnung getragen, die sich auf eine geringe Zahl anschließbarer Maschinen und den reinen On-line-Schnitt beschränken (z. B. ESP-80, BVE-1000).

Diese kleinen Systeme sind – ebenfalls aus Gründen der Kostenersparnis – in der Regel nicht nach dem Prinzip der verteilten Intelligenz gebaut, d. h. sie benutzen nicht konsequent je einen Mikrocomputer pro Bedienplatz und pro Maschine. Beispielsweise ist bei dem ESP-80 eine Interfaceeinheit für alle drei Maschinen zuständig. Das neue Schnittsystem THE EDGE weist nur einen zentralen Prozessor auf, jedoch je eine separate Interfaceplatine für jede angeschlossene Maschine; diese enthält neben der Maschinenanpassungselektronik auch ein EPROM, das den maschinenspezifischen Teil des Rechnerprogramms enthält: verteilte Intelligenz in Form eines „verteilten Programms“.

Etwas verwunderlich erscheint, daß die neuentwickelten großen Schnittsysteme ebenfalls nicht alle vom Prinzip der verteilten Intelligenz Gebrauch machen (z. B. MACH ONE). Eine mögliche Ursache dafür könnte darin zu sehen sein, daß die Schnittstelle für intelligente Interfaces nicht genormt ist; zwar wird als Fernwirkssystem häufig eine RS 232 C-Schnittstelle (entsprechend V. 24/28) verwendet (siehe **Tabelle 1**), der darüber laufende Datenverkehr ist jedoch herstellerspezifisch. Die jüngsten Anstrengungen der SMPTE, eine solche Schnittstelle zu standardisieren, tragen bereits Früchte: AMPEX benutzt bei seinem System bereits die bisher getroffenen Festlegungen der SMPTE, CMX kündigt eine baldige Benutzung der SMPTE-Schnittstelle an.

In Blick auf die Bedienkonzeption der neuen Schnittsysteme ist zu beobachten, daß sich die Hersteller bemühen, von der vielfach kritisierten umfunktionierten Schreibmaschinentastatur (CMX) zum bedienerfreundlichen Funktionstastenprinzip zu gelangen; ein Beispiel dafür ist das MACH ONE, das übersichtlich gegliederte Funktionstasten benutzt; eine zusätzlich vorhandene Schreibmaschinentastatur dient lediglich der Texteingabe. Das MOSAIC-A der AEG benutzt die bereits vom IRT her bekannte Gliederung in Funktionstasten-Gruppen.

Einige Firmen versuchen das Problem so zu lösen, daß eine Funktionstastatur bei einem komplexen Gerät zwangsläufig zu sehr umfangreichen Tastenanordnungen führt. Beim Schnittsystem THE EDGE wurde der Weg einer Tastenanordnung mit variabler Tastenbedeutung gewählt: Links und rechts vom Bildschirm sind je fünf Tasten angeordnet, deren Bedeutung je nach Arbeitsablaufphase variiert; die dementsprechende „Tastenschriftung“ erscheint neben den Tasten auf dem Bildschirm.

AMPEX verzichtet bei einer Variante seines Systems ACE völlig auf Tasten; stattdessen ist die Beschriftung auf dem Bildschirm zu berühren (Touch Screen, **Bild 20**). Sie ist je nach Ablauf unterschiedlich. Ein vor der Bildröhre angeordnetes „Gitter“ von Lichtschranken detektiert den Finger des Bedienenden. Für denjenigen, der sich mit dieser extravaganten Bedienung nicht anfreunden kann, bietet AMPEX alternativ dazu zwei andere Bedienpulte an: eines mit Funktionstastatur, ein zweites mit der weitverbreiteten Schreibmaschinentastatur. Dieses universelle Konzept wird ermöglicht durch konsequente Anwendung des Prinzips der verteilten Intelli-



Bild 20

Computergesteuertes modulares Schnittsystem AMPEX ACE (hier mit „Touch Screen“-Einrichtung für den Dialog zur Schnittbestimmung)

genz: Die drei alternativ zur Verfügung stehenden Bediengeräte arbeiten alle mit der gleichen Schnittstelle; die davon angesteuerten intelligenten Maschineninterfaces sind in jedem Fall die gleichen.

Noch ein kurzer Blick auf ein spezielles Problem beim Schnittbetrieb mit PAL-Farbfernsehsignalen: Der Wunsch nach störungsfreiem, d. h. PAL-8er-Sequenzrichtigem „Bild-in-Bild-Schnitt“ (wichtig z. B. bei „Animation“) führte schon in der Vergangenheit zur Entwicklung des „Colour Framing“ bei MAZ-Maschinen. Von der Wurzel her lösbar wird das Problem, wenn die Phasenbeziehung zwischen Farbträger und Horizontalsynchronimpuls bereits im Studiotaktgeber eindeutig und starr ist (E.B.U. Statement D25-1979). Taktgeber, die diese Bedingung erfüllen, wurden erstmalig in Montreux vorgestellt: der Taktgeber SPG-110 P der Firma SELTECH und der Sync Pulse Generator SPG-505 der Firma ACRON VIDEO, der im Herbst lieferbar sein soll.

K.-H. Trißl

5. Digitale Videotechnik

Auch auf der diesjährigen Montreux-Ausstellung zeigte die Zahl der Geräte mit digitalem Innenleben eine ansteigende Tendenz. Je nach Anwendungszweck wird geschlossene Codierung (mit Abstraten gleich der 3- oder 4fachen Farbträgerfrequenz) oder Komponentencodierung (teilweise mit den international diskutierten Abstratenverhältnissen 4 : 1 : 1 bzw. 4 : 2 : 2) eingesetzt. In zunehmendem Maße sind Möglichkeiten der Erkennung und Behebung von Hardwarefehlern vorzufinden: von LED-Statusanzeigen auf den einzelnen Printkarten, über eingebaute Testsignalgeneratoren und mikroprozessorgesteuerte Systemtests, bis hin zum schaltbaren Austausch des defekten Speicherbereichs für das höchstwertige Bit gegen den intakten Speicherbereich für das niedrigwertige Bit bei auftretenden Fehlern im Bildspeicher.

5.1. Zeitfehlerausgleicher

Im Bereich der Zeitfehlerausgleicher scheint sich die bestehende Zweiteilung fortzusetzen: auf der einen Seite Geräte, die neben dem eigentlichen Zeitfehlerausgleich zusätzliche Signalbeeinflussungen wie Rauschverminderung oder Detailverbesserung zumindest als Option aufweisen, auf der anderen Seite die „reinen“ Zeitfehlerausgleicher, die entsprechend preisgünstiger angeboten werden.

Der ersten Gerätegruppe ist der von MICROTIME vorgestellte PAL/SECAM-Zeitfehlerausgleicher 2080 zu-

zurechnen. Das im H/V-verkoppelten und -unverkoppelten Betrieb eine Bandbreite von 2,7 MHz, im Schwarzweiß-, SECAM- und farbträgerverkoppelten Betrieb eine Bandbreite von 5,5 MHz aufweisende Gerät läßt sich durch modularen Aufbau wahlweise mit einem auf 16 Zeilen erweiterten Korrekturbereich für den Einsatz bei Colour-under-Aufzeichnungsgeräten sowie zur Bild-detailverbesserung, Rauschverminderung und Dropoutkompensation ausstatten. Den im besonderen Hinblick auf die eigene C-Format-Schrägsपुरaufzeichnungsmaschine CTT-7000 konzipierten Zeitfehlerausgleicher NTC-20 stellte NEC vor; von zweifacher Vorwärtsgeschwindigkeit, über Standbild, bis 1/4 der Normalgeschwindigkeit in Gegenrichtung wird im Zusammenwirken beider Geräte ein sendefähiges Signal abgegeben. Das mit einem Korrekturfenster von 16 Zeilen arbeitende Gerät erlaubt jedoch auch die Signalkorrektur bei segmentierten Direct-colour-Maschinen. Für überdurchschnittliches Übertragungsverhalten (differentielle Verstärkung kleiner 1%, differentielle Phase kleiner 1°, K-Faktor kleiner 1%) und hohen Störabstand (besser 65 dB) bei großer Bandbreite (5,5 MHz) sorgen eine 10-Bit-Quantisierung und eine Abtastung mit 4facher Farbträgerfrequenz. Fester Bestandteil des Gerätes sind Rauschverminderung des Chrominanzsignals, Dropoutkompensation und Geschwindigkeitsfehlerkorrektur. Unter der Bezeichnung DPS-203 stellte DIGITAL VIDEO SYSTEMS einen PAL-Zeitfehlerausgleicher für alle nach dem Heterodyn-Prinzip arbeitenden Aufzeichnungsmaschinen vor. Das standardmäßig mit einem 6-Zeilenfenster ausgestattete, wahlweise mit einem 256-Zeilenfenster erhältliche Gerät weist in der Grundausstattung einen eingebauten Eichsignalgenerator auf und kann optional mit Selbstdiagnosemöglichkeiten ausgerüstet werden.

Neben dem vor einigen Jahren für den semiprofessionellen Markt vorgestellten Zeitfehlerausgleicher CCD-1H mit einem Korrekturfenster von einer Zeile wartete EDUTRON jetzt mit einer für Rundfunkanwendungen geeigneten Geräteserie CCD-2H in CCD-Technologie auf. Bei einem auf zwei Zeilen erweiterten Korrekturbereich verarbeiten die Geräte dieser Serie alle Heterodyn-Signale und sind je nach Gerätetyp mit zusätzlichen Bildverbesserungsschaltungen (Rauschverminderung für Luminanz und Chrominanz, Dropoutkompensation, Konturanhebung) ausgestattet. Typische Kennwerte sind: Bandbreite 3,2 MHz (PAL), differentielle Verstärkung 1,5%, differentielle Phase 0,5°, Störabstand 58 dB und verbleibende Zeitfehler ± 25 ns (H-verkoppelt) bzw. $\pm 2^\circ$ (farbträgerverkoppelt).

Im Angebot sind weiter die Zeitfehlerausgleicher BVT-500 P/S und BVT-2000 P/S von SONY, TBC-2002 S von IVC sowie die jetzt von HARRIS geführten ehemaligen CVS-Geräte 507 und 517.

5.2. Bildsynchronisatoren

Auch bei den Bildsynchronisatoren besteht die Tendenz, neben aufwendigen Geräten für zusätzliche Bildmanipulationen preiswertere Ausführungen in möglichst kompakter Bauweise für den reinen Synchronisierbetrieb verfügbar zu haben. Zu dieser zweiten Kategorie gehört insbesondere der erstmals auf der IBC 80 vorgestellte Bildsynchronisator DFS 1751 von QUANTEL (**Bild 21**). Trotz Ausstattung mit einem Vollbildspeicher von 5,2 Mbit weist das 19-Zoll-Einschubgerät geringe Abmessungen (Höhe: 4,5 cm; Tiefe: 43 cm), niedriges Gewicht (6,8 kg) und geringen Stromverbrauch (80 W) auf. Damit werden die entsprechenden Werte des bisher kompaktesten, allerdings nur in NTSC-Version auf dem Markt befindlichen Bildsynchronisators FS-16 von NEC noch beachtlich unterboten. Im übrigen erhöhen eingebaute Eigentests für die Fehlersuche sowie eine beim Vorliegen von Speicherfehlern vom Anwender selbst

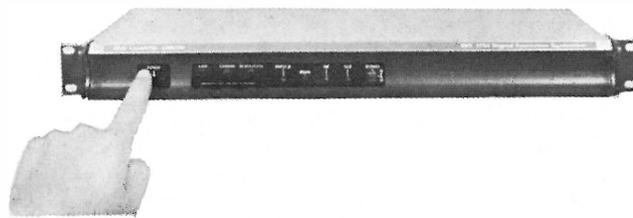


Bild 21

Bildsynchronisator QUANTEL DFS 1751

durchführbare Änderung der Speicherplatzzuordnung für die höher- und niedrigerwertigen Bits den Gebrauchswert des Gerätes.

Der schon vor zwei Jahren in Montreux vorgestellte Bildsynchronisator von NEC wurde unter der Bezeichnung FS-25B für Bildlückensignale (Prüfzeilen, Videotext) von Zeile 6 bis 22 bzw. Zeile 319 bis 335 passierbar gemacht, wobei das Gerät auch bei Vorhandensein von SIS-Signalen einwandfrei arbeitet, diese Signale jedoch nicht weitergibt. Der mit Speicherung von zwei Teilbildern und acht Bildlückensignalen pro Austastlücke arbeitende PAL-Bildsynchronisator 6001P von QUESTECH weist durch eine Speicherkapazität von 4,7 Mbit trotz Komponentencodierung keine verringerten Bandbreiten im „Freeze“- und „Effect“-Mode auf, vermeidet aber dadurch die bei Anpassung an die PAL-Farbträgerphase auftretenden horizontalen und vertikalen Signalsprünge der geschlossenen Codierung. Zur Bereitstellung der Komponenten wird ein PAL-Kammfilterdecoder verwendet; durch Auswechseln von Decoder und Coder läßt sich der Synchronisator in einfacher Weise auf andere Standards umstellen oder als Transcoder benutzen. Eingebaute Testsignale, mikroprozessorgesteuerte Testroutinen sowie zusätzlich verfügbare Steuereinheiten für das Zusammenstellen, Speichern und Abrufen von Effekten und Effektsequenzen vervollständigen das Gerät.

Wie die Synchronisatoren von BOSCH (HD SY) und MARCONI (B 3565) weist das von IVC als „Digital Field Store“ vorgestellte Gerät IVC-8000 einen Halbbildspeicher auf, verarbeitet praktisch beliebige Eingangssignale (wie nichtsynchrone Leitungssignale oder Signale von Schrägsपुरaufzeichnungsgeräten oder Plattenspeichern) und läßt sich dank der verwendeten Komponentencodierung auch als Standbild- und Zeitlupenspeicher einsetzen. Die Korrektur von FBAS-Signalen mit nichtumgesetztem Chromabereich wird mittels einer Zusatzplatine erreicht. Einstellbare Konturanhebung und Rauschunterdrückung sowie regelbarer Farbgleich runden die vielseitigen Möglichkeiten dieses Gerätes ab.

5.3. Standardkonverter

Das steigende Aufkommen von Sendungen über Nachrichtensatelliten und die zunehmende Verfügbarkeit von Programmmaterial preisgünstiger Videoaufzeichnungsgeräte scheinen einen wachsenden Bedarf an Einrichtungen zur Überführung eines Fernsehstandards in einen anderen auszulösen. So hat OKI ELECTRIC jetzt drei, den unterschiedlichen Anwendungen entsprechende Standardkonverter im Angebot. Vornehmlich für eine Standardumsetzung bei Videokassettenrecordern ist das tragbare Kompaktgerät LT 1200 TSC (**Bild 22**) gedacht, das sich durch Auswechseln der Decoder- und Codermodule den verschiedenen Standards (NTSC, PAL, SECAM) anpassen läßt und die hierbei erforderliche Zeitbasiskorrektur mitübernimmt. Durch Bestücken mit standardgleichem Decoder und Coder ist das Gerät auch als Bildsynchronisator einsetzbar. Das mit einem Abtastverhältnis 4:1:1 (Y: 9 MHz; R-Y, B-Y: 2,25 MHz) und jeweils 7-Bit-Quantisierung arbeitende Gerät weist einen Speicher für 2 Teilbilder auf und nimmt zur Bildung der neuen Zeilen eine „Intra-field“-Zeileninterpolat-



Bild 22
Fernsehstandardkonverter LT 1200 TSC
der Firma OKI ELECTRIC

tion vor. Von den beiden in Gestellbauweise vorliegenden Modellen der gleichen Firma arbeitet der Konverter LT 1100 TSC ebenfalls mit einem Speicher für 2 Teilbilder und „Intra-field“-Interpolation, während das Gerät LT 1015 TSC über einen Speicher für 3 Teilbilder verfügt und eine adaptive Interpolationstechnik anwendet: Bei bewegten Bildteilen erfolgt „Intra-field“-Interpolation, bei nichtbewegten Bildteilen dagegen „Intra-frame“-Interpolation. Gegenüber der tragbaren Ausführung weisen beide erhöhte Abtastfrequenzen (12 MHz und 3 MHz) bei 8-Bit-Quantisierung auf und erlauben durch vorgesehene Checks für Speicher, Datenübertragung und Interpolationsvorgang unter Verwendung eines eingebauten Testsignalgenerators eine wirksame Fehlersuche. Ein nur für die Standardumsetzung in einer Richtung konzipiertes Gerät stellte QUANTEL mit dem tragbaren, nur 22 cm hohen DSC 4005 vor.

Von McMICHAEL war der unter der Bezeichnung ACE (Advanced Conversion Equipment) von der BBC entwickelte Standardkonverter zu sehen. Bei diesem mit einem Speicher für 4 Teilbilder ausgestatteten Gerät wurde davon ausgegangen, daß nur die gleichzeitige Verfügbarkeit von je vier Zeilen aus jeweils vier Teilbildern die erforderlichen Interpolationsprozeduren erlaubt, wie sie zur Vermeidung von Auflösungsverlusten bei Bewegungen im Bild und von Flickereffekten an horizontalen und vertikalen Kanten notwendig sind. Abtastraten von 9,56 MHz (Y) und 3,18 MHz (U, V) bei Konversion bzw. 15,94 MHz (Y) und 3,98 MHz (U, V) bei Transcodierung (z. B. von SECAM nach PAL), Kammfilterdecoder für NTSC und PAL sowie 1%- bzw. 2%ige Überschreibung des Abtastrasters zur Vermeidung austastbedingter Ränder sind weitere Besonderheiten dieses Gerätes.

5.4. Universelle Bildspeicher

Neben der Bereitstellung der erforderlichen Speicherkapazität für die Synchronisieraufgaben im Bildsynchronisator stehen jetzt Bildspeicher auch als selbständige Geräte für anwendereigene Aufgaben (Bildauswertung, Bildmanipulation, Signalverbesserung) zur Verfügung.

So bietet McMICHAEL einen „Digital Video Frame Store“ für die Speicherung von Schwarzweißbildern in modularer Technik an, der die Zahl der speicherbaren Zeilen von 256 bis 592 und die Abtastrate von 4 bis 16 MHz zu variieren gestattet. Für die Rechnerauswertung des Speicherinhalts bestehen die notwendigen Schnittstellen über einen 16-Bit-Adreßbus und einen 8-Bit-Datenbus zu den bekanntesten Mikroprozessortypen (Z80, 8080A, 6502 und 6800), wobei die Transferrate bis zu 1 MHz betragen darf. Als Optionen sind die Unterbringung mehrerer Bilder in einem „frame“ und die Veränderung der Bildgröße von 1/2 bis 1/64 erhältlich. Unter der Bezeichnung

„Digital Video Memory 680“ stellte SHIBASOKU Bildspeicher für NTSC, PAL und SECAM vor. Während die NTSC-Version 680/1 mit geschlossener Codierung bei einer Abtastung mit 3facher Farbträgerfrequenz die gleichzeitige Speicherung der vier Teilbilder einer NTSC-Vierreihenfolge erlaubt (wobei die eingeschriebenen Teilbilder auf einer eingebauten Floppy-disk abgelegt werden können), arbeitet die PAL-Ausführung 680/2 mit Komponentencodierung und Abtastfrequenzen von 12,5 MHz (Y) und 3,125 MHz (U, V) bei Speicherung eines Vollbildes. Auf der vom Grundgerät getrennten Floppy-disk-Einheit 681 können 4 Teilbilder bzw. 2 Vollbilder festgehalten werden. Mittels des SECAM-Coders CC-5/3 läßt sich mit den Einheiten 680/2 und 681 auch ein Bildspeicher für SECAM realisieren.

