

RUNDFUNK- TECHNISCHE MITTEILUNGEN

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

INSTITUT FÜR
RUNDFUNKTECHNIK GMBH

AUS DEM INHALT:

- | | |
|---|--|
| <i>Jaques Poncin</i> | Digitale Fernsehproduktion in Ländern mit dem 625-Zeilen-System |
| <i>Keith Lucas</i> | 625-Zeilen-PCM-Videosignalaufzeichnung im PAL-System und Fehleraustastung |
| <i>Gerd Petke</i> | Zur Aufbereitung von Modulationssignalen im Lang- und Mittelwellenbereich |
| <i>Klaus Breitkopf</i> | Die Berechnung von Antennendiagrammen mit Hilfe eines programmierbaren Taschenrechners |
| <i>Arnold Barenthien</i> | Großer Tonübertragungswagen Ü 24/Ü 25 des Norddeutschen Rundfunks |
| <i>Reinhard Schneider</i> | Zweites Pressekolloquium Rundfunktechnik |
| <i>Rolf Hengstler</i> | Die 7. Jahrestagung der Fernseh- und Kinotechnischen Gesellschaft |
| <i>Bernd Raufmann,
Rolf Süverkrübbe</i> | TELECOM 79 |
| <i>Christoph Dosch</i> | Die 9. Europäische Mikrowellenkonferenz |
| <i>Norbert Mayer</i> | Die 121. SMPTE-Konferenz mit Geräteausstellung |
| <i>Rainer Großkopf</i> | Tagung in Kleinheubach |
| <i>Michael Thomas</i> | The 4th International Conference on Software Engineering |
| | Ankündigung von Veranstaltungen - Nachrichten - Persönliches |

6

1979



In allen fünf Erdteilen

2000 Sender

2000 Kameras

200 Übertragungswagen

200 Studios und Regieanlagen

Auch Sie können uns vertrauen!



THOMSON-CSF

DIVISION RADIODIFFUSION TÉLÉVISION

94, RUE DU FOSSE-BLANC / B.P. 49 / 92231 GENNEVILLIERS / FRANCE / TEL. : (1) 790 65.49

INHALTSVERZEICHNIS :

Digitale Fernsehproduktion in Ländern mit dem 625-zeilen-System 257	Die 7. Jahrestagung der Fernseh- und Kinotechnischen Gesellschaft 297
Jaques Poncin	Rolf Hengstler
625-zeilen-PCM-Videosignalaufzeichnung im PAL-System und Fehleraustastung 263	TELECOM 79 302
Keith Lucas	Bernd Raufmann, Rolf Stöverkrübbe
Zur Aufbereitung von Modulationssignalen im Lang- und Mittelwellenbereich 269	Die 9. Europäische Mikrowellenkonferenz 303
Gerd Petke	Christoph Dosch
Die Berechnung von Antennendiagrammen mit Hilfe eines programmierbaren Taschenrechners 281	Die 121. SMPTE-Konferenz mit Geräteausstellung 304
Klaus Breitkopf	Norbert Mayer
Großer Tonübertragungswagen U 24/U 25 des Norddeutschen Rundfunks 291	Tagung in Kleinheubach 306
Arnold Barenthien	Rainer Großkopf
Zweites Pressekolloquium Rundfunktechnik 295	The 4th International Conference on Software Engineering 307
Reinhard Schneider	Michael Thomas
	Ankündigung von Veranstaltungen 307
	Nachrichten 308
	Persönliches 311

DIGITALE FERNSEHPRODUKTION IN LÄNDERN MIT DEM 625-ZEILEN-SYSTEM¹

VON JACQUES PONCIN²

Manuskript eingegangen am 25. September 1979

Digitale Fernseh-Studiotchnik

Zusammenfassung

Es werden zuerst einige Gesichtspunkte für die Standardisierung digitaler Fernsehsysteme in Ländern mit der 625-Zeilen-Norm betrachtet. Der Autor beschreibt sowohl den heutigen Entwicklungsstand der digitalen Technik als auch die Perspektiven für ihre zukünftige Anwendung in der Fernsehprogramm-Produktion. Schließlich werden die Vorschläge für digitale Normen in Europa diskutiert, wobei die dringende Notwendigkeit der Standardisierung in diesem Bereich betont wird.

Summary Digital TV production in 625-line countries

Some characteristics of TV systems environment in 625-line countries are first presented. The present development of digital techniques is then described as well as the perspectives of future use in the field of TV programme production. Finally the proposals presented at the European level for digital standards are discussed with some emphasis on the urgent need of standardization in this field.

Sommaire Production numérique de télévision dans les pays utilisant les systèmes à 625 lignes

On présente d'abord quelques caractéristiques de l'environnement des systèmes de télévision dans les pays qui utilisent le 625 lignes. On expose ensuite l'état actuel du développement des techniques numériques et les perspectives d'extension dans le secteur de la production de programmes télévisuels. On décrit enfin les propositions de normes discutées au niveau européen en insistant sur l'urgence d'une normalisation dans ce domaine.

1. Einleitung

Der Verfasser möchte vorausstellen, daß der Titel im Vergleich zum Inhalt vielleicht ein wenig anspruchsvoll klingen mag:

a) Er hat nicht die Absicht, ein präzises und vollständiges Bild des neuesten Standes der bisher durchgeführten Entwicklungen im Bereich der digitalen Techniken zu zeichnen, wie sie im Fernsehen

der Länder angewandt werden, die mit dem 625-Zeilen-System arbeiten. In 3. werden einige begrenzte Informationen zu diesem Thema gegeben, die mehr als Hintergrundinformationen zu sehen sind, um die folgenden Darstellungen der allgemeinen Tendenzen in der Digitalisierungstechnik sowie die derzeitige Situation im Bemühen um eine Standardisierung zu verdeutlichen.

b) Obwohl der Titel des Aufsatzes alle 625-Zeilen-Länder betrifft, muß der Verfasser zugeben, daß sich seine Kenntnisse auf Europa beschränken und insbesondere auf jene Länder, die in den Arbeitsgruppen der UER für digitale Techniken aktiv mitgearbeitet haben. Es ist aber zum Beispiel durchaus denkbar, daß sich das digitale Fernseh-

¹ Nach dem Manuskript eines Vortrags, gehalten auf dem 11. Internationalen Fernsehsymposium Montreux, 27. Mai bis 1. Juni 1979.

² Jaques Poncin ist Chefingenieur Fernmeldetechnik und Technischer Berater des Direktors beim CCETT (Centre Commun d'Études de Télévision et Télécommunications), Rennes, Frankreich.

hen in den außereuropäischen Ländern in Zukunft anders und mit unterschiedlicher Geschwindigkeit entwickelt, je nach der jeweiligen Ausgangssituation und den allgemeinen Entwicklungstendenzen der Fernsehproduktionsverfahren.

Europa wird bei der Festlegung der Normen für eine digitale Fernsehproduktion zweifellos eine ebenso bedeutende Rolle spielen, wie es sie in den sechziger Jahren während der Verhandlungen über die Festlegung der Normen für die Farbfernsehsysteme mit 625 Zeilen gespielt hat. Man sollte deshalb nicht außer acht lassen, daß mit dieser Rolle eine große Verantwortung verbunden ist.

Mit dem Ausdruck „Länder mit dem 625-Zeilen-System“ in der Überschrift zum vorliegenden Aufsatz möchte der Verfasser lediglich die Tatsache hervorheben, daß alle diese Länder in bezug auf die Entwicklung der digitalen Techniken einen gemeinsamen Ausgangspunkt haben, was sie in mancher Hinsicht von den Ländern unterscheidet, die mit dem 525-Zeilen-System arbeiten. In 2. werden zunächst einige grundsätzliche Eigenschaften zur Situation des Fernsehsystems in den Ländern mit 625 Zeilen herausgestellt. Dabei soll nicht unterstellt werden, daß die Entwicklung der digitalen Techniken nur darauf hinausläuft, die Spaltung zwischen den Ländern mit 625 Zeilen und 525 Zeilen weiter zu vertiefen. Im Gegenteil, wie allgemein bekannt ist, hat die Digitaltechnik im Bereich der Normkonverter eine ihrer ersten praktischen Anwendungen gefunden. Darüber hinaus lassen sich zahlreiche Gemeinsamkeiten bei den grundlegenden Systembetrachtungen erkennen, und daher darf man hoffen, daß die Vertreter beider Zeilenstandards ihre enge Zusammenarbeit zur Erreichung der höchstmöglichen Kompatibilität auch künftig fortsetzen werden.

Zum Abschluß dieser Einleitung möchte der Verfasser betonen, daß er im vorliegenden Aufsatz ausschließlich seine persönliche Meinung wiedergibt, die sich nicht unbedingt mit der der UER oder der französischen Rundfunkbehörden decken muß.

2. Einige Gesichtspunkte für die Standardisierung digitaler Fernsehsysteme

Selbst wenn die meisten der folgenden Feststellungen fast selbstverständlich erscheinen mögen, so haben sie doch als Ausgangspunkt der Entwicklung des digitalen Fernsehens in den Ländern mit dem 625-Zeilen-System eine gewisse Bedeutung.

1. Der Bereich der 625-Zeilen-Systeme ist nicht so einheitlich wie jener der 525-Zeilen-Systeme. Während das System M in fast allen Ländern mit NTSC gekoppelt ist, ist die Welt der 625-Zeilen-Systeme fast zu gleichen Teilen in PAL- und SECAM-Länder aufgeteilt. Dabei ist davon auszugehen, daß diese Situation nicht rückgängig zu machen ist; man kann aber andererseits behaupten, daß das Wettstreiten der Systeme zu spürbarem Fortschritt für die gesamte Fernsehwelt geführt hat. Dennoch haben sich aus dieser Situation eine Reihe von Schwierigkeiten sowohl für die Rundfunkverbände als auch für die Geräteindustrie ergeben. Im Hinblick auf die künftige Entwicklung des digitalen Fernsehens ist die

Mehrheit sicherlich eher dafür, die Anzahl der Normen zu verringern als sie zu erhöhen.

2. Natürlich steht die Wahl der 625-Zeilen-Systeme mit Videobandbreiten von 5, 5,5 oder 6 MHz in engem Zusammenhang mit dem Wunsch nach einer hohen Bildqualität. Es steht außer Zweifel, daß die Rundfunkorganisationen der Länder mit 625-Zeilen-System beim Übergang zum digitalen Fernsehen diese hohe Bildqualität aufrechterhalten wollen. In den Verhandlungen über die möglichen Vorteile der digitalen Technik wurde von den meisten Organisationen die Qualität immer über die Wirtschaftlichkeit gestellt. Aus den Debatten über die Normen geht sogar klar hervor, daß die derzeitigen Begrenzungen der Bildqualität, wie sie die Verwendung des analogen Farbbildsignalgemisches mit sich bringt (begrenzte effektive Luminanzbandbreite, Cross-colour- oder Cross-luminance-Effekte), nicht als endgültig angesehen werden. Diese Einstellung ist sicher wünschenswert, doch darf dabei die Gefahr nicht übersehen werden, in den Perfektionismus abzugleiten, der zu recht unrealistischen Vorschlägen führen kann. Wenn hier von Qualität gesprochen wird, sollte man erneut darauf hinweisen, daß es grundsätzlich nicht möglich ist, diese nur objektiv zu definieren, sondern man ist auch auf subjektive Feststellungen angewiesen. Bis noch vor kurzer Zeit wurden subjektive Untersuchungen von zahlreichen Technikern mit einigem Argwohn betrachtet, weil viele unkontrollierbare Versuchsparameter die Ergebnisse verfälschen und die Reproduzierbarkeit beeinträchtigen können. Bei den Untersuchungen der digitalen Probleme im Rahmen der UER während der letzten beiden Jahre entstand der Wunsch nach Aufstellung eines Satzes verständlicher Regeln zur Durchführung subjektiver Tests, und hierzu konnte die Arbeitsgruppe C1 vor kurzem detaillierte Vorschläge unterbreiten. Die in verschiedenen Laboratorien gleichzeitig durchgeführten Tests erbrachten den Beweis, daß die strikte Anwendung dieser Empfehlungen zu zuverlässigen und deshalb vergleichbaren Ergebnissen führt. Dieser jüngst erzielte Fortschritt in der Methodik der Untersuchungen wird als sehr bedeutend angesehen, denn dadurch dürften in Zukunft unsachliche Diskussionen eingeschränkt werden, die durch irrationale Behauptungen und vorgefaßte Meinungen über Qualität entstehen.

3. In den meisten Ländern mit 625-Zeilen-System verwenden die Rundfunkorganisationen ausgedehnte Sendernetze zur Programmversorgung ihres Sendegebietes. Darüber hinaus sind diese nationalen Fernsehnetze international eng miteinander verbunden und das vor allem in Europa, wo die Zahl der Programme ständig wächst, die im Rahmen der Eurovision ausgetauscht werden. Das sollte aus zwei Gründen hier erwähnt werden:

a) In den letzten Jahren haben sich die Prioritäten zwischen digitaler Übertragung und digitaler Produktion vertauscht, als offensichtlich wurde, daß sich die Digitaltechnik für die Anwendung im Produktionsstudio immer schneller entwickelte und daß damit eine Normung der Studio-Schnittstellen immer dringlicher wurde.

b) Trotz der jetztigen Umkehrung der Prioritäten bleiben die Übertragung als auch ganz allgemein die Gesichtspunkte des Programmaustausches für die europäischen Länder von Bedeutung. Das heißt, daß keine digitale Studionorm festgelegt werden kann, ohne den Grad ihrer Kompatibilität mit möglichen späteren Übertragungsstandards in Betracht zu ziehen. Darüber hinaus wird die Auswahl geeigneter Lösungen für eine Studionorm von der Notwendigkeit beeinflußt, den Programmaustausch über Leitungsverbindungen und mittels Magnetbändern (vor allem zwischen Ländern mit verschiedenen Farbfernsehsystemen) möglichst einfach zu halten.

4. Die Einbeziehung neuer Techniken in das Fernsehen und insbesondere die Ausarbeitung von Normvorschlägen werden in Ländern mit 625-Zeilen-System und in Ländern mit 525-Zeilen-System auf ganz unterschiedliche Weise betrachtet. In der „525-Zeilen-Welt“ kann die SMPTE als ein Forum angesehen werden, wo in Studiengruppen Ansichten von Experten der verschiedenen Rundfunkorganisationen und Herstellerverbände zu allgemeinen Fragen ausgetauscht werden; jeweils bei Bedarf wird ein Normenausschuß mit präziser Aufgabenstellung gebildet, in dem wieder Vertreter der Industrie und der Benutzer zur Ausarbeitung von Lösungen zusammenarbeiten. Soweit es die digitalen Probleme in Europa be-

trifft, sucht zwar die Industrie nach Lösungen, aber die führende Rolle in der Koordination fällt der Technischen Kommission der UER und dort insbesondere der früheren Arbeitsgruppe C (Digitale Codierung von Bild und Ton) zu, die kürzlich in Untergruppe V1 umbenannt wurde. An diesen Arbeitsgruppen können sich nur Vertreter der interessierten Rundfunkorganisationen beteiligen, was aus der Sicht des Rundfunks als Vorteil angesehen werden kann, da dadurch die Möglichkeit gegeben ist, sich auf gemeinsame Gesichtspunkte und grundlegende Forderungen zu einigen, bevor die Industrie mit einbezogen wird. Außerdem können sich diese Organisationen bei den Diskussionen über technische Probleme auf die Untersuchungen in ihren eigenen Laboratorien berufen, die gerade auf dem digitalen Sektor sehr aktiv durchgeführt wurden und zu einem beachtlichen Beitrag an grundlegenden Arbeiten, praktischen Erfahrungen und vergleichenden Tests geführt haben.

Im derzeitigen Stadium bestehen die Hauptschwierigkeiten wohl in der Fülle konkurrierender Vorschläge, die eine Auswahl für die Rundfunkanstalten allein recht schwer machen. Es sollten daher einerseits die Ziele der Arbeitsgruppen der UER klarer definiert (zur Zeit erledigen sie gleichzeitig die Aufgaben der Arbeitsgruppen und der Normenausschüsse der SMPTE) und andererseits die Zusam-

Gerätetyp	Ungefähre Anzahl gegenwärtig installierter Geräte	Ungefähre zusätzliche Anzahl der in den nächsten 3 Jahren zu installierenden Geräte	Verwendetes Digitalisierungsverfahren
Time-Base-Korrektor für analoge Videobandgeräte	30	+ 20	PAL $3 \times f_{sc}$
Bildsynchronisator	2	+ 10	PAL $3 \times f_{sc} \rightarrow$ PAL $4 \times f_{sc}$
Trickgenerator mit Bildspeicher	1	?	Y 15 MHz zeilenverkoppelt $\left. \begin{matrix} U \\ V \end{matrix} \right\} 1/4 \times 15 \text{ MHz}$
Video-Rauschverminderer	1	+ 3	PAL $851 \times f_H$
Normkonverter NTSC \leftrightarrow PAL	/	+ 2	zeilenverkoppelte Komponenten

a) BBC

Gerätetyp	Ungefähre Anzahl gegenwärtig installierter Geräte	Ungefähre zusätzliche Anzahl der in den nächsten 3 Jahren zu installierenden Geräte	Verwendetes Digitalisierungsverfahren
Time-Base-Korrektor für analoge Videobandgeräte	18 („Quadruplex“ und „1 Zoll“)	+ 10 (ausschließlich „1 Zoll“)	SECAM oder PAL $3 \times f_{sc}$
Bildsynchronisator	1	+ 5	SECAM $3 \times f_{sc} \rightarrow 952 \times f_H$
Trickgenerator mit Bildspeicher	/	+ 2	„2 + 1 + 1“
Video-Rauschverminderer	/	+ 4	„2 + 1 + 1“
Normkonverter NTSC \leftrightarrow SECAM	1	+ 2	$3 \times f_{sc}$ zeilenverkoppelte Komponenten „2 + 1 + 1“

b) Französische Rundfunkgesellschaften

Tabelle 1
Digitale Geräte bei europäischen Rundfunkorganisationen

menarbeit mit der Industrie enger gestaltet werden, um so bald wie möglich zu den notwendigen Einrichtungen zu kommen.

3. Der heutige Entwicklungsstand der digitalen Technik und die Perspektiven für ihre Anwendung im Fernsehstudio

Tabelle 1 bringt quantitative Angaben über den heutigen und künftigen Stand in der Ausstattung mit digitalen Geräten bei zwei bedeutenden europäischen Rundfunkorganisationen, nämlich bei der BBC in Großbritannien und bei den französischen Fernsehproduktions- und Programmgesellschaften. Die Zahlen für die in den nächsten 3 Jahren zu installierenden Geräte beruhen auf Schätzungen. Dennoch können daraus folgende einfache Schlüsse gezogen werden:

a) Die Gesamtzahl der digitalen Geräte eines bestimmten Typs, wie sie von Rundfunkorganisationen der Länder mit dem 625-Zeilen-System verwendet werden, ist noch sehr begrenzt und wird auch mindestens für die nächsten 3 oder 4 Jahre noch begrenzt bleiben (die digitalen Time-Base-Korrektoren, wie sie zusammen mit den analogen Videoaufzeichnungsgeräten verwendet werden, stellen hier eine merkwürdige Ausnahme dar).

b) Das Spektrum der digitalen Geräte, wie sie für das 625-Zeilen-System heute erhältlich sind, ist ebenfalls begrenzt. Diese beiden vorgenannten Feststellungen sind wahrscheinlich kennzeichnend für die Situation in den Ländern mit dem 625-Zeilen-System gegenüber denjenigen in den Ländern mit 525-Zeilen-System, wo die entsprechenden Zahlenwerte höher sein dürften. Es ist jedoch nicht ganz klar, ob dieser Unterschied vornehmlich auf größere Schwierigkeiten für den Hersteller zurückzuführen ist, entsprechende Geräte für den 625-Zeilen-Markt herzustellen, oder auf die Verwirrung der Hersteller hinsichtlich der Auswahl einer digitalen Norm, oder aber auf die noch ziemlich starke Zurückhaltung der Rundfunkorganisationen, was den Einsatz digitaler Geräte anbetrifft. Folglich kann für die nahe Zukunft das Problem der Kaskadierung von Codecs im üblichen Produktionsbetrieb bei den europäischen Ländern nicht als besonders kritisch angesehen werden (auch hier bildet die wiederholte Verwendung digitaler Time-Base-Korrektoren bei Mehrfachkopien analoger MAZ-Produktionen eine Ausnahme).

c) Die heutigen Geräte verwenden bereits eine große Anzahl verschiedener digitaler Normen. Dieser Sachverhalt macht deutlich, wie notwendig es ist, so bald wie möglich Empfehlungen einer „digitalen Norm“ für das 625-Zeilen-System herauszugeben.

d) In den derzeitigen Studiogeräten werden je nach Art der vorgesehenen Signalverarbeitung sowohl die geschlossene Codierung als auch die Komponentencodierung angewandt. Damit scheint der alte Streit – geschlossene Codierung kontra Komponentencodierung – beendet, der noch vor wenigen Jahren alle Verhandlungen über digitale Probleme beherrschte. Alle 625-Zeilen-Länder werden beide Codiertechniken brauchen und verwenden, unabhängig davon, welches Farbsystem sie benutzen.

Welche Entwicklung können wir in den nächsten 4 bis 5 Jahren erwarten?

Voraussichtlich werden, wenn erforderlich, neue digitale „Black Boxes“ im Studiobetrieb eingeführt werden, aber es ist jetzt schon sehr wahrscheinlich, daß der Digitalisierungsprozeß in eine weitere Phase tritt. Sie besteht darin, zusammenhängende digitale Teilsysteme zu installieren. Diese Teilsysteme könnten den Kern für die Digitalisierung im Studio bilden, der sich allmählich durch weitere Ergänzungen (nach der einen Seite bis zu den Bildquellen und nach der anderen Seite bis zu den Fernsehsendern) ausdehnen und so in ferner Zukunft zu einem völlig digitalen System führen könnte.