5.5. Bildspeicher für Trickeffekte, digitale „Optik“

Die im PAL/SECAM Digital Production Effects System von QUANTEL bereits bestehenden vielseitigen Bildbeeinflussungsmöglichkeiten haben unter der Bezeichnung DPE 5001 PLUS eine Erweiterung durch die gleichzeitige Manipulierbarkeit von bis zu fünf Eingangssignalen erhalten, wobei jedem Eingang ein eigener Bildspeicher zugeordnet ist. Über eine „Shot Box“ lassen sich bis zu 70 einprogrammierte Effekte per Tastendruck abrufen, eine Mini-Floppy-disk-Speichereinheit erlaubt bis zu 700 Effektsequenzen („Autosequence“) festzuhalten, wobei mittels Lichtgriffel und einem kleinen separaten Computersystem auch Bewegungen („Custom Moves“) generiert und Formen („Custom Shapes“) vorgegeben werden können. Mit dem „Picture Rotator“ lassen sich darüber hinaus Bildteile beliebiger Größe und Form in beiden Rotationsrichtungen um 360° drehen.

Das unter dem Namen „AmpeX Digital Optics“ (ADO) vorgestellte Produktionssystem (**Bild 23**) möchte AMPEX als dritte Generation digitaler Trickgeräte für die Manipu-

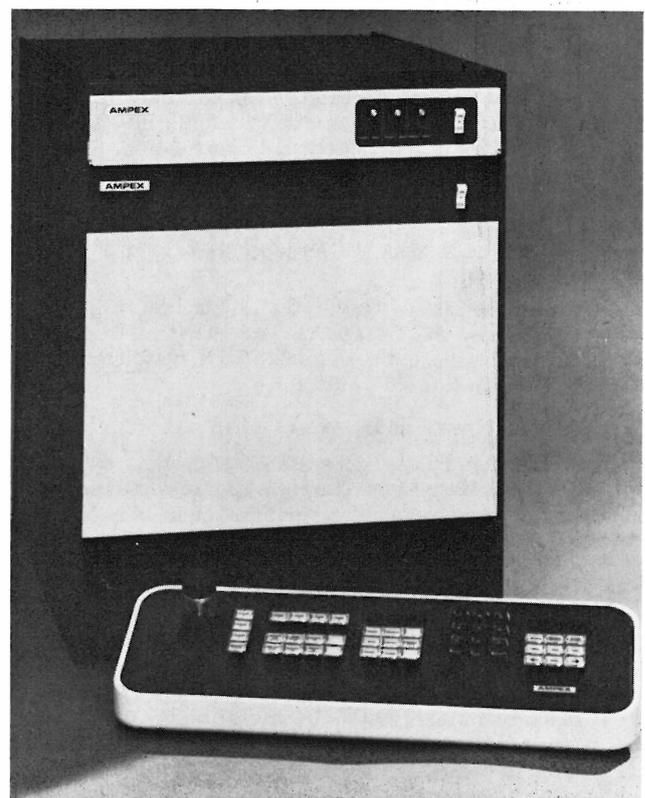


Bild 23
Digitales Trickgerät AMPEX ADO für die Manipulierung
der Geometrie von Fernseh Bildern

lierung der Geometrie von Fernsehbildern in Echtzeit verstanden wissen. Ziel war die verbesserte Nachbildung von Filmeffekten mit elektronischen Mitteln bei leichter Bedienbarkeit und erhöhter Bildqualität. Sobeindruckte das System weniger durch die möglichen „optischen“ Effekte (Bildrotationen um jede beliebige Achse im dreidimensionalen Raum, unabhängige Veränderung der horizontalen und vertikalen Bildabmessungen von Null bis zur achtfachen Bildgröße sowie Lageverschiebungen an jede beliebige Stelle des Bildschirms) als vielmehr mit der durch den hohen gerätetechnischen Aufwand gegebenen Bildqualität, die insbesondere in einer nur durch die Signalquelle bedingten Auflösung, in einer völlig ruckfrei erfolgenden Veränderung von Bildgröße und -lage und in dem Fehlen von Störkomponenten an Bildkanten zum Ausdruck kommt. Für diese hohe Bildqualität sorgen unter anderem Abtastraten im Verhältnis 4:1:1 bei 910 Abtastwerten pro Zeile für die Luminanz und 227 Abtastwerten pro Zeile für die Chrominanz.

Der Vollständigkeit halber sei noch der Trickeffekt-speicher TTV 5305 von THOMSON-CSF erwähnt, dessen Speicherkapazität gegenüber dem Vorgängermodell von 4,68 auf 8 Mbit erhöht wurde, um für das Leuchtdichtesignal eine Bandbreite von 5 MHz und für die Farbdifferenzsignale die Bandbreite von je 1,5 MHz bereitzuhalten.

5.6. Rauschverminderer, Bildverbesserungsgeräte

Von PYE/PHILIPS war in Montreux der mit einem Vollbildspeicher ausgerüstete Rauschverminderer LDM 3001 zu sehen, der als digitales Rekursivfilter wirkt und eine adaptive, von Eingangsruschen, Bildinhalt und Bildbewegung abhängige Rauschreduktion vornimmt. Nach Herstellerangaben erlaubt das mit dem 851fachen der Zeilenfrequenz als Abtastfrequenz (entspricht etwa 3facher Farbträgerfrequenz bei PAL bzw. 4facher Farbträgerfrequenz bei NTSC) arbeitende Gerät Störabstandsverbesserungen bis zu 8,5 dB. Der vollautomatische Betrieb des Gerätes wird durch das alleinige Herausführen von Netz- und Bypass-Schalter sowie einiger Statuslampen unterstrichen. Diagnosemöglichkeiten soll ein eingebauter digitaler Sägezahn-generator erleichtern.

Der zunächst nur in einer NTSC-Version (eine PAL-Version soll in 1 bis 2 Jahren folgen) von SONY vorgestellte „Digital Video Multi-Processor“ BVX-30 ist unter Einsatz eines Bildspeichers als Universalgerät für die gleichzeitige Rauschreduktion, Bilddetailverbesserung und Farbkorrektur gedacht. Das mit geschlossener Codierung und 4facher Farbträgerfrequenz als Abtastrate arbeitende Gerät läßt sich auch als Zeitfehlerausgleicher mit unendlich großem Zeitkorrekturfenster einsetzen, wobei Videoaufzeichnungsgeräte mit „Direct Colour“ und „Heterodyn Colour“ akzeptiert werden. Die auch subjektiv äußerst wirkungsvolle, mit maximal 15 dB angegebene Rauschunterdrückung arbeitet mit Hadamard-Transformation. Die Konturanhebung horizontaler und vertikaler Kanten läßt sich in vier Stufen vornehmen. Schließlich ist als Option für das Gerät eine Farbkorrektur erhältlich.

5.7. „Digitale“ Diageber

Das vor zwei Jahren in Montreux von QUANTEL zunächst nur als Studie vorgestellte und neben den aufwendigeren Still-store-Systemen von AMPEX (ESS-2/3) und HARRIS (IRIS) als Alternative zum optischen Diageber gedachte „Digital Library System“ war heuer unter der Typenbezeichnung DLS 6001 in PAL-Version zu sehen. Dieser durch das Zusammenwirken von Bildspeicher und Magnetplatte äußerst effiziente „digitale“ Diageber erlaubt je nach Festplattentyp bis zu 400 „Dias“ pro Platte abzuspeichern, wobei die Zugriffszeit bei unter 0,5 s liegt. Durch den gleichzeitigen Anschluß von bis zu 8 Plattenlaufwerken läßt sich eine entsprechend hö-

here, mit getrennter Speicherung von Luminanz und Chrominanz abgelegte Zahl von Festbildern verfügbar halten. Von den drei eingebauten Vollbildspeichern sind zwei zusammen mit einem digitalen Kombinerer für Bildüberblendungen vorgesehen, während der dritte Bildspeicher im Vorschauweg liegt. Für ein Auswählen lassen sich durch Bildkompression gleichzeitig mehrere „Dias“ auf dem Bildschirm darstellen; außerdem können „Keywords“ für das erleichterte Auffinden bestimmter Bilder eingegeben werden. Schließlich sei noch das im digitalen Format mögliche Archivieren von Bildern auf einem gewöhnlichen Videokassettenrecorder erwähnt, wobei sich bei einer Stunde Spielzeit etwa 1000 „Dias“ festhalten lassen.

5.8. „Digitale“ Graphiksysteme

Mit dem „Amplex Video Art“- (AVA-) System von AMPEX, dem „Video Painting System“ FLAIR von LOGICA und der „Digital Paint Box“ DPB 7001 von QUANTEL waren auf der diesjährigen Ausstellung in Montreux gleich drei Graphiksysteme zu sehen, welche den Versuch unternahmen, den üblicherweise mit Zeichenstift oder Pinsel agierenden Künstler mit Hilfe von Schreibgriffel und „elektronischer“ Palette sein gewohntes Malgefühl zu geben und ihn hierbei möglichst frei von technischem Beiwerk zu halten. Durch geeignetes Zusammenwirken von Computer- und Videotechnologie ist dieses Vorhaben realisierbar geworden. So lassen sich mit diesen Systemen Farbpaletten rein elektronisch zusammenstellen, teilweise die Farben mischen, die jeweils gewünschte Farbe per Schreibgriffel übernehmen, hierbei die Strichstärke auswählen und beispielsweise eine vorgegebene Fläche mit der gewählten Farbe ausfüllen.

Beim AVA-System von AMPEX ist noch eine gewisse Nähe zur Computertechnik (verwendet wird der DEC-Minarechner PDP 11/34A) zu spüren: Neben dem eigentlichen Darstellungsmonitor besteht hier noch ein sogenannter Menümonitor, wobei diesem Monitor eine bestimmte Teilfläche des elektronischen Zeichentableaus zugeteilt ist. Aus dem dargebotenen „Menü“ wird zunächst mittels Schreibgriffel die gewünschte Betriebsart ausgewählt. Für die Erstellung der Graphiken stehen dann eine Palette von über 200 Farben, verschiedene Farbtönen (Wasserfarbe, Tinte usw.), unterschiedliche Strichstärken, bestimmte geometrische Grundelemente (Rechteck, Ellipse usw.) sowie für Texte verschiedene Schriftarten zur Verfügung.

Das von der BBC entwickelte und von LOGICA produzierte Graphiksystem „FLAIR“ arbeitet dagegen nur



Bild 24

„Digital Paint Box“ DPB 7001 von QUANTEL

mit einer Zeichen- und Monitorfläche. Neben der Zusammenstellung einer Palette von 256 Farben aus 16 Millionen Schattierungen ist hier auch ein Mischen von Farben auf dem Bildschirm möglich. Der darstellbare Bildbereich ist horizontal in 768 und vertikal in 576 Bildelemente aufgeteilt. Zum verwendeten Mikrocomputer 8085A mit 48-kByte-RAM und 16-kByte-ROM ist dem System eine Floppy-disk-Speichereinheit für die Speicherung von 40 Graphikbildern pro Disk zugeordnet.

Bei der „Digital Paint Box“ DPB 7001 (**Bild 24**) von QUANTEL läßt sich die „Pinselstärke“ mit dem Aufdruck des Schreibgriffels auf das Zeichentableau steuern; damit kommt man dem „Malgefühl“ mit einem echten Pinsel schon sehr nahe. Dementsprechend lassen sich auch Flächen durch mehrfachen Überfahren mit leichtem Pinselandruck immer farbkraftiger gestalten. Bei Überlagerung von Farben ergeben sich auch hier entsprechende Mischfarben. Schließlich lassen sich auch Einzelbilder aus einem laufenden Fernsehprogramm übernehmen und mit dem Graphiksystem modifizieren. Als Rechner wird der Mikrocomputer DEC-LSI 11 mit Winchesterplatte (für 20 Bilder) oder Floppy-disk (für 1 Bild) verwendet. Bleibt noch zu erwähnen, daß über einen zusätzlichen Digitalausgang der direkte Anschluß an das „Digital Library System“ DLS 6001 möglich ist.

6. Schriftgeneratoren, Untertitelungsgeräte

Das breitgefächerte Angebot an Schriftgeneratoren wurde in Montreux vornehmlich durch Verbesserungen und Erweiterungen bereits bestehender Systeme ergänzt.

So stattete ASTON seinen vor zwei Jahren erstmals vorgestellten Schriftgenerator „Aston 2“ in seinem neuen Modell „Aston 3“ mit einem „Chromastick“ aus; mit diesem Wahlhebel lassen sich aus über 4000 verschiedenen Farben 7 Farbtöne für das wortweise Einfärben eines Textes auswählen, wobei auch die Übernahme dieser ausgewählten Farbwerte neben dem abzuspeichernden Text auf Floppy-disk reproduzierbar möglich ist.

In seiner Serie 2 hat RYLEY COMMUNICATIONS seinen „Capgen“-Schriftgenerator jetzt mit 16 statt 9 Schriftarten ausgestattet, die in vier Größen (24, 30, 36 und 42 TV-Zeilen hoch) anwählbar sind. Zum unabhängigen Bedienen von Programm- und Vorschauausgang ist das Gerät jetzt außerdem mit zwei Zeichengeneratoren bestückt. Durch Wechseln der entsprechenden Printplatte lassen sich die in EPROMs gespeicherten Schriftformen in einfacher Weise gegen andere Schriftformen austauschen.

Mit der Zusatzbezeichnung „PLUS“ werden für das Vidifont-Schrift/Graphiksystem von THOMSON-CSF Möglichkeiten der Erweiterung angezeigt. So lassen sich mit „Viditext“ gleichzeitig bis zu 10 abgesetzte Terminals für vorwiegend routinemäßige Texterstellung mit weitgehend gleichbleibenden Schriftarten und Layouts (z. B. Nachrichten, Wetter, Sportmeldungen) bei möglicher Festlegung der Zeitpunkte für das Ein- und Ausblenden der Texte am Vidifont-System betreiben, um so das eigentliche Produktionsterminal von solchen Routinearbeiten zu entlasten. Des weiteren wird unter dem Namen „Vidivote“ ein „Election Reporting Package“ angeboten, das eine dezentrale Eingabe von Wahlresultaten ermöglicht, wobei über den parallel zum Vidifont-System anzuschließenden TDRS-(Television Data Reporting System-)Computer der jeweils aktuelle Stimmenstand ermittelt und für eine Darstellung verfügbar gehalten wird.

Unter dem Namen „Vidifont Graphics V“ wurde von THOMSON-CSF ein weiterentwickeltes Schrift/Graphiksystem der Vidifont-Reihe vorgestellt, das neben der eigentlichen Schriftgenerierung (pro Ausgangskanal sind

acht jeweils 112 Zeichen umfassende Schriftzeichensätze verfügbar) durch je zwei unabhängige Vorder- und Hintergrundebenen Zeichenüberschreibungen und Mehrebenenarstellungen mit wählbaren Prioritäten auch in einer zeitlichen Abfolge erlaubt. Der für die Darstellung verwendete hochauflösende Speicher (horizontal: 1024 Bildelemente; vertikal: 512 Zeilen) macht die gleichzeitige Wiedergabe von bis zu 100 Zeichen an beliebiger Stelle auf dem Bildschirm ohne Bindung an eine Reihenstruktur möglich. Über ein „Font Compose System“ können eigene Zeichen per Schreibgriffel in bis zu 8fach vergrößerter Darstellung generiert und anschließend auf Normalgröße zurückgenommen werden; vorgeschriebene Grundformen wie Rechteck, Dreieck, Kreis, Ellipse sowie Punkt-zu-Punkt-Verbindungen mit verschiedenen Strichstärken erleichtern diese Arbeit.

SYSTEM CONCEPTS verfügt jetzt unter dem Namen „Quantafont“ über ein umfassendes Spektrum an Schriftgeneratoren, wobei mit der Q-6-Serie ein System mit Zeichen in 24 Schriftgrößen (4 verschiedene Breiten/6 verschiedene Höhen) bei 8 wählbaren Farben mit zusätzlich einstellbarer Helligkeit, mit Q-7A/R der Schriftgenerator für das aus weiteren Komponenten (wie Zentralrechner, Massenspeicher, Drucker, Computer News Terminals und Numeric Reporting Transmitters) bestehenden „Quanta News“-Nachrichtenverteilsystems und mit Q-8 ein mit bis zu 18 Schriftarten ladbares „Titling System“ angeboten wird. Mit der Bezeichnung QST wurde darüber hinaus ein unter Verwendung des Q-7A/R Terminals arbeitendes Untertitelungssystem für eine handbetätigte oder vom Zeitcode gesteuerte Untertitelübertragung vorgestellt.

Untertitelungsmöglichkeiten zu bestehenden Schriftgeneratoren wurden auch von FERNSEH INC. (als Option zum „Compositor I“) angeboten, während eigenständige Untertitelungsgeräte von TORE SEEM A/S (Digitext 8000, jetzt auch mit gemischter Verwendung von lateinischen und arabischen Schriftzeichen) und SCREEN ELECTRONICS (CGM-100S) zu sehen waren, wobei letzteres Gerät in einer Kombination mit dem von VG ELECTRONICS gefertigten Teletext Data Encoder VGE 1050 auch die manuelle oder zeitcodegesteuerte Untertitelung im britischen Teletextformat erlaubt.

Weitere Schriftgeneratoren wurden von 3M (z. B. D 8800) und BESTON ELECTRONICS („Marquee“) angeboten.

7. Videotext

Geräte und Systeme für den UK-Teletext-Standard werden praktisch nur von britischen Firmen angeboten. So hat VG ELECTRONICS eine ganze Palette von Teletextgeräten in seinem Programm: Datenbrücke VGE 1003, statischer Seitengenerator VGE 1013 (unter Verwendung einer Winchesterplatte jetzt für 100 Tafeln), Decoder VGE 1024, Digitizer VGE 1027, Drucker VGE 1029, Distorsion Unit VGE 1033, Decoding Margin Meter VGE 1035, Data Encoder VGE 1050, Vertical Interval Inserter VGE 1052, Regenerator VGE 1057 sowie das Teletext Generating System TTS 2 mit den auch bei der Berliner Videotextanlage verwendeten Editing Terminals VGE 1062. Von ASTON ist neben dem Decoder TTD-10 und der Graphics Unit TGU 1 weiterhin das Mini-Teletext Originating System lieferbar, das jetzt mit einer Mini-Floppy-disk-Speichereinheit für die Bereitstellung von bis zu 175 Tafeln ausgestattet wurde. Von BARCO war im übrigen zu erfahren, daß der Teletext-Decoder TTD-33 nicht mehr in Produktion ist.

Unter dem Namen „CONTEXT“ präsentierte LOGICA das in Zusammenarbeit mit der BBC entstandene und in mehreren Ausbaustufen erhältliche Videotext-Generierungssystem, das gegenwärtig wohl als das fortschritt-

lichste System nach dem britischen Standard gelten darf. Jeweils durch Verwendung des Prozeßrechners PDP11/34A wird als kleinste Ausbaustufe eine 1-Rechnerversion mit bis zu 8 anschließbaren Eingabeterminals angeboten. Überschreitet die Anzahl der angeschlossenen Terminals die Zahl 8, so wird eine 2-Rechner-Ausstattung empfohlen, wobei ein Rechner allein die angeschlossenen Terminals bedient, während der 2. Rechner nur für die Bereitstellung des Tafelübertragungszyklus herangezogen wird, dieser Übertragungsrechner aber im Havariefall die Aufgabe des Editierrechners mit etwas eingeschränkten Zugriffsmöglichkeiten mitübernehmen kann. Für einen regelmäßigen Videotext-Programmdienst ist schließlich die 3-Rechner-Lösung gedacht, wobei der 3. Rechner im „Stand-by“ als Übertragungsrechner bereitsteht. Das CONTEXT-System erlaubt den Anschluß von ASTON- oder VG-Terminals, arbeitet mit 16 Tafelmagazinen, die mit unterschiedlicher Priorität in den Übertragungszyklus eingefügt werden können, läßt bis zu 600 zeitbezogene Tafeln und 5000 Mehrfachtafeln zu, verfügt über eine Bibliothek mit 9000 Videotexttafeln, ermöglicht die automatische oder handgesteuerte Übertragung von Untertiteln und gestattet über ein Paßwortsystem den prioritätsgestuften Systemzugriff. Durch Vorsehen eines zweiten „Computer Video Interface“ können unterschiedliche Videotextdaten gleichzeitig in zwei Fernsehprogrammnetze eingefügt werden.

Auch für den französischen Videotext-Standard sind jetzt von verschiedenen Herstellern Geräte auf dem Markt, wobei durch die gemeinsame Antiope-Übertragungssprache für Videotext und Bildschirmtext die gleichen Editierungseinrichtungen für beide Textkommunikationssysteme verwendet werden können.

Unter der Bezeichnung TEXTEL „V“ bietet UNITEL ein Videotext/Bildschirmtext-Editierungssystem an, das aus der Eingabetastatur SCRIPTEL, einer Floppy-disk-Speichereinheit für 125 Tafeln und einer Übertragungseinheit für mindestens 100 Tafeln besteht. Als Zusatz ist eine „Instant Antiope Graphics“-Einrichtung erhältlich, welche die direkte Umsetzung der von einer Schwarzweißkamera aufgenommenen TV-Bilder in entsprechende Antiope-Graphiken erlaubt. Ähnlich ist das Editierungssystem XTEL von XCOM ausgestattet; als periphere Einrichtung ist zusätzlich noch ein graphisches Tableau mit Schreiberriffel für die Erstellung und eine mit DIDON kompatible Übertragung von Strichzeichnungen erhältlich.

Bei SOFRATEV sind insbesondere eine demonstrierte Untertitelübertragung in verschiedenen Sprachen bzw. Sprachniveaus, ein Antiope-Video-Generator (AVG) zum Umsetzen von Antiope-Tafeldaten in normale Videosignale (wobei aus den ankommenden Daten vom Bedienden eine eigene Übertragungsfolge zusammengestellt werden kann) sowie eine DIDON-TELEX-Übertragungsmöglichkeit zu erwähnen, welche die Übermittlung von Fernschreiben über den DIDON-Datenkanal erlaubt.

Schließlich zeigte die COMPAGNE CONTINENTALE DE SIGNALISATION einen als Einbauteil oder selbständiges Gerät konzipierten Antiope-Decoder in LSI-Technologie, der zukünftig mit 1-Tafel-, 5-Tafel-, 72-Tafel-Speicher und als kombinierter Videotext/Bildschirmtext-Decoder erhältlich sein soll.

G. Möll

8. Videomischersysteme

Die Technik der analogen Videomischer baut heute zumeist auf zweikanaligen, sogenannten A/B-Systemen auf. Nur bei großen Systemen werden noch vorgeschaltete „Knob a channel“-Mischer eingesetzt, zum Beispiel im großen U-Wagen von BOSCH. Zunehmender Beliebtheit erfreut sich die „Sequential effects“-Technik, die in

einer Ebene eine komplette Trickeinstellung aufbauen kann.

Voran ging hier CENTRAL DYNAMICS mit dem Mischersystem CD 480. Außer den bekannten großen Mischern (Modell 5, 6, 8 und 9) wurde ein entsprechend kleiner Mischer CD 480 Modell 4 neu vorgestellt. GRASS VALLEY zeigte ebenfalls in den Mischern des Systems 300 eine Technik mit mehr als 2 Eingängen pro Ebene. Für komplizierte Mischvorgänge werden E-Mem-Zusätze angeboten, die eine Vorprogrammierung ermöglichen; ähnliches war auch bei den übrigen Herstellern zu sehen. AMPEX hat den Mikroprozessor gleich in das Grundkonzept des neuen Mischers AVC einbezogen; Regler entfallen – alles wird mit Druckknöpfen gesteuert, Übergänge werden vorprogrammiert.

A. Kaufmann

9. Signalübertragung über Lichtwellenleiter

Auf dem Gebiet der leitungsgebundenen Signalübertragung von Bild- und Tonsignalen, insbesondere wenn im mobilen Einsatz Entfernungen von einigen Kilometern überbrückt werden müssen, bietet heute der Lichtwellenleiter (LWL) eine bemerkenswerte Alternative zum Kupferkabel. LWL sind bedeutend leichter und unempfindlich gegenüber elektromagnetischen Einflüssen.

In Montreux wurden außer den bereits bekannten universell verwendbaren Systemen LFL von BOSCH, VS 100 von VALTEC und den speziellen Kamerakabeln mit LWL-Übertragung von BOSCH und THOMSON-CSF weitere LWL-Systeme angeboten:

Ein einfaches System zur Übertragung eines Videosignals (Schwarzweiß) gab es bei HIRSCHMANN unter der Bezeichnung OSV 051 zu sehen, das vor allem für Überwachungsanlagen und industriellen Einsatz ausgelegt ist. Die dabei verwendete einfache Intensitätsmodulation einer LED durch das Videosignal (10 Hz bis 6 MHz) ist mit nichtlinearen Verzerrungen an der gekrümmten Diodenkennlinie behaftet, die aber in den genannten Einsatzbereichen tolerierbar sein dürften.

LWL-Systeme für die Übertragung eines Videosignals mit Studioqualität arbeiten mit Frequenz- bzw. Pulsfrequenzmodulatoren, deren Ausgangssignal die Lichtintensität der Sendediode steuert. Das LWL-System Modell 3290 von GRASS VALLEY ermöglicht die Übertragung eines Videosignals (10 Hz bis 5 MHz: $\pm 0,1$ dB) über 1,5 km mit einem unbewerteten Störabstand von 60 dB. Als differentielle Verstärkung und Phase werden 1% bzw. $0,5^\circ$ angegeben.

THOMSON-CSF zeigte das LWL-System TTV 7500. Der Übertragungskanal (0 bis 9 MHz: $\pm 0,2$ dB) erlaubt die Übertragung eines Videosignals und vier zusätzlicher Tonsignale über eine Strecke von etwa 6 km, wobei für das Videosignal ein Störabstand (bewertet) von 65 dB und für die differentielle Verstärkung und Phase $\leq 1\%$ bzw. $\leq 1^\circ$ angegeben werden.

Mit OVID stellte STANDARD TELEFON UND RADIO ein vielseitig einsetzbares LWL-System vor, das sich durch die Einbaumöglichkeit in ein Gehäuse zum Schutz gegen Spritzwasser und Erschütterungen besonders für den mobilen Einsatz eignet. Die maximale Länge der LWL-Strecke beträgt je nach Wahl der eingesetzten Sende- und Empfangsdioden 2 km, 6,5 km oder 7,9 km. Diese Streckenlängen gelten für die Übertragung eines Videosignals (25 Hz bis 5 MHz: $\pm 0,35$ dB) mit einem Störabstand (bewertet) von 65 dB und einer differentiellen Verstärkung und Phase von $<1,5\%$ bzw. $<1,5^\circ$. Auch bei diesem System ist die Mitübertragung von zwei hochwertigen Tonsignalen möglich.

H. Hofmann

10. Fernsehmeßtechnik

10.1. Videomeßtechnik

Im Bereich der Meßtechnik, wo man zurecht eher Präzision und Solidität als modische Finesse vermuten darf, gab es erwartungsgemäß keine aufsehenerregenden Neuerungen zu bewundern, sondern allenfalls die Resultate einer stetigen Weiterentwicklung.

Bei den Präzisions-Prüfzeilenoszilloskopen, trotz Automation immer noch Kernstücke jeder videomeßtechnischen Ausrüstung, waren erstaunlicherweise weder neue noch überarbeitete Modelle zu finden.

Unter einigen neuen bzw. verbesserten Betriebsoszilloskopen, z. B. für MAZ oder Kamerakontrolle, verdient das PM 5565 von PHILIPS Erwähnung, daß größenkompatibel zum weitverbreiteten 528 bleibt, dieses aber in mehreren Punkten übertrifft:

- höhere Präzision nicht nur in der verwendeten Schaltungstechnik (laut Herstellerangabe), sondern auch am Bildschirm, wo neben der sehr guten Auflösung auch die Innengravur eine hohe Ablesegenauigkeit garantiert;
- größere Anzahl festeingestellter anwählbarer Zeitbasiswerte (auch 1 Bild, 1 Zeile);
- Auswahl unter mehreren Klemmbetriebsarten (Syncboden oder Schwarzschar, hohe oder niedrige Klemmzeitkonstante);
- niedrige Stromaufnahme, geringes Gewicht, und last not least
- ein auf der Frontplatte angeordneter Tastkopfananschluß, der nun endlich die Möglichkeit bietet, z. B. an einer MAZ eine Vielzahl von Testpunkten mit dem maschineneigenen Oszilloskop zu überprüfen.

Auch das zum PM 5565 größengleiche Vektorskop PM 5567 bietet neben einer Reihe der oben geschilderten und auch hierfür zutreffenden Vorzüge einige Besonderheiten, so z. B. die externe Synchronisation über ein FBAS- bzw. Black-burst-Signal oder die Möglichkeit einer gesonderten +V-Darstellung, wobei der alternierende (R-Y-)Vektor unterdrückt wird.

Im Bereich der konventionellen, d. h. mit analogen Meßwertgebern arbeitenden „Video- bzw. Prüfzeilen-Meßautomaten“ war außer einer Verknüpfung bekannter Basisgeräte mit mehr und komfortablerer Peripherie nichts wirklich Neues zu entdecken. Demgegenüber feierte das seit vielen Jahren angekündigte digitale Echtzeit-Meßsystem ANSWER von TEKTRONIX nunmehr in Montreux endlich seine PAL-Premiere. Dieses Gerät stellt sich nach Bedienung und erforderlicher Peripherie mehr als (Micro-)Computer denn als gewohntes Meßgerät dar. Nach Eingabe eines entsprechenden Kommandos über eine Alpha-Tastatur werden beispielsweise die Prüfzeilensignale von 32 aufeinanderfolgenden Vollbildern in Realzeit digitalisiert und die resultierenden Werte abgespeichert. Hieraus lassen sich mit der zunächst vorgestellten Software 13 wichtige Videoparameter errechnen, der Störabstand allerdings nur unbewertet. (NTSC-Software liegt übrigens bereits für 24 Parameter vor.) Darüber hinaus sind auch relative Zeitmessungen möglich, so z. B. Burstlage, Impulsbreiten oder Impulsabstände im Synchronsignalanteil usw. Die Ausgabe der Meßresultate erfolgt über anzuschließende Peripheriegeräte wie Bildschirm, Printer oder Plotter.

Der nur mit Vorbehalt genannte, vermutliche Preis zwischen 85 000,- und 90 000,- DM kann jedoch nicht direkt mit dem der diversen analog arbeitenden Konkurrenzmodelle verglichen werden, da bei ANSWER der „Meßcomputer“ natürlich auch die Aufgaben eines sonst zusätzlich erforderlichen, separaten „Datenprozessors“ (wie z. B. Toleranzüberwachung, Alarmabgabe usw.) mit übernehmen kann. Lediglich die Ansteuerung eines um-

fangreicheren Meßstellenschalters ist bislang noch nicht vorgesehen, kann jedoch laut Herstellerangabe bei Bedarf leicht in das Gerät mit einbezogen werden.

In der Sparte Prüf- und Meßsignalgeneratoren wurden einige neue Geräte vorgestellt. ROHDE & SCHWARZ entwickelte sozusagen als Teilmenge aus dem für Labor und Service konzipierten universellen Video-Testsignal-generator SPF2 den Prüfzeilengenerator und Eintaster SKF, der damit auf die Erfordernisse eines Betriebsgerätes zugeschnitten ist und die CCIR-Prüfzeilen 17, 18, 330 und 331 liefert. Durch die Option „Prüfzeilendetektor“ kann eine Neueintastung in bestimmten Zeilen davon abhängig gemacht werden, ob das angebotene Videosignal schon Prüfzeilen enthält oder nicht. Fällt andererseits das zugeführte Videosignal aus, so erfolgt eine automatische Umschaltung auf ein externes oder internes Ersatzprogramm (intern: Black Burst mit Prüfzeilen).

GRUNDIG zeigte mit seinem VG 1000 einen bei einem Preis unter 4000,- DM extrem preiswerten und dabei erstaunlich vielseitigen Videogenerator. Dieses Gerät liefert eine ganze Reihe von Vollbildsignalen, angefangen bei Weiß- und Farbflächen, Farbbalken, Kreis und Gitterlinien über 250-kHz-Rechteck und Impuls-Sprung-Signale einschließlich 20 T-Impuls bis hin zu einem kompletten FuBK-ähnlichen Testbild. Da als Option - neben einer externen Synchronisationsmöglichkeit - für das Testbild sogar eine Schrifteinblendung angeboten wird (16 verschiedene Texte à 14 Zeichen in einem PROM), dürfte dieses Gerät sehr wohl auch als Testbildgenerator und Kennungsgeber für Sender in Frage kommen, während es sich in Labor und Service für eine Vielzahl von Messungen, insbesondere auch an Videorecordern eignet. Um seinen Einsatz auch auf HF- und ZF-Messungen ausdehnen zu können, enthält der VG 1000 schließlich einen HF-Modulator für die Kanäle 2, 3, 4, die Sonderkanäle 4A und 4B und für die Zwischenfrequenz.

Für die Rauschmeßtechnik hat ROHDE & SCHWARZ zwei lange erwartete Geräte vorgestellt. Zunächst ist dies der Rauschgenerator SUF2, der sich nicht nur durch seine originelle Bezeichnung, sondern im Zusammenhang mit einer Reihe von Filteroptionen durch seine vielseitigen Anwendungsmöglichkeiten auch außerhalb der Videomeßtechnik auszeichnet. Hiermit ist nun eine handliche und vor allem breitbandige Rauschquelle (20 Hz bis 50 MHz) verfügbar, die in allen Funktionen auch parallel mit TTL-Pegeln oder aber als Option über IEEE-Bus fernsteuerbar ist.

Des weiteren wurde der Video-Störspannungsmesser UPSF2 erstmals gezeigt, der mikroprozessorgesteuert eine Reihe neuartiger Funktionen bietet und an Bedienungsicherheit und Komfort nichts zu wünschen übrig läßt. Ausgehend von einer unbewerteten und im Frequenzbereich 40 Hz bis 10 MHz wirksamen Störabstandsmessung (wahlweise effektiv oder Spitze-Spitze) sind alle CCIR-gemäßen Bandbegrenzung-, Bewertungs- und Sperrfilter einschaltbar. Eine große Variationsbreite wird auch bei der Wahl der Meßstelle innerhalb des Videosignals geboten.

Besonders wichtig für die magnetische Bildaufzeichnungstechnik erscheint jedoch die Möglichkeit einer nach Amplituden- und Phasenkomponente getrennt auflösenden Farbrauschmessung. Da im übrigen bei der Störabstandermittlung das gemessene Rauschen jeweils auf den tatsächlichen Prüfzeilenpegel bezogen wird, enthält das Gerät einen Sample-and-Hold-Videopegelmesser, der in einer speziellen Betriebsart sinnvollerweise auch separat zur Verfügung steht und mit guter Präzision eine Differenzpegelmessung zwischen beliebigen Punkten des Videosignals ermöglicht. Es ist fast schon selbstverständlich, daß auch hier eine IEEE-Bus-Schnittstelle, und zwar schon in der Grundausstattung, vorgesehen ist. Einziger Minuspunkt: Der UPSF2 ist zur Zeit noch nicht lieferbar.

Auch die eine oder andere nützliche Kleinigkeit, der man auf einer solchen Ausstellung begegnet, kann wohl erwähnt werden. So stellte z. B. MATTHEY neben einer Reihe neuer 75-Ω-Videofilter mit verbesserter Sperrdämpfung im Bereich bis über 100 MHz (wichtig für die digitale Videotechnik) auch einen Farbträger-Bandpass vor, der mit jedem einfachen Oszilloskop eine Messung der differentiellen Verstärkung gestattet.

Mit der Übertragung zusätzlicher Daten im Videosignal (Videotext, integrierter Ton, Datenzeile) wird auch im Bereich der Video-Übertragungsmeßtechnik die explizite und breitbandige Gruppenlaufzeitmessung für Sonderfälle erforderlich. Um Redundanz zu vermeiden, sei zu diesem Thema auf die entsprechenden Ausführungen im nachfolgenden Abschnitt „Sendermeßtechnik“ verwiesen.