Der erste Teilkomplex, der sich wahrscheinlich auf einen digitalen Prozeß umstellt, ist der sogenannte Nachbearbeitungsbereich, der aus Koppelfeldern, Mischern (mit Generatoren für Trickeffekte), Verbindungsleitungen, Kontrollgeräten und Videoaufzeichnungsgeräten besteht. So konnte schon vor einiger Zeit gezeigt werden, daß digitale Versionen für die meisten dieser Geräte möglich sind, und das letzte entscheidende Glied, das Videoaufzeichnungsgerät, wird auch nicht mehr als Hinderungsgrund für die Digitalisierung angesehen. In Anbetracht der erheblichen Vorteile, die eine solche Umstellung dem Benutzer bringen würde, gibt es kaum Zweifel, daß derartige, vollständig digital arbeitende Teilkomplexe für die Nachbearbeitung in vielen Fernsehstudios der 625-Zeilen-Länder installiert werden, sobald die dazu notwendigen Geräte erhältlich sind. Man darf den Philologen die Entscheidung überlassen, ob ein solches Ereignis als „Evolution“ oder als „Revolution“ angesehen werden soll. Seine offensichtlichste Konsequenz ist sicher die Notwendigkeit, die Parameter einer digitalen Studionorm möglichst bald festzulegen.

4. Digitale Normen für 625-Zeilen-Systeme – was haben wir bisher erreicht?

Wie weiter oben bereits erwähnt, werden die 625-Zeilen-Länder sowohl die geschlossene Codierung als auch die Komponentencodierung einsetzen. Für beide Codierungsverfahren sind Normungsvorschläge ausgearbeitet worden.

Bei der geschlossenen Codierung war von Anfang an klar, daß die Verwendung eines exakten Vielfachen der Farbträgerfrequenz für die Abtastfrequenz erhebliche Vorteile mit sich bringt. Der erste Vorschlag lag bei $3 \times f_{sc}$, denn dieses Vielfache war der niedrigste Wert für die Abtastfrequenz, der die Nyquist-Bedingung noch erfüllte. Später wurden jedoch einige Nachteile entdeckt, die mit einer unbefriedigenden Abtaststruktur (zeitliche und räumliche Anordnung der Abtastpunkte) und einer komplizierten Beziehung zwischen Abtastwerten und der ursprünglichen Luminanz- und Farbinformation zusammenhängen. Der nächste Schritt (in einem britischen CCIR-Beitrag von 1977 erläutert) bestand in Vorschlägen für eine kombinierte Anwendung von $4 \times f_{sc}$ und $2 \times f_{sc}$. So wurde zu jener Zeit der Vorschlag gemacht, $2 \times f_{sc}$ vorwiegend und $4 \times f_{sc}$ nur zusätzlich bei Signalbearbeitungsvorgängen zu benutzen. Dieser Vorschlag resultierte in erster Linie aus

der Entwicklung einer wirksamen Sub-Nyquist-Abtastung und in zweiter Linie aus der Überzeugung, daß in absehbarer Zeit digitale Magnetbandaufzeichnungen mit Bitraten von über 100 MBit/s praktisch unmöglich sein würden. Aber auch die $2 \times f_{sc}$ -Lösung war in dreierlei Hinsicht nicht voll zufriedenstellend:

- Die erreichbare Bildqualität war nicht völlig einwandfrei (obwohl nachgewiesen wurde, daß es auch bei mehrfachem Übergang zwischen $2 \times f_{sc}$ und $4 \times f_{sc}$ zu keiner Fehleraddition kommt).
- Die Abtaststruktur wiederholte sich nicht von Bild zu Bild.
- Es gab keine direkte Überführungsmöglichkeit zwischen den Abtastwerten der $2 \times f_{sc}$ -Abtastung und den Abtastwerten bei Komponentencodierung.

Im Laufe des Jahres 1978 waren dann folgende Trends festzustellen: In der Technologie der digitalen Magnetbandaufzeichnung wurden so schnelle Fortschritte gemacht, daß Aufzeichnungen mit einer Bitrate von $4 \times f_{sc}$ nicht mehr unrealistisch erschienen; gleichzeitig wuchs das Interesse an der Komponentencodierung (gerade auch in den PAL-Ländern), wobei der Kompatibilität zwischen der geschlossenen Codierung und der Komponentencodierung sowie der Stabilität der Abtaststrukturen eine steigende Bedeutung zugemessen wurde. Daraus ergab sich die zunehmende Neigung zugunsten der $4 \times f_{sc}$ -Abtastung gegenüber der $2 \times f_{sc}$ -Abtastung, und obwohl die $2 \times f_{sc}$ -Lösung noch nicht ganz aufgegeben ist, wird nun innerhalb der UER der Festlegung einer digitalen Schnittstelle für eine geschlossene Codierung mit $4 \times f_{sc}$ eindeutig der Vorrang gegeben.

Betrachten wir nun die Komponentencodierung, so bestanden a priori für die Auswahl der Abtastfrequenzen keine offensichtlichen Zwänge; systematische Untersuchungen der grundlegenden Aspekte (Abtaststruktur, optimales Verhältnis zwischen der Luminanz- und der Farbabtastung, Kompatibilität mit der geschlossenen Codierung des PAL-Signals) waren für die Erarbeitung geeigneter Lösungen erforderlich. Die „2 + 1 + 1“-Lösung basierte auf einer Luminanzabtastung im sogenannten Zeilenquinkunx nahe bei $2 \times f_{sc}$ und einer annähernd orthogonalen Abtastung der beiden Farbkomponenten in der Nähe von f_{sc} . Dieser Vorschlag wurde 1977 erstmals als französischer Beitrag beim CCIR eingereicht und dann, nach weiteren Detailarbeiten, in einem Artikel der EBU-Review im Oktober 1978 veröffentlicht.

Als die Arbeitsgruppe C der UER sich entschied, nach möglichen Spezifizierungen für digitale Schnittstellen im Studio zu suchen, hielt ihre Untergruppe C1 die geschlossene Codierung mit $4 \times f_{sc}$ und die Komponentencodierung mit „2 + 1 + 1“ für die bestmögliche Lösung.

Im Oktober 1978 erarbeitete die Untergruppe C1 für die wichtigsten Schnittstellen-Parameter einen grundlegenden Vorschlag, der in **Tabelle 2** aufgezeigt ist. Im Laufe der Verhandlungen in der UER Anfang 1979 wurde jedoch klar, daß dieser Vorschlag genau genommen nicht zwei unterschiedliche Schnittstellen beschreibt, sondern vielmehr eine mit zwei Möglichkeiten der Darstellung der durch die Schnittstelle geführten Signale: eine „geschlossene“ Darstellung

Schnittstellen-Parameter	Vorgeschlagene vereinheitlichte Merkmale
Videodatenwortrate	17,7 MHz ⁴
Codierungsprinzip Darstellung der digitalen Zahlen	PCM ⁵ positiv binär
Anzahl der Bits pro Videodatenwort	8 (9)
Bitstromformat	parallel
Codeart	NRZ
Zusätzlich zur Videoinformation zu übertragende Signale	Takt- und Synchronisierdaten ⁶
Spezifizierung des Zeitbezugs	die Signale wechseln ungefähr in der Mitte der Taktimpulsdauer
Spannungspegel der Schnittstellen-Logik	entsprechend ECL-Logik
Eingabe- und Ausgabeimpedanzen	100 Ω „symmetrisch“
Verbindung	25adriges Verbindungskabel, 12 verdrehte Paare (handelsüblich)
Höchstlänge der Verbindungskabel	gut 50 m
Behandlung der horizontalen Austastlücken	Normsignale müssen beibehalten werden

⁴ $4 \times f_{sc}$ für PAL
 $1136 \times f_H$ für SECAM } sowohl für die „geschlossene Codierung“ als auch für die „2+1+1“-Komponentencodierung

⁵ Obwohl die von A/D-Wandlern gelieferten Daten wahrscheinlich auf 8 Bit begrenzt sind, wäre bei geschlossener Codierung für die Videodatenübertragung ein Vorrat von 9 Bit zweckmäßig, um die Anhäufung von Abrundungsfehlern einzuschränken.

⁶ Die für Synchronisation und weitere zusätzliche Daten erforderliche Übertragungsrate sollte auf ein Mindestmaß beschränkt werden, um zu hohe Anforderungen an die serielle Übertragungstrecke zu vermeiden.

Tabelle 2
Von der UER-Untergruppe C1 vorgeschlagene Schnittstellen-Norm (Oktober 1978)

und eine Darstellung der „Zeitmultiplex-Komponenten“. Es wurde hierbei angeführt, daß eine derartige Lösung recht bedeutende Vorteile für den Betrieb haben würde, da viele Funktionen mit demselben Gerät durchgeführt werden könnten (z. B. Verbindungen, Umschaltungen, Synchronisation), unabhängig von der Darstellung, die für die Signale gerade gilt. Dennoch konnte die UER noch keine Einstimmigkeit für diese Lösung erzielen; der Haupteinwand bestand darin, daß die „2+1+1“-Komponentencodierung noch keine optimale Lösung darstellt. So wurden einige Gegenvorschläge gemacht, aber es ist zweifelhaft, ob einer dieser Vorschläge zu einem befriedigenderen Kompromiß führen wird. Die wesentlichen Gesichtspunkte eines solchen Kompromisses könnten sein:

- Gesamtbitrate nicht größer als 140 MBit/s (Aufzeichnung, Kompatibilität mit den digitalen Übertragungshierarchien der PTT)
- Bildqualität
- Einfache Signalverarbeitung (Abtaststrukturen, Beziehung zwischen den Abtastpunkten für Leuchtdichte und Farbart)
- Kompatibilität mit der geschlossenen PAL-Signalcodierung mit $4 \times f_{sc}$ (Transcodierung; Betriebsprobleme, die sich aus der Anwendung beider Normen im Studio ergeben)
- Kompatibilität mit den Techniken der Bitratenreduzierung, die später hier zur Anwendung kommen sollen.

Wie immer herrscht in dem Augenblick große Spannung, in dem eine endgültige Entscheidung über eine Lösung gefällt werden soll. Manche neigen dazu, eher die Mängel des Kompromisses als seine guten Eigenschaften herauszustellen und würden deshalb die Entscheidung lieber hinauszögern, in der Hoffnung, daß sich später eine bessere Lösung finden ließe.

Aber ist es heute für die 625-Zeilen-Welt ratsam, eine Entscheidung hinauszuschieben, die den Weg zu einer vielversprechenden Entwicklung der digitalen Technik freimachen würde?

Der Verfasser möchte allen seinen Kollegen des CCETT, der TDF und der europäischen Rundfunkorganisationen seinen Dank aussprechen, die bei der Beschaffung der im vorliegenden Aufsatz verwendeten Informationen mitgeholfen haben.

625-ZEILEN-PCM-VIDEOSIGNALAUFZEICHNUNG IM PAL-SYSTEM UND FEHLERRÜCKMELDUNG¹

VON KEITH LUCAS²

Manuskript eingegangen am 5. Oktober 1979

Digitale Magnetbandaufzeichnungstechnik

Zusammenfassung

Im vorliegenden Aufsatz werden einige der grundsätzlichen Anforderungen an einen Digital-Videorecorder betrachtet. Untersuchungen, die die britische IBA mit einer modifizierten B-Format-Maschine durchgeführt hat, werden erläutert und es wird eine Abtaststrategie vorgeschlagen, bei der die Probleme der Normwandlung zwischen PAL, SECAM und NTSC vereinfacht werden.

Summary Magnetic recording of PCM-encoded 625-line PAL television signals and correction of errors

The article describes certain requirements regarding digital television tape-machines. Attention is drawn to research undertaken by the I.B.A. (United Kingdom) using a tape machine having a modified type-B format, and sampling frequencies that would facilitate conversion between the PAL, SECAM and NTSC systems are proposed.

Sommaire Enregistrement magnétique de signaux vidéo codés MIC en 625 lignes PAL et élimination des défauts

L'article définit quelques exigences essentielles en matière de magnétoscope numérique. On fait état de recherches entreprises par l'I.B.A. (Royaume-Uni) au moyen d'un magnétoscope de format B modifié et on propose des fréquences d'échantillonnage qui faciliteraient la conversion entre les normes PAL, SECAM et NTSC.

1. Einleitung

Die Verarbeitung von digitalen Signalen in Studiokomplexen bietet eine Reihe nennenswerter Vorteile. Dazu gehören die Beseitigung gewisser Schwächen der Analogtechnik, die naturbedingte Stabilität der digitalen Schaltungen und die Möglichkeiten zur Automatisierung wie auch zur Einführung neuer Geräte, welche die Speicherung von Voll- oder Teilbildern erfordern. Tatsächlich haben diese Vorteile bereits dazu geführt, daß Digitalverfahren für Ausrüstungen wie Synchronisiergeräte, Zeitbasiskorrektoren und Effektvorrichtungen eingeführt worden sind. Wegen der Verschlechterungen, die aus fortlaufenden Umwandlungen zwischen den Analog- und Digitalbereichen entstehen, kann aber die Umstellung auf die digitale Verarbeitung nicht auf einer Ad-hoc-Basis geschehen. Um diesem Übel vorzubeugen, müssen die Studios fast ausschließlich auf den Gebrauch von Digitalverfahren eingestellt sein (obwohl digitale Ausgangsgeräte nicht unbedingt erforderlich sind). Ein Digital-Studio ist aber undenkbar ohne die Entwicklung eines Digital-Videorecorders; außerdem sind solche Maschinen auch naturgemäß frei von den mit Analog-Recordern verbundenen Nachteilen wie Rausch- und Moiré-Einflüsse.

2. Grundsätzliches

Zunächst sollen einige der grundsätzlichen Anforderungen an einen Digital-Videorecorder betrachtet werden. Es ist sinnvoll, mit einer Betrachtung des Aufnahmevorgangs zu beginnen und dann nach außen zur digitalen Schnittstelle weiterzugehen.

2.1. Aufnahmevorgang

Für den Aufnahmevorgang wird die magnetische Hystereseschleife des Magnetbandmaterials dazu genutzt, eine Modulation der remanenten Kraftliniendichte zu erzielen. Im Fall einer Digitalaufzeichnung wird das beste Signal/Rauschverhältnis bei der Wiedergabe dann erzielt, wenn sichergestellt wird, daß jeder binäre Übergang des Eingangssignals sich in einem ähnlichen Übergang der remanenten Kraftliniendichte der größtmöglichen Amplitude auswirkt. Für das Elementarvolumen des Magnetbandmaterials ist die größtmögliche Amplitude der remanenten Kraftliniendichte eine Eigenschaft des Materials allein und wird dadurch verwirklicht, daß man ein Rechteck-Magnetfeld von genügender Amplitude für Sättigung anlegt. In der Praxis entsteht durch die Geometrie des Aufnahmekopfes und das dazugehörige Magnetfeld ein Effekt, der die remanente Kraftliniendichte reduziert, wenn sehr hohe Magnetfelder für Digitalaufzeichnungen hoher Dichte verwendet werden. Die Breite der Kraftlinienübergangszone und ihre örtliche Lage relativ zum Kopfspalt schwankt mit dem Aufnahmestrom [1]. Insbesondere wird die Übergangszone bei hohen Aufnahmeströmen beträchtlich von der Hinterkante des Spaltes weg verlagert und wegen der Geometrie des Magnetfeldes an dieser Stelle verbreitert. Durch diese Verbreiterung der Übergangszone entsteht für Aufzeichnungen hoher Dichte eine Begrenzung im größten Aufnahmestrom. Es existiert ein optimaler Aufnahmestrom als Resultat eines Kompromisses zwischen der Felddurchdringung und der Breite der Übergangszone, der einem Minimum der Fehlerhäufigkeit entspricht.

Hieraus definieren sich die Anforderungen an den Aufnahmeverstärker für die Digitalaufzeichnung. Das Magnetband soll einem schnellen Übergang des Magnetfeldes zwischen Optimalwerten ausgesetzt werden, die sich aus der Geometrie des Kopf/Band-

¹ Nach dem Manuskript eines Vortrags, gehalten auf dem 11. Internationalen Fernsehsymposium Montreux, 27. Mai bis 1. Juni 1979.

² Dr. Keith Lucas ist Chefingenieur der Abteilung Video & Colour bei der britischen IBA (Independent Broadcasting Authority), Winchester, England.

systems ergeben. Es ist in der Praxis nicht allzu schwer, sich diesem Ideal zu nähern. Zu beachten ist, daß Versuche, die Aufnahmewellenform vorzuzentrieren (zur Verbesserung des Signal/Rauschverhältnisses bei der Wiedergabe), dadurch zum größten Teil zunichte gemacht werden, daß der Aufnahme-prozeß naturgemäß nichtlinear verläuft.

Bei hohen Dichten entsteht ein gewisser Grad an Überlappung zwischen nebeneinanderliegenden Übergangszonen, woraus sich die größte lineare Aufzeichnungsdichte bestimmt. Mit der heutigen CrO₂-Magnetbandtechnik liegt die größte lineare Dichte im Bereich von $1,57 \times 10^3$ Bit/mm.

2.2. Wiedergabe

Wenn ein idealer Kraftlinienübergang den Wiedergabekopf passiert, wird eine EMK induziert, die sich proportional zum Zeitdifferential der remanenten Kraftlinien-Wellenform verhält. Des öfteren treibt der Kopf einen Verstärker mit virtueller Masse, so daß die induktive Quelle einen Signalstrom liefert, der sich (bei mittleren Frequenzen) proportional zur Wellenform der Kraftlinien auf dem Magnetband verhält.

Es bestehen zwei bewiesene Effekte, welche die hohen Frequenzen bei der Wiedergabe dämpfen. Erstens wird nicht die Frequenz wiedergegeben, deren Wellenlänge auf dem Band der Breite des Kopfspaltes entspricht (Spaltfrequenz). Diese Frequenz wird oberhalb des gewünschten Übertragungsbereiches angeordnet; im Übertragungsbereich wird aber ein „Aperturverlust“ auftreten. Zweitens nimmt der Beitrag zum Oberflächenfluß bei hohen Frequenzen sehr schnell ab für Teilchen, die tief in der Magnetschicht liegen. Aus der bekannten Gleichung nach Wallace [2] geht hervor, daß der Abfall 55 dB je Wellenlänge beträgt, woraus man schließen kann, daß das Ausgangssignal des Kopfes mit zunehmender Frequenz durch eine schnell abnehmende Anzahl von Teilchen erzeugt wird.

Die oben beschriebenen Auswirkungen ergeben eine Wiedergabecharakteristik, die mit Ausnahme des niederfrequenten Bereiches annähernd einen im logarithmischen Maßstab linearen Abfall zeigt. Man kann daher das Spektrum der ursprünglichen Pulsfolge durch lineare Entzerrung rückgewinnen.

Es sind aber auch andere Methoden möglich. Jede Erörterung der Rückgewinnung der Daten bei der Wiedergabe bleibt ohne Betrachtung des Rauschspektrums unvollständig. Die Wiederherstellung der digitalen Informationen erfordert, daß Kraftlinienübergänge auf dem Magnetband festgestellt werden, von denen jeder eine charakteristische Impulsform in der Kopf-EMK induziert. Im Prinzip liefert die Probenentnahme durch einen optimalen Detektor ein Maximum an Auslesesicherheit zu einem gegebenen Zeitpunkt nach dem Übergang. Bei weißem Rauschen ist nach der Theorie der linearen Systeme durch ein Korrelationsfilter (matched filter) ein Optimum zu erreichen. Nun ist aber das Spektrum der infolge des Bandrauschens induzierten EMK nicht weiß. Außerdem wird die Sachlage noch komplizierter, wenn auch das Rauschspektrum des Vorverstärkers berücksichtigt wird. Es gibt zwar zur Zeit eine Reihe von Alternativen zum Feststellen der Wiedergabe-

impulse, über die günstigste Lösung bestehen aber noch Zweifel.

Die lineare Entzerrung des Wiedergabespektrums erfordert sicher eine beträchtliche Verstärkung von niederfrequenten Komponenten und könnte bemängelt werden, wenn dadurch ein nennenswertes niederfrequentes Rauschen entsteht. In der Praxis ist aber das NF-Rauschen kein ernsthaftes Problem. Aus den Resultaten unserer Versuchsarbeiten geht stattdessen hervor, daß bei der Aufzeichnung von hohen Bitraten der größte Beitrag zum Rauschpegel von der aus der HF-Entzerrung entstehenden Zunahme im Vorverstärkerrauschen geleistet wird.

2.3. Spurbreite, S/R-Verhältnis und Format

Ein Digital-Videobandaufzeichnungsgerät muß imstande sein, Daten mit einer Bitrate von etwa 100 MBit/s aufzunehmen. Wirtschaftlich überlegt sollte der Bandverbrauch nicht höher als bei Analogmaschinen sein und vorzugsweise nicht größer als bei B- oder C-Format-Maschinen (etwa 6450 mm²/s). Es ist also deswegen eine Dichte im Bereich von $1,55 \times 10^4$ Bit/mm² notwendig. Wie bereits in 2.1. erwähnt, liegt die größte lineare Dichte bei der heutigen Magnetbandtechnologie bei etwa $1,57 \times 10^3$ Bit/mm. Um die gewünschte Dichte zu erzielen, muß die Spurbreite unter 100 µm und (für Einspur-Aufzeichnung) die Kopf-/Bandgeschwindigkeit etwa 64 m/s betragen.