A. Heller

10.2. Sender- und Empfängermeßtechnik

Eine herausragende Neuerung stellte hier die Erweiterung der Meßgeräte von ROHDE & SCHWARZ auf die Mehrkanaltonübertragung beim Fernsehen nach dem Zweiträgerverfahren dar: Der bekannte TV-Meßdemodulator AMF 2 wurde mit zwei neuen Tonteilen nach dem Intercarrierverfahren ausgestattet (**Bild 25**). Zusätzlich zu den Demodulatoren für die beiden Tonträger ist eine Decodiereinrichtung für Stereosignale vorhanden. Sie wird von einer Auswerteschaltung für die Betriebsartenkennung über Pilot gesteuert. Damit lassen sich auch an den Fernsehendern mit zwei Tonträgern alle betrieblich nötigen Meß- und Überwachungsaufgaben wahrnehmen. Diese Zweitonausrüstung wurde in Zusammenarbeit mit der Deutschen Bundespost, den ARD-Anstalten und dem IRT konzipiert und entspricht allen derzeitigen Vorstellungen in bezug auf Meßmöglichkeiten und Qualität. Ein zweitonfähiger selektiver Hubmesser ist dem Vernehmen nach bei ROHDE & SCHWARZ in Arbeit. Auf Zweitontechnik nachrüstbar ist auch der bekannte TV-RF-Meßsender SBUF; zu diesem Zweck werden ein zusätzlicher Tonmodulator SBUF-E5 und ein TV-Zweitoncoder SBUF-E7 angeboten.

Ähnlich wie beim Demodulator PM 5560 von PHILIPS gibt es neuerdings auch zu den TV-Meßdemodulatoren TEK 1450-2 von TEKTRONIX und AMF2 von ROHDE & SCHWARZ durchstimmbare Oszillatoren, die den unbequemen Quarzwechsel bei einer Kanaländerung erübrigen. Dafür muß man allerdings in allen Fällen geringfügige Einbußen in der Phasenreinheit in Kauf nehmen, was sich aber in der Sendermeßtechnik nur bei der Auswertung der Quadraturkomponente des RF-Signals auswirkt. Der TV-Meßdemodulator von TEKTRONIX ist

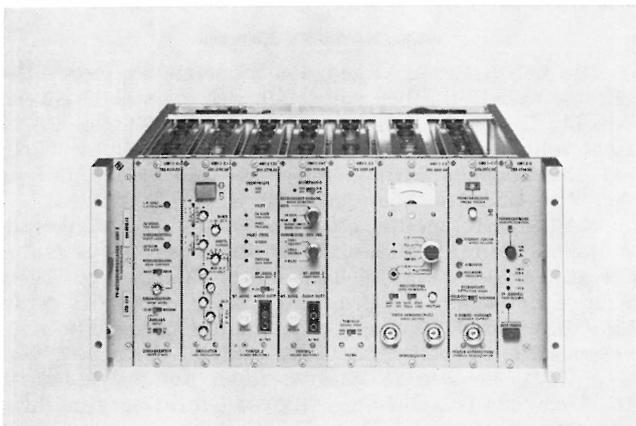


Bild 25

**TV-Meßdemodulator AMF 2 von ROHDE & SCHWARZ
(mit zwei Tonteilen)**

seit kurzem auch für den europäischen Fernsehstandard B/G lieferbar, allerdings ohne Zweitonausrüstung.

Von Experten lange erwartet wurde ein heutiges Anforderungen entsprechender Gruppenlaufzeitmesser für Fernsehsysteme. Das neue Gruppenlaufzeitmeßgerät LFM2 von ROHDE & SCHWARZ arbeitet mit einer Spaltfrequenz von 20 kHz im Frequenzbereich von 0,1 bis 60 MHz und kann die Bezugsphase mit dem Meßsignal übertragen. Dadurch ist es auch für Streckenmessung geeignet. Bei Verwendung einer angekündigten IEC-Bus-Option ist der Einsatz in automatischen Meßplätzen möglich. Mit gleicher Spaltfrequenz, jedoch nur im Videofrequenzbereich, arbeitet der ebenfalls neue Gruppenlaufzeitmesser Modell 201/2 von SHIBA SOKU (Vertrieb SYSTRONIC). Beide Geräte verarbeiten Meßsignale mit Zeilensynchronimpulsen. Inwieweit sich diese Geräte eignen, die im Zusammenhang mit Oberflächenwellenfiltern neu auftretenden Meßprobleme zu lösen, bedarf noch der Klärung.

In der neuen, speziell für Umsetzer konzipierten Meßeinrichtung MUF2 von ROHDE & SCHWARZ ist ein umfangreicher Meßplatz komprimiert: Er umfaßt Wobbersender und -empfänger, Bild-/Ton-/Seitenbandsender, Sichtgerät, selektives Mikrovoltmeter, Leistungsmesser, Spektralanalysator und Breitbanddemodulator. Mit dieser Einrichtung, gegebenenfalls durch einige Meßgeräte ergänzt, lassen sich praktisch alle Qualitätsparameter von Umsetzern erfassen. Die gedrängte Anordnung der Bedienelemente sollte einem mit dem Gerät vertrauten Benutzer keine Schwierigkeiten bereiten.

Bei HIRSCHMANN gab es das Rundfunkpegelmeßgerät RPM 2000 aus der Serienfertigung zu sehen. Dieses Gerät ermöglicht auch die Messung von Mehrwegeverzerrungen bei FM-Empfang nach einem IRT-Vorschlag.

TELEDIFFUSION DE FRANCE stellte das hierarchisch organisierte Qualitätsüberwachungssystem TELEMAQUE für das französische Fernsehendernetz vor. Die Meßwerte fernbedienbarer Sender werden regional zusammengefaßt und verarbeitet. Eine nationale Zentrale hat sowohl auf diese regionalen Daten als auch auf die Daten einzelner Stationen und Leitungen Zugriff. Im Unterschied zu ähnlichen Anlagen, wie sie in Großbritannien bereits realisiert oder in der Bundesrepublik Deutschland geplant sind, hat man bei TDF auch die Tonübertragung mit in das Qualitätsüberwachungssystem aufgenommen. Da jedoch normale Prüftöne verwendet werden (nicht etwa eine Audiodat-ähnliche Meßtechnik), sind solche Messungen nur zu programmfreien Zeiten möglich. Bemerkenswert ist, daß als Rechner bei den regionalen Stationen und bei der Zentrale Tischrechner von HEWLETT PACKARD eingesetzt werden. Die beteiligten Meßgeräte gehen auf Entwicklungen der TDF zurück und werden von SCHLUMBERGER gefertigt.

G. Schneeberger

11. Tontechnik

Audiosysteme nahmen auf der Fernstechnischen Ausstellung in Montreux, wenn auch nicht den ersten, so doch einen wichtigen Platz ein und boten manche bemerkenswerte Neuigkeit: So sah man bei KUDELSKI einen neuen Prototyp des Zweispur- und Stereorecorders NAGRA T-Audio (Marktverfügbarkeit Herbst 81), der mit zwei Bandantriebsrollen (twin capstan audio-tape-recorder) – dies ist vorteilhaft zur Minimierung von Modulationsrauschen und Gleichlaufschwankungen – und mit vier wählbaren Bandgeschwindigkeiten (76 cm/s, 38 cm/s, 19 cm/s und 9,5 cm/s) arbeitet; er wird mit Gleichspannungsversorgung (11 V bis 14 V, 40 W) betrieben. In das abnehmbare Bedienfeld (möglich sind mehrere 100 m Koaxialkabel für den digitalen Steuerbus zum Gerät)

ist ein Mikrocomputer integriert, über den alle Funktionen der Maschine beherrscht werden, sogar das „Handdrehen“ der Bandwickel. 80-Bit-EBU-Zeitcode- oder 50/60-Hz-Pilottechnik zur Steuerung sind selbstverständlich ebenfalls integriert und werden per Display am Bedienfeld angezeigt.

TELEFUNKEN stellte das PCM-Stereo-Magnettongerät MX 80 aus, eine Entwicklung der japanischen Firma MITSUBISHI für die NHK. Nach dem hier gewählten Standard werden die beiden Audiosignale mit 50,4 kHz abgetastet, in 16 Bit gleichförmig codiert und auf acht etwa 0,3 mm breite Spuren über einen feststehenden Ferritkopf mit einer Dichte von 800 bit/mm aufgezeichnet (38 cm/s Bandgeschwindigkeit). 6 der 8 parallelen Spuren dienen der eigentlichen PCM-Toninformation und 2 dem Bitfehlerschutz in Querrichtung des Bandes (BCH-Blockcode nach Reed-Solomon). In Längsrichtung wird blockweise aufgezeichnet, beginnend mit der Synchronisation und endend mit dem „Cyclic Redundancy Check Code“ (CRCC), so daß die Spur mit den durch Dropouts zerstörten Bits identifiziert werden kann, über den Reed-Solomon-Code in Querrichtung wird dann korrigiert. Ganze Blockausfälle, die zur Überlastung des Codesicherungsmechanismus führen, werden durch eine „Muting-Technik“ für das Ohr verschleiert. Sogar ein mechanisches Schneiden des Bandes ist mit dieser Technik möglich, wenn es in den „Modulationssignalpaußen“ erfolgt. Schrägschnitte mit quasi X-Blendfunktion sind natürlich nicht darstellbar. Trotzdem wird bei dieser Technik letztendlich der elektronische Schnitt notwendig sein, jedoch wird immerhin zu Anfang die Möglichkeit des „mechanischen Schneidens“ vielleicht ein paar Vorurteile abbauen helfen. Als weitere Hilfe zum Einstieg dienen noch 2 zusätzliche analoge Hilfsspuren an den Rändern des Bandes, auch nutzbar für Zeitcode- und Cue-Information.

Die digital arbeitenden Kennsignalgeber mit Festkörperspeicher (EPROMs) sind dabei, sich ihren festen Markt zu erobern. FILTEK, SIEMENS und SYSTRONIC bieten diese Geräte an, wobei jeweils zwischen mehreren Qualitätsstandards (15 kHz mit hoher Auflösung bis herab zur Telefonqualität) gewählt werden kann.

Auf dem Gebiet der Rundfunkautomation stellte STUDER sein System CAMOS 3000 vor. Es ist modular aufgebaut und besteht a) aus dem Kassettenspielerturn CAPS 3030 mit 4 Kassettenspielern CAD 3010 und 2 Kassettenspeicherketten mit maximal 43 Kassetten und b) dem Kompaktarchivsystem CAR 3040 mit Speichermodulen à 1024 Unisetten®. Das zugehörige Transportsystem verbindet beide. Interessant war, daß alles mit einem seriellen Bussystem mittels ASCII-Zeichen über ein handelsübliches Terminal HP 2845 gesteuert werden konnte (RS-232-Schnittstelle). Selbstverständlich konnte jeder Take (d. h. jede Bandstelle) auf irgendeiner Kassette über den mitaufgezeichneten 80-Bit-Zeitcode per Terminal gesucht, positioniert, abgespielt und die Kassette rückgelagert werden. Mit diesem Ansatz dürfte STUDER auf dem Gebiet der Automation von Sendeabwicklungen und Werbeblockproduktionen ein wichtiger und entscheidender Beitrag gelungen sein.

Die Automationstechnik macht natürlich auch bei der Produktion entsprechende Ansätze. So waren computergesteuerte Mischpulte von NEVE und BFE zu sehen, wobei für die Blenderfunktion durchaus schon mit optischer, digitaler Weggebung am „Schieberegler“ gearbeitet wird und der Computer in digitalen Schritten (0,25 dB) die eigentliche Pegelstellung besorgt. Damit ist der Blendvorgang in seinem Verlauf (weil zeitcodeverköpplbar) abspeicherfähig, so daß auch hier vor der eigentlichen, später automatisiert ablaufenden Ausführung die Simulation zur Optimierung stehen kann.

K. Voigt

12. Rundfunkversorgung

12.1. Terrestrische drahtlose Versorgung (Sendertechnik)

Wer auf dem Gebiet der Sendertechnik nach einer Neuheit suchte, stieß bald auf den „zweiten Fernseh-ton“. Insbesondere der Messestand von ROHDE & SCHWARZ machte auf diese Innovation deutlich aufmerksam und bot dem Besucher Gelegenheit, die mit der Technik des Zweiton-TV möglichen Verbesserungen über Heimempfangsgeräte neuester Bauart kennenzulernen und sich über die erforderlichen sendetechnischen Ausrüstungen bzw. Umrüstungen zu informieren.

Ausgestellt waren der Ton-Verteilverstärker AVT, der TV-Zweitton-Coder STCF, der zum Aufbereiten der Tonmodulationssignale für Zweitton-Fernseher dient, und die beiden Ton-Modulatoreinschübe GN 009A1 (mit Oszillatoren zur Erzeugung der Ton-Zwischenfrequenz von 33,4 MHz und 33,158 MHz), die zusammen mit einem dritten Einschub, dem Diplexer GD 006A1, den bisherigen Tonmodulator ersetzen und für die Nachrüstung von TV-Sendern der Typenreihe SD 010/SD 011, S4014/S4022 und SD 014/SD 022 gedacht sind. Zur Kontrolle und Überwachung von Zweitton-TV-Sendungen können der herkömmliche TV-Ballempfänger EB001 und der Kontrollempfänger EKF 2 weiter verwendet werden, wenn man sie mit dem passenden Zweittonzusatz FTDZ ergänzt.

ROHDE & SCHWARZ war aber nicht die einzige Firma, die sich mit dem Mehrkanalton beschäftigt hat. Auch PHILIPS und HIRSCHMANN stellten ihre neuen Zweitton-Modulatoren vor. Der TV-Stereo-Modulator PM 5588 von PHILIPS enthält bereits den Zweitton-Coder. Für die Fernsteuerung der Betriebsartenkennung (Mono, 2-Ton, Stereo) sind zwei externe Steuerleitungen (TTL-kompatibel) erforderlich, denn der PM 5588 ist nicht wie der ROHDE & SCHWARZ-Zweitton-Coder STCF mit einem Datenzeilendecoder zur Auswertung der in der Datenzeile des Bildsignals mitübertragenen Betriebsartenkennung ausgestattet. Der Zweitton-Modulator MO 60 von HIRSCHMANN enthält keinen Zweitton-Coder; deshalb muß dem Gerät ein solcher Coder vorgeschaltet werden.

Auf dem Sektor der Fernsender- und Umsetzertechnik gab es erwartungsgemäß nur wenig Neues. Ausgestellt waren sowohl Kleinleistungs-Fernsehumsatzer mit wenigen Watt Sendeleistung (z. B. von NORSK MARCONI, SIEMENS, PHILIPS, NEC, TEKO TELCOM, HIRSCHMANN) als auch – ebenfalls volltransistorisiert – Fernsender bis zu einem Kilowatt Sendeleistung (LGT von THOMSON-CSF, NEC); aber das hatte man auch schon in Montreux vor zwei Jahren gesehen. Neu war ein 10-kW-VHF-Sender (TTG-10) der RCA, der mit einer einzigen Röhre in der Endstufe auskommt.

12.2. Kabel-TV-Anlagen

Die hohen Erwartungen der Industrie im Geschäftsbereich Kabelfernsehen spiegelten sich auch in Montreux wieder: Im Vortragsprogramm hatte das Thema CATV zwei volle Tage beansprucht, auf der Ausstellung waren die einschlägigen Firmen mit einer bunten Vielfalt an Anlagen- und Zubehörtechnik für Kabel-TV präsent.

KATHREIN stellte eine komplette Rundfunkempfangsstelle zur Aufbereitung von Ton- und TV-Signalen für 12 Fernseh- und 24 Tonrundfunkkanäle vor. Diese Anlage fiel schon auf den ersten Blick durch ihr gefälliges Design auf. (Dies gilt auch für die ausgestellte neuentwickelte Baureihe der FM- und TV-Umsetzer vom Typ UFO, die wenige Wochen zuvor auf der Messe in Hannover als Beispiel guter Industrieform ausgezeichnet worden war.)

Eine im Aufbau ähnliche, servicefreundliche Empfangsstelle für Hör- und Fernseh- und Rundfunkprogramme zeigte HIRSCHMANN. Bemerkenswert ist, daß diese auch

in 19"-Einschubtechnik mit ausziehbaren Untereinschüben aufgebaute Anlage auf Wunsch mit einer phasenstarken Verkopplung der Umsetzeroszillatoren an eine gesendete Pilot- oder eine andere Referenzfrequenz erhältlich ist und dadurch die Einführung des Präzisionsoffsetbetriebes möglich macht. Auf diese Weise lassen sich Störwirkungen von Kreuzmodulationsprodukten vermindern oder, bei einer Anbindung an einen Ortssender gleichen Kanals, Gleichkanalstörungen vermeiden.

Die Firma SIEMENS hatte ihr CATV-Informationszentrum, wie schon vor zwei Jahren, im Hotel Montreux-Palace eingerichtet. Mit einer interessanten, mikroprozessorgesteuerten Betriebsüberwachungsanlage (DÜS) und einer zu Vorführzwecken aufgebauten Strecke mit mehreren kaskadierten Verstärkern wurde demonstriert, wie man heute Betriebssicherheit und Betriebsbereitschaft von Kabelfernsehanlagen bei minimalem Wartungsaufwand „im Griff“ haben kann. Die Kontrollanlage kann bis zu 65 000 wichtige Stellen einer Kabel-TV-Anlage, d. h. Verstärker und Verteilverstärker, nach ihrem Betriebszustand zyklisch abfragen (225 Überwachungspunkte/s). Die zentral ausgewerteten Zustandsmeldungen über den Pilotsignalpegel und die Stromversorgung einschließlich der Reservebatterien werden entweder auf einem Sichtgerät oder per Drucker ausgegeben.

Auch auf die technischen Erfordernisse für den Satellitendirektempfang sowie auf die Umsetzung und Einspeisung dieser Signale in ein Kabel-TV-Netz scheint SIEMENS schon heute gut vorbereitet zu sein. Ausgestellt hatte man eine Parabolantenne von 90 cm Durchmesser mit einem SHF/UHF-Außenumsetzer.

Prospekte informierten über eine in Holland von SIEMENS eingerichtete Kabelfernsehanlage für 30 TV- und 24 FM-Kanäle, darunter auch das Testprogramm des Satelliten OTS.

Erwähnt sei noch, daß heute die CATV-Anlagentechnik mit dem sogenannten Rückkanal rechnet. Das war vor zwei Jahren noch nicht so. Uneinigkeit herrscht indessen noch über die Bandbreite des Rückkanals. Manche Firmen verwenden den Frequenzbereich 5 MHz bis 10 MHz, andere 5 MHz bis 30 MHz. Verbindliche Vorschriften gibt es hier noch nicht. Auf die Ausweitung des gesamten Frequenzbereiches über die festgelegten 300 MHz hinaus – bis zu etwa 400 MHz – sind die meisten Hersteller gefaßt. Beides sind Fragen des künftigen Bedarfs, über den aber nach wie vor noch viel Unklarheit herrscht.

E. Sipek

12.3. Satellitenrundfunk

Auf dem Gebiet des Satellitenrundfunks bot die Ausstellung wenig Neues. Zwar wurden an verschiedenen Firmenständen Modelle von Rundfunksatelliten gezeigt, doch eher nur als Blickfang ohne großen Informationswert.

Auch Satellitenempfangsanlagen wurden entweder in schon früher gezeigten Versionen erneut dargeboten oder es handelte sich um Neuerungen (THOMSON-CSF, WISI), über deren technische Daten weder mündliche noch schriftliche Informationen zu haben waren. Lediglich die Firma FUBA stellte eine Einzelempfangsanlage mit einem 90-cm-Parabolspiegel und eine 1,8-m-Anlage für den Gemeinschaftsempfang mit interessanten Daten und genügend Informationsmaterial aus. Beide Anlagen sollen die Forderungen des FTZ-Pflichtenheftes 17 Pfl 7 erfüllen und insbesondere über die gesamte Bandbreite des 12-GHz-Satellitenrundfunkbereiches von 800 MHz beide Polarisationsrichtungen gleichzeitig mit der geforderten Entkopplung auswerten können. Laut Auskunft am Stand beabsichtigt FUBA nicht nur Antennen und Konverter, sondern auch Innenbaugruppen für Einzel- und Gemeinschaftsempfang anzubieten.

R. Süverkrübbe

13. Schlußbemerkungen

„Montreux 1981“ machte deutlich, daß für den gegenwärtigen Stand der Fernsehtechnik weniger spektakuläre Innovationen charakteristisch sind als vielmehr die erfolgreichen Bemühungen, Geräte und Anlagen kleiner, robuster und in der Handhabung einfacher zu gestalten, und das heißt: zu digitalisieren und zu automatisieren, wo immer es vom Aufwand her vertretbar ist und vom Anwender akzeptiert wird.

Daß auf der diesjährigen Ausstellung keine MAZ-Anlagen mit digitaler Bildsignalaufzeichnung zu sehen waren, widerspricht dieser Trenddiagnose nicht, sondern erklärt sich allein aus der allgemeinen Erwartung, daß man im Herbst dieses Jahres zu einer verbindlichen Norm für digitale Bildsignale kommen werde.

Ein weiteres Merkmal heutiger Entwicklungstendenz sind die kostenträchtigen Anstrengungen, die Zahl der TV-Kanäle zu jedem Heimempfangsgerät drastisch zu erhöhen – ungeachtet der Frage, ob nicht schon jetzt im Reiche der Television weithin mehr Überfluß als Mangel besteht. Vielleicht wird darüber in zwei Jahren, auf dem 13. Internationalen Fernsynchronsymposium in Montreux vom 28. Mai bis 2. Juni 1983 zu hören sein.

Koordination des Berichtes: F. Pilz

DIE 3. TAGUNG DER UER-ARBEITSGRUPPE R

WIEN, 19. BIS 21. MAI 1981

Die Mitglieder der UER-Arbeitsgruppe R trafen sich 2 Jahre nach ihrer letzten Tagung in der Zeit vom 19. bis 21. Mai 1981 unter dem Vorsitz von H. Eden, IRT, in Wien zu ihrer 3. Sitzung. Der Aufgabenstellung der Arbeitsgruppen entsprechend wurden einerseits die in den Untergruppen R1 bis R6 erzielten Arbeitsergebnisse im Bereich der radiofrequenten Übertragung von Ton- und Fernsehsignalen diskutiert und andererseits die zukünftigen Aufgaben der Untergruppe erörtert. Dabei standen nicht die rein technischen Probleme im Mittelpunkt, sondern mehr die koordinierenden Aspekte im Zusammenhang mit deren Bearbeitung. Letztere ist nicht Sache der Arbeitsgruppe, sondern die der Untergruppen.

Während die 2. Tagung der Arbeitsgruppe R noch in wesentlichen Teilen durch die damals bevorstehende Weltweite Funkverwaltungskonferenz WARC 1979 geprägt wurde, war diesmal ein deutlicher Einfluß der WARC-Folgekonferenzen, soweit sie den Rundfunk betreffen, spürbar. Dies kam auch in der Tagesordnung zum Ausdruck, die neben den Berichten der 6 Untergruppen Probleme der Zusammenarbeit mit anderen UER-Arbeitsgruppen sowie mit dem CCIR und als besonderen Punkt die Vorbereitung der zukünftigen UIT-Konferenzen enthielt.

R1 – Terrestrischer Hörrundfunk

Die Hauptlast der Konferenzvorbereitungen hat zweifellos die Untergruppe R1 zu tragen. In ihren Zuständigkeitsbereich fallen sowohl die 1982/83¹ vorgesehene regionale Planungskonferenz für den UKW-Tonrundfunk im Frequenzbereich 87,5 bis 108 MHz als auch die 1983/84² vorgesehene weltweite Planungskonferenz für die Kurzwellenrundfunkbänder.

Zur Vorbereitung der UKW-Planungskonferenz war im Januar 1980 von der Untergruppe R1 eine Spezialistengruppe mit der Bezeichnung R1/FM eingesetzt worden. Ihre Arbeit konzentrierte sich bisher auf die Analyse von Planungselementen. Die zweite wesentliche Aufgabe dieser Gruppe, Modellfrequenzpläne auszuarbeiten, soll demnächst in Angriff genommen werden. Es wurde in diesem Zusammenhang deutlich, daß der Einsatz elektronischer Mittel im internationalen Rahmen noch nicht sehr weit gediehen ist. Das Hauptproblem liegt in der Menge der zu bearbeitenden Daten. Anstelle von etwa 1000 Frequenzanmeldungen bei der Satellitenrundfunkkonferenz 1977 wird für die UKW-Planungskonferenz mit etwa 10 000 Frequenzanmeldungen gerechnet. Unabhängig von der Frage nach der Basis und der Lösungsmethode wurde eine innerhalb der UER koordinierte Meinung zu dem bei der Konferenz zu verwendenden Planungsverfahren als extrem wünschenswert herausgestellt, jedoch kam auch die Ungewißheit, ob es dazu kommen wird, deutlich zum Ausdruck.

Für die Vorbereitung der Kurzwellenrundfunkkonferenz sind zwei Spezialistengruppen mit den Bezeichnungen R1/HF und R/HF zuständig. Organisatorisch untersteht R1/HF der Untergruppe R1, dagegen berichtet R/HF direkt der Technischen Kommission der UER. Während R1/HF die rein technische bzw. technologische Basis für ein koordiniertes Vorgehen der UER-Mitgliedsländer bei der Kurzwellenrundfunkkonferenz, insbesondere bei deren Vorbereitungsarbeiten schaffen soll, erstreckt sich der Aufgabenbereich von R/HF mehr auf das planerische Gebiet, dessen Verknüpfung mit politischen Aspekten die Tätigkeit dieser Gruppe außerordentlich schwierig ge-

staltet. Daß der Ausstoß von Ergebnissen noch nicht sehr umfangreich ist, liegt daran, daß die Arbeit auf dem Kurzwellensektor innerhalb der UER praktisch aus dem Nichts aufgebaut werden mußte. Erschwerend kommt hinzu, daß es auf dem Kurzwellengebiet im Gegensatz zum UKW-FM-Gebiet nur relativ wenige Experten gibt, obwohl die Materie eher komplizierter ist.

Auf dem Gebiet der Zusatzsignalübertragung im Hörrundfunk ist eine weitere Spezialistengruppe mit der Bezeichnung R1/DAT tätig. Sie hat in einem umfangreichen Feldversuch mehrere Systeme auf ihre Eignung untersucht. Da keines der Systeme unter den Versuchsbedingungen zufriedenstellend funktionierte, konnte eine Systementscheidung bisher nicht herbeigeführt werden. Beachtenswerte Vorteile zeigten jedoch die 57-kHz-Systeme gegenüber den 19-kHz-Systemen. Weitere Feldversuche unter speziellen Bedingungen sind für das Frühjahr 1982 geplant.

Von der Ende dieses Jahres vorgesehenen Schlußtagung der Mittelwellenrundfunkkonferenz für die Region 2 werden Rückwirkungen auf den Mittelwellenrundfunk in der Region 1 allenfalls im westlichen Afrika erwartet. Auch wenn sich eine Entscheidung zugunsten eines 10-kHz-Kanalrasters bereits abzeichnet, sind keine Störungen in Europa zu befürchten. Bedauerlich wäre eine solche Entscheidung dennoch, nicht zuletzt im Hinblick auf die Empfängerkosten.

Im Zusammenhang mit einer europäischen Senderdatenbank für den VHF- und UHF-Bereich wurden die damit verbundenen Datenerfassungsprobleme erörtert. Doc. 3207 (E.B.U. transmitter data cards) soll dazu von einer kleinen Ad-hoc-Gruppe auf dem Korrespondenzwege überarbeitet werden. Es wurde deutlich gemacht, daß eine sorgfältige Vorbereitung der UKW-Planungskonferenz von Seiten der UER nur möglich ist, wenn der Technischen Zentrale die vollständigen Senderdaten zur Verfügung stehen. Deshalb wurde um die vorrangige Bereitstellung der UKW-Tonrundfunksenderdaten gebeten. Auf die Notwendigkeit einer entsprechenden finanziellen bzw. personellen Ausstattung der Technischen Zentrale der UER zur Pflege und Nutzung einer solchen Datenbank wurde hingewiesen.

R2 – Terrestrisches Fernsehen

Die derzeitige Arbeit der Untergruppe R2 konzentriert sich im wesentlichen auf drei Komplexe: die Untersuchung bestimmter Parameter für die Sendernetzplanung, die Erarbeitung einer innerhalb der UER koordinierten Sendernetzplanungsmethode und die Integration des digitalisierten Tonsignals in das Videosignal.

Die Untersuchung der Sendernetzplanungsparameter, wie Schutzabstände, Empfängereigenschaften und Empfangsantennen, geschieht seit Januar 1979 in einer Spezialistengruppe mit der Bezeichnung R2/EP. Zum Thema Schutzabstände wurden inzwischen drei CCIR-Beiträge erarbeitet. Es geht dabei insbesondere um Systeme mit unterschiedlichen Modulationsarten in gemeinsam genutzten Frequenzbereichen. Die Untersuchungen auf diesem Gebiet sollen fortgesetzt werden.

¹ Der ursprünglich für 1983 vorgesehene 2. Teil der Konferenz ist inzwischen um 1 Jahr verschoben worden.

² Neuer Termin: 1984/86

Zum UER-Sendernetzplanungsverfahren wurde festgestellt, daß die CCIR-Empfehlung 370-3, obwohl ihre Unzulänglichkeiten bekannt sind, die einzige international anerkannte Feldstärkevorhersagemethode darstellt. Trotz der auf Initiative der Spezialistengruppe R4/ad hoc bei der Zwischentagung der CCIR-Studienkommission 5 erzielten Verbesserungen und weiterer Verbesserungsvorschläge der R4/ad hoc für die Schlußtagung der CCIR-Studienkommission 5 besteht nach wie vor der dringende Wunsch nach grundlegend neuen Feldstärkevorhersagemethoden, wobei an die Einbeziehung der tatsächlichen Geländestruktur des Ausbreitungsweges zwischen Sende- und Empfangsort gedacht wird. Ob und wann die für die Realisierung derartiger Überlegungen erforderlichen Geländedatenmengen bereitgestellt werden können, läßt sich gegenwärtig noch nicht einmal grob abschätzen. Das UER-Sendernetzplanungsverfahren wird deshalb zwangsläufig auf der CCIR-Empfehlung 370-3 basieren müssen. Zunächst ist innerhalb der UER eine Bestandsaufnahme der nationalen Methoden für Versorgungsrechnungen und Frequenzplanung vorgesehen.

Die Integration des digitalisierten Tonsignals in das Videosignal der bestehenden terrestrischen Fernsehsysteme scheint nach den bisherigen Untersuchungen der Spezialistengruppe V3/MUX aus Kompatibilitätsgründen unmöglich. Die für die Einführung eines neuen terrestrischen Fernsehsystems in der Übergangszeit notwendigen Impulse für die Empfängerindustrie könnten von einem entsprechenden Satellitenfernsehsystem ausgehen. Uningeschränkt sollte wie bisher die Qualität des Fernsehbildes und nicht die des in digitaler Form übertragenen Begleittons die Versorgungsbereiche begrenzen.

Für das terrestrische Fernsehen im 12-GHz-Bereich werden zwar Schutzabstandsuntersuchungen durchgeführt, aktuelle Erfordernisse für ein solches System bestehen aber für die nähere Zukunft nicht.

R3 – Satellitenrundfunk

Beim Satellitenrundfunk hat die technische Entwicklung seit der WARC 1977 zu verbesserten Empfängeranzahlen geführt. Dieser Effekt soll nicht für die Verkleinerung der der damaligen Planung zugrundegelegten Empfangsantennen genutzt werden, sondern vielmehr zur Verbesserung der Bildqualität.

Grundlegende Untersuchungen für Abwärtsstrecken sind beim Satellitenrundfunk seit 1977 nicht mehr notwendig, wohl aber für Aufwärtsstrecken. Hierzu wurde bereits eine Reihe von CCIR-Beiträgen erarbeitet, insbesondere zu Problemen der Polarisationswahl, des Rauschens und der leistungsgesteuerten Systeme. Vor letzteren wird deutlich gewarnt. Zur Fortsetzung der Untersuchungen für Aufwärtsstrecken wurde, insbesondere im Hinblick auf die diesen Bereich berührenden zukünftigen UIT-Konferenzen, eine Spezialistengruppe mit der Bezeichnung R3/PLAN gegründet.

Die Untersuchungen zum Satellitenhörrundfunk im Bereich um 1 GHz werden fortgesetzt. Die französische Rundfunkgesellschaft TDF plant weitere Experimente, deren Ergebnisse jedoch noch nicht zur CCIR-Schlußtagung im Herbst 1981 vorgelegt werden können. Es wurde daran erinnert, daß die Weltraumkonferenz 1984/85³ die erste Gelegenheit zu einer Frequenzzuweisung für den Satellitenhörrundfunk bieten wird.

Die Diskussion über den Stand der verschiedenen europäischen Satellitenprojekte lieferte relativ wenig

konkrete Details. Das lag zum Teil daran, daß sich einige der Projekte noch im Definitionsstadium befinden und bei anderen Projekten den Tagungsteilnehmern der neueste Stand der Entwicklung nicht bekannt war.

R4 – Wellenausbreitung

Die letzte Tagung der Untergruppe R4 fand Anfang 1980 statt. Die Arbeitsergebnisse sind daher teilweise bereits in die entsprechenden CCIR-Texte eingearbeitet worden oder als Beiträge für die Schlußtagung der CCIR-Studienkommission 5 von der Technischen Kommission der UER bei deren Tagung Anfang April 1981 gebilligt worden. Das gilt insbesondere für die in der Spezialistengruppe R4/ad hoc erarbeiteten Verbesserungsvorschläge zur CCIR-Empfehlung 370-3 und zum CCIR-Bericht 239-4. Auf sie wurde im Zusammenhang mit der Untergruppe R2 bereits eingegangen. Aus der Sicht der Untergruppe R1 stellen diese Verbesserungsvorschläge eine Hilfe in Koordinierungsverfahren dar, eine wesentliche Bedeutung bei der Frequenzplanung wird jedoch nicht davon erwartet.

Der von der französischen Rundfunkgesellschaft TDF gelieferte Beitrag über ein Simulationsexperiment für Satellitenhörrundfunk im Bereich um 1 GHz ist an die Untergruppe R3 bereits weitergegeben worden.

R5 – Kabel-Verteilung

Die nach der letzten Tagung der Arbeitsgruppe R entsprechend dem Neuorganisationsplan der Technischen Kommission der UER eingegliederte Untergruppe R5 ist für die Technik der Kabel-Verteilung von Rundfunksendungen zuständig. Dieses Gebiet erlangt wegen des Mangels an Frequenzspektrum zunehmende Bedeutung. Zudem führen neue Techniken wie der Einsatz von Lichtleitern zu andersartigen Signalübertragungsparametern, die untersucht werden müssen. Gemessen an der großen Menge von anstehenden Aufgaben erscheint der Umfang der bisher erzielten Ergebnisse enttäuschend. Zur Verbesserung der Situation ist eine erheblich intensivere Förderung der Arbeit dieser Untergruppe durch Beiträge und durch die Mitarbeit von Experten aus möglichst vielen Ländern mit umfangreichen Erfahrungen bei der Planung und beim Betrieb von Kabel-Verteilnetzen notwendig. Das mangelnde Interesse an einer Kooperation auf internationaler Ebene mag seine Ursache darin haben, daß die bestehenden Netze alle auf nationaler Basis aufgebaut sind und internationale bedeutsame Schnittstellenprobleme erst bei grenzüberschreitenden Netzen entstehen würden.

R6 – Elektromagnetische Kompatibilität und Maßnahmen gegen Störungen

Die ebenfalls nach der letzten Tagung der Arbeitsgruppe R eingegliederte Untergruppe R6 ist für den Bereich der elektromagnetischen Verträglichkeit und für Maßnahmen gegen Störungen zuständig. Vom Vorsitzenden dieser Untergruppe wurde darauf hingewiesen, daß auch hier die geringe Beteiligung an der Arbeit der Untergruppe zu Schwierigkeiten führt.

Die Frage, ob die Problematik des Schutzes von Menschen und Tieren gegen elektromagnetische Strahlung durch die Aufgabenstellung für die Untergruppe genügend abgedeckt sei, wurde bejaht. Eine weitere Frage war, ob es Aufgabe der Untergruppe wäre, Grenzwerte festzulegen oder das Schutzproblem selbst zu lösen. Es war klar, daß der erste Schritt die Festlegung von Grenzwerten sein muß, daß dies jedoch zeitlich und sachlich nur in enger Anlehnung an die Arbeit des CISPR⁴ möglich ist. Verwirrend sind in diesem Zusammenhang

³ Neuer Termin: 1985/87

⁴ Comité International Spécial des Perturbations Radioélectriques

die bekannt gewordenen Unterschiede zwischen den Werten aus Ländern der westlichen und östlichen Hemisphäre, die um den Faktor 1000 differieren. Einschlägige Informationen aus dem militärischen Bereich fehlen leider völlig.

Mit einer Umstellung des Europäischen Funkrufsystems auf Frequenzmodulation kann angesichts der Vielzahl von verkauften Empfangsgeräten nicht mehr gerechnet werden, obwohl einem deutschen Beitrag zufolge die Grundlagen für die Einführung des AM-Systems aus

falschen Voraussetzungen abgeleitet wurden. Die Berücksichtigung des Europäischen Funkrufsystems bei der UKW-Planungskonferenz wird sich daher nicht vermeiden lassen.

Die Arbeitsgruppe R dankte den Untergruppen und ihren Vorsitzenden für die geleistete Arbeit. Das nächste Treffen der Arbeitsgruppe R ist für Mai 1983 vorgesehen.

Bernd Raufmann
Institut für Rundfunktechnik, München

DIE 6. TAGUNG DER UER-UNTERARBEITSGRUPPE R1 (TERRESTRISCHER HÖRRUNDFUNK)

PORTOROZ, 17. BIS 19. JUNI 1981

Auf Einladung des JRT, Jugoslawien, traf sich die Unterarbeitsgruppe (UAG) R1 in der Zeit vom 17. bis 19. Juni 1981 zu ihrer 6. Tagung in Portoroz. An dieser Tagung nahmen 25 Fachleute aus 13 Ländern teil. Den Vorsitz der Unterarbeitsgruppe führte, wie bei den vorangegangenen Treffen, E. Schwarz von der schweizerischen PTT.