Der Theorie [3] wie auch der Praxis [4] zufolge ist das S/R-Verhältnis beim Magnetband unter diesen Bedingungen für die Digitalaufzeichnung völlig ausreichend. Es stellt sich aber die Frage, ob es von Vorteil wäre, mehrere Köpfe mit dem Magnetband in Kontakt zu halten und die Spurbreite entsprechend zu verringern. Wird die Spurbreite um die Hälfte verkleinert, so wird die Signalspannung am Kopfausgang proportional (um 6 dB) verringert, während die Effektiv-Rauschspannung um nur 3 dB abnimmt. Der Nettoverlust von 3 dB im S/R-Verhältnis entsteht dadurch, daß das Signal aus einer Ansammlung von Quellen im Magnetband bezogen wird, die miteinander in Wechselbeziehung stehen, während das Rauschen aus Quellen entsteht, die nicht miteinander korreliert sind. Werden der lineare Bitabstand und der Kopfspalt nun verdoppelt (womit also die ursprüngliche Flächendichte wieder hergestellt wird), so entsteht eine Verbesserung von 6 dB im S/R-Verhältnis. Dies geschieht deshalb, weil die Anzahl der den Kopf beeinflussenden Teilchen um den Faktor 4 zunimmt (wegen der kombinierten Wirkung von linearem Bitabstand und Eindringtiefe). Eine Verkleinerung der Spurbreite und eine Vergrößerung des linearen Bitabstandes bewirken also eine Verbesserung des S/R-Verhältnisses um 3 dB. Der Grund dafür ist im Seitenverhältnis des Bit-Speicherelementes auf dem Magnetband zu finden. Für die Einspur-Aufzeichnung liegt das Seitenverhältnis im Bereich von 150 : 1 und die Entmagnetisierungsfelder in Richtung der Spur sind wesentlich größer als die durch die Speicherelemente in den angrenzenden Spuren in Querrichtung erzeugten Felder. Es existiert also eine optimale Spurbreite, die das Signal/Bandrauschverhältnis bei der gewünschten Flächendichte maximiert, und ihr Wert bestimmt sich teilweise aus

dem erforderlichen Spurbestand. Dieser ist wiederum gegeben durch das Übersprechen von Feldlinien, die von Bereichen mit gleicher Magnetisierungsrichtung maximaler Länge längs der Spur austreten, und von den Bandeigenschaften senkrecht zur Spurrichtung. Mit typischen, für die Digitalaufzeichnung geeigneten Codes muß ein Spurbestand von etwa derselben Größe wie der kleinste lineare Bitabstand berücksichtigt werden. Nach diesem Prinzip liegt beim heutigen Bandverbrauch die günstigste Spurbreite (soweit es das Bandrauschen betrifft) wahrscheinlich im Bereich von $20 \mu\text{m}$, was dem gleichzeitigen Einsatz von etwa 4 Köpfen entspricht.

Diese Schlußfolgerung scheint nur gültig zu sein, wenn das Magnetband die vorherrschende Rauschquelle bildet. Die geleisteten Versuchsarbeiten deuten aber darauf hin, daß das nicht unbedingt der Fall zu sein braucht und daß häufig auch das Rauschen des Vorverstärkers von Bedeutung ist. Durch den Gebrauch von schmalen Spuren entsteht aber auch eine Verbesserung in der Charakteristik des Vorverstärkers. Durch die Verkleinerung der Spurbreite (und die Vergrößerung des Kopfspaltes) entsteht eine niedrigere Kopfinduktanz, welche die Rauschcharakteristik der Vorverstärker verändert. Die Quellenimpedanz (und damit das Vorverstärkerrauschen) kann durch Erhöhung der Windungszahl bei der Kopfwicklung auf ihren ursprünglichen Wert zurückgebracht werden, um so das Verhältnis Bandsignal/Vorverstärkerrauschen zu verbessern. Schmale Spuren wirken sich also günstig auf das Band- wie auch auf das Vorverstärkerrauschen aus. Außerdem führt diese Wahl auch zu größeren aufgenommenen Wellenlängen und verkürzt somit die Länge von Aussetzfehlern (die man als kurzzeitigen Kontaktverlust zwischen Kopf und Magnetband betrachten kann). Obgleich moderne Videobandaufzeichnungsgeräte mit Sendequalität Spurhaltegenauigkeiten dieser Größenordnung nicht benötigen, ist es nicht wahrscheinlich, daß der Gebrauch einer $50\text{-}\mu\text{-Spur}$ (2 Köpfe) unüberwindliche Schwierigkeiten bereiten wird, während jedoch eine $20\text{-}\mu\text{-Spur}$ außerhalb der Möglichkeiten liegen mag. Das Problem der Spurhaltung, das auch bei der Überspielung von Magnetbändern von einer Maschine zur anderen entsteht, wird also eine sehr wesentliche Rolle bei der Wahl eines Formates für die Digitalaufzeichnung spielen.

2.4. Kanalcodierung

Da der Wiedergabekopf auf das Zeitdifferential der aufgenommenen Kraftlinien-Wellenform anspricht, ist er nicht imstande, Gleichfelder und sehr niedrige Frequenzen zu reproduzieren. Die Eigenheiten des rotierenden Transformators setzen voraus, daß solche Frequenzen in jedem Code, der für die Digitalaufzeichnung verwendet wird, nicht vorkommen. Eine Methode zum Ausscheiden der niederfrequenten Komponenten ist mit dem Gebrauch des Biphasen-Codes gegeben, in dem jede Binärziffer in ein geordnetes Paar von 01 oder 10 codiert wird. Damit verdoppelt sich aber die erforderliche Bandbreite des Aufnahmekanals und die Methode ist untauglich. Man kann also eine Reihe von Kriterien definieren, die ein für die Digitalaufzeichnung geeigneter Code erfüllen muß:

1. Es darf keine Gleichstromkomponente im Codespektrum geben und niederfrequente Komponenten müssen auf ein Minimum beschränkt sein.
2. Das Verhältnis der aufgenommenen Dichte von Kraftlinienübergängen zur Eingabedatenrate muß auf ein Minimum beschränkt werden.
3. Die zeitliche Länge von in eine Richtung gehenden Impulsen muß auf einen angemessenen Wert begrenzt werden. Das ist notwendig, um die Anforderungen an die Taktimpulsgewinnung zu erfüllen und um den erforderlichen Schutzabstand zu verkleinern (dieses Kriterium ist in 1. nicht enthalten, da dort nur eine statistische Begrenzung gegeben ist).
4. Die zulässige Toleranz für den zeitlichen Ablauf der Datenübergänge bei der Wiedergabe soll maximiert werden. Die Breite und der zeitliche Ablauf der Kraftlinienübergänge werden durch das umgebende Kraftlinienbild auf dem Magnetband moduliert. Es ist daher vorteilhaft, einen Code zu schaffen, der die zulässige Toleranz vergrößert.

Es sind zahlreiche Codes für die Digitalaufzeichnung vorgeschlagen worden [5]. Einer der gebräuchlichsten ist der Miller-Code mit seinen Varianten. Er hat zwar den Vorteil, daß die höchste Übergangsdichte die Datendichte nicht überschreitet, besitzt aber in seiner Grundform eine Gleichstromkomponente. Modifikationen des Codes, welche die Gleichstromkomponente eliminieren, sind möglich, aber alle diese Codes erfordern eine Abstimmung der in der Mitte der Speicherelemente und an den Speicherelementgrenzen auftretenden Kraftlinienübergänge.

Unsere eigenen Versuche basierten auf einem Gruppencode, bei dem jedes der 256 möglichen 8-Bit-Worte anhand eines Codebuches in ein 10-Bit-Wort umcodiert wird. Man erhält genau 252 10-Bit-Worte ohne jede Gleichstromkomponente. Die restlichen vier Worte sind außerhalb des normalen Bereiches des Videosignals angeordnet. Dieser Code erhöht zwar die Übertragungskapazität um 20 %, ermöglicht aber eine Fehlererkennung. Die Wahrscheinlichkeit der Entdeckung eines Fehlers beträgt 75 %, Einzelbitfehler werden zu 100 % erfaßt.

2.5. Fehlerkorrektur und -austastung

Fehler in der Wiedergabe entstehen durch zwei getrennte Prozesse. Es sind dies das Rauschen vom Magnetband oder Vorverstärker und Aussetzfehler, verursacht z. B. durch momentanes Abheben des Kopfes vom Magnetband. Aussetzfehler sind in ihrer Dauer sehr unterschiedlich, sie können aber Fehlerfolgen verursachen, die viele Mikrosekunden dauern. Für die Videoaufzeichnung ist es nicht angebracht, einen Code zu schaffen, der diese langen Fehler zu korrigieren vermag. Dies würde einen enormen Mehrbedarf an Übertragungskapazität bedeuten, was im Hinblick auf die Möglichkeit der Fehlerrückmeldung nicht notwendig ist. Vereinzelt, durch Rauschen verursachte Fehler können ebenfalls mit einer Austastungstechnik beseitigt werden, obwohl in diesem Fall eine Fehlerkorrektur angebracht wäre.

Es ist also klar, daß die Videoaufzeichnung zumindest einen Algorithmus erfordert, der fehlerhafte

Worte erkennt, um dann eine Austastung zu ermöglichen. Außerdem kann ein leistungsfähiger Code (der Einzel- und Mehrfachfehler innerhalb eines Wortes entdeckt) in Erwägung gezogen werden, um die Korrektur eines einzelnen falschen Wortes in einer ganzen Gruppe zu gestatten. Wie angebracht solch ein Code ist, richtet sich nach dem erforderlichen Mehrbedarf an Übertragungskapazität.

2.6. Bildcodierung und Fehlerrückmeldung

Die Probleme bei der Aufzeichnung des digitalen Videosignals haben tatsächlich mit den erforderlichen hohen Dichten zu tun, wobei Verfahren zur Herabsetzung der Bitrate nennenswerte Vorteile offerieren mögen. Es ist aber charakteristisch für die meisten Methoden zur Herabsetzung der Bitrate, daß einzelne Übertragungsfehler am Decoder in eine Folge von Fehlern verwandelt werden. Dieses Problem kann ernsthafte Ausmaße bei einer klassischen DPCM-Übertragung annehmen und ist für die Magnetaufzeichnung besonders nachteilig wegen der entstehenden, nicht zu vermeidenden Aussetzfehler. Man sollte daher ein DPCM-System nur als Teil einer Hybridlösung sehen, bei dem normale PCM-Worte zwischengeschaltet werden, so daß man die Auswirkung der Fehlerverlängerung herabsetzen kann. Es stimmt ferner, daß Methoden zur Herabsetzung der Bitrate (DPCM oder Transformationscodes) mit der absoluten Forderung nach Fehlerrückmeldung in Konflikt stehen. Die wirksamsten Austastverfahren erfordern eine Neuordnung der Daten, so daß benachbarte Worte an weit voneinander entfernten Stellen auf dem Magnetband gespeichert sind. Dies läßt sich dadurch erzielen, daß man bei nur einem Aufnahmekanal die zeitliche Datenfolge verändert oder – bei mehreren Kanälen – die Daten auf diese nach bestimmten Gesetzen aufteilt (verschachtelt). Diese Verfahren bieten zwei Vorteile:

1. Entsteht ein einzelner Aussetzfehler, so existieren an anderer Stelle auf dem Magnetband eine Reihe von ungestörten Worten, mit denen man die Fehlerstelle austasten kann.
2. Die ausgetasteten Fehler sind auf dem Bildschirm verteilt und treten nicht an nebeneinanderliegenden Stellen des Bildes auf. Damit entstehen subjektiv bessere Ergebnisse.

Eine Reduktion der Bitrate muß vor dem Verschachteln geschehen und ergibt eine Datenfolge, in der vereinzelte Worte nicht mehr genügend Information tragen, um eine Fehlerrückmeldung zu gestatten. Grundsätzlich entsteht der Widerspruch deshalb, weil Verfahren zur Herabsetzung der Bitrate die Korrelation zwischen zwei Abtastungen (die die Grundlage für die Fehlerrückmeldung bildet) verringern. Obiger Einwand zeigt, daß es nicht vernünftig wäre, eine bedeutende Herabsetzung der Bitrate für die Videoaufzeichnung zu verwenden, es sei denn, der Quellencode enthält eine beträchtliche Redundanz. In diesem Falle scheint es vorteilhafter zu sein, einen wirksameren Quellencode anzuwenden. In dieser Hinsicht ist bemerkenswert, daß die mit der Sub-Nyquist-Codierung des PAL-Signals [6, 7] gegebene Bandbreitenreduktion nur deshalb eine so geringe Verschlechterung der Übertragungsqualität erzeugt,

weil der Quellencode mit 140 MBit/s ($4 \times f_{sc}$ -Abtastung) redundant ist.

3. Ein Versuchs-Digitalrecorder (geschlossene Codierung)

Obwohl die einzelnen Teile der Maschine in 2. getrennt behandelt wurden, so muß doch bei der Auswahl die gegenseitige Beeinflussung der Parameter berücksichtigt werden. So wirken sich zum Beispiel Entscheidungen über das grundsätzliche Maschinenformat auf die Methoden der Fehlerrückmeldung und -korrektur aus. Daher können die Konstruktionsprobleme nicht getrennt voneinander gelöst werden, sondern sie erfordern ein zusammenhängendes Lösungspaket. Die derzeit verwendeten Formate unterscheiden sich in den Problemen, die sie für die Digitalaufzeichnung darstellen. Probleme der Spurhaltegenauigkeit und des Kopf/Bandkontaktes begünstigen wahrscheinlich eine kurze Spur, während aus wirtschaftlichen Überlegungen – da ja komplizierte Einrichtungen für Schnittbearbeitung und Standbilder vorzusehen sind – ein nichtsegmentiertes Format besser wäre. Wirtschaftliche Entscheidungen dieser Art liegen sinnvollerweise in den Händen der Hersteller. Die Arbeiten bei der britischen IBA sollten zeigen, daß es möglich ist, das digitale Videosignal bei angemessenem Bandverbrauch aufzuzeichnen, während Maßnahmen für kompliziertere Anwendungsfälle bisher im einzelnen nicht betrachtet wurden.

Überlegungen zu Spurhaltegenauigkeit, Kopf/Bandkontakt und Bandverbrauch führten dazu, die Verwendbarkeit einer Maschine mit Schrägspurabtastung zu untersuchen. Das Problem wurde zunächst unter Abänderung einer normalen B-Format-Maschine angegangen. So wurden also die Aufzeichnungen mit einem einzelnen aktiven Kopf gemacht, obwohl man sich der Vorteile bei mehreren Köpfen bewußt war.

3.1. Einspur-Aufzeichnung

Die Digitalaufzeichnung bei angemessenem Bandverbrauch ist nur deshalb möglich, weil das erforderliche S/R-Verhältnis erheblich niedriger ist als bei der Analogaufzeichnung. Im wesentlichen muß die Kanalbandbreite um den Faktor 4 erhöht werden, während das S/R-Verhältnis von 40 auf 20 bis 23 dB abnehmen kann. Der Austausch zwischen S/R-Verhältnis und Bandbreite wird durch Verkleinern der Spurbreite erreicht. Bei gleichem Bandverbrauch wie für die Analogaufzeichnung muß die vom Kopf (oder von den Köpfen) in einer Sekunde abgetastete Bandfläche bei Modifikationen des Formates unverändert bleiben. Für die Einspur-Aufzeichnung muß daher eine Verkleinerung der Spurbreite durch eine entsprechende Erhöhung der Kopf/Bandgeschwindigkeit ausgeglichen werden. In 2.3. wurde gezeigt, daß die optimale Spurbreite im Bereich von $20 \mu\text{m}$ liegen wird. Im Vergleich zum normalen Wert von $160 \mu\text{m}$ beim B-Format wäre ein Verkleinerungsfaktor von etwa 8 erforderlich bei entsprechender Zunahme der Kopf/Bandgeschwindigkeit. Die Bedingungen für größtes S/R-Verhältnis (beim jetzigen Bandverbrauch) können also in der Praxis mit einer einzigen

Spur nicht erfüllt werden. Es ist jedoch möglich, ein ausreichendes S/R-Verhältnis für die Videoaufzeichnung zu erzielen. In **Tabelle 1** sind die Änderungen zusammengestellt, die vorgenommen worden sind. Die Kopf/Bandgeschwindigkeit wurde verdoppelt auf 48 m/s und die Spurbreite wurde auf 60 μm reduziert. Der normale Schutzabstand von 40 μm beim B-Format wurde beibehalten, obwohl man ihn wahrscheinlich beträchtlich reduzieren könnte. Der Kopfspalt wurde auf 0,4 μm verkleinert, um eine lineare Dichte von 1,69 kBit/mm zu ermöglichen. Die in **Tabelle 1** angegebenen Änderungen gestatten eine entzerrte Bandbreite von 50 MHz mit einem ausreichenden S/R-Verhältnis für die Digitalaufzeichnung.

	B-Format	Digital
Kopf/Bandgeschwindigkeit	24 m/s	48 m/s
Spurbreite	160 μm	60 μm
Schutzabstand	40 μm	40 μm
Bandgeschwindigkeit	24 cm/s	24 cm/s
Zeilen/Spur	52	26
Lineare Dichte	–	169 kBit/mm
Löschfrequenz	≈ 35 MHz	120 MHz
Kopfspalt	0,7 μm	0,4 μm
S/R-Verhältnis	40 dB	20 dB
Bandbreite	≈ 13 MHz	50 MHz

Tabelle 1

3.1.1. Codierung

Die Kanalbandbreite von 50 MHz genügt, um eine Datenrate von etwa 80 MBit/s zu gestatten. Um diesen Wert zu erzielen, wird das PAL-Signal zunächst bei einer Frequenz von $4 \times f_{sc}$ mit 8 Bit abgetastet, was eine Datenrate von 142 MBit/s ergibt. Mit einer Sub-Nyquist-Codierung [6, 7] wird die Datenrate dann auf 71 MBit/s (567 1/2 Abtastungen/Zeile) reduziert. Die der Zeilensynchronisation entsprechende Zeit wird nicht aufgezeichnet, wodurch sich die Anzahl der Worte auf 520 je Zeile (einschließlich der Synchronworte) verringert. Mit dem in 2.4. beschriebenen Gruppencode wird das Datenspektrum dann dem Aufzeichnungsmedium angepaßt. Die Gleichstromkomponente wird durch Umcodieren der 8-Bit-Worte in 10-Bit-Worte beseitigt, die jeweils 5 mal „0“ und 5 mal „1“ enthalten. Daraus ergibt sich eine aufgezeichnete Datenrate von 81,25 MBit/s.

3.1.2. Fehleraustastung

Das S/R-Verhältnis bei der Wiedergabe beträgt etwa 20 dB, wobei der Vorverstärker den größten Beitrag zum Rauschen liefert. Bei diesem Pegel sollte durch Gaußsches Rauschen keine höhere Fehlerhäufigkeit als 10^{-18} auftreten. Tatsächlich liegt die Fehlerhäufigkeit aber zwischen 10^{-5} und 10^{-6} und der Unterschied kann Aussetzfehlern und Mängeln in den Regenerationsschaltungen zugeschrieben werden. Da durch die Aussetzfehler eine kontinuierliche Reihe von Abtastwerten unterbrochen wird, ist es vorteilhaft, die Daten vor der Aufzeichnung zu verschachteln. Fehlende Abtastwerte können dann durch

die benachbarten Werte ausgetastet werden, die an anderer Stelle auf dem Magnetband gespeichert sind. Die Worte in jeder Zeile werden in zwei Gruppen unterteilt, womit die Trennung von benachbarten Werten gewährleistet ist. Die Gruppen werden intern verschachtelt und mit Synchronworten getrennt geschützt.

Mit dem Kanalcode ist es möglich, 75 % der Mehrbitfehler zu erkennen (einschließlich 100 % der Einzelfehler), die dann durch Interpolation zwischen benachbarten Worten ausgetastet werden können. Da die Aussetzfehler einen beachtlichen Teil der Fehler ausmachen, kann man die Wahrscheinlichkeit, daß ein nicht entdecktes Fehlerwort zur Anzeige gebracht wird, dadurch verringern, daß man gewährleistet, daß auch Worte auf dem Magnetband ausgetastet werden, die eng neben einem bekannten Fehler liegen. Auf diese Art und Weise wird das Vorkommen von angezeigten Fehlern auf weit unter 10^{-6} herabgesetzt.

Die beiden Datengruppen je Zeile enthalten jeweils 256 Worte, denen „Startcodes“ vorangehen, die einen Bezug für die Festlegung der Wortgrenzen und für die Taktregeneration liefern. Die Startcodes enthalten 16 Bit und werden mit einer Majoritätslogik erkannt.

3.2. Mehrspur-Aufzeichnung

Wie bereits erwähnt, können viele der Fehler bei der Einspur-Maschine Aussetzfehlern zugeschrieben werden. Eine Verbesserung auf diesem Gebiet ließe sich durch eine Verringerung der linearen Dichte erzielen, obwohl eine weitere Erhöhung der Kopf/Bandgeschwindigkeit nicht für wünschenswert gehalten wird. Als nächste Entwicklungsphase wird daher der Spurbestand um den Faktor 2 verkleinert und es werden 2 Köpfe gleichzeitig in Kontakt mit dem Magnetband gehalten. Die Kopf/Bandgeschwindigkeit wird mit 48 m/s beibehalten und die seriellen Datenblöcke werden auf die beiden Köpfe wechselseitig aufgeteilt. Die entstehende Verkleinerung in der Kanalbandbreite sollte eine beträchtliche Verbesserung der Leistung der Wiedergabeschaltungen ergeben. Eine weitere Ursache von Fehlern ist das vom Vorverstärker verursachte Hochfrequenzrauschen. Es sollten jedoch mit der Verkleinerung der Spurbreite (wie in 2.3. gezeigt) Änderungen am Kopf möglich werden, die hier zu einer gewissen Verbesserung führen.

Der gesamte Spurbestand beträgt 50 μm (einschließlich eines Schutzabstandes von etwa 10 μm) und es sind keine unüberwindlichen Schwierigkeiten bezüglich der Spurbaltnauigkeit zu erwarten. Eine weitere Verkleinerung des Spurbstandes auf 25 μm (bei gleichzeitigem Gebrauch von 4 Köpfen) mag zwar gerechtfertigt sein, aber Probleme der Spurbaltung und der Aufwand für mehrere rotierende Transformatoren und Verarbeitungskanäle lassen dies etwas zweifelhaft erscheinen.

Mit zwei oder mehr Köpfen im Einsatz sind gleichzeitige Aussetzfehler kaum zu erwarten, und mit dem Verschachteln zwischen den Köpfen sollten leistungsfähigere Verfahren für die Fehleraustastung möglich sein.

4. Einführung digitaler Videobandaufzeichnungsgeräte

Die Ergebnisse unserer Versuche mit der digitalen Videoaufzeichnung führten zu dem Schluß, daß es auch ohne weitere technologische Entwicklung möglich sein wird, einen Bandverbrauch zu erzielen, der nicht größer ist als bei der heutigen Norm. Außerdem bieten digitale Maschinen dem Programmhersteller wahrscheinlich wesentliche Vorteile, besonders was Mehrfachkopien betrifft. Schließlich hängen auch die von der digitalen Verarbeitung an anderen Stellen des Studios zu erwartenden Vorteile gewissermaßen von der Einführung digitaler Aufzeichnungsgeräte ab. Was steht also jetzt der Entwicklung eines ganzdigitalen Studios im Wege?