Zu den wesentlichen Punkten, die während der Tagung behandelt wurden, gehörten:

- Vorbereitung der UKW-Planungskonferenz,
- Übertragung von Zusatzinformationen,
- weitere Aktivitäten.

1. Vorbereitung der UKW-Planungskonferenz

Der erste Teil der UKW-Planungskonferenz wird voraussichtlich vom 23. August bis 19. September nächsten Jahres stattfinden. Zur Behandlung der anstehenden Probleme sowie zur Ausarbeitung von Planungsparametern war die Spezialistengruppe R1/FM unter dem Vorsitz von F. Angeli gegründet worden. Diese hatte seit der letzten Tagung der R1 zweimal getagt, das zweite Mal direkt vor der Tagung der UAG R1. Probleme des FM-Hörrundfunks nahmen daher einen breiten Raum auf dieser Tagung ein.

Um eine bessere Übereinstimmung von Mono- und Stereoversorgungsgebieten zu erhalten, war seitens ARD/ZDF vorgeschlagen worden, im Falle der Stereoversorgung die Planung mit einer 3-Element-Yagi-Empfangsantenne (12 dB Gewinn) durchzuführen. Solch eine Empfangsantenne wird bereits für den Bereich III (Fernsehen) in der CCIR-Empfehlung 419 vorgeschlagen. Der Vorschlag zur Änderung der Empfehlung 419 bezüglich des Stereoempfangs fand jedoch keine geschlossene Zustimmung in der UAG. Besonders von holländischer Seite wurden starke Bedenken hinsichtlich der Auswirkungen auf Stereokofferempfänger und Autoradios angemeldet.

Stark diskutiert werden zur Zeit die Verfahren zur Berechnung der nutzbaren Feldstärke. Bei früheren Planungskonferenzen wurde die sogenannte „Vereinfachte Multiplikationsmethode“ angewendet. Es wurde vorgeschlagen, diese recht komplizierte Berechnungsmethode durch die einfachere „Leistungssummen-Methode“ zu ersetzen. Untersuchungen haben jedoch gezeigt, daß diese Änderung erhebliche Auswirkungen auf die Planungsrechnungen haben kann.

Ein weiterer Beitrag von deutscher Seite befaßte sich mit den Auswirkungen von Kompandersystemen auf die Übertragungsqualität im UKW-Hörrundfunk. Obwohl

die erzielbaren Verbesserungen hinsichtlich der Geräuschspannungs- und RF-Schutzabstände teilweise beachtlich sind, wurde doch einheitlich die Auffassung vertreten, Kompandersysteme bei der Planung nicht zu berücksichtigen. Kompatibilitätsprobleme auf der Empfängerseite dürften sich bei höheren Kompandergewinnen ohnehin erst mit der Einführung von Zusatzsignalen befriedigend lösen lassen.

Jedes Planungsverfahren muß sich an den Eigenschaften bereits vorhandener Empfänger orientieren. Um zu verhindern, daß sich bei den Empfängern langfristig bestimmte Eigenschaften (Großsignalverhalten, Schutzabstand usw.) verschlechtern, wurde ein Katalog über wünschenswerte Empfängereigenschaften erarbeitet. In diesem werden bestimmte Mindestanforderungen für FM-Empfänger festgelegt. Nach Überarbeitung soll dieses Dokument der Empfängerindustrie zur Kenntnis gebracht werden.

Der VHF-Bereich 87,5 bis 100 MHz wird in einigen Ostblockländern für Fernsehübertragungen nach der D/SECAM-Norm genutzt. Schon auf der letzten Tagung wurden von deutscher und finnischer Seite Schutzabstandskurven vorgelegt. Wegen unzureichender Übereinstimmung der Ergebnisse war die Basis für einen gemeinsamen CCIR-Beitrag noch nicht gegeben. Es ist jedoch beabsichtigt, einen deutschen Beitrag zur Tagung der CCIR-Interim-Arbeitsgruppe 10/4 vorzulegen.

2. Übertragung von Zusatzinformationen

Die Entwickler der fünf zur Übertragung von Zusatzinformationen vorgeschlagenen Systeme berichteten über den derzeitigen Entwicklungsstand des jeweiligen Systems. Von besonderem Interesse waren die Ausführungen des französischen Vertreters zum TDF-System. Es soll untersucht werden, inwieweit sich dieses System auch für eine Bitrate von 1200 bit/s (bisher etwa 600 bit/s) auslegen läßt. Dazu soll ein zweiter Unterträger unterhalb von 57 kHz verwendet werden. Dadurch dürften sich die Unterschiede zu den anderen beiden 57-kHz-Systemen (BBC, PI) verringern. Es ist allerdings zu befürchten, daß derartige Maßnahmen die Übertragungssicherheit beeinträchtigen und zu einer Verschlechterung der Geräuschspannungsabstände des Hauptprogramms führen.

Von holländischer Seite wurde über Schwierigkeiten mit den 57-kHz-Systemen in Kabelanlagen berichtet. Durch Verzerrungen des 57-kHz-Zusatzsignals in den schmalbandigen Umsetzern soll es zu erheblichen Störungen im Hauptprogramm kommen. Untersuchungsergebnisse von anderer Seite lagen hierzu noch nicht vor.

Zum UER-Sendernetzplanungsverfahren wurde festgestellt, daß die CCIR-Empfehlung 370-3, obwohl ihre Unzulänglichkeiten bekannt sind, die einzige international anerkannte Feldstärkevorhersagemethode darstellt. Trotz der auf Initiative der Spezialistengruppe R4/ad hoc bei der Zwischentagung der CCIR-Studienkommission 5 erzielten Verbesserungen und weiterer Verbesserungsvorschläge der R4/ad hoc für die Schlußtagung der CCIR-Studienkommission 5 besteht nach wie vor der dringende Wunsch nach grundlegend neuen Feldstärkevorhersagemethoden, wobei an die Einbeziehung der tatsächlichen Geländestruktur des Ausbreitungsweges zwischen Sende- und Empfangsort gedacht wird. Ob und wann die für die Realisierung derartiger Überlegungen erforderlichen Geländedatenmengen bereitgestellt werden können, läßt sich gegenwärtig noch nicht einmal grob abschätzen. Das UER-Sendernetzplanungsverfahren wird deshalb zwangsläufig auf der CCIR-Empfehlung 370-3 basieren müssen. Zunächst ist innerhalb der UER eine Bestandsaufnahme der nationalen Methoden für Versorgungsrechnungen und Frequenzplanung vorgesehen.

Die Integration des digitalisierten Tonsignals in das Videosignal der bestehenden terrestrischen Fernsehsysteme scheint nach den bisherigen Untersuchungen der Spezialistengruppe V3/MUX aus Kompatibilitätsgründen unmöglich. Die für die Einführung eines neuen terrestrischen Fernsehsystems in der Übergangszeit notwendigen Impulse für die Empfängerindustrie könnten von einem entsprechenden Satellitenfernsehsystem ausgehen. Uningeschränkt sollte wie bisher die Qualität des Fernsehbildes und nicht die des in digitaler Form übertragenen Begleittons die Versorgungsbereiche begrenzen.

Für das terrestrische Fernsehen im 12-GHz-Bereich werden zwar Schutzabstandsuntersuchungen durchgeführt, aktuelle Erfordernisse für ein solches System bestehen aber für die nähere Zukunft nicht.

R3 – Satellitenrundfunk

Beim Satellitenrundfunk hat die technische Entwicklung seit der WARC 1977 zu verbesserten Empfängeranzahlen geführt. Dieser Effekt soll nicht für die Verkleinerung der damaligen Planung zugrundegelegten Empfangsantennen genutzt werden, sondern vielmehr zur Verbesserung der Bildqualität.

Grundlegende Untersuchungen für Abwärtsstrecken sind beim Satellitenrundfunk seit 1977 nicht mehr notwendig, wohl aber für Aufwärtsstrecken. Hierzu wurde bereits eine Reihe von CCIR-Beiträgen erarbeitet, insbesondere zu Problemen der Polarisationswahl, des Rauschens und der leistungsgesteuerten Systeme. Vor letzteren wird deutlich gewarnt. Zur Fortsetzung der Untersuchungen für Aufwärtsstrecken wurde, insbesondere im Hinblick auf die diesen Bereich berührenden zukünftigen UIT-Konferenzen, eine Spezialistengruppe mit der Bezeichnung R3/PLAN gegründet.

Die Untersuchungen zum Satellitenhörrundfunk im Bereich um 1 GHz werden fortgesetzt. Die französische Rundfunkgesellschaft TDF plant weitere Experimente, deren Ergebnisse jedoch noch nicht zur CCIR-Schlußtagung im Herbst 1981 vorgelegt werden können. Es wurde daran erinnert, daß die Weltraumkonferenz 1984/85³ die erste Gelegenheit zu einer Frequenzzuweisung für den Satellitenhörrundfunk bieten wird.

Die Diskussion über den Stand der verschiedenen europäischen Satellitenprojekte lieferte relativ wenig

konkrete Details. Das lag zum Teil daran, daß sich einige der Projekte noch im Definitionsstadium befinden und bei anderen Projekten den Tagungsteilnehmern der neueste Stand der Entwicklung nicht bekannt war.

R4 – Wellenausbreitung

Die letzte Tagung der Untergruppe R4 fand Anfang 1980 statt. Die Arbeitsergebnisse sind daher teilweise bereits in die entsprechenden CCIR-Texte eingearbeitet worden oder als Beiträge für die Schlußtagung der CCIR-Studienkommission 5 von der Technischen Kommission der UER bei deren Tagung Anfang April 1981 gebilligt worden. Das gilt insbesondere für die in der Spezialistengruppe R4/ad hoc erarbeiteten Verbesserungsvorschläge zur CCIR-Empfehlung 370-3 und zum CCIR-Bericht 239-4. Auf sie wurde im Zusammenhang mit der Untergruppe R2 bereits eingegangen. Aus der Sicht der Untergruppe R1 stellen diese Verbesserungsvorschläge eine Hilfe in Koordinierungsverfahren dar, eine wesentliche Bedeutung bei der Frequenzplanung wird jedoch nicht davon erwartet.

Der von der französischen Rundfunkgesellschaft TDF gelieferte Beitrag über ein Simulationsexperiment für Satellitenhörrundfunk im Bereich um 1 GHz ist an die Untergruppe R3 bereits weitergegeben worden.

R5 – Kabel-Verteilung

Die nach der letzten Tagung der Arbeitsgruppe R entsprechend dem Neuorganisationsplan der Technischen Kommission der UER eingegliederte Untergruppe R5 ist für die Technik der Kabel-Verteilung von Rundfunksendungen zuständig. Dieses Gebiet erlangt wegen des Mangels an Frequenzspektrum zunehmende Bedeutung. Zudem führen neue Techniken wie der Einsatz von Lichtleitern zu andersartigen Signalübertragungsparametern, die untersucht werden müssen. Gemessen an der großen Menge von anstehenden Aufgaben erscheint der Umfang der bisher erzielten Ergebnisse enttäuschend. Zur Verbesserung der Situation ist eine erheblich intensivere Förderung der Arbeit dieser Untergruppe durch Beiträge und durch die Mitarbeit von Experten aus möglichst vielen Ländern mit umfangreichen Erfahrungen bei der Planung und beim Betrieb von Kabel-Verteilnetzen notwendig. Das mangelnde Interesse an einer Kooperation auf internationaler Ebene mag seine Ursache darin haben, daß die bestehenden Netze alle auf nationaler Basis aufgebaut sind und international bedeutsame Schnittstellenprobleme erst bei grenzüberschreitenden Netzen entstehen würden.

R6 – Elektromagnetische Kompatibilität und Maßnahmen gegen Störungen

Die ebenfalls nach der letzten Tagung der Arbeitsgruppe R eingegliederte Untergruppe R6 ist für den Bereich der elektromagnetischen Verträglichkeit und für Maßnahmen gegen Störungen zuständig. Vom Vorsitzenden dieser Untergruppe wurde darauf hingewiesen, daß auch hier die geringe Beteiligung an der Arbeit der Untergruppe zu Schwierigkeiten führt.

Die Frage, ob die Problematik des Schutzes von Menschen und Tieren gegen elektromagnetische Strahlung durch die Aufgabenstellung für die Untergruppe genügend abgedeckt sei, wurde bejaht. Eine weitere Frage war, ob es Aufgabe der Untergruppe wäre, Grenzwerte festzulegen oder das Schutzproblem selbst zu lösen. Es war klar, daß der erste Schritt die Festlegung von Grenzwerten sein muß, daß dies jedoch zeitlich und sachlich nur in enger Anlehnung an die Arbeit des CISPR⁴ möglich ist. Verwirrend sind in diesem Zusammenhang

³ Neuer Termin: 1985/87

⁴ Comité International Spécial des Perturbations Radioélectriques

die bekannt gewordenen Unterschiede zwischen den Werten aus Ländern der westlichen und östlichen Hemisphäre, die um den Faktor 1000 differieren. Einschlägige Informationen aus dem militärischen Bereich fehlen leider völlig.

Mit einer Umstellung des Europäischen Funkrufsystems auf Frequenzmodulation kann angesichts der Vielzahl von verkauften Empfangsgeräten nicht mehr gerechnet werden, obwohl einem deutschen Beitrag zufolge die Grundlagen für die Einführung des AM-Systems aus

falschen Voraussetzungen abgeleitet wurden. Die Berücksichtigung des Europäischen Funkrufsystems bei der UKW-Planungskonferenz wird sich daher nicht vermeiden lassen.

Die Arbeitsgruppe R dankte den Untergruppen und ihren Vorsitzenden für die geleistete Arbeit. Das nächste Treffen der Arbeitsgruppe R ist für Mai 1983 vorgesehen.

Bernd Raufmann
Institut für Rundfunktechnik, München

DIE 6. TAGUNG DER UER-UNTERARBEITSGRUPPE R1 (TERRESTRISCHER HÖRRUNDFUNK)

PORTOROZ, 17. BIS 19. JUNI 1981

Auf Einladung des JRT, Jugoslawien, traf sich die Unterarbeitsgruppe (UAG) R1 in der Zeit vom 17. bis 19. Juni 1981 zu ihrer 6. Tagung in Portoroz. An dieser Tagung nahmen 25 Fachleute aus 13 Ländern teil. Den Vorsitz der Unterarbeitsgruppe führte, wie bei den vorangegangenen Treffen, E. Schwarz von der schweizerischen PTT.

Zu den wesentlichen Punkten, die während der Tagung behandelt wurden, gehörten:

- Vorbereitung der UKW-Planungskonferenz,
- Übertragung von Zusatzinformationen,
- weitere Aktivitäten.

1. Vorbereitung der UKW-Planungskonferenz

Der erste Teil der UKW-Planungskonferenz wird voraussichtlich vom 23. August bis 19. September nächsten Jahres stattfinden. Zur Behandlung der anstehenden Probleme sowie zur Ausarbeitung von Planungsparametern war die Spezialistengruppe R1/FM unter dem Vorsitz von F. Angeli gegründet worden. Diese hatte seit der letzten Tagung der R1 zweimal getagt, das zweite Mal direkt vor der Tagung der UAG R1. Probleme des FM-Hörrundfunks nahmen daher einen breiten Raum auf dieser Tagung ein.

Um eine bessere Übereinstimmung von Mono- und Stereoversorgungsgebieten zu erhalten, war seitens ARD/ZDF vorgeschlagen worden, im Falle der Stereoversorgung die Planung mit einer 3-Element-Yagi-Empfangsantenne (12 dB Gewinn) durchzuführen. Solch eine Empfangsantenne wird bereits für den Bereich III (Fernsehen) in der CCIR-Empfehlung 419 vorgeschlagen. Der Vorschlag zur Änderung der Empfehlung 419 bezüglich des Stereoempfangs fand jedoch keine geschlossene Zustimmung in der UAG. Besonders von holländischer Seite wurden starke Bedenken hinsichtlich der Auswirkungen auf Stereokofferempfänger und Autoradios angemeldet.

Stark diskutiert werden zur Zeit die Verfahren zur Berechnung der nutzbaren Feldstärke. Bei früheren Planungskonferenzen wurde die sogenannte „Vereinfachte Multiplikationsmethode“ angewendet. Es wurde vorgeschlagen, diese recht komplizierte Berechnungsmethode durch die einfachere „Leistungssummen-Methode“ zu ersetzen. Untersuchungen haben jedoch gezeigt, daß diese Änderung erhebliche Auswirkungen auf die Planungsrechnungen haben kann.

Ein weiterer Beitrag von deutscher Seite befaßte sich mit den Auswirkungen von Kompandersystemen auf die Übertragungsqualität im UKW-Hörrundfunk. Obwohl

die erzielbaren Verbesserungen hinsichtlich der Geräuschspannungs- und RF-Schutzabstände teilweise beachtlich sind, wurde doch einheitlich die Auffassung vertreten, Kompandersysteme bei der Planung nicht zu berücksichtigen. Kompatibilitätsprobleme auf der Empfängerseite dürften sich bei höheren Kompandergewinnen ohnehin erst mit der Einführung von Zusatzsignalen befriedigend lösen lassen.

Jedes Planungsverfahren muß sich an den Eigenschaften bereits vorhandener Empfänger orientieren. Um zu verhindern, daß sich bei den Empfängern langfristig bestimmte Eigenschaften (Großsignalverhalten, Schutzabstand usw.) verschlechtern, wurde ein Katalog über wünschenswerte Empfängerereigenschaften erarbeitet. In diesem werden bestimmte Mindestanforderungen für FM-Empfänger festgelegt. Nach Überarbeitung soll dieses Dokument der Empfängerindustrie zur Kenntnis gebracht werden.

Der VHF-Bereich 87,5 bis 100 MHz wird in einigen Ostblockländern für Fernsehübertragungen nach der D/SECAM-Norm genutzt. Schon auf der letzten Tagung wurden von deutscher und finnischer Seite Schutzabstandskurven vorgelegt. Wegen unzureichender Übereinstimmung der Ergebnisse war die Basis für einen gemeinsamen CCIR-Beitrag noch nicht gegeben. Es ist jedoch beabsichtigt, einen deutschen Beitrag zur Tagung der CCIR-Interim-Arbeitsgruppe 10/4 vorzulegen.

2. Übertragung von Zusatzinformationen

Die Entwickler der fünf zur Übertragung von Zusatzinformationen vorgeschlagenen Systeme berichteten über den derzeitigen Entwicklungsstand des jeweiligen Systems. Von besonderem Interesse waren die Ausführungen des französischen Vertreters zum TDF-System. Es soll untersucht werden, inwieweit sich dieses System auch für eine Bitrate von 1200 bit/s (bisher etwa 600 bit/s) auslegen läßt. Dazu soll ein zweiter Unterträger unterhalb von 57 kHz verwendet werden. Dadurch dürften sich die Unterschiede zu den anderen beiden 57-kHz-Systemen (BBC, PI) verringern. Es ist allerdings zu befürchten, daß derartige Maßnahmen die Übertragungssicherheit beeinträchtigen und zu einer Verschlechterung der Geräuschspannungsabstände des Hauptprogramms führen.

Von holländischer Seite wurde über Schwierigkeiten mit den 57-kHz-Systemen in Kabelanlagen berichtet. Durch Verzerrungen des 57-kHz-Zusatzsignals in den schmalbandigen Umsetzern soll es zu erheblichen Störungen im Hauptprogramm kommen. Untersuchungsergebnisse von anderer Seite lagen hierzu noch nicht vor.

Auf der letzten Tagung der Spezialistengruppe R1/DAT war beschlossen worden, Vorschläge für das Datenformat auszuarbeiten. Insbesondere von englischer und schwedischer Seite waren dazu zwei sehr detaillierte Vorschläge eingereicht worden, die in ihrer Konzeption grundverschieden waren. Die BBC ging bei ihren Untersuchungen davon aus, daß eine Blocklänge von etwa 100 bit/s ein Optimum darstellt. Die Feldversuche in der Schweiz hatten dies bestätigt. Allerdings liegen diesem Wert relativ niedrige Fahrgeschwindigkeiten (etwa 40 km/h) zugrunde. Bei höheren Fahrgeschwindigkeiten könnte sich das Optimum der Blocklänge zu niedrigeren Werten hin verschieben. Aus diesem Grunde hatten die Schweden eine Blocklänge von 26 bit/s gewählt. Weitere Unterschiede wurden in der Wahl des Fehlerschutzes sowie in der Synchronisation deutlich. Eine Einigung auf ein einheitliches Datenformat war daher nicht möglich. Dies soll auf der nächsten Tagung der Spezialistengruppe R1/DAT (23. bis 26. November 1981) geschehen. Neue Feldversuche unter Einbeziehung dieses Datenformats sind bereits für den Mai nächsten Jahres in der Schweiz geplant.

3. Weitere Aktivitäten

Über die Aktivitäten der Spezialistengruppe R1/HF gab J. K. Edwards (BBC), der Vorsitzende dieser Gruppe, einen zusammenfassenden Bericht. Aufgrund von Bandaufnahmen hat man sich nunmehr auf einen Gleichkanalschutzabstand von 27 dB (Dauerstörer) einigen können. Für den Nachbarkanal (5 kHz) kam man zwar zu der

Auffassung, daß der Schutzabstand bei der Mehrzahl der Empfänger um 10 bis 15 dB besser ist als der in der Empfehlung 560 angegebene Wert, man konnte sich allerdings nicht entschließen, einen höheren Wert zu fordern. Für etwas Überraschung sorgte der Vergleich zur Leistungsbilanz von SSB- und DSB-Sendern. Aufgrund des Wirkungsgrades der Senderendröhren würde ein SSB-Sender mit 6 dB Trägerreduzierung zur gleichen Versorgung eine 14 % höhere Leistung als ein DSB-Sender benötigen. Erst bei 12 dB Trägerreduzierung würde sich bei SSB mit einer um etwa 80 % geringeren Leistungsaufnahme ein deutlicher Vorteil ergeben. Die Ergebnisse der Arbeit dieser Spezialistengruppe werden der IWP 10/5 als CCIR-Beitrag zugeleitet.

Die Überarbeitung des Technischen Dokumentes 3088 „Modulationsaufbereitung“ ist im wesentlichen abgeschlossen. Änderungs- oder Verbesserungsvorschläge dazu sollen auf dem Korrespondenzwege durchgeführt werden.

Schwierigkeiten ergaben sich bei der Festlegung der nächsten Tagung der Unterarbeitsgruppe R1 sowie der Tagungen ihrer Spezialistengruppen, da eine Anzahl von Randbedingungen berücksichtigt werden mußten (Tagung des Technical Committee, ITU VHF/FM-Planungskonferenz, Feldversuche Zusatzsignale). Die nächste Tagung der R1 wird daher voraussichtlich erst Ende Mai nächsten Jahres stattfinden. Dazu wurde von finnischer Seite eine Einladung nach Helsinki ausgesprochen.

Gerd Petke

Institut für Rundfunktechnik, München

TAGUNGEN UND AUSSTELLUNGEN

Termine

| | | | |
|-------------------------------------|--|--|---|
| 3. 9. – 7. 9. 1981 Mailand | 15. Salone Internazionale della Musica e High Fidelity | 5. 10. – 9. 10. 1981 Kleinheubach | Tagungen des U.R.S.I.-Landesausschusses |
| 4. 9. – 13. 9. 1981 Berlin | Internationale Funkausstellung | 10. 11. – 12. 11. 1981 Köln | Kölner AV-Tage 81 „AV-Praxis“ |
| 7. 9. – 11. 9. 1981 Amsterdam | EuMC 11th European Microwave Conference | 25. 11. – 28. 11. 1981 München | 12. Tonmeistertagung |
| 14. 9. – 17. 9. 1981 Los Angeles | INTELEXPO 81 Ausstellung und Symposium | Schlußtagungen der CCIR-Studienkommissionen in Genf | |
| 21. 9. – 24. 9. 1981 Ulm | 9. Jahrestagung der Fernseh- und Kinotechnischen Gesellschaft (FKTG) | 24. 8. – 8. 9. 1981 | Studienkommission 6 |
| 28. 9. – 2. 10. 1981 Rotterdam | Reliability Engineering Advanced Technology and Industrial Applications | 24. 8. – 11. 9. 1981 | Studienkommission 5 |
| | | 17. 9. – 7. 10. 1981 | Studienkommission CMTT |
| | | 21. 9. – 8. 10. 1981 | Studienkommission 10 |
| | | 21. 9. – 9. 10. 1981 | Studienkommission 11 |
| | | 19. 10. – 3. 11. 1981 | Studienkommission 1 |

BUCHBESPRECHUNGEN

Die wissenschaftlichen Grundlagen der Raumakustik. Band 1: Geometrische Raumakustik – Statistische Raumakustik – Psychologische Raumakustik. 2., neu gegliederte und völlig neu bearbeitete Auflage. Von Lothar Cremer und Helmut A. Müller. IX, 521 Seiten, 215 Bilder, 9 Tabellen, Format 24 cm x 16,5 cm, kartoniert, S. Hirzel Verlag, Stuttgart 1978, Preis 118,- DM, ISBN 3-7776-0315-5.

Das Buch ist eine neu gegliederte und völlig neu bearbeitete 2. Auflage der vor etwa 30 Jahren erschienenen 1. Auflage. Band I, der die geometrische, die statistische und die psychologische Raumakustik behandelt, spricht eher Architekten, Bauingenieure und Toningenieurinnen an, die an Form, Material und psychologischen Problemen der Raumakustik interessiert sind. Wer tiefer gehen will, sollte sich im Band II über die wellentheoretische Raumakustik informieren.

In Band I gelang es den Autoren mit vielen Beispielen, Bildern und zusammenfassenden Ergebnissen in einer humanen Darstellungsart die komplizierten Vorgänge aufzuzeigen. Diese Form der Darbietung des Stoffes und seine Kommentierung wurde wohl möglich, weil die Autoren wichtige Entwicklungen der Theorie wesentlich mitgetragen haben. In jedem der drei Teile des vorliegenden Bandes wird der Stoff – ausgehend von allgemeinen Grundlagen – in gut gegliederten Kapiteln klar, verständlich und vollständig behandelt.

Die anekdotisch elegant eingefügten Bemerkungen Cremers an manchen Stellen des Buches wirken motivierend und zeigen, wie schwer es der Akustiker oft hat, sich gegenüber optischen oder kulturhistorischen Argumenten durchzusetzen. Neben anderen Anregungen weist das Buch in die Zukunft neuer Möglichkeiten, z. B. über Datenverarbeitung verfeinerter Modelltechnik sowie akustischer Psychometrie.

In Teil 3 liegt der erste Versuch vor, das Gebiet der psychologischen Raumakustik geschlossen darzustellen. Da auf diesem Gebiet sehr viel geschieht und noch sehr viel geschehen wird, dürfte der Hinweis im Vorwort des Buches, daß „dieser Teil zum baldigen Überholte sein verurteilt ist“, gerechtfertigt erscheinen. Dennoch ein gelungener Versuch, die bisher grundlegenden Forschungsergebnisse einem großen Kreis von Lesern zugänglich zu machen.

Das Buch ist eine umfassende Darstellung eines wichtigen Gebietes der Akustik, welches dem Praktiker, dem Theoretiker und dem Forscher empfohlen werden kann.

Georges Karamalis

Nachrichtentechnik. Band 7: Grundlagen digitaler Filter. Einführung in die Theorie linearer zeitdiskreter Systeme und Netzwerke. Von Raimund Lücker. Hrsg. Hans Marko. 255 Seiten, 96 Bilder, 9 Tabellen, Format 24 cm x 16,5 cm, geheftet, Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg-New York 1980, Preis 58,- DM bzw. 34.30 US\$, ISBN 3-540-10198-5.

Grundlage für dieses Werk bildet das Skriptum einer Wahlvorlesung des Autors für Studenten der nachrichtentechnischen Vertiefungsrichtungen nach dem Vordiplom an der TH Darmstadt.

Es werden 3 Themenkomplexe behandelt. Der erste ist den systemtheoretischen Grundlagen gewidmet. Hier werden zunächst die Begriffe zeitdiskrete Signale und Systeme eingeführt. Es folgt die Darstellung der Eigenschaften der wichtigsten zeitdiskreten Systeme (LTI-Sy-

steme, FIR-Systeme, IIR-Systeme) einschließlich der hierfür gebräuchlichen Hilfsmittel wie Impulsantwort, Differenzgleichungen, z-Transformation, Übertragungsfunktion und Frequenzgang.

Der zweite Themenkomplex befaßt sich mit den zeitdiskreten Netzwerken. Zunächst wird wiederum der Begriff zeitdiskretes Netzwerk erläutert. Sodann werden die verschiedenen Typen (kanonisch, nichtkanonisch, rekursiv und nichtkursiv) erklärt. Die Matrixbeschreibung, die Darstellung von Verfahren zur Analyse und Synthese sowie Stabilitätsuntersuchungen im Zustandsraum runden diesen Bereich ab.

Abschließend wird der Entwurf zeitdiskreter Systeme behandelt. Dabei wird die Fragestellung bei den IIR-Systemen zum einen kurz auf eine vorgeschriebene Impulsantwort, zum anderen ausführlich auf einen gegebenen Frequenzgang abgestellt, während bei den FIR-Systemen lediglich die Problematik im Frequenzbereich angesprochen ist.

Das Literaturverzeichnis gibt einen umfassenden, aktuellen Überblick über die zahlreichen existierenden Quellen.

Das Buch ist für Nachrichten-, Regelungs- und Datentechniker, die sich mit Problemen der digitalen Filterung beschäftigen, sowohl zur Einführung als auch als Nachschlagewerk eine sehr wertvolle Hilfe.

Bodo Morgenstern

Nachrichtentechnik. Band 9: Nachrichten-Meßtechnik. Von E. Schuon und H. Wolf. Hrsg. H. Marko. 271 Seiten, 155 Bilder, 10 Tabellen, Format 24,2 cm x 16,7 cm, geheftet, Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg-New York 1981, Preis 52,- DM bzw. 24.80 US\$, ISBN 3-540-10637-5.

Dem grundsätzlichen Verhalten sowie den einzelnen speziellen Aspekten nachrichtentechnischer Einrichtungen sind viele Darstellungen gewidmet. Die Meßmöglichkeiten zur objektiven Erfassung der Eigenschaften dieser Einrichtungen stehen dabei meist im Hintergrund.

Das vorliegende Buch schließt an die „Elektrische Meßtechnik“ an und behandelt die Messung der Größen, die unmittelbar für die Nachrichtenübertragung maßgebend sind. In einem einführenden, grundlegenden Kapitel über Meßmethoden, Meßfehler und Meßgeräte werden auch die mit der Herausgabe von Regeln für die Meßtechnik betrauten internationalen Gremien vorgestellt.

Es schließen sich Kapitel über Pegel- und Dämpfungsmessungen, Phasen- und Laufzeitmessungen, Messungen im Zeit- und Frequenzbereich, Impedanzmessungen und Messungen nichtlinearer Verzerrungen an. Ebenso ist der Messung stochastischer Größen und der Kenngrößen digitaler Signale jeweils ein Kapitel gewidmet. Die Kapitel beginnen mit Definitionen der verwendeten nachrichtentechnischen Größen. Dann werden die Meßverfahren diskutiert und an Beispielen erläutert. Die Kapitelzusammenfassungen stellen meist auch moderne einschlägige Meßgeräte vor.

Darstellung und Stoffauswahl können als geglückt angesehen werden. Das Buch kann Ingenieuren und Technikern sicher bei vielen Fragen weiterhelfen. Der Umfang dieser Monographie und ihre beabsichtigte Verwendbarkeit neben Vorlesungen erlauben nicht, auf Detailprobleme einzugehen. Hierzu dienen kapitelweise weiterführende Literaturverzeichnisse, in denen Veröffentlichungen bis zum Jahre 1980 aufgeführt sind.

Günter Schneeberger

Logischer Entwurf digitaler Systeme. Von Wolfgang Giloi und Hans Liebig. Hochschultext. 2., überarbeitete Auflage. XII, 328 Seiten, 183 Bilder, Format 24 cm x 16,5 cm, geheftet, Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg-New York 1980, Preis 48,- DM bzw. 28.40 US\$, ISBN 3-540-10091-1.

Das Werk befaßt sich mit der Darstellung des funktionellen Verhaltens logischer und digitaler Systeme aus der Sicht des Informatikers. Die Betrachtung des technologisch bedingten Verhaltens und der hardwaremäßigen Realisierung ist bewußt in den Hintergrund gestellt, weil sie wegen des raschen Fortschrittes ständig der Gefahr des Veraltens ausgesetzt ist.

Das Buch enthält 6 Kapitel, von denen 2 mehr theoretisch und 4 praktisch orientiert sind. Der modulare Aufbau gibt dem Leser in Verbindung mit einem entsprechenden Schema im Inhaltsverzeichnis die Möglichkeit, rasch die für das Verständnis eines bestimmten Stoffkomplexes erforderlichen Abschnitte herauszufinden.

Folgende Themenkreise werden behandelt: Aussagenkalkül und Boolesche Algebra, Boolesche Algorithmen, Schaltnetze, Schaltketten, Asynchron-Schaltketten und Synchron-Schaltwerke und Mikroprozessoren. Alle Kapitel sind gegenüber der ersten Auflage in wesentlichen Punkten der zwischenzeitlich erfolgten Weiterentwicklung (Mikroprozessortechnik usw.) angepaßt und erweitert worden.

Das Buch wendet sich an Studenten der Elektrotechnik und der Informatik, die sich Fähigkeiten im Entwurf digitaler Systeme aneignen wollen, an Lehrende sowie an Entwicklungsingenieure, die die in dem hierzu erschienenen Übungsbuch ausgeführten Beispiele als Referenz für die Lösung ihrer eigenen Probleme benutzen können.

Das Werk ist als Lehrbuch und zum Selbststudium gleichermaßen geeignet und wegen seiner ausgezeichneten Darstellung auf hohem wissenschaftlichen Niveau sehr zu empfehlen.

Bodo Morgenstern

NACHRICHTEN

RUNDFUNKTEILNEHMER-STATISTIK

Stand 30. Juni 1981

| | Gebührenpflichtige Teilnehmer | Zunahme (Abnahme) seit 31. 3. 1981 | Anteil in % |
|------------------|-------------------------------|------------------------------------|-------------|
| Hörfunk | | | |
| BR | 3 726 449 | + 12 918 | 17,1 |
| HR | 2 044 391 | + 7 355 | 9,4 |
| NDR | 4 115 226 | + 11 917 | 18,8 |
| RB | 286 267 | + 575 | 1,3 |
| SR | 384 986 | + 2 775 | 1,8 |
| SFB | 907 801 | - 1 492 | 4,2 |
| SDR | 2 167 644 | + 10 770 | 9,9 |
| SWF | 2 649 751 | + 16 128 | 12,1 |
| WDR | 5 545 060 | + 11 427 | 25,4 |
| Summe | 21 827 575 | + 72 373 | 100,0 |
| Fernsehen | | | |
| BR | 3 413 495 | + 8 121 | 17,1 |
| HR | 1 844 158 | + 4 962 | 9,3 |
| NDR | 3 786 771 | + 4 696 | 19,0 |
| RB | 262 278 | + 147 | 1,3 |
| SR | 358 819 | + 1 704 | 1,8 |
| SFB | 833 478 | - 1 168 | 4,2 |
| SDR | 1 846 768 | + 5 884 | 9,3 |
| SWF | 2 305 343 | + 7 842 | 11,6 |
| WDR | 5 264 805 | + 6 757 | 26,4 |
| Summe | 19 915 915 | + 38 945 | 100,0 |

Die Anzahl der darüber hinaus aus sozialen Gründen von der Gebührenpflicht für den Hör- und Fernsehgrundfunk befreiten Teilnehmer betrug 3 348 748 am 30. Juni 1981.