Die größten noch bestehenden Probleme betreffen die Standardisierung. Die jetzige Praxis der Verwendung digitaler Ausrüstungen mit analogen Schnittstellen am Eingang und am Ausgang kann nicht beibehalten werden, denn letzten Endes wird die zunehmende Verschlechterung durch sukzessive Umwandlungen zwischen den analogen und digitalen Bereichen zu groß. Es wird also dringend eine Norm benötigt, die eine direkte Schnittstelle zwischen digitalen Geräten ermöglicht. Bis es aber solch eine Norm gibt, werden Rundfunk wie auch Hersteller kaum bereit sein, sich sehr auf digitale Einheiten einzulassen.

Die Einführung einer Reihe von Normen für PAL-, SECAM- und NTSC-Länder, die im Sinne der Abtaststruktur und der totalen Datenrate kompatibel sind, hat offensichtlich Vorteile. Die geschlossenen codierten PAL- und NTSC-Signale eignen sich zwar ganz gut für die Digitalisierung, in SECAM-Ländern besteht aber ein starkes Interesse an einer auf YUV-Komponenten basierenden Norm. Nachstehend folgt eine Aufstellung der jetzigen Normvorschläge:

Abtastfrequenz	Totale Bitrate (8 Bit/Abtastung)
625 Zeilen 2 oder 4 × PAL- PAL Farbträger	70 od. 140 MBit/s
625 Zeilen SECAM $2 \times f_{sc}(Y) + 2 \times f_{sc}(U, V)$	140 MBit/s
525 Zeilen NTSC 4 × NTSC-Farbträger	114,5 MBit/s

In PAL-Ländern wäre die 70-MBit/s-(Sub-Nyquist-)Norm am geeignetsten für digitale Videobandaufzeichnungsgeräte. Berücksichtigt man die Hinweise über die Verkleinerung der Bitrate (2.4.), so ist der Unterschied zwischen den Datenraten für 625-Zeilen-Länder besonders unglücklich und gewährt den Herstellern solcher Bandaufzeichnungsgeräte

keine gute Grundlage für die Entwicklung einer Mehrnormen-Maschine. Die mit den jetzigen Normvorschlägen verbundenen Probleme führten zur Untersuchung von Alternativen. Eine Möglichkeit, die eine Reihe von Vorteilen bieten mag, ist in **Tabelle 2** zusammengefaßt.

	Abtastfrequenz	Worte/ Zeile	Bitrate
PAL	$3,2 \times \text{PAL-Farbträger}$	908*	113,5 MBit/s
YUV	681 (Y) + 227 (U, V)	908	113,5 MBit/s
NTSC	4 × NTSC-Farbträger	910	114,5 MBit/s

* $908 = 4/3 \times 681$

Tabelle 2

Mit einer unbedeutenden Änderung in der Bildgeometrie wird die PAL-Struktur in eine solche mit genau 908 Abtastungen/Zeile umgewandelt, was mit der YUV-Rate identisch ist. Genau 227 dieser Abtastungen entsprechen Nulldurchgängen des U- oder V-Farbträgers und gewähren Kompatibilität mit dem YUV-Format. Die Tatsache, daß es 227 1/2 Farbträgerperioden in einer NTSC-Videozeile gibt, ist ein wesentlicher Punkt der Ähnlichkeit, der für Normwandlungsgeräte ausgenutzt werden kann. Aus der Sicht der Gerätehersteller werden mit der Gleichheit der Abtastraten für die PAL- und YUV-Signale und mit der Ähnlichkeit der NTSC-Abtastrate die Probleme im Zusammenhang mit Mehrnormen-Maschinen vereinfacht. Ob die vorgeschlagenen Abtaststrukturen eine ausreichende Bildqualität liefern werden, bleibt noch abzuwarten.

Der Verfasser dankt dem Director of Engineering der britischen IBA für die Genehmigung zur Veröffentlichung dieser Arbeit.

SCHRIFTTUM

- [1] Bate, G.; Dunn, L. P.: Experiments of the writing process in magnetic recording. IERE Conference on Video & Data Recording, Birmingham, Juli 1976.
- [2] Wallace, R. L.: Reproduction of magnetically recorded signals. Bell Systems Technical Journal, Oktober 1951.
- [3] Mallinson, J. C.: Noise limitations in digital recording. IERE Conference on Video & Data Recording, Birmingham, Juli 1973.
- [4] Baldwin, J. L. E.: Digital television recording with low tape consumption. IBC Paper 1978.
- [5] Mallinson, J. C.; Miller, J. W.: Optional codes for digital magnetic recording. IERE Conference on Video & Data Recording, Birmingham, Juli 1976.
- [6] Devereux, V. G.: Sub-Nyquist sampling of PAL colour signals. BBC Research Report RD 1975/4.
- [7] Barratt, K.; Lucas, K.: An introduction to sub-Nyquist sampling. IBA Technical Review Nr. 12, 1979.

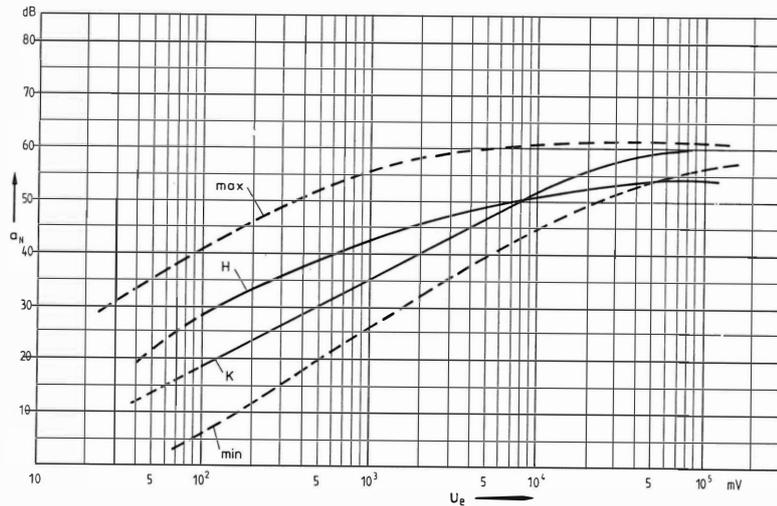


Bild 3

Geräuschspannungsabstand

Ordinate: Geräuschspannungsabstand a_N in dB
Abszisse: Eingangsspannung U_e in mV

- Kurve H: Mittelwertkurve für Heimempfänger
- Kurve K: Mittelwertkurve für Koffereempfänger
- Kurve max: Empfänger mit dem größten Geräuschspannungsabstand
- Kurve min: Empfänger mit dem geringsten Geräuschspannungsabstand

Geräuschspannungsabstand von 41 dB aufweist, erreicht der schlechteste Empfänger gerade 6 dB.

3. Möglichkeiten zur Qualitätsverbesserung

Die Untersuchungen an heutigen Empfängern haben gezeigt, wie sehr einige wesentliche qualitätsbestimmende Eigenschaften zu wünschen übrig lassen. Darüber hinaus gibt es zwar noch weitere qualitätsbestimmende Parameter wie z. B. Spiegelselektion, Großsignalverhalten, Regeleigenschaften usw. Da diese jedoch von der Senderseite her nicht beeinflusst werden können, sollen sie auch hier nicht betrachtet werden. Die Parameter Bandbreite, radiofrequenter Schutzabstand sowie Geräuschspannungsabstand lassen sich dagegen durch geeignete Modulationsaufbereitung beeinflussen.

Den bereits unterhalb von 2 kHz einsetzenden Abfall der Empfängerselektion könnte man auch als Wirkung einer Deemphasis deuten. Durch eine entsprechende Preemphasis auf der Senderseite ließe sich dann die Übertragungsbandbreite erhöhen. Die Erhöhung hängt dabei von der Stärke der Preemphasis ab. In **Bild 4** ist am Beispiel des MBF gezeigt (Kurve 0), wie sich die Bandbreite durch eine Preemphasis von z. B. 75 μ s von 2 auf 3 kHz erhöht. Welche Zeitkonstante für eine Preemphasis zweckmäßig ist, sollen die folgenden Untersuchungen zeigen. Der radiofrequente Schutzabstand für den Nebarkanal läßt sich auf einfache Weise durch einen NF-Tiefpaß im Modulationsweg des Senders verbessern [1, 2]. Ein derartiger NF-Tiefpaß wird bereits bei allen deutschen Rundfunkanstalten verwendet. In der Ausführung wird dabei dem sogenannten AK-5-Tiefpaß überwiegend der Vorzug gegeben. Er besteht aus einer dreigliedrigen Grundkette in π -Schaltung und besitzt eine Grenzfrequenz von 4,2 kHz und eine Flankensteilheit von etwa 60 dB/Oktave [3]. Es mag

zunächst paradox klingen, wenn die Verwendung eines Tiefpasses mit einer Grenzfrequenz von 4,2 kHz als Maßnahme zur Qualitätsverbesserung dienen soll. Bezogen auf die Empfängerseite mit einer durchschnittlichen NF-Bandbreite von 2 kHz liegt dieser Wert jedoch so hoch, daß er selbst für den breitbandigsten aller gemessenen Empfänger ($b_{NF} = 3,5$ kHz) hinsichtlich übertragener NF-Bandbreite keine Qualitätseinbuße bedeutet.

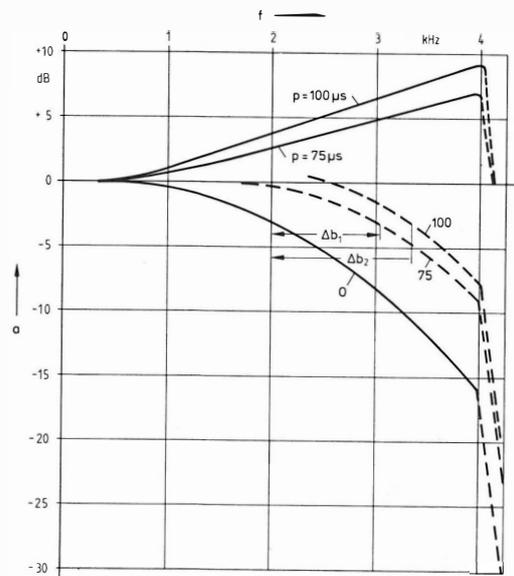


Bild 4

Erhöhung der NF-Bandbreite durch Preemphasis

Ordinate: Dämpfung a bzw. Verstärkung in dB
Abszisse: Relative Frequenz f in kHz

- Kurve 0: Selektionskurve des MBF ohne Preemphasis
- Kurve 75: Selektionskurve bei einer Preemphasis von 75 μ s
- Kurve 100: Selektionskurve bei einer Preemphasis von 100 μ s

Eine weitere Möglichkeit, die Übertragungsqualität zu verbessern, bietet in gewissen Grenzen die Dynamikkompression. Aus den Schlußakten [4] (Anlage 2, Kap. 4) ist ersichtlich, daß bei starker Kompression für den radiofrequenten Nachbarkanal-schutzabstand bis zu 5 dB Verbesserung erzielt werden kann. Dieser Vorteil ist aber nur dann für alle erreichbar, wenn bei allen Sendern im Gleich- oder Nachbarkanal der gleiche Kompressionsgrad eingestellt wird. Andernfalls haben Sender mit hohem Kompressionsgrad größere Vorteile als Sender ohne Kompression oder mit geringem Kompressionsgrad. Für die letzteren könnten sich sogar Nachteile ergeben. Inwieweit zur Einführung einer Dynamikkompression zwischen den betroffenen Fernmeldeverwaltungen Absprachen getroffen werden müßten, ist aus der Spalte 5 des Genfer Planes ersichtlich. Da bei Kompression der mittlere Modulationsgrad angehoben wird, stellt diese Maßnahme gleichzeitig eine Möglichkeit dar, den Geräuschspannungsabstand für mittlere und kleine Pegel zu verbessern. Durch die Einführung eines Dynamikexpanders auf der Empfangsseite ließe sich hier noch eine zusätzliche Verbesserung erzielen.

4. Der NF-Tiefpaß

Die Bandbreite der Aussendung gehört zu denjenigen technischen Parametern, die im Genfer Wellenplan bereits festgelegt sind. Im vorigen Kapitel wurde jedoch schon erwähnt, daß durch die Verwendung eines NF-Tiefpasses die Übertragungsqualität verbessert werden kann, soweit die Begrenzung der Bandbreite nicht schon durch den Genfer Plan vorgeschrieben ist. Die Verwendung eines Tiefpasses im Modulationsweg des Senders ist ohne Absprache einzelner Fernmeldeverwaltungen möglich, denn die Beschneidung des NF-Bandes ruft keine zusätzlichen Störungen hervor. Da bei Einführung eines NF-Tiefpasses nur der Nachbarkanal-schutzabstand verbessert wird, werden sich erst einmal auch nur beim Empfang der Nachbarkanal-sender aus dieser Maßnahme Vorteile ergeben. Es ist jedoch zu erwarten, daß auch Rundfunksender, die eine große Bandbreite aussenden dürfen, zunehmend von dieser Möglichkeit Gebrauch machen werden, da sich, wie bereits erwähnt, wegen der geringen Empfängerbandbreiten keine Qualitätsverschlechterung ergeben wird.

In **Bild 5** ist dargestellt, wie sich der radiofrequente Störabstand bei Verwendung eines NF-Tiefpasses mit 4,2 kHz Bandbreite verbessern läßt. Die mittlere Verbesserung des Nachbarkanal-schutzabstandes beträgt für die 13 gemessenen Heimempfänger bei 9 kHz Frequenzabstand 4,3 dB. Dieser Wert steht in Einklang mit der CCIR-Empf. 560, der als Empfänger der MBF zugrunde liegt. Dort wird gezeigt, daß sich der Nachbarkanal-schutzabstand bei Verwendung eines NF-Tiefpasses um 4 bis 5 dB verbessern läßt.

Diese Verbesserung ergibt sich bei Verwendung des oben erwähnten AK-5-Tiefpasses, der eine Grenzfrequenz von 4,2 kHz und eine Flankensteilheit von etwa 60 dB/Oktave besitzt. In diesem Zusammenhang drängt sich die Frage auf, ob und inwieweit sich der radiofrequente Schutzabstand durch Er-

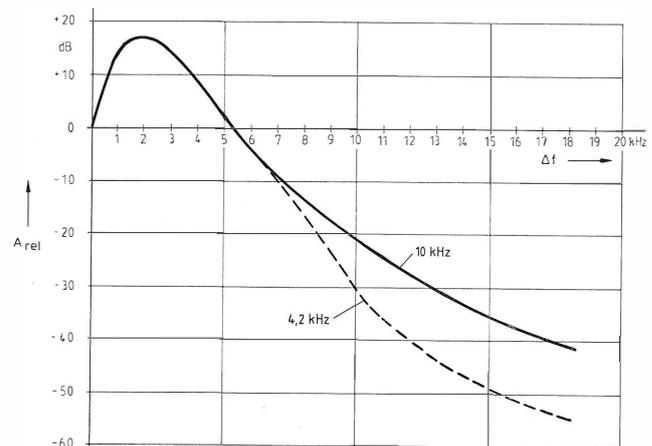


Bild 5

Verbesserung des relativen RF-Schutzabstandes durch Bandbegrenzung

Ordinate: Relativer RF-Schutzabstand A_{rel} in dB
Abszisse: Frequenzversatz von Nutz- und Störsender in kHz

10 kHz: NF-Bandbreite des Sendertiefpasses 10 kHz
4,2 kHz: NF-Bandbreite des Sendertiefpasses 4,2 kHz

höhung der Flankensteilheit verbessern läßt. Die Untersuchungen wurden mit Hilfe eines Rechenverfahrens [5, 6] durchgeführt. Den Berechnungen wurde die Selektionskurve des MBF zugrunde gelegt. **Bild 6** zeigt die Abhängigkeit des relativen RF-Störabstandes von der Flankensteilheit des Sendertiefpasses für einen Frequenzabstand von 9 kHz. Der Kurvenverlauf zeigt, daß bereits geringe Flankensteilheiten eine deutliche Verbesserung bringen. Für Flankensteilheiten größer als 54 dB/Oktave nimmt der RF-Störabstand kaum noch zu. Der Zuwachs beträgt bei 120 dB/Oktave gegenüber 54 dB/Oktave nicht einmal 0,2 dB. Geht man davon aus, daß die theoretische Flankensteilheit für ein Grundglied 18 dB/Oktave beträgt, so läßt sich aus **Bild 6** ablesen, daß die Verbesserung durch das erste Grundglied am stärksten ist, der Zuwachs beträgt 3,6 dB. Für das zweite Grundglied beträgt der Zuwachs 0,7 dB, für das dritte nur noch 0,25 dB. Den Berechnungen wurde die Selektionskurve des MBF und eine be-

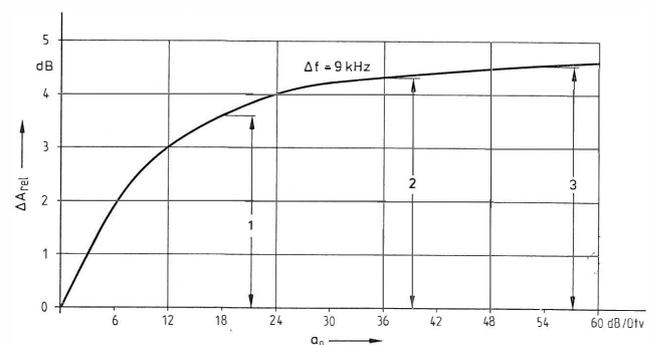


Bild 6

Änderung des RF-Störabstandes in Abhängigkeit von der Flankensteilheit des Sendertiefpasses

Ordinate: Änderung des RF-Störabstandes ΔA_{rel} in dB
Abszisse: Flankensteilheit des Sendertiefpasses in dB/Oktave

- 1: Verbesserung durch ein Grundglied
- 2: Verbesserung durch zwei Grundglieder
- 3: Verbesserung durch drei Grundglieder

stimmte spektrale Energieverteilung (farbiges UER-Rauschen, siehe CCIR-Empf. 559) zugrundegelegt. Andere Empfänger zeigen ähnliche Ergebnisse. Sie verdeutlichen, daß es unzuweckmäßig ist, den Filteraufwand zu hoch zu treiben. Im allgemeinen dürften zwei Grundglieder für eine wirksame Bandbegrenzung ausreichen.

5. Die Preemphasis

5.1. Theoretische Betrachtungen

Für die Aussteuerung von AM-Sendern ist der Spitzenwert des gesamten Modulationssignals maßgebend. Ein Studiopegel von +6 dBm moduliert das Trägersignal zu 100 %. Da durch eine Preemphasis die hohen Frequenzen angehoben werden, muß diese Anhebung zwangsläufig eine häufigere Überschreitung des zulässigen Spitzenwertes von +6 dBm nach sich ziehen. Solch eine Überschreitung führt ohne besondere Schutzmaßnahmen zu Schwierigkeiten am Sender (z. B. Überschlagen an den Leistungsröhren und Erhöhung der Randaussendung). Um das zu vermeiden, ist man gezwungen, den durch die Anhebung der Höhen bewirkten Spitzenspannungszuwachs durch eine Verringerung des Gesamtpegels so zu kompensieren, daß die Häufigkeit der Überschreitung des Spitzenwertes die gleiche ist wie vor der Anwendung der Preemphasis.

Um für diese Pegelabsenkung einen Zahlenwert angeben zu können, muß der Zusammenhang zwischen Spitzenwert und Effektivwert bei Programmsignalen ermittelt werden.

Die Programmsignale im Rundfunk weisen starke statistische Schwankungen auf. Deshalb wird zu Meßzwecken vielfach ein Programmsatz, das genormte farbige UER-Rauschen, benutzt. Dieses Rauschen wird durch lineare Filterung aus weißem Rauschen gewonnen.

Während bei einem einzelnen Sinuston zwischen Spitzenwert und Effektivwert eine einfache Beziehung besteht, ist der Zusammenhang bei stochastischen Signalen – um solche handelt es sich beim farbigen oder weißen Rauschen – weitaus verwickelter. Zwar läßt sich der Augenblickswert nicht exakt vorhersagen, wie das bei einem determinierten Signal der Fall ist, doch läßt sich für eine Amplitudenverteilung, wie sie weißes Rauschen besitzt, die Wahrscheinlichkeit für einen bestimmten Momentanwert u angeben. Bei Gaußscher Amplitudenverteilung erhält man die Wahrscheinlichkeit nach folgender Beziehung:

$$\varphi(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{x^2}{2}} \quad (1)$$

Hierbei stellt x das Verhältnis von Momentanwert zu Effektivwert ($x = u/u_{\text{RMS}}$) dar. In der Praxis ist es oft weniger wichtig, die Wahrscheinlichkeit für das Auftreten eines bestimmten Momentanwertes zu kennen, als vielmehr die Wahrscheinlichkeit dafür, daß dieser Momentanwert überschritten wird. Man spricht dann nicht mehr von Amplitudenverteilung des betrachteten Signals, sondern von einer bestimmten Überschreitungswahrscheinlichkeit oder Überschreitungshäufigkeit $\dot{U}(x)$. Mathematisch erhält man

die Überschreitungshäufigkeit aus Gl. (1) nach folgender Beziehung:

$$\dot{U}(x) = 1 - \Phi(x) \quad (2)$$

Hierbei ist $\Phi(x)$ das Integral über die Gaußsche Normalverteilung $\varphi(x)$,

$$\Phi(x) = \int_{-\infty}^x \varphi(x) dx \quad (3)$$

$\Phi(x)$ wird in der Literatur vielfach als Error-Funktion ($\text{erf } x$) bezeichnet. Entsprechend bezeichnet man $1 - \Phi(x)$ als Co-Error-Funktion. Die Error-Funktion findet man z. B. in [7] tabelliert. Um Verwechslungen zu vermeiden, muß unterschieden werden, ob der Wert x nur seinem Betrag nach interessiert, wie das bei einseitiggerichteten oder gleichgerichteten Signalen der Fall ist, oder ob auch das Vorzeichen berücksichtigt werden muß.

Die Überschreitungshäufigkeit $\dot{U}(x)$ ist als Funktion von $|x|$ bis zum 3,9fachen Effektivwert in **Bild 7** dargestellt. Hieraus läßt sich z. B. entnehmen, daß der Effektivwert eines Rauschsignals mit Gaußscher Amplitudenverteilung zu 32 % der Beobachtungszeit überschritten wird. Spitzenamplituden, die etwa ein 4faches des Effektivwertes betragen, werden danach nur noch in weniger als 0,1 % der Beobachtungszeit überschritten. Mit einer bestimmten Überschreitungshäufigkeit ist also auch der Effektivwert des Signals bestimmt.

5.2. Analyse eines 24-Stunden-Programms

Wie erwähnt, stellt das genormte UER-Rauschen nur einen Programmsatz dar. Modulationssignale besitzen aufgrund ihrer stärkeren statistischen Schwankungen eine weitaus größere Dynamik. Um eine zahlenmäßig genauere Aussage über den An-

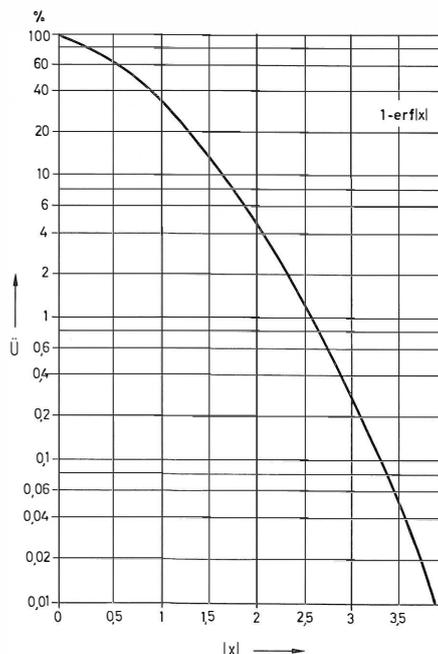


Bild 7

Überschreitungshäufigkeit $\dot{U}(x)$ bei Gaußscher Amplitudenverteilung

Ordinate: Überschreitungshäufigkeit \dot{U} in Prozent
Abszisse: Betrag des Verhältnisses x von Momentanwert zu Effektivwert des Signals

stieg des Spitzenwertes und den damit verbundenen Leistungszuwachs bei Anwendung einer Preemphasis zu erhalten, ist eine meßtechnische Analyse der Amplitudenverteilung von Rundfunkprogrammen erforderlich. Denn der sich nach der Preemphasis einstellende Spitzenwert muß soweit abgesenkt werden, bis der ursprüngliche Wert der Überschreitungshäufigkeit wieder erreicht wird.

Die Analyse wurde an einem 24-Stunden-Programm mit Hilfe eines elektronischen Häufigkeitszählers vorgenommen. Das Programmmaterial dazu wurde über eine Leitung aus dem Funkhaus niederfrequent empfangen und auf Band aufgezeichnet. Somit war ausreichend sichergestellt, daß das zu untersuchende Material dem Funkhaus-Ausgangssignal entspricht. Das über 24 Stunden aufgezeichnete Programm wurde dann einer Meßapparatur zugeführt und bei einer Bandbreite von 4,2 kHz ausgewertet. Frühere Untersuchungsergebnisse [8] haben gezeigt, daß sich die Amplitudenstatistik über 24 Stunden an den einzelnen Wochentagen nur geringfügig ändert (1 dB), so daß das zur Verfügung stehende Bandmaterial ein repräsentatives Ergebnis erwarten läßt. Stellt man die Meßergebnisse als Kurven im Wahrscheinlichkeitspapier dar, dessen Ordinate nach dem Gaußschen Integral geteilt ist, so fällt auf, daß die Graphen der dargestellten Werte keine Geraden ergeben. Die Amplituden des Hörfunkprogramms sind somit nicht normalverteilt.

Zur genaueren Berechnung der Energie und des Modulationsgrades ist eine Darstellung nach **Bild 8** besser geeignet. Der Maßstab ist hier so gewählt, daß die Verbindung der dargestellten Meßpunkte (Kurve c) [8] näherungsweise eine Gerade ergibt. Zeichnet man diejenige Normalverteilung (Kurve a) ein, die (auf +6 dBm bezogen) den gleichen Spitzenwert besitzt, so erkennt man, daß beim normalverteilten

UER-Rauschen alle kleineren Pegel eine höhere Auftretswahrscheinlichkeit besitzen. Die Dynamik muß daher bedeutend geringer als die des Hörfunkprogramms sein. Das ist u. a. ein Grund dafür, daß bei bestimmten Meßverfahren das UER-Rauschen als Programmersatz vorgezogen wird.

Zur Berechnung der Energie E und des Modulationsgrades m sei auf [8] verwiesen; es sollen hier nur die danach berechneten Werte angegeben werden. Wie **Tabelle 1** zeigt, läßt sich die Energiezunahme ΔE annähernd aus der Verschiebung der Kurven in **Bild 8** ablesen.

Signal	P/ μ s	E/%	m/%	ΔE /dB
UER	0	15	38	5,7
Progr.	0	4,0	20	0
Progr.	100	5,3	23	1,2
Progr.	150	6,4	25	2

Tabelle 1

Energieänderung in Abhängigkeit von einer Preemphasis

Aus **Bild 8** liest man z. B. für 100 μ s Vorverzerrung (Kurve b) einen Energiezuwachs von 1,2 dB gegenüber dem unverzerrten Signal ab. Das gleiche gilt für den Bezugspegel +6 dBm. Um für +6 dBm die ursprüngliche Überschreitungswahrscheinlichkeit beizubehalten, muß bei jeder Vorverzerrung das Signal um einen entsprechenden Wert abgesenkt werden. Dieser Wert beträgt bei dem 24-Stunden-Programm und einer Preemphasis von 100 μ s etwa 1,2 dB. Dabei muß betont werden, daß die NF-Band-

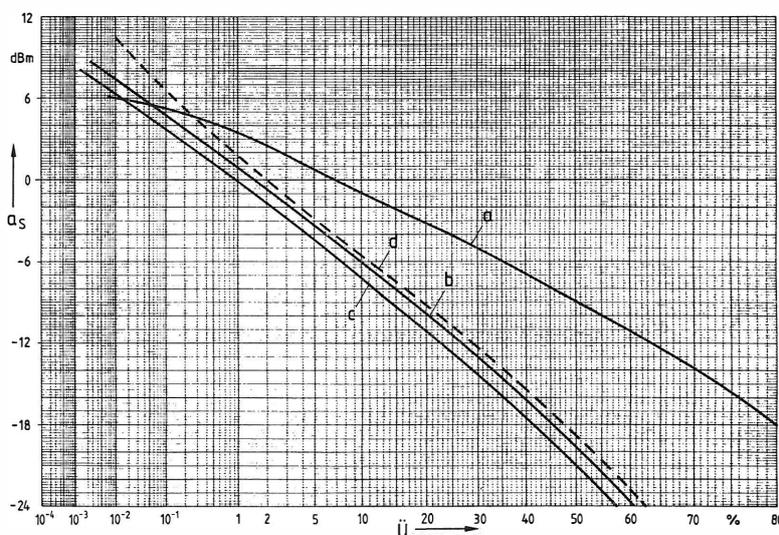


Bild 8

Änderung der Überschreitungshäufigkeit bei verschiedenen Preemphasen

Ordinate: Programmpegel a_s in dBm

Abszisse: Überschreitungshäufigkeit \bar{U} in Prozent

- Kurve a: Farbiges UER-Rauschen
- Kurve b: 24-Stunden-Programm bei 100 μ s Preemphasis
- Kurve c: 24-Stunden-Programm
- Kurve d: 24-Stunden-Programm bei 150 μ s Preemphasis

breite nur 4,2 kHz betrug. Für höhere Bandbreiten gelangt man zu anderen Ergebnissen.

Nimmt man beim farbigen Rauschen eine Höhenanhebung vor, so erhält man bei 4,2 kHz Bandbreite und einer Preemphasis von 100 μ s einen Energiezuwachs von etwa 1,8 dB. Dieser Wert stimmt mit dem theoretischen Wert von 1,9 dB hinreichend überein.

Aus der Darstellung in **Bild 8** ist ersichtlich, daß sich bis zu einer Preemphasis von 100 μ s die Kurven etwa parallel verschieben. Der Energiezuwachs beträgt für eine Preemphasis von 100 μ s nach **Tabelle 1** etwa 1,2 dB. Bei der gewählten Vorverzerrung müßte der Pegel um diesen Betrag abgesenkt werden, um für den Spitzenpegel von +6 dBm wieder die gleiche Überschreitungshäufigkeit zu erhalten. Anders sieht es dagegen bei höheren Preemphasen aus. Hier nimmt der Spitzenwert stärker zu als die Energie⁶. Bei 150 μ s Preemphasis (Kurve d) müßte man die Kurve um etwa 4 dB nach unten verschieben, um für +6 dBm die ursprüngliche Überschreitungshäufigkeit zu erhalten. Die Energiezunahme beträgt aber nur etwa 2 dB. Es muß dabei jedoch nochmals betont werden, daß diese Werte für ein 24-Stunden-Programm gelten. Für Kurzzeitverteilungen können die Werte von den angegebenen stark abweichen. So kann eine Überschreitungshäufigkeit von 2×10^{-2} ‰ für +6 dBm einerseits bedeuten, daß dieser Pegel in jeder Stunde nur während 720 ms überschritten wird, oder aber einmal am Tage während 17,3 Sekunden.

5.3. Einfluß der Preemphasis auf nichtlineare Verzerrungen

Wie die Analyse des Hörfunkprogramms gezeigt hat, führt eine Preemphasis zu einem Anstieg der Überschreitungswahrscheinlichkeit $\dot{U}(|x|)$ und damit auch zu einer häufigeren Überschreitung des Bezugspegels +6 dBm. Die Überschreitung des Bezugspegels führt, wie oben erwähnt, zu Schwierigkeiten am Sender.

Diese Schwierigkeiten lassen sich zum Teil durch eine entsprechende Absenkung des Programmpegels vermeiden. Die erforderliche Absenkung für die gewählte Preemphasis ergibt sich aus **Bild 8**. Diese Werte wurden für ein 24-Stunden-Programm ermittelt. Für Kurzzeitverteilungen, die erheblich von die-

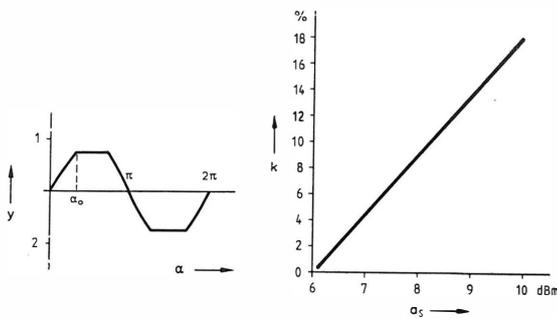


Bild 9

Klirrfaktor einer gekappten Sinusschwingung

Ordinate: Klirrfaktor k in Prozent

Abszisse: Spitzenpegel a_s in dBm

⁶ Diese Tatsache wurde bereits bei früheren Untersuchungen, die an Sprache durchgeführt wurden, festgestellt [9].

⁷ Bei einer Preemphasis von 100 μ s erhöht sich dieser Zeitprozentsatz auf 2×10^{-2} ‰.

α_0/grad	$\dot{U}/\%$	b_1	b_3	b_5	b_7	$K/\%$
30	100	0,61	0,14	0,03	-0,01	23,5
45	41	0,82	0,11	-0,02	-0,02	13,9
50	30	0,87	0,09	-0,03	-0,01	11
60	15	0,94	0,05	-0,03	0,01	6,3
65	10	0,97	0,03	-0,02	0,01	3,9
70	6,4	0,98	0,02	-0,01	0,01	2,5

Tabelle 2

Fourierkoeffizienten einer gekappten Sinusschwingung

ser Verteilung abweichen, lassen sich häufigere Überschreitungen des Maximalpegels nur durch einen Klipper vermeiden. Damit steigen jedoch auch die nichtlinearen Verzerrungen für den Prozentsatz \dot{U} der Zeit an, in der Pegel größer als +6 dBm gekappt werden. Diese Verzerrungen lassen sich mit Hilfe der Fourieranalyse für eine gekappte Sinusschwingung (**Bild 9**) berechnen. Die Abhängigkeit des Klirrfaktors von der Überschreitung des Bezugspegel +6 dBm ist in **Bild 9** bzw. **Tabelle 2** dargestellt. Wird ein Signal mit sinusförmigem Verlauf und einem Pegel von +7 dBm bei +6 dBm gekappt, so ergibt sich für das gekappte Signal ein Klirrfaktor von etwa 4 ‰. Aus **Bild 8** entnimmt man, daß Pegel von +7 dBm zu 6×10^{-3} ‰ der Zeit überschritten werden⁷. Während dieser Zeit hat man für das gekappte Signal einen Klirrfaktor von mehr als 4 ‰ anzusetzen. Zur Erzielung einer optimalen Empfangsqualität muß ein Kompromiß zwischen zulässigen Verzerrungen und mittlerem Modulationsgrad geschlossen werden, denn letzterer legt den Versorgungsbereich und den Signal-Rauschabstand fest.

5.4. Einfluß der Preemphasis auf den RF-Schutzabstand

Eine vergrößerte NF-Bandbreite kann, wie bereits erwähnt, nur dann eine Qualitätsverbesserung mit sich bringen, wenn sich dadurch nicht andere qualitätsbestimmende Parameter merklich verschlechtern. So gelangt z. B. bei einer Preemphasis durch die Anhebung höherer Frequenzen des NF-Signals mehr Störenergie aus dem Nachbarkanal in den Nutzkanal. Der radiofrequente Schutzabstand wird sich daher verschlechtern. Um diese Verschlechterung zahlenmäßig zu erfassen, wurde an den 23 Empfängern der radiofrequente Schutzabstand in Abhängigkeit von einer Preemphasis gemessen. Die Messungen wurden dabei so durchgeführt, daß der Pegel des Modulationssignals für die jeweilige Preemphasis um den aus dem vorigen Kapitel hervorgehenden Betrag abgesenkt, d. h. der Modulationsgrad konstant gehalten wurde. Diese Absenkung beträgt bei einer Preemphasis von 100 μ s etwa 1,2 dB. In **Bild 10** sind nochmals die mittleren RF-Schutzabstandskurven für Koffer-(K) und Heimgeräte (H) dargestellt. Bei einer Preemphasis von 100 μ s unterscheiden sich für die Heimempfänger die Kurven mit und ohne Vorverzerrung nur geringfügig. Bis zu Frequenzverhältnissen von 6 kHz liegt die mit Preemphasis gemessene Kurve unter der ohne Preemphasis, ab 6 kHz

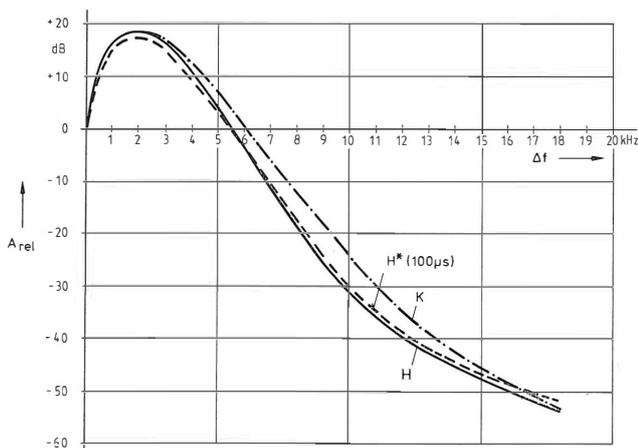


Bild 10

Änderung des radiofrequenten Schutzabstandes bei Einführung einer Preemphasis

Ordinate: Relativer RF-Schutzabstand A_{rel} in dB

Abszisse: Frequenzabstand Δf von Nutz- und Störsender in kHz

Kurve K: Mittlere Schutzabstandskurve der Kofferempfänger

Kurve H: Mittlere Schutzabstandskurve der Heimempfänger

Kurve H*: Mittlere Schutzabstandskurve der Heimempfänger bei 100 μs Preemphasis

darüber. Die Verschlechterung des radiofrequenten Nachbarkanalschutzabstandes beträgt für ein 9-kHz-Raster etwa 0,7 dB. Bei den Koffergeäten ergibt sich mit den gleichen Werten (9 kHz, 100 μs) im Mittel keine Verschlechterung. Daß die Unterschiede so gering ausfallen, liegt im wesentlichen an der Begrenzung des NF-Signals bei 4,2 kHz. Während die maximal mögliche Frequenz von 4,2 kHz bei 100 μs Verzerrung nur um 9 dB angehoben wird, würden 15 kHz bereits um 19,5 dB angehoben.

Bei der Kurve H* (100 μs Preemphasis) wurde vorausgesetzt, daß Nutz- und Störsender mit einer Preemphasis arbeiten. Nimmt dagegen nur der Störsender eine Preemphasis vor, so verschlechtern sich die RF-Schutzabstände (bezogen auf Kurve H*). Im umgekehrten Fall tritt dagegen eine Verbesserung ein.

5.5. Vor- und Nachteile einer Preemphasis

Der sich bei der Preemphasis einstellende Energiezuwachs ist durch die Anhebung der hohen Frequenzanteile bedingt. Bei geringen Preemphasen nimmt die Überschreitungshäufigkeit bei großen wie bei kleinen Pegeln in gleichem Maße zu, so daß die Gesamtenergie sich durch Preemphasis und anschließende Pegelabsenkung kaum ändert. Bei größeren Preemphasen ($> 100 \mu s$) steigt dagegen die Überschreitungshäufigkeit für hohe Pegel stärker an, so daß die Gesamtenergie sich nach der Absenkung verringert. Die erforderliche Absenkung kann nicht selektiv erfolgen, sondern muß sich auf das gesamte NF-Band gleichmäßig erstrecken. Das hat zur Folge, daß besonders die den Signal-Rauschabstand⁸ bestimmenden tieferen Frequenzen, die durch die Preemphasis nicht oder nur unbedeutend angehoben wurden, abgesenkt werden müssen.

⁸ Der Signal-Rauschabstand wird nach DIN 45 300 auf 1000 Hz bezogen.

Wie die Empfänger-messungen gezeigt haben, ist die Mehrzahl der heutigen Empfänger wegen der geringen Bandbreite nicht in der Lage, den durch die Höhenanhebung erzielten Energiegewinn zu übertragen. Aufgrund der Definition nach DIN 45 300 verschlechtert sich daher der Rauschabstand. Anders sieht es dagegen aus, wenn man das Nutzsignal mit farbigem Rauschen nachbildet. Mißt man den Nutzsignalpegel am Empfängerausgang (z. B. MBF), so stellt man fest, daß sich der Pegel nach der Preemphasis trotz der Absenkung geringfügig erhöht hat. Grund hierfür ist die Bewertungskurve des Geräuschspannungsfilters. Ein Zahlenbeispiel mag dies verdeutlichen. Bei einer Preemphasis von 100 μs beträgt die erforderliche Absenkung 1,9 dB. Bezogen auf den MBF beträgt der Nutzsignalpegel ohne Preemphasis - 8,9 dB am Empfängerausgang. Mit Preemphasis steigt dieser Wert auf - 6,1 dB. Die Energiezunahme beträgt 2,8 dB. Trotz Absenkung bleibt bei farbigem Rauschen noch ein Energiegewinn von 0,9 dB übrig. Im Mittel werden die Verhältnisse für die Programmsignale ähnlich liegen, da das farbiges Rauschen die spektrale Verteilung von Programmen nachbildet.

Wegen des starken Ansteigens der Überschreitungshäufigkeit für den Bezugspegel + 6 dBm bei höheren Preemphasen empfiehlt es sich, den Wert von 100 μs nicht wesentlich zu überschreiten. Bei 150 μs beträgt die erforderliche Absenkung bereits 4 dB (Bild 8). Der günstigste Wert dürfte unter Berücksichtigung der Verschlechterung des radiofrequenten Nachbarkanalschutzabstandes und des Bandbreitenzuwachses zwischen 75 und 100 μs liegen. An der oberen Grenze erhöht sich die Bandbreite des Übertragungssystems um etwa 1,2 kHz (Bild 4). Der Signal-Rauschabstand kann sich unter ungünstigen Voraussetzungen (nur tieffrequente Anteile) um 1,2 dB verschlechtern.

Noch günstiger werden die Verhältnisse, wenn man Empfänger betrachtet, deren Übertragungsbandbreite in der Größenordnung der ausgesendeten Bandbreite liegt (4,2 kHz). Diese Empfänger müßten dann eine Deemphasis besitzen, die zu einer zusätzlichen Verbesserung des RF-Störabstandes beiträgt.

6. Die Dynamikkompression

Die Messung des Geräuschspannungsabstandes der 23 Empfänger hatte gezeigt, daß im Mittel selbst für Eingangsspannungen von 1 mV nur Werte von etwa 40 dB erreicht werden. Der Dynamikumfang des vom Studio ausgehenden Programmmaterials ist dagegen deutlich größer. Eine Einengung der Dynamik zur Erhöhung des mittleren Modulationsgrades und damit auch der Reichweite erscheint daher völlig unbedenklich. Für diesen Zweck bieten sich zwei Möglichkeiten an:

1. Das Klippen, d. h. alle Modulationsspitzen, die einen bestimmten Wert überschreiten, werden gekappt.
2. Das Komprimieren, d. h. Anheben der leisen Programmstellen mit Hilfe eines Regelverstärkers, dessen Verstärkung in Abhängigkeit von der Modulation gesteuert wird.