RUNDFUNKVERSORGUNG

IN DER BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND
UND IN BERLIN (WEST)

Ultrakurzwellensender

Inbetriebnahme

Vom Bayerischen Rundfunk wurde folgender Ultrakurzwellensender in Betrieb genommen:

| Station | Programm | Kanal | Frequenz MHz | Leistg. ERP kW | Pol. | Azimuth Grad | Tag der Inbetriebnahme |
|-------------------|----------|-------|--------------|----------------|------|--------------|------------------------|
| Tegernseer Tal IV | 4SG | 36 | 97,9 | 0,1 | H | ND | 27. 05. 81 |

Fernsehsender

Inbetriebnahmen

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

| Station | Kanal | Offset | Leistg. ERP W | Pol. | Azimuth Grad | Tag der Inbetriebnahme |
|---------|-------|--------|---------------|------|--------------|------------------------|
|---------|-------|--------|---------------|------|--------------|------------------------|

Bayerischer Rundfunk

| | | | | | | |
|-----------------|----|-----|----|----|----------|------------|
| Buch am Erlbach | 12 | 0 | 5 | H | 312 | 21. 05. 81 |
| Haibach | 48 | 0 | 60 | HH | 15; 185 | 2. 02. 81 |
| Hohenburg | 9 | 10M | 20 | HH | 125; 350 | 26. 06. 81 |
| Pommelsbrunn | 12 | 3P | 3 | HH | 88; 348 | 3. 06. 81 |

Hessischer Rundfunk

| | | | | | | |
|-------------|----|----|----|---|---------|------------|
| Alheim | 46 | 4M | 80 | H | 54 | 20. 05. 81 |
| Lohrhaupten | 60 | 6P | 5 | H | 340 | 23. 06. 81 |
| Ronshausen | 40 | 2P | 16 | H | 36; 306 | 16. 06. 81 |
| Soisdorf | 30 | 2P | 50 | H | 30; 270 | 4. 05. 81 |

Norddeutscher Rundfunk

| | | | | | | |
|----------|----|----|---|---|--------|------------|
| Bovenden | 12 | 4M | 4 | H | 0; 100 | 29. 04. 81 |
|----------|----|----|---|---|--------|------------|

Änderungen

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

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

Bayerischer Rundfunk

| | | | | | | |
|-----------|-----------|-----------|----|---|---------|------------|
| Eußenheim | 60 | 8P | 20 | H | 55; 335 | 26. 05. 81 |
|-----------|-----------|-----------|----|---|---------|------------|

Hessischer Rundfunk

| | | | | | | |
|-----------|----|---|----------|----|-------|------------|
| Maberzell | 12 | 0 | 6 | HH | 5; 60 | 19. 12. 80 |
|-----------|----|---|----------|----|-------|------------|

Südwestfunk

| | | | | | | |
|--------------------------------------|----|-----------|----|----------|-------------------------------|------------|
| Baden- weiler- Müllheim | 38 | 8P | 24 | H | ND | 11. 06. 81 |
| Fischbach- Weierbach | 48 | 0 | 20 | HV HH | 110; 153 ; 210; 310 | 25. 05. 81 |

ITT-Schaub-Lorenz will digitales Fernsehgerät bauen

Energische Schritte in Richtung auf ein digitales Fernsehgerät unternimmt ITT-Schaub-Lorenz. Man erhofft sich vor allem wirtschaftliche Vorteile durch eine Verringerung der Fertigungszeiten von gegenwärtig etwa 160 Minuten im Durchschnitt für ein Farbfernsehgerät mit Fernbedienung auf unter 100 Minuten (als langfristiges Ziel).

Eine überschlägige Rechnung der Pforzheimer hat ergeben, daß bei einem solchen Schritt mehr als 300 diskrete Bauelemente eingespart werden können, davon etwa 80 im Farbdecoder, 70 in den Ablenkstufen, 60 im Tonteil und rund 100 bei der Bedienungseinheit. Der Weg zur „Digitalisierung“ ist praktisch vorgezeichnet: Nachdem die Frequenzsynthese bei der Senderabstimmung in Zukunft mit Mikroprozessoren erfolgen wird, kann dieser Baustein bei entsprechender Auslegung auch weitere Stufen der digitalen Signalverarbeitung übernehmen.

Die Digitalisierung kann auch für Qualitätsverbesserungen bei der Bild- und Tonwiedergabe genutzt werden, insbesondere durch eine effiziente Rauschunterdrückung und durch flimmerfreie Bildwiedergabe mit Hilfe einer internen Erhöhung der Bildwechselfrequenz.

Nach einer Funkschau-Nachricht

PERSÖNLICHES**Herbert Funk 65 Jahre alt**

Herbert Funk, der sich seit September 1979 im Ruhestand befindet (siehe auch RTM 5/1979, S. 256), hat am 23. August 1981 seinen 65. Geburtstag gefeiert. Die Schriftleitung der RTM gratuliert ihm dazu sehr herzlich und wünscht ihm noch viele ausgefüllte Lebensjahre bei bester Gesundheit.

Rolf Thiele 60 Jahre alt

Dr. Rolf Thiele, Technischer Direktor des Hessischen Rundfunks, feierte am 26. August 1981 seinen 60. Geburtstag. Außerdem begeht er im Oktober dieses Jahres sein 25jähriges Dienstjubiläum.

Am 16. Oktober 1956 begann Rolf Thiele seine Tätigkeit für den Rundfunk als Betriebsingenieur für Raum- und Bauakustik sowie für Sendernetzplanung beim Südwestfunk Baden-Baden. Als Direktor und Geschäftsführer leitete er von 1965 bis 1970 die Rundfunk-Betriebstechnik in Nürnberg und wurde 1970 als Nachfolger von Dr. Franz Miseré zum Technischen Direktor des HR berufen.

Die völlig verschiedenen beruflichen Positionen seiner Laufbahn können die Breite seines Wissens nur andeuten. Nur wer die zahlreichen Veröffentlichungen, vor allem zu raumakustischen Problemstellungen, einmal durchgesehen hat, kann seine Vielseitigkeit beurteilen. Darüber hinaus schuf sich Rolf Thiele auch durch seine Mitarbeit in der Deutschen Physikalischen Gesellschaft

(DPG), in der Nachrichtentechnischen Gesellschaft (NTG), im VDE sowie in der Fernseh- und Kinotechnischen Gesellschaft (FKTG) einen bedeutenden Namen als engagierter Rundfunkingenieur weit über die Grenzen Deutschlands hinaus.

In der Technischen Kommission ARD/ZDF ist Rolf Thiele seit vielen Jahren vertreten. Dabei nimmt er sich insbesondere der Fragen fachlicher Zusammenarbeit mit der Deutschen Bundespost im Gemischten Ausschuß Technik (GAT) an, dessen Vorsitz er innehat. Außerdem vertritt er die ARD in der Technischen Kommission der Union der europäischen Rundfunkanstalten (UER). Seit 1976 ist er Mitglied der Schriftleitung dieser Zeitschrift.

In den Jahren 1976/1977 führte Rolf Thiele den Vorsitz in der Technischen Kommission ARD/ZDF. Dabei lernte ich ihn als einen stets fairen, um Ausgleich und Gerechtigkeit bemühten Kollegen kennen und schätzen. Sein Rat und seine Hinweise waren allen Kollegen willkommen.

Ich möchte diese Zeilen nicht abschließen, ohne auch den Menschen Rolf Thiele anzusprechen: Seine Bildung und seine Kenntnisse der Literatur und der Geschichte ermöglichen es ihm, viele Sachprobleme und Fragen der Zusammenarbeit von verschiedenen Seiten aus zu betrachten und dann zu einer ausgewogenen Meinung zu kommen. Daß sich Rolf Thiele neben seiner beruflichen Tätigkeit auch die Zeit nimmt, als Lehrbeauftragter an der Technischen Hochschule Darmstadt seine Erkenntnisse und Erfahrungen an die Jugend weiterzugeben, entspricht dieser Grundeinstellung.

Rolf Thiele wünsche ich noch viele Jahre in Gesundheit für seine weitere Tätigkeit – und gelegentlich auch etwas Zeit, um seinen vielen literarischen und wissenschaftlichen Interessen und Neigungen nachgehen zu können.

Frank Müller-Römer

Hans-Günther te Kolf 60 Jahre alt

Der Leiter der Abteilung Energieversorgung im Hessischen Rundfunk, Hans-Günther te Kolf, wurde am 21. Juli 1981 60 Jahre alt. In Bonn geboren, kam H.-G. te Kolf gleich nach dem Abitur zum Arbeitsdienst und anschließend zur Luftnachrichtentruppe. Seine dort erlangte fachliche Ausbildung ergänzte er nach seiner Entlassung aus der Gefangenschaft und war anschließend in der Industrie tätig.

Zum Hessischen Rundfunk kam H.-G. te Kolf im November 1950, um von Anfang an bei der Planung und beim Aufbau des Funkhauses am Dornbusch mitzuwirken, verantwortlich für alle versorgungstechnischen Anlagen. Bereits 1953 wurde ihm die Leitung der Abteilung Energieversorgung übertragen, in deren Zuständigkeit die gesamten starkstromtechnischen Anlagen einschließlich der Fernseh-Beleuchtungstechnik sowie die Heizungs- und Klimaanlage des HR gehören. Alle Bauten, die heute den Gebäudekomplex des Funkhauses am Dornbusch bilden, sind mit te Kolf's Namen verbunden. Zielstrebig und mit freudigem Engagement wirkte er mit vom planerischen Konzept bis zu dessen Verwirklichung. Mit organisatorischem Geschick baute er zugleich seine Abteilung auf, die die gesamte Versorgungstechnik, wie sie der Betrieb eines Funkhauses erfordert, reibungslos zu gewährleisten hat.

Neben seinen vielseitigen Aufgaben im Hessischen Rundfunk setzt sich H.-G. te Kolf mit ebenso großem Eifer und mit Liebe zur Systematik auf dem Gebiet der elektrotechnischen Normung, der Vorschriftenwerke und der Vereinheitlichung der technischen Ausrüstung ein. Er arbeitet in technischen Arbeitskreisen von ARD und ZDF und im Auftrag der Technischen Kommission in Komitees der Deutschen Elektrotechnischen Kommission DKE und in FAKI-Gruppierungen des Deutschen Normenausschusses DNA und vertritt dort die Anliegen des Rundfunks. Hier seien nur die Stichworte „Steckverbindungen“, „Erdungsfragen“, „Beleuchtungsgeräte“ genannt; mit seinen Bemühungen um diese Themenkreise ist te Kolf bei allen Rundfunkanstalten bekanntgeworden.

H.-G. te Kolf's Kollegen im Hessischen Rundfunk und auch anderswo wissen, daß die Arbeit im Rundfunk ihm große Freude und Befriedigung bedeutet. Sie hoffen auf baldige Genesung nach einer Operation, der er sich kurz vor seinem Geburtstag unterziehen mußte und wünschen ihm noch viele gesunde und erfolgreiche Jahre.

Peter Geeringer

Hans Schweitzer 60 Jahre alt

Hans Schweitzer, Leiter der Abteilung Fernseh-Betriebstechnik beim Hessischen Rundfunk, vollendete am 5. August 1981 sein 60. Lebensjahr. Viele, die seine lebendige Art kennen, werden ihm diese 60 Jahre nicht abnehmen wollen. Erst ein Blick auf seine Lebensdaten läßt jedoch keinen Zweifel daran.

Er wurde in Frankfurt am Main geboren, machte dort sein Abitur, wurde nach kurzer Praktikantenzeit Soldat und kehrte erst 1946 aus amerikanischer Kriegsgefangenschaft in seine Heimatstadt zurück. Hier studierte er, aufbauend auf einem Semester an der TH Darmstadt während seiner Soldatenzeit, an der Universität Frankfurt fünf Semester Naturwissenschaften (Physik, Chemie, Mathematik). Am 5. August 1950, an seinem 29. Geburtstag – sicher sein schönstes Geburtstagsgeschenk –, legte er sein Ingenieurexamen, Fachrichtung Elektro- und Fernmeldetechnik, an der Städtischen Ingenieurschule in Darmstadt ab.

Seine berufliche Laufbahn begann Hans Schweitzer am 15. November 1950 mit seinem Eintritt in die Firma Fernseh GmbH, Darmstadt. Während dieser Zeit konnte er sich ein umfassendes Fachwissen, das für die Fertigung und den Betrieb von Fernsehstudioanlagen notwendig ist, aneignen. Durch die enge Zusammenarbeit der Fernseh GmbH mit den Versuchsstellen des Fernmelde-technischen Zentralamtes in Darmstadt auf dem Gebiet der Fernsehübertragungen lernte er auch dieses komplexe Fachgebiet gründlich kennen.

Schon sehr bald wurde man in Fachkreisen auf Hans Schweitzer aufmerksam. Der Hessische Rundfunk, im Begriff seine Fernsehstudioteknik aufzubauen, um damit Fernsehprogramme zu produzieren und zu senden, bot ihm die Position eines Bildingenieurs an.

Hans Schweitzer machte von diesem Angebot Gebrauch und trat am 1. Dezember 1952 in die Dienste des HR. Damit begann für ihn die wichtigste Phase seiner beruflichen Laufbahn. Es zeigte sich sehr bald, daß er neben seinen fundierten Fachkenntnissen und seiner breiten humanistischen Allgemeinbildung ein besonders starkes Einfühlungsvermögen für Programmbelange besitzt. Programmacher, Regisseure, Redakteure usw. wissen dies zu schätzen und wenden sich immer an ihn, wenn es gilt, besondere Programmvorstellungen mittels der Fernsehtechnik publikumswirksam zu realisieren.

Als eins von vielen Beispielen sei hier die heute immer noch beim Publikum sehr beliebte Sendung „Der blaue Bock“ genannt, für die er gemeinsam mit den Programmachern das besonders bei Außenproduktionen heute noch gültige video-, ton- und kommunikationstechnische Konzept für die erste Sendung im Jahre 1957 anlässlich der Funkausstellung entwarf.

Ein weiteres Beispiel für seinen Ideenreichtum bildet die Entwicklung und Realisierung der sehr publikumswirksamen Multivisionswand, die sehr bald zum festen Bestandteil der großen Livesendungen des HR und anderer Fernsehanstalten wurde.

Ebenso muß hervorgehoben werden, daß Hans Schweitzer federführend an der Schaffung des „Bildsternpunktes Frankfurt“, der von 1967 an bis heute alle ARD-Fernsehanstalten fernsehtechnisch miteinander verbindet, beteiligt war. Für das Herzstück dieses Sternpunktes, der sich bis heute außerordentlich bewährt hat, entwickelte er die Steuertechnik für die Schaltung der Bild- und Tonquellen.

Aufgrund seiner menschlichen und fachlichen Qualitäten avancierte Hans Schweitzer schnell zum Betriebsingenieur und stellvertretenden Abteilungsleiter. Als der Abteilungsleiter im November 1973 in den Ruhestand trat, wurde es als selbstverständlich angesehen, daß Hans Schweitzer dessen Nachfolge antrat.

Ab diesem Zeitpunkt wurde er auch als Vertreter des HR von der Technischen Kommission in die Fernsehbetriebsleiter-Konferenz von ARD und ZDF berufen. In diesem Arbeitskreis wird Hans Schweitzer wegen seiner menschlichen Qualitäten und wegen seiner nationalen und internationalen Erfahrungen und Fachkenntnisse sehr geschätzt und deshalb oft mit besonders wichtigen Aufgaben betraut.

Die vielen Glückwünsche, die Hans Schweitzer anlässlich seines 60. Geburtstages von seinen Mitarbeitern, Vorgesetzten und nicht zuletzt von seinen vielen Rundfunkkollegen erreichten, gelten sowohl dem Menschen als auch dem Fachmann, der sich durch sein unermüdliches und oft sehr temperamentvolles Engagement für die Fernsehtechnik ein hohes Ansehen erworben hat.

Wir gratulieren Hans Schweitzer noch einmal nachträglich sehr herzlich zu seinem 60. Geburtstag und wünschen ihm privat wie auch beruflich alles erdenklich Gute.

Herbert Wolff

Arnold Schneider †

Völlig unerwartet starb am 24. April 1981 Dipl.-Ing. Arnold Schneider in seiner Geburtsstadt Frankfurt am Main. Sein Tod, kurz nach der Vollendung seines 75. Lebensjahres, kam für alle, die in kannten, überraschend; denn er erfreute sich großer geistiger und körperlicher Frische.

Den Inhalt seines Lebens bildeten Beruf, Familie und Musik.

Ein Freund sagte von ihm: „Arnold Schneiders Lebensweg war bestimmt durch seine schon in der Schule abzeichnende technische und künstlerisch-musikalische Doppelbegabung. Die erste befähigte ihn zum Studium an der Technischen Hochschule Darmstadt (Dipl.-Ing. 1931) und danach zur Mitarbeit in der Technik des Rundfunks. Die zweite ließ ihn in Verbindung mit einem ausgeprägten Qualitätsempfinden schon bald erkennen, wie wichtig das Zusammenwirken von technischen und musikalischen Komponenten für hochwertige Rundfunkproduktionen ist. Aus beiden Begabungen erwuchs sein eigentlicher Beruf, Lehrer für die Ausbildung von Tonmeistern, Toningenieuren und Tontechnikern zu sein.“

Seine fast ununterbrochene Tätigkeit in der Rundfunk-Nachwuchsschulung als freier Mitarbeiter beim Sender Frankfurt, wo er neben elektro- und raumakusti-

schen Messungen bereits einige Lehrgänge für Tontechnik durchführte, setzte sich fort im Institut für musikalisch-akustische Grenzgebiete im Hause des damaligen Senders Dresden. Hier wurden vor allem Tonmeister für die Rundfunktechnik ausgebildet.

Nach dem Krieg nahm Arnold Schneider diese Tätigkeit in Nürnberg im Rundfunktechnischen Institut und danach in der Rundfunk-Betriebstechnik wieder auf. Er hat in etwa 15 Jahren mehr als 550 Ton- und Fernseh-techniker ausgebildet, von denen viele heute bei den Rundfunkanstalten in verantwortlichen Positionen stehen. Seine unermüdliche erfolgreiche Arbeit trug wesentlich zur Erweiterung der Ausbildungsstätte der Rundfunk-Betriebstechnik zu einer selbständigen Schule für Rundfunktechnik bei.

Aus gesundheitlichen Gründen mußte er sich zum Juni 1964 vorzeitig pensionieren lassen. Über Darmstadt führte ihn sein Weg zurück in seine Heimatstadt Frankfurt, wo er nach wie vor seinen vielfältigen Interessen nachging. Dazu gehörte auch eine Tätigkeit als Referent in der Fortbildungsarbeit des ZDF. Die anschauliche Art seines Unterrichts war geprägt durch seine hervorragende Experimentierkunst. Von seiner Hingabe und seinem Erfolg zeugt die Zahl dankbarer Schüler, mit denen er bis zuletzt, ebenso wie mit seinen Kollegen aus Redaktion und Technik vom ehemaligen Sender Frankfurt, herzlich verbunden war.

O. F. Herber

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: Ing. (grad.) R. Hengstler, 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. N. Mayer, Prof. Dr. G. Plenge, Floriansmühlstr. 60, 8000 München 45.

Verlag: Mensing GmbH + Co KG, Schützenwall 9–11, 2000 Norderstedt. Es erscheinen jährlich 6 Hefte mit einem Gesamtumfang von etwa 300 Seiten. Bezugspreis: Jahresabonnement 98,— DM zuzüglich Versandkosten. Bezugsbedingungen: Bestellungen über den Buchhandel oder beim Verlag. Abbestellungen müssen 6 Wochen vor Ablauf des Kalenderjahres vorliegen. Einzelhefte werden nach Umfang berechnet und über den Buchhandel ausgeliefert. Auslieferungsdatum 4. 9. 1981. Einzelpreis dieses Heftes 30,— DM. Alle Rechte vorbehalten. Nachdrucke, auch auszugsweise sowie anderweitige Vervielfältigungen sind nur mit schriftlicher Genehmigung des Verlages gestattet.

Anzeigenverwaltung: Mensing GmbH + Co KG, Schützenwall 9–11, 2000 Norderstedt, Ruf (040) 5 25 20 11 und alle Werbungsmitler. Zur Zeit gilt Anzeigenpreislise Nr. 12.

Gesamtherstellung: Mensing GmbH + Co KG, Schützenwall 9–11, 2000 Norderstedt, Ruf (040) 5 25 20 11.