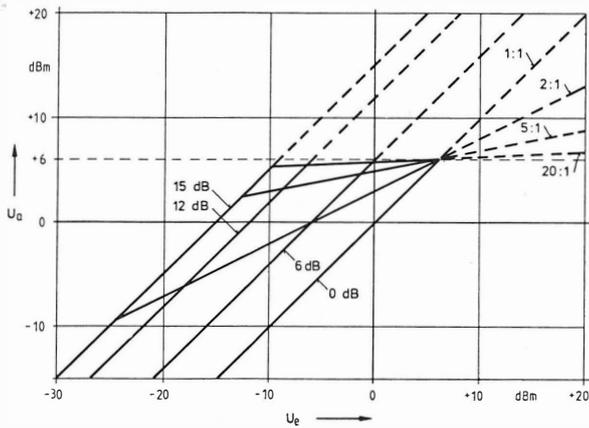


Bild 11

Regelcharakteristik des Kompressors für verschiedene Kompressionshöbe und Kompressionsverhältnisse

Ordinate: Ausgangspegel U_a in dBm
Abszisse: Eingangspegel U_e in dBm

Umfangreiche Untersuchungen über die mit Klippen erzielbaren Verbesserungen wurden besonders in Amerika durchgeführt [10, 11]. Bei starker Dynamikeinengung ist der Dynamikkompressor jedoch dem Klipper deutlich überlegen. Grund hierfür ist

⁹ Die Ansprechzeit (0,1 ms) und die Rücklaufzeit (250 ms) wurden dabei konstant gehalten.

¹⁰ Die in [8] angegebene Berechnungsmethode für die Energie setzt im dargestellten Diagramm einen linearen Kurvenverlauf voraus. Weicht die Amplitudenverteilung stark von einer Geraden ab, so muß man die Energie aus den Einzelwahrscheinlichkeiten $w(x_i)$ berechnen.

$$E = 2 \sum_{i=0}^{\infty} x_i^2 \cdot w(x_i)$$

das Ansteigen der Verzerrungen beim Klippen (**Bild 9**) und die damit verbundene Qualitätseinbuße. Die Untersuchungen beschränken sich daher im weiteren Verlauf auf die Kompression.

Die Kompression kann auf sehr unterschiedliche Art und Weise durchgeführt werden. So gibt es statische Kennlinien, die mehr oder weniger stark gekrümmt sind, andere wiederum besitzen eine scharf geknickte Kurvenform, wie sie in Begrenzern verwendet wird. Die Rücklaufzeit kann einstellbar oder auch programmgesteuert sein. Bei den Messungen wurde ein Kompressor der Firma NTP (179-120) benutzt. Der Kompressionshub ist bei diesem Gerät von 0 bis 15 dB in 3-dB-Stufen einstellbar. Ebenfalls einstellbar ist die Regelsteilheit, als Kompressionsverhältnis bezeichnet. Sie läßt sich zwischen 1 : 1 (Verstärkerbetrieb) und 20 : 1 (Begrenzerbetrieb) variieren (**Bild 11**). Die Ansprechzeiten lassen sich von 0,1 bis 200 ms, die Rücklaufzeiten von 60 ms bis 4 s einstellen. Der Schalter für die Rücklaufzeit besitzt zusätzlich noch eine programmabhängige Stellung. Diese definierten Einstellmöglichkeiten lassen das Gerät für umfangreiche Untersuchungen sehr geeignet erscheinen. Untersucht wurde damit Programmmaterial, dessen Amplitudenverteilung in etwa der des 24-Stunden-Programms entsprach, da es wegen des enormen Zeitbedarfs nicht möglich war, alle erforderlichen Untersuchungen an dem 24-Stunden-Programm vorzunehmen. Dieses Programmmaterial wurde über den Kompressor auf einen elektronischen Häufigkeitszähler gegeben und damit die Änderung der Amplitudenverteilung bei den verschiedenen Einstellparametern des Kompressors ermittelt⁹.

Aus der Amplitudenverteilung läßt sich dann die jeweilige Energiezunahme berechnen¹⁰. **Bild 12** gibt

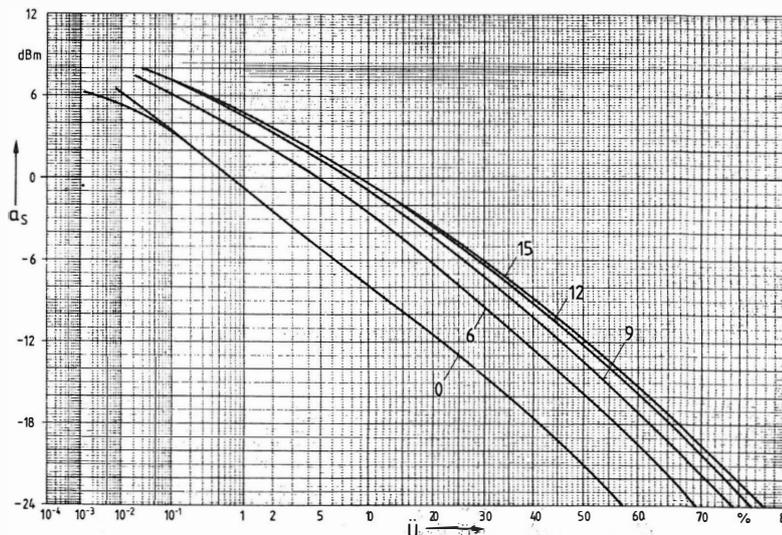


Bild 12

Amplitudenverteilung in Abhängigkeit vom Kompressionshub

Ordinate: Programmpegel a_s in dBm
Abszisse: Überschreitungshäufigkeit \bar{U} in Prozent

- Kurve 0: Keine Kompression
- Kurve 6: Kompressionshub 6 dB
- Kurve 9: Kompressionshub 9 dB
- Kurve 12: Kompressionshub 12 dB
- Kurve 15: Kompressionshub 15 dB

Kompressionsverhältnis 5 : 1

die Änderung der Überschreitungshäufigkeit bei verschiedenen Kompressionshuben und einem festen Kompressionsverhältnis von 5 : 1 wieder. Man entnimmt daraus, daß gerade bei geringen Kompressionshuben die Energie am stärksten ansteigt. So beträgt z. B. bei einem Kompressionshub von 6 dB der Energiegewinn 5,2 dB. Das entspricht einer Steigerung des mittleren Modulationsgrades von 20 auf 36,1 %. **Bild 12** zeigt ferner, daß Kompressionshübe größer als 12 dB zu keinem nennenswerten Energiezuwachs mehr führen. Eine Steigerung von 12 auf 15 dB Kompressionshub führt nur noch zu einer Energiezunahme von 0,1 bis 0,2 dB. Die in der Praxis vorkommenden Kompressionsverhältnisse liegen zwischen 2 : 1 und 5 : 1. Die Energiezunahme und die Zunahme des Modulationsgrades sind für den untersuchten Kompressortyp in **Tabelle 3** wiedergegeben. Die Tabelle zeigt eindeutig, daß es wenig sinnvoll ist, Kompressionshübe größer als 12 dB anzuwenden. Der Energiegewinn steht in keinem Verhältnis zur Qualitätsverschlechterung. Untersuchungen an einem Kompressor vom Typ U 73b führten zu ähnlichen Ergebnissen. Auch hier führte eine Steigerung des Kompressionshubes von 10 auf 15 dB nur noch zu einem geringen Energiegewinn.

Kompr. hub	Kompr. verhältnis	E/%	m/%	$\Delta E/dB$
0	2 : 1	3,9	20	0
6		12,3	35,1	5
9		15,2	39,0	5,9
12		17,0	41,3	6,4
15		17,2	41,5	6,5
6	3 : 1	12,6	35,5	5,1
9		17,8	42,2	6,6
12		21,4	46,3	7,4
15		22,4	47,3	7,6
6	5 : 1	13,0	36,1	5,2
9		20,1	44,9	7,1
12		26,5	51,6	8,3
15		27,1	52,1	8,4

Tabelle 3
Energiezunahme in Abhängigkeit vom Kompressionshub

Eine Änderung der Parameter Ansprechzeit, Rücklaufzeit und NF-Bandbreite zeigte nur geringen Einfluß auf die Energiebilanz. Während die Änderung der Bandbreite von 4,2 auf 15 kHz und die der Ansprechzeit von 0,1 bis 1 ms bei dem untersuchten Programmmaterial keinen Einfluß auf die Energie hatten, führte eine Erhöhung der Rücklaufzeiten zu einer geringen Energieabnahme. Da nach einem Übersteuerungsimpuls die Grundverstärkung erst später

erreicht wird, bildet sich eine sogenannte Leistungsfehlfläche aus. Mit zunehmender Fehlfäche wird die Leistung geringer [12, 13]. Wie frühere Untersuchungen gezeigt haben [14], führen Rücklaufzeiten von 300 ms oder weniger bei manchen Arten von Musik zu einem unnatürlichen Klangbild. Man wird daher die Rücklaufzeiten eher größer als 300 ms wählen. Die Untersuchungen am NTP-Kompressor zeigten hinsichtlich der Energiebilanz Übereinstimmung bei einer Rücklaufzeit von etwa 600 ms und bei der programmabhängigen Rücklaufzeit.

Eine nochmalige Betrachtung von **Bild 12** macht deutlich, daß das Ausgangssignal bei Verwendung eines Kompressors durch einen Klipper begrenzt werden muß. Es zeigt sich nämlich, daß nicht nur die Gesamtenergie ansteigt, sondern auch die Überschreitungshäufigkeit für den zulässigen Spitzenpegel von + 6 dBm. Bei einem Kompressionshub von 12 dB steigt sie von 0,1 ‰ auf 0,3 ‰. Stellt man hier die gleiche Forderung nach Beibehaltung der Überschreitungshäufigkeit wie bei der Preemphasis, so müßte der Pegel um etwa 3 dB zurückgenommen werden. Damit würde sich der Energiegewinn durch Kompression nach **Tabelle 3** (12 dB; 5 : 1) von 8,3 auf 5,3 dB verringern. Die Praxis zeigt jedoch, daß diese Energierücknahme umgangen wird. Man nimmt dafür einen Anstieg der Verzerrungen in Kauf.

7. Anordnung der Geräte

Die Reihenfolge der an der Modulationsaufbereitung beteiligten Geräte ist keineswegs beliebig. Es erscheint daher sinnvoll, auf einige wichtige Punkte näher einzugehen. **Bild 13** zeigt zwei mögliche Anordnungen, bei denen das Modulationssignal durch eine Preemphasis vorverzerrt wird. Ob man eine Preemphasis anwendet oder nicht, wird nach den vorausgegangenen Untersuchungen unter Umständen auch davon abhängen, ob bei dem betreffenden Sender mehr Gewicht auf die Nah- oder auf die Fernversorgung gelegt wird. Wegen der zu erwartenden

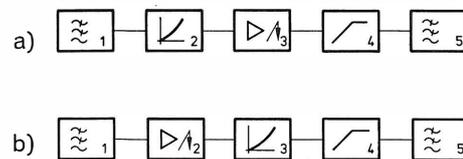


Bild 13

Möglichkeiten zur Geräteanordnung

- | | |
|---------------|---------------|
| a) 1 Tiefpaß | b) 1 Tiefpaß |
| 2 Preemphasis | 2 Kompressor |
| 3 Kompressor | 3 Preemphasis |
| 4 Klipper | 4 Klipper |
| 5 Tiefpaß | 5 Tiefpaß |

geringfügigen Verschlechterung des radiofrequenten Nachbarkanalschutzabstandes ist die Preemphasis im Falle der Fernversorgung etwas ungünstiger. Die beiden in **Bild 13** dargestellten Flächen unterscheiden sich durch die Reihenfolge von Preemphasis-Netzwerk und Kompressor. **Bild 14** zeigt die Amplitudenstatistik für die beiden in Frage kommenden Möglichkeiten. Der Kompressionshub k betrug dabei 12 dB, das Kompressionsverhältnis 5 : 1. Für die Pre-

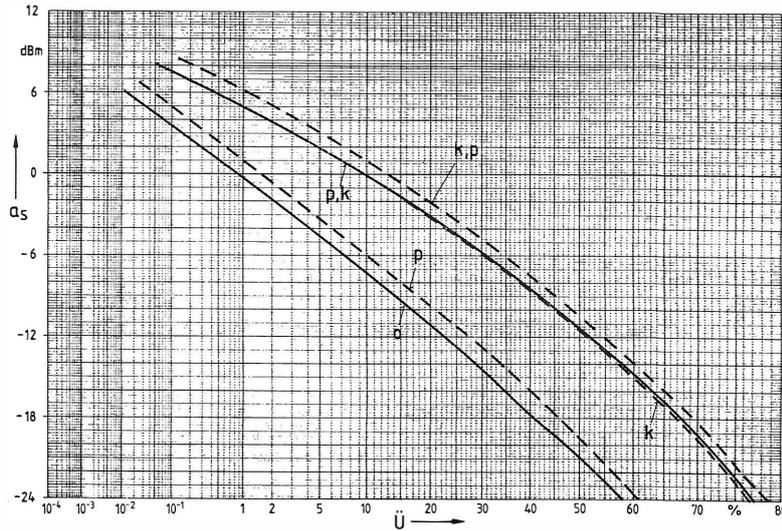


Bild 14

Änderung der Amplitudenverteilung in Abhängigkeit der Anordnung von Kompressor und Preemphasis-Netzwerk

Ordinate: Programmpegel a_s in dB

Abszisse: Überschreitungshäufigkeit \ddot{U} in Prozent

- Kurve 0: Amplitudenverteilung des 24-Stunden-Programms
- Kurve p: 24-Stunden-Programm, 100 μ s Preemphasis
- Kurve k: 24-Stunden-Programm, 12 dB Kompressionshub
- Kurve p, k: 24-Stunden-Programm, Reihenfolge: Preemphasis — Kompression
- Kurve k, p: 24-Stunden-Programm, Reihenfolge: Kompression — Preemphasis

emphasis wurde eine Zeitkonstante von 100 μ s gewählt. Die Kurven p, k (Reihenfolge Preemphasis – Kompressor) und k, p (Reihenfolge Kompressor – Preemphasis) zeigen einen deutlich voneinander abweichenden Verlauf. Der Einsatz des Preemphasis-Netzwerks vor dem Kompressor bringt gegenüber der Kompressionskurve k (identisch mit Kurve 12 in **Bild 12**) keinen merklichen Energiezuwachs. Auch die Überschreitungshäufigkeit für +6 dBm ändert sich nicht. Nachteil dieser Geräteanordnung ist, daß man eine frequenzabhängige Kompression erhält, d. h. nach anschließender Deemphasis würde sich kein linearer Frequenzgang einstellen. Dies wird durch eine Anordnung nach **Bild 13b** (Reihenfolge Kompressor – Preemphasis) vermieden. Die Überschreitungshäufigkeit für +6 dBm entspricht bei dieser Anordnung etwa der Summenkurve (k + p), da die Kurve k, p etwa um 1,2 dB über Kurve k liegt. Am Eingang beider Anordnungen nach **Bild 13a** oder **13b** sollte ein Tiefpaß liegen, um zu vermeiden, daß hohe Frequenzanteile zu stark angehoben werden. Wie bereits erwähnt, führt eine Preemphasis von 100 μ s bei einer Frequenz von 15 kHz zu einer Anhebung von fast 20 dB. Diese starke Anhebung würde zu einem häufigen Ansprechen des Klippers und damit zu starken nichtlinearen Verzerrungen führen (**Bild 9**). Ferner läßt sich dadurch vermeiden, daß der Kompressionsvorgang allzu häufig durch unwichtige Frequenzanteile beeinflusst wird, die außerhalb des Übertragungsbereiches liegen.

Um Übersteuerungen und damit Schäden in der Senderstufe zu vermeiden, muß nach dem Kompressor, wie bereits erwähnt, ein Klipper vorhanden sein. Der Begrenzer, der häufig in den Kompressor integriert ist, reicht aufgrund seiner Trägheit bei

hohen Spannungsspitzen nicht aus. Auf den Klipper muß ein zweiter Tiefpaß folgen, um den Teil der Verzerrungen, der außerhalb des Übertragungsbereiches liegt, zu unterdrücken. Hinsichtlich der Flankensteilheit gelten die Überlegungen unter 4. Dieser Tiefpaß unterdrückt zwar einen großen Teil der Verzerrungen, gleichzeitig schwächt er aber auch den Klippvorgang wieder ab. Das hat seine Ursache in folgendem: Eine stark gekappte Sinusschwingung nähert sich etwa einer Rechteckkurve. Filtert man anschließend die Harmonischen weg, so erhält man als Grundschwingung wieder eine Sinuswelle. Die Amplitude dieser Sinuswelle kann je nach Klippgrad um wenige dB über der Klippsschwelle liegen. So erhält man z. B. beim Kappen einer Sinusschwingung mit einer Amplitude von +9 dBm nach **Tabelle 2** bzw. **Bild 9** und anschließender Unterdrückung der Harmonischen eine Grundschwingung, die bei 7,3 dBm (also 1,3 dB über dem Klipppegel) liegt. Da es sich bei der Preemphasis und beim NF-Tiefpaß im allgemeinen um passive Netzwerke handelt, muß noch ein Dämpfungsausgleich durch einen Verstärker erfolgen.

An einigen Sendern wird z. Z. eine Preemphasis in Verbindung mit einer Tiefenabsenkung verwendet. Dabei werden die Frequenzen unter 250 Hz stark abgesenkt, weil sie nicht zur Sprachverständlichkeit beitragen. Diese Erkenntnis [12] ist sicher richtig, doch sollte man dabei berücksichtigen, daß auch der Natürlichkeit der Stimme Bedeutung zukommt. Diese Natürlichkeit geht durch die starke Absenkung tiefer Frequenzanteile verloren. Man erhält eine Qualität, wie sie in der Fernsprechtechnik üblich (300 bis 3400 Hz) und sicherlich auch berechtigt ist, da es hier nur um einen reinen Informationsaustausch geht. Im

Lang- und Mittelwellentonrundfunk sollte man jedoch nicht zugunsten anderer Gesichtspunkte auf Natürlichkeit und damit auch auf die künstlerische Aussage einer Sprach- oder Musikdarbietung verzichten.

8. Schlußbetrachtungen

Die vorliegenden Untersuchungen haben gezeigt, durch welche senderseitigen Maßnahmen sich die Übertragungsqualität verbessern läßt. Durch Einschalten eines NF-Tiefpasses (AK-5) in den Modulationsweg des Lang- oder Mittelwellensenders kann der RF-Schutzabstand für den Nachbarkanal merklich verbessert werden. Die Grenzfrequenz des Tiefpasses sollte etwa die Hälfte des Kanalrasters (also 4,5 kHz) betragen. Eine Version, die als AK-5-Tiefpaß bezeichnet wird und eine Grenzfrequenz von 4,2 kHz besitzt, hat sich bei einigen Rundfunkanstalten seit Jahren bestens bewährt. Die Reduzierung der NF-Bandbreite bedeutet beim AM-Rundfunk keine Minderung der NF-Qualität, da selbst die breitbandigsten Empfänger nicht in der Lage sind, Frequenzen oberhalb 4,2 kHz zu übertragen. Aus wirtschaftlichen Gründen kann es durchaus zweckmäßig sein, die Flankensteilheit von 60 dB (3 Glieder) auf 40 dB (2 Glieder) zu verringern; dabei ist kein nennenswerter Verlust an radiofrequentem Schutzabstand zu befürchten.

Durch Kompression des Modulationssignals läßt sich der mittlere Modulationsgrad deutlich erhöhen. Der verwendete Kompressionshub sollte dabei nicht merklich über 12 dB liegen, da sich die Gesamtenergie bei stärkeren Kompressionshüben kaum noch erhöht. Der Anstieg der Überschreitungshäufigkeit für den Spitzenpegel von +6 dBm macht das Nachschalten eines Klippers erforderlich. Die beim Klippvorgang entstehenden Verzerrungen verschlechtern zwar die Qualität, doch eine Rücknahme der Aussteuerung würde einen großen Teil des Kompressionsgewinns kosten. Die Kompression bringt für kleine und mittlere Pegel einen Gewinn an Geräuschspannungsabstand und damit auch eine größere Versorgung. Wird der gleiche Kompressionshub bei Nutz- und Störsender angewandt, so läßt sich beim hochfrequenten Schutzabstand ein Gewinn bis zu 5 dB erreichen.

Die geringe Durchlaßbandbreite der heutigen Empfänger läßt sich durch eine Preemphasis kompensieren. Aufgrund der Bandbreitenverhältnisse liegt der optimale Wert für die Preemphasis zwischen 75 und 100 μ s. Die Übertragungsbandbreite erhöht sich dadurch im Mittel von 2 auf 3 bzw. 3,2 kHz. Der radiofrequente Schutzabstand verschlechtert sich allerdings geringfügig um 0,7 dB. Um den gleichen radiofrequenten Schutzabstand bei diesen Empfängerbandbreiten zu erhalten, ist ein wesentlich höherer Aufwand an Selektionsmitteln im Empfänger erforderlich.

Durch die Höhenanhebung auf der Senderseite erhält man einen Energiezuwachs¹¹. Dieser Energiezuwachs beträgt (auf eine Preemphasis von 100 μ s bezogen) etwa 1,2 dB. Ähnlich wie beim Kompressionsvorgang ist dieser Energiegewinn mit einem Anstieg der Überschreitungshäufigkeit für den Spitzenpegel von +6 dBm verbunden. Zur Beibehaltung der Überschreitungshäufigkeit bieten sich zwei Möglichkeiten an. Man nimmt die Aussteuerung um den erwähnten Pegelanstieg zurück und erhält die ursprüngliche Überschreitungshäufigkeit. Die Folge wäre, bedingt durch die Schmalbandigkeit der Empfänger, daß sich unter ungünstigen Voraussetzungen der Geräuschspannungsabstand verringert und sich damit auch eine schlechtere Versorgung ergibt. Diese Nachteile werden vermieden, wenn man sich für die zweite Möglichkeit entscheidet und die gleiche Lösung wie beim Kompressionsvorgang wählt. Der Energiezuwachs wird beibehalten und die Überschreitung des Spitzenpegels durch einen Klipper vermieden. Dafür steigen zwar für einen größeren Prozentsatz der Zeit die Verzerrungen an, doch dürfte dies wie beim Kompressionsvorgang gegenüber einer Pegelrücknahme geringere Bedeutung haben.

SCHRIFTTUM

- [1] Netzband, R.; Süverkrübbe, R.: Die Auswirkungen systemgerechter Bandbreitenbegrenzung bei Sendung und Empfang von AM-Tonrundfunk. Rundfunktechn. Mitt. 12 (1968), S. 119 bis 128.
- [2] Petke, G.: Systemparameter und ihr Einfluß auf die Übertragungsqualität. Rundfunktechn. Mitt. 18 (1974), S. 154 bis 159.
- [3] Eden, H.: Ein Filter zur Bandbreitenbegrenzung von audiodirekten Modulationssignalen im Lang- und Mittelwellenrundfunk. Rundfunktechn. Mitt. 22 (1978), S. 146 bis 148.
- [4] UIT: Final Acts of the Regional Administrative LF/MF Broadcasting Conference (Regions 1 and 3). Hrsg. v. d. UIT, Genf 1976, ISBN 92-61-00231-5.
- [5] Petke, G.: Rechnerische Bestimmung des HF-Schutzabstandes für AM-Übertragungssysteme. Rundfunktechn. Mitt. 17 (1973), S. 214 bis 221.
- [6] Gröschel, G.: Ein mathematisches Modell zur Berechnung der Nachbarkanalstörung in Einseitenband- und Zweiseitenbandsystemen des AM-Tonrundfunks. Rundfunktechn. Mitt. 22 (1978), S. 131 bis 145.
- [7] Jahnke; Emde; Lösch: Tafeln höherer Funktionen, B. G. Teubner Verlagsgesellschaft, Stuttgart 1966.
- [8] Jakobowski, H.: Analyse des Programmmaterials des Hörrundfunks. Rundfunktechn. Mitt. 15 (1971), S. 275 bis 284.
- [9] Rupp, H.: Die Störabstandsverbesserung bei Sprachübertragung mit Höhenanhebung sowie bei Verwendung eines Silbenkompanzers. NTZ 1962, H. 9, S. 442 bis 446.
- [10] Kryter, K. D.; Licklider, J. C. R.; Stevens, S. S.: Premodulation clipping in AM voice communication. J. of the Acoust. Soc. Am. 19 (1947), S. 125 bis 131.
- [11] Licklider, J. C. R.; Pollack, I.: Effects of differentiation, integration, and infinite peak clipping upon the intelligibility of speech. J. of the Acoust. Soc. Am. 20 (1948), S. 42 bis 51.
- [12] Belger, E.; Jakobowski, H.: Möglichkeiten zur Erhöhung der Sprachverständlichkeit bei Mittelwellen-Fernempfang. Rundfunktechn. Mitt. 11 (1967), S. 266 bis 272.
- [13] Burkowitz, P.; Pethke, H.: Ein neues Steuerprinzip für Dynamikkompressoren und Pegelbegrenzer. Intern. Elektron. Rundschau 19 (1965), S. 27 bis 29.
- [14] Skafte, B. E.; Wiegand, W.: Untersuchungen zur Verbesserung der Sprachverständlichkeit an Kurzwellensendern. Rundfunktechn. Mitt. 13 (1969), S. 179 bis 183.

¹¹ Sofern man Preemphasis-Netzwerk und Kompressor in der zweckmäßigeren Reihenfolge nach Bild 13b anordnet.

DIE BERECHNUNG VON ANTENNENDIAGRAMMEN MIT HILFE EINES PROGRAMMIERBAREN TASCHENRECHNERS

VON KLAUS BREITKOPF¹

Manuskript eingegangen am 17. August 1979

Antennentechnik

Zusammenfassung

Die modernen programmierbaren Taschenrechner ermöglichen dank ihrer großen Speicherkapazität eine einfache und schnelle Bestimmung der Strahlungsdiagramme auch von relativ komplexen Antennengebilden.

Für eine VHF-FM-Achtfach-Drehkreuz-Sendeantenne und eine Mittelwellen-Richtantenne mit zwei Vertikalstrahlern werden die Programmerstellung für einen Rechner in UPN-Technik (HP 97) beschrieben und einige Diagrammbeispiele angegeben. Der Artikel ist besonders für Ingenieure, die noch keine ausgesprochenen Antennenspezialisten sind, als Anregung gedacht.

Summary Calculation of antenna radiation patterns by means of a programmable pocket calculator

The large memory capacity of modern programmable calculators enables antenna radiation patterns to be plotted simply and easily, even in the case of relatively complex configurations.

Programmes intended for the type HP 97 calculator, which employs reverse Polish notation, and applicable to an 8-bay VHF turnstile transmitting antenna and to a two-mast directional MF antenna are described. This description is illustrated by various examples of the patterns obtained. The article is of particular interest to engineers who are not specialists in antenna design.

Sommaire Calcul des diagrammes d'antennes au moyen d'une calculatrice de poche programmable

La capacité de mémoire importante des calculatrices de poche programmables actuelles permet de dresser de façon simple et rapide le diagramme de rayonnement d'une antenne, même lorsqu'il s'agit de configurations relativement complexes.

On décrit la conception d'un programme destiné à une calculatrice du type HP 97 fonctionnant en notation polonaise inverse, pour une antenne émettrice tourniquet octuple en ondes métriques et pour une antenne directive double en ondes hectométriques. Cette description est illustrée par quelques exemples de diagrammes obtenus. L'article s'adresse plus particulièrement aux ingénieurs qui ne sont pas spécialisés dans le domaine des antennes.

1. Einleitung

Dank der Einführung programmierbarer wissenschaftlicher Taschenrechner ist die rechnerische Bestimmung der Strahlungscharakteristik komplexer Antennengebilde heute keine Domäne weniger, hochspezialisierter Fachleute mehr, sondern jedem Ingenieur zugänglich. Die dabei erreichbare Genauigkeit ist für die Praxis in der Regel völlig ausreichend.

Im folgenden Beitrag soll anhand von zwei Beispielen gezeigt werden, wie relativ einfach die Erstellung der zugehörigen Rechenprogramme ist. Da vom Verfasser Rechner mit UPN²-Technik bevorzugt werden, bei denen der Rechnungsablauf synchron zum gedanklichen Nachvollziehen der Lösung verläuft und Zwischenergebnisse ohne Zusatzmaßnahmen stets angezeigt werden, beziehen sich die beschriebenen Rechenprogramme auf einen Rechner vom Typ HP 97³ [2, 3].

2. Beispiel 1

2.1. Bestimmung des Vertikaldiagrammes einer VHF-FM-Achtfach-Kreuzdipol-Sendeantenne

Zunächst soll dargestellt werden, wie aus der Geometrie des Antennengebildes die benötigte Formel für die Feldstärke in einem Punkt P im Fernfeld der Antenne als Funktion des Erhebungswinkels abgeleitet werden kann.

In **Bild 1** ist die Antenne schematisch dargestellt. In der Praxis besteht sie aus zwei getrennt gespei-

sten Halbantennen. Die obere Halbantenne mit dem geometrischen Antennenzentrum B besteht aus den Dipolebenen 1 bis 4, die untere Halbantenne mit dem Antennenzentrum C besteht aus den Dipolebenen 5 bis 8. Punkt A ist das geometrische Antennenzentrum der Gesamtantenne mit den Dipolebenen 1 bis 8. Die Punkte A, B und C sind die Bezugspunkte für die jeweilige Diagrammberechnung.

Mit „Bezugspunkt“ ist hier gemeint, daß dieser Punkt jeweils als Ursprung des in **Bild 2** dargestellten Koordinatensystems anzusehen ist. Die Aufgabe besteht nun in der Berechnung der Feldstärke in einem Aufpunkt P im Fernfeld der Antenne in Abhängigkeit vom Erhebungswinkel β oder dem in der Antennentechnik gebräuchlichen Zenitwinkel δ bei konstantem Azimutwinkel ψ . Das resultierende Vertikaldiagramm hängt von vier Einflußgrößen ab:

1. der Antennengeometrie,
2. den relativen Phasen der Speiseströme,
3. den relativen Amplituden der Speiseströme,
4. der Strahlungscharakteristik eines einzelnen Strahlers.

Als einzelner Strahler ist im vorliegenden Fall ein Dipolkreuz (Drehkreuz), d. h. eine Dipolebene, anzusehen. Jede Dipolebene besteht aus zwei rechtwinklig gekreuzten Halbwellendipolen, die mit 90° Phasendifferenz gespeist werden. Ein derartiger Strahler hat in Näherung ein rundes Horizontaldiagramm. Für die folgende Rechnung wird auch das Vertikaldiagramm vereinfacht als Runddiagramm angenommen. Es wird im weiteren Text gezeigt, daß die resultierenden Fehler im Bereich von $\pm 30^\circ$ um die Hauptstrahlrichtung durchaus noch vernachlässigbar

¹ Dipl.-Ing. Klaus Breitkopf ist Leiter der Hauptabteilung Sendertechnik beim RIAS Berlin.

² UPN = Umgekehrte Polnische Notation

³ Hersteller: Hewlett & Packard

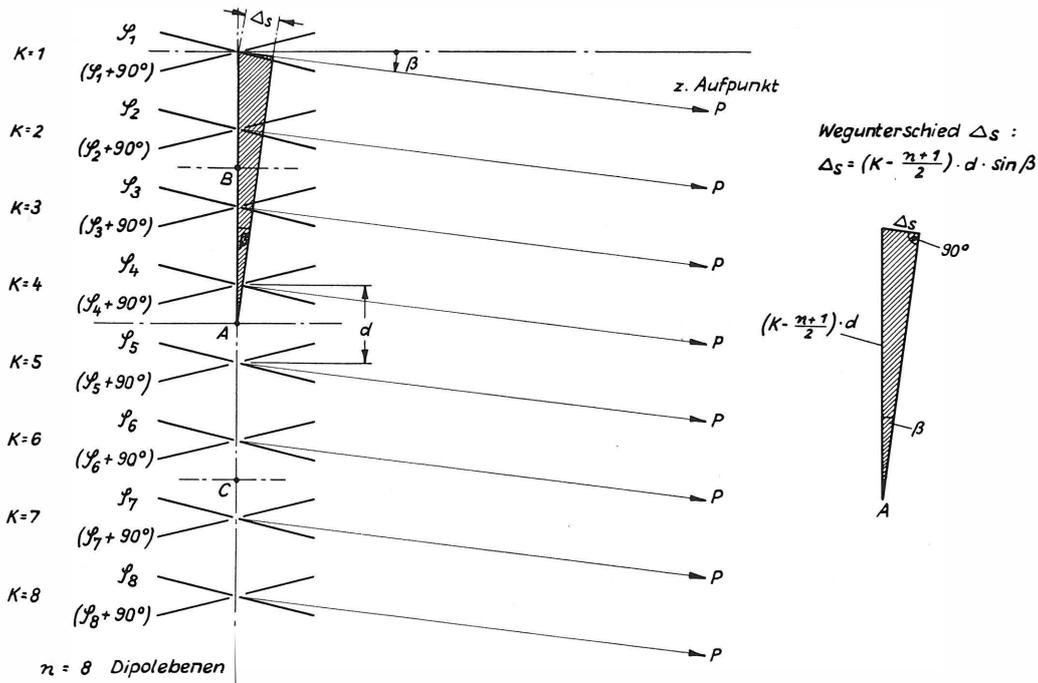


Bild 1

Schema der Achtfach-Kreuzdipol-Sendeantenne (Achtfach-Quirlantenne)

klein sind. Bezüglich des tatsächlichen Vertikaldiagrammes eines einzelnen Kreuzdipols wird auf den **Anhang** verwiesen.

Wenn außerdem nur der in der Praxis häufigere Fall der Speisung aller Dipolebenen mit gleicher Stromamplitude betrachtet wird, bleiben als Einflußgrößen für das zu berechnende Vertikaldiagramm $E(\beta)$ nur die Antennen­geometrie und die Phasen der Speiseströme (eingep­rägte Phasen) übrig.

Die Feldstärke E im Aufpunkt P läßt sich dann als (vektorielle) Addition der Feldstärkeanteile der einzelnen Dipolebenen berechnen. Bei großer Entfernung von P können die Strahlungsrichtungen der

Strahlung von jeder Dipolebene zum Aufpunkt P als parallel angenommen werden.

Dann ergibt sich aus **Bild 1** für den Wegunterschied Δs von zwei Strahlern zum Aufpunkt P eine einfache Ableitung aus den Winkelbeziehungen in dem schraffierten rechtwinkligen Dreieck:

$$\Delta s = \left(K - \frac{n+1}{2} \right) \cdot d \cdot \sin \beta \tag{1}$$

- mit K = Laufende Nr. der Dipolebene
- n = Gesamtzahl der Dipolebenen
- (Halbantenne: $n = 4$,
- Gesamtantenne: $n = 8$)

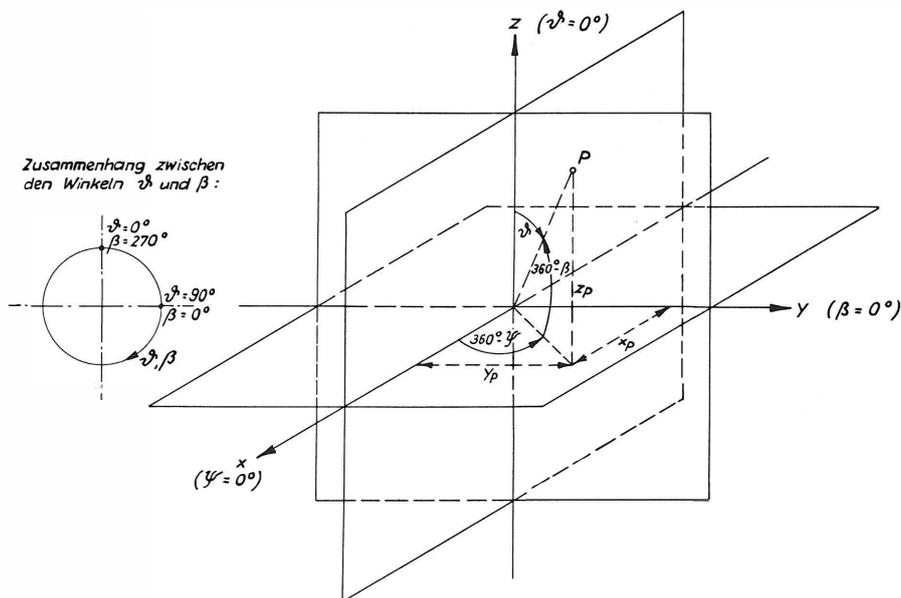


Bild 2

Das für die Diagrammberechnung verwendete Koordinatensystem

2.2.1. Resultierendes Rechenprogramm für das normierte Vertikaldiagramm einer Halbantenne (n = 4)

001	*LBLa	21 16 11	Eingabe β_0
002	PRTX	-14	
003	ST05	35 05	
004	RTN	24	
005	*LBLb	21 16 12	Eingabe f_s
006	PRTX	-14	
007	ST08	35 12	
008	RTN	24	
009	*LBLc	21 16 13	Start
010	4	04	(K = 4)
011	ST01	35 46	
012	*LBLd	21 16 14	
013	RCL1	36 46	
014	ENT↑	-21	
015	4	04	(n = 4)
016	ENT↑	-21	
017	1	01	
018	+	-55	
019	2	02	
020	÷	-24	
021	-	-45	$\left(K - \frac{n+1}{2}\right)$
022	ENT↑	-21	
023	RCL5	36 05	
024	SIN	41	
025	x	-35	
026	RCLB	36 12	
027	x	-35	
028	1	01	
029	.	-62	$\left.\begin{matrix} 360^\circ \\ 300 \end{matrix}\right\} \cdot d$
030	9	09	
031	2	02	
032	x	-35	
033	ENT↑	-21	
034	RCL1	36 45	Abruf von φ_K
035	ENT↑	-21	
036	RCLB	36 12	
037	x	-35	
038	9	09	
039	7	07	
040	.	-62	$\left.\begin{matrix} f_0 \\ \Phi_K \end{matrix}\right\}$
041	7	07	
042	5	05	
043	÷	-24	
044	+	-55	
045	ST0C	35 13	
046	RCLC	36 13	
047	COS	42	
048	ST+9	35-55 09	$\Sigma \cos \Phi_K$
049	RCLC	36 13	
050	SIN	41	
051	ST+0	35-55 00	$\Sigma \sin \Phi_K$
052	1	01	
053	ENT↑	-21	
054	RCL1	36 46	
055	X=Y?	16-33	
056	GT0e	22 16 15	I um 1 vermindern
057	DS21	16 25 46	
058	GT0d	22 16 14	
059	RTN	24	
060	*LBLe	21 16 15	
061	RCL9	36 09	
062	ENT↑	-21	
063	x	-35	
064	ENT↑	-21	
065	RCL0	36 00	
066	ENT↑	-21	
067	x	-35	
068	+	-55	
069	√x	54	$ E $
070	PRTX	-14	
071	SPC	16-11	

072	0	00	} Löschen der Summenspeicher
073	ST09	35 09	
074	0	00	
075	ST00	35 00	} β um 5° erhöhen
076	5	05	
077	ST+5	35-55 05	
078	3	03	
079	6	06	
080	0	00	
081	ENT↑	-21	
082	RCL5	36 05	
083	PRTX	-14	
084	X=Y?	16-33	Stop bei $\beta = 360^\circ$
085	RTN	24	
086	GT0c	22 16 13	} Sprungbefehl f. nächst. E-Wert
087	RTN	24	
088	R/S	51	

Bemerkungen zum Programm:

Nach dem Einlesen des auf einer Magnetkarte gespeicherten Programmes sind die Speisephasen der 4 Dipolebenen der gewünschten Halbantenne einzugeben:

- $\varphi_1 (\varphi_5) \rightarrow \text{STO } 1$
- $\varphi_2 (\varphi_6) \rightarrow \text{STO } 2$
- $\varphi_3 (\varphi_7) \rightarrow \text{STO } 3$
- $\varphi_4 (\varphi_8) \rightarrow \text{STO } 4$

Über \boxed{f} B wird als nächstes die Betriebsfrequenz gespeichert. Über \boxed{f} A wird der Anfangswert β_0 des Erhebungswinkels eingegeben und das Programm mit \boxed{f} C gestartet. Wenn andere β -Schritte gewünscht werden, ist der Programmschritt 076 entsprechend abzuändern. Bei 5° -Schritten ergibt sich für $\beta = 0^\circ$ bis 360° eine **Rechenzeit** von etwa **35 Minuten**. Es empfiehlt sich, bei Antennen mit Diagrammabsenkung eine Vorab-Rechnung mit 1° -Schritten zur genauen Ermittlung von E_{\max} durchzuführen. Hierbei liegt das Maximum der Hauptstrahlkeule bei den in der Praxis üblichen Antennen etwa zwischen $\beta = 0^\circ$ und 8° . Wenn E_{\max} so ermittelt wurde, kann nach dem Programmschritt 070 durch Einfügen von

071	(4)	(04)	Wert von $ E _{\max}$ (hier: $ E _{\max} = 4$)
072	÷	-24	$ E / E _{\max}$
073	PRTX	-14	

in einem Rechengang bereits das normierte Vertikaldiagramm bestimmt werden.

Bild 6 zeigt die auf diese Weise ermittelten Vertikaldiagramme der beiden Halbantennen der in **Bild 4** gezeigten UKW-Sendeantenne bei der Betriebsfrequenz $f_s = 94,3$ MHz. Die Dipolebene Nr. 1 dieser Antenne wird dabei mit einer Phase von $+40^\circ$ gegenüber den darunterliegenden, übrigen Dipolebenen gespeist.

2.2.2. Resultierendes Rechenprogramm für das normierte Vertikaldiagramm einer VHF-FM-Achtfach-Kreuzdipol-Sendeantenne (n = 8)

001	*LBLA	21 11	Eingabe β_0
002	PRTX	-14	
003	$\Sigma+$	56	
004	RTN	24	
005	*LBLb	21 16 12	Eingabe f_s
006	PRTX	-14	
007	ST0B	35 12	

```

000 RTN 24
001 *LBL 21 16 13 Start
010 8 08 (K = 8)
011 STO1 35 46
012 *LBL 21 16 14
013 RCL1 36 46
014 ENT 21
015 8 08 (n = 8)
016 ENT 21
017 1 01
018 + -55
019 2 02
020 ÷ -24
021 - -45 (K - n + 1)
022 ENT 21 2
023 PPS 16 51
024 RCL4 36 04
025 PPS 16 51
026 SIN 41
027 × -35
028 RCLB 36 12
029 × -35
030 1 01
031 . -62
032 9 09
033 2 02
034 × -35
035 ENT 21
036 RCLi 36 45 Abruf φ_K
037 ENT 21
038 RCLB 36 12
039 × -35
040 9 09
041 7 07
042 . -62
043 7 07
044 5 05
045 ÷ -24
046 + -55 φ_K
047 STOC 35 13
048 RCLC 36 13
049 COS 42
050 ST+9 35-55 09 Σ cos φ_K

051 RCLC 36 13
052 SIN 41
053 ST+0 35-55 00 Σ sin φ_K
054 1 01
055 ENT 21
056 RCL1 36 46
057 X=Y? 16-33
058 GT0e 22 16 15
059 DSZI 16 25 46 I um 1 vermindern
060 GT0d 22 16 14
061 RTN 24
062 *LBL 21 16 15
063 RCL9 36 09
064 ENT 21
065 × -35
066 ENT 21
067 RCL0 36 00
068 ENT 21
069 × -35
070 + -55 E
071 JX 54
072 PRTX -14
073 SPC 16-11
074 0 00
075 ST09 35 09
076 0 00
077 ST00 35 00
078 5 05
079 Σ+ 56
080 3 03
081 6 06
082 0 00
083 ENT 21
084 PPS 16-51
085 RCL4 36 04
086 PPS 16-51
087 PRTX -14
088 X=Y? 16-33 Stop bei β = 360°
089 RTN 24
090 GT0e 22 16 13 Sprungbefehl f. nächst. E-Wert
091 RTN 24
092 R/S 51
    
```

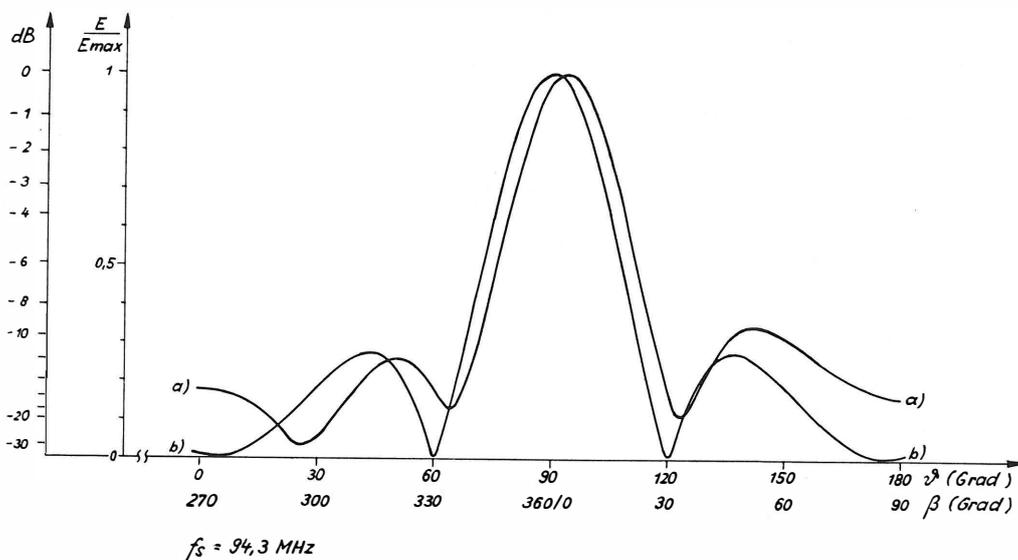


Bild 6
Vertikaldiagramme der beiden Halbantennen
einer UKW-Achtfach-Drehkreuzantenne mit ungleichphasiger Speisung der Dipolebenen
(oberste Dipolebene +40° gegenüber den übrigen Dipolebenen)
a) Obere Halbantenne b) Untere Halbantenne

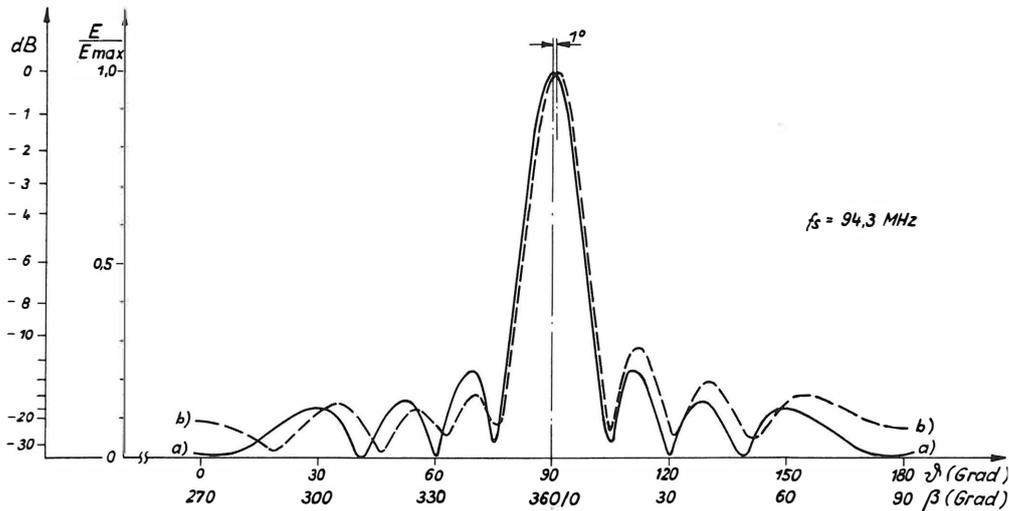


Bild 7

Vertikaldiagramme einer UKW-Achtfach-Kreuzdipolantenne

- a) mit gleichphasiger Speisung aller 8 Dipolebenen
- b) mit ungleichphasiger Speisung der Dipolebenen (oberste Dipolebene + 40°) zur Nullstellenauffüllung und Diagrammabsenkung

Bemerkungen zum Programm:

Abgesehen von der größeren Zahl der belegten Speicher für 8 φ_K -Werte gegenüber 4 bei der Halbantenne und den resultierenden 8 Schleifendurchläufen pro E-Wert wird bei diesem Programm die schrittweise Erhöhung des β -Wertes (hier wieder in 5°-Schritten) nicht über die Speicherregister-Arithmetik vorgenommen, weil alle dafür geeigneten Register R_0 bis R_9 bereits vergeben sind. Hier wird stattdessen die Tatsache ausgenutzt, daß der HP 97 bei Betätigung der Tastenfunktion $\Sigma+$ unter anderem in dem sog. geschützten Sekundär-Speicherregister R_{s4} die Summe von x (Σx) bildet. Das Rechenprogramm wird damit nur unwesentlich länger. Nach Abschluß einer Diagrammberechnung ist jedoch das benutzte Speicherregister R_{s4} entweder über

- 001 P $\vec{\leftarrow}$ S 16-51
- 002 CLRG 16-53
- 003 P $\vec{\leftarrow}$ S 16-51

zu löschen oder das Rechenprogramm nach Aus- und Wiedereinschalten des Rechners über die Magnetkarte erneut einzulesen, um für eine neue Diagrammberechnung bereit zu sein.

Für eine Diagrammberechnung in 5°-Schritten beträgt die **Rechenzeit** etwa **57 Minuten** ($\beta = 0^\circ$ bis 360°).

Bild 7 zeigt zwei auf diese Weise berechnete Vertikaldiagramme der in **Bild 4** gezeigten Antenne. Fall a) zeigt das Gesamtdiagramm bei gleichphasiger Speisung aller 8 Dipolebenen.

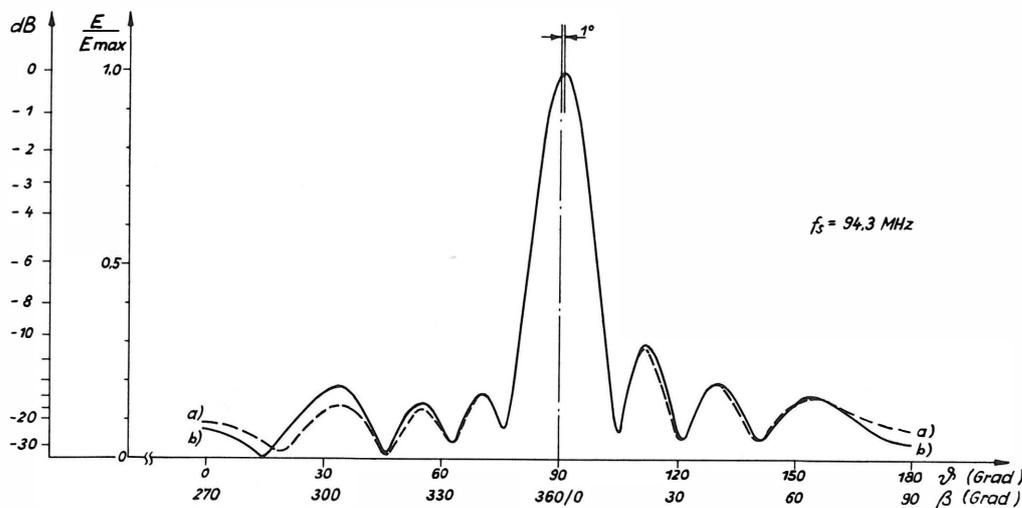


Bild 8

Vertikaldiagramme einer UKW-Achtfach-Kreuzdipolantenne

- a) berechnet mit dem beschriebenen HP 97-Rechenprogramm
- b) berechnet mit dem Großrechner des Rechenzentrums von AEG-Telefunken Berlin (Linan-Rechenprogramm)

Fall b) zeigt das Gesamtdiagramm bei ungleichphasiger Speisung der Dipolebenen (oberste Dipolebene + 40°) zur Nullstellenauffüllung und zur Diagrammabsenkung um etwa 1°. Zum Fall b) gehören auch die in **Bild 6** enthaltenen Vertikaldiagramme der beiden Halbantennen. Um zu verdeutlichen, welche Genauigkeit die derart gewonnenen Vertikaldiagramme haben, wurde der Fall b) aus **Bild 7** unter genauerer Berücksichtigung der geometrischen Antennenstruktur und der Vertikalcharakteristik eines Einzelstrahlers (einzelnes Drehkreuz) zusätzlich über ein spezielles Rechenprogramm einer Großrechenanlage der Firma AEG-Telefunken bestimmt und mit den HP 97-Rechenergebnissen verglichen.

Die mit dem Großrechner und dem Taschenrechner berechneten Vertikaldiagramme sind in **Bild 8** dargestellt. Man erkennt gut, daß im Winkelbereich von etwa ±30° um die Hauptstrahlrichtung die Ergebnisse praktisch identisch sind. Darüber hinaus nehmen die Abweichungen erkennbar zu. In der Praxis sind diese Abweichungen jedoch bedeutungslos.

Die mit dem Taschenrechner ermittelten Diagramme stellen damit ein brauchbares Hilfsmittel dar für diverse antenntentechnische Aufgaben, z. B. Neuplanung von Antennen, rechnerische Kontrolle der Auswirkung von Änderungen im Speisesystem einer Antenne, Kontrolle der Angaben (Diagrammangaben) von Antennen-Lieferfirmen usw.

3. Beispiel 2

3.1. Berechnung des Horizontaldiagrammes einer Mittelwellen-Richtantenne mit zwei fußpunktgespeisten Vertikalstrahlern

Im zweiten Beispiel soll die einfache Berechnung des normierten Horizontaldiagrammes von Mittel-

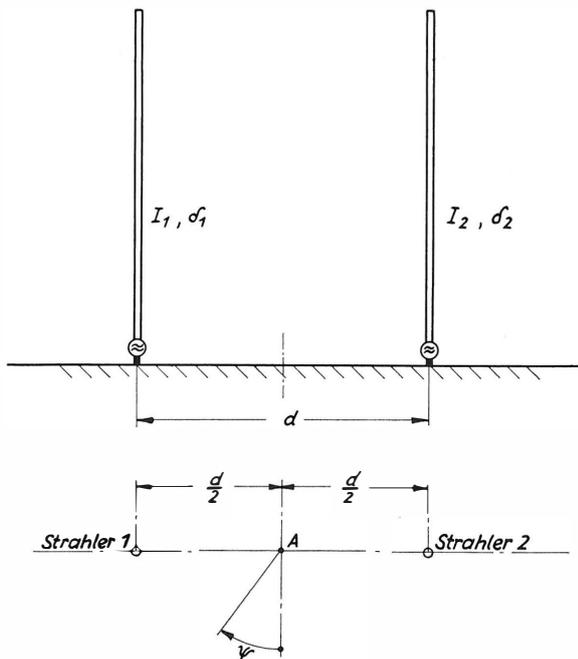


Bild 9

Schema einer MW-Richtantenne mit zwei fußpunktgespeisten Vertikalstrahlern

wellen-Richtantennen mit zwei fußpunktgespeisten Vertikalstrahlern gezeigt werden. Derartige Antennen werden relativ häufig verwendet, um über Diagramm-Nullstellen die Abstrahlung in Richtung zu Gleichkanalsendern herabzusetzen oder um das Antennendiagramm dem zu versorgenden Gebiet optimal anzupassen.

Bild 9 zeigt die Anordnung der beiden Strahler. Als Antennenzentrum (Bezugspunkt für die Rechnung) wird der Punkt A in der Mitte zwischen den Strahlern gewählt. Wegen der Einfachheit des Problems wird auf die Ableitung der mathematischen Formel für den Betrag der Feldstärke (im Fernfeld) als Funktion des Azimutwinkels ψ verzichtet und auf [1] verwiesen. Danach ergibt sich das Horizontaldiagramm als das Produkt aus Feldstärke des Einzelstrahlers $E_1(\psi)$ und Gruppencharakteristik:

$$E(\psi) = E_1(\psi) \cdot$$

$$\cdot \sqrt{1 + \left(\frac{I_2}{I_1}\right)^2 + 2 \cdot \frac{I_2}{I_1} \cdot \cos\left(\delta + 2 \cdot \pi \cdot \frac{d}{\lambda} \cdot \cos\psi\right)} \quad (13)$$

$E_1(\psi)$ fällt bei Bildung des normierten Horizontaldiagrammes $\frac{E}{E_{\max}}$ als Konstante heraus und wird daher in der weiteren Rechnung nicht berücksichtigt.

Mit den Größen

I_1, I_2 = Bauchströme der beiden Strahler,

$\delta = \delta_2 - \delta_1$ = Phasenunterschied der Ströme I_1 und I_2 ,

d = geometrischer Abstand der beiden Strahler (m),

λ = Betriebswellenlänge (m) und

ψ = Azimutwinkel

lautet die Formel für die Berechnung des Horizontaldiagrammes dann:

$$E(\psi) = \sqrt{1 + \left(\frac{I_2}{I_1}\right)^2 + 2 \cdot \frac{I_2}{I_1} \cdot \cos\left(\delta + \frac{360^\circ \cdot d}{\lambda} \cdot \cos\psi\right)} \quad (14)$$

Kontrolle: Im Fall gleicher Ströme $I_1 = I_2$ ergibt sich aus (13) mit einer Umrechnungsformel für Funktionen des halben Arguments

$$\cos \frac{X}{2} = \sqrt{\frac{1 + \cos X}{2}}$$

der bekannte Ausdruck

$$E(\psi) = E_1(\psi) \cdot 2 \cdot \cos\left(\frac{\delta}{2} + \frac{2 \cdot \pi \cdot d}{\lambda} \cdot \frac{\cos\psi}{2}\right) \quad (15)$$

Es soll jedoch ein Beispiel mit ungleichen Strömen nach Formel (14) berechnet werden.

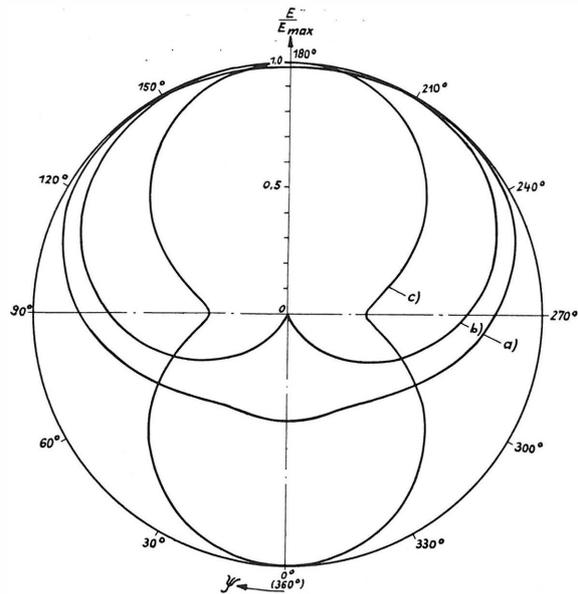
3.2. Erstellung des Rechenprogrammes

Wegen der Einfachheit des mathematischen Ausdrucks ist für die Erstellung des Rechenprogrammes keine Vorüberlegung anhand eines Flußdiagrammes erforderlich.

3.2.1. Resultierendes Programm

```

001 *LBLA      21 11  Eingabe von  $\frac{I_2}{I_1}$ 
002 PRTX      -14
003 ST01      35 01
004 RTN       24
005 *LBLB      21 12  Eingabe von  $\delta = \delta_2 - \delta_1$ 
006 PRTX      -14
007 ST02      35 02
008 RTN       24
009 *LBLC      21 13  Eingabe von  $360^\circ \cdot \frac{d}{\lambda}$ 
010 PRTX      -14
011 ST03      35 03
012 RTN       24
013 *LBLD      21 14  Eingabe von  $\psi_0$ 
014 PRTX      -14
015 ST04      35 04
016 RTN       24
017 *LBL E     21 15  Start
018 RCL4      36 04
019 COS       42
020 RCL3      36 03
021 X         -35
022 RCL2      36 02
023 +         -55
024 COS       42
025 RCL1      36 01
026 X         -35
027 2         02
028 X         -35
029 ENT↑      -21
030 RCL1      36 01
031 X²        53
032 +         -55
033 1         01
034 +         -55
035 √X        54  Ergebnis  $|E|$ 
036 PRTX      -14
037 SPC       16-11
038 1         01
039 0         00
040 ST+4     35-55 04 }  $\psi$  wird um  $10^\circ$  erhöht
041 3         03
042 6         06
043 0         00
044 ENT↑      -21
045 RCL4      36 04
046 PRTX      -14
047 X=YP      16-33
048 RTN       24  Stop bei  $\psi = 360^\circ$ 
049 GTOE      22 15  Sprungbefehl f. d. Berechnung
050 RTN       24      [des nächsten  $|E|$ -Wertes]
051 R/S       51
    
```



- a) $f = 990 \text{ kHz}; I_2/I_1 = 0,4; \delta = 79^\circ$
- b) $f = 855 \text{ kHz}; I_2/I_1 = 1,0; \delta = 90^\circ$
- c) $f = 684 \text{ kHz}; I_2/I_1 = 0,683; \delta = 180^\circ$

Bild 10

Horizontaldiagramm einer MW-Antenne mit zwei Strahlern

```

037 (2) (02) Wert von  $|E|_{\max}$  (hier  $|E|_{\max} = 2$ )
038 ÷ -24  $|E| / |E|_{\max}$ 
039 PRTX -14
    
```

hinter dem Programmschritt 036 direkt das normierte Horizontaldiagramm berechnet.

Die Rechenzeit bei ψ -Schritten von 10° beträgt für ein Diagramm ($\psi = 0^\circ$ bis 360°) nur etwa 4 Minuten.

4. Schlußbemerkung

Mit den gegebenen Beispielen für die Berechnung von Antennendiagrammen mit Hilfe eines programmierbaren Taschenrechners sollte der – gemessen an ihrem Preis – hohe Gebrauchswert derartiger Geräte gezeigt werden. Die erzielbaren Zeiteinsparungen bei umfangreichen Rechnungen sind beachtlich. So fallen z. B. bei der Berechnung des Vertikaldiagrammes der UKW-Achtfach-Drehkreuzantenne in 5° -Schritten insgesamt etwa 10 000 einzelne Rechenvorgänge an. Bei manueller Durchführung der Rechnung und bei Benutzung nur einfacher Rechenhilfen, wie Rechenschieber, Funktionentafeln, einfachen Taschenrechnern usw., würde die Rechenzeit ein bis zwei Arbeitstage betragen. Der HP 97 rechnet und druckt das Ergebnis in nur 57 Minuten aus und muß dabei noch nicht einmal überwacht werden. Das bedeutet eine erhebliche Entlastung des Ingenieurs, der derartige Aufgaben wahrzunehmen hat.

Der Autor dankt abschließend Herrn Zander von der Entwicklungsabteilung für Sendeantennen der Firma AEG-Telefunken für Anregungen zu den Diagrammberechnungen und für die Durchführung der im Text beschriebenen Kontrollrechnungen auf einer Großrechenanlage.

Die „Weiterschaltung“ des Azimutwinkels ψ in Schritten von 10 zu 10 Grad erfolgt in der bereits beschriebenen Weise über die Speicherregister-Arithmetik. Der jeweilige Schleifendurchlauf zur erneuten E-Berechnung nach Erhöhung von ψ sowie Stop bei Erreichen von $\psi = 360^\circ$ wird in der ebenfalls schon beschriebenen Weise über eine Vergleichsoperation und über den gekoppelten Sprungbefehl GTO E bewirkt.

Bild 10 zeigt drei mit diesem nur 51 Schritte umfassenden Programm berechnete Horizontaldiagramme einer existierenden MW-Richtantenne bei drei verschiedenen Betriebsfrequenzen. Dabei wurde in einem Rechendurchlauf zunächst $|E|_{\max}$ ermittelt und dann durch Einfügen von

SCHRIFTTUM

- [1] Meinke, H.; Gundlach, F. W.: Taschenbuch der Hochfrequenztechnik. Springer-Verlag Berlin/Göttingen/Heidelberg 1962.
- [2] Hewlett & Packard: User's Library Solutions Book „Antennas“. Zubehör zu HP 67/HP 97, Nr. 00097-14021.
- [3] Alt, H.: Angewandte Mathematik, Finanzmathematik, Statistik, Informatik für UPN-Rechner. F. Vieweg & Sohn Verlags-GmbH, Braunschweig/Wiesbaden 1979.

Anhang

Die in Beispiel 1 behandelte VHF-FM-Achtfach-Drehkreuzantenne ist vom Typ der sog. linearen Gruppenantenne, bei der gleichartige Einzelstrahler (Kreuzdipole) in gleichen Abständen in einer geraden Linie angeordnet sind.

Die Gesamtcharakteristik $\underline{E}(\psi, \beta)$ dieses Systems setzt sich nach [1] aus der Charakteristik des Einzelstrahlers $\underline{E}_1(\psi, \beta)$ und der sog. Gruppencharakteristik $\underline{E}_{\text{Gruppe}}(\psi, \beta)$ wie folgt zusammen:

$$\underline{E}(\psi, \beta) = \underline{E}_1(\psi, \beta) \cdot \underline{E}_{\text{Gruppe}}(\psi, \beta) \quad (a)$$

Für die korrekte Berechnung des Vertikaldiagrammes $\underline{E}(\psi = \text{konst.}, \beta)$ der Drehkreuzantenne muß daher neben der in Beispiel 1 berechneten Gruppencharakteristik auch die Vertikalcharakteristik des Einzelstrahlers berücksichtigt werden.

Soll z. B. das Vertikaldiagramm für den Azimutwinkel $\psi = 0^\circ$ bestimmt werden, dann ist nach [1] der Betrag von $\underline{E}_1(\psi = 0^\circ, \beta)$ mit $D = \text{Dipollänge}$ aus den beiden Komponenten

$$E_{1\psi}^* = \frac{Z_0}{2 \cdot \pi \cdot R} \cdot I_0 \left(1 - \cos \frac{\pi \cdot D}{\lambda} \right) \quad (b)$$

und

$$E_{1\beta}^* = \frac{Z_0}{2 \cdot \pi \cdot R} \cdot I_0 \cdot \frac{\cos \left(\frac{\pi \cdot D}{\lambda} \cdot \cos \beta \right) - \cos \frac{\pi \cdot D}{\lambda}}{\sin \beta} \quad (c)$$

zu bestimmen. Der Ausdruck

$$\frac{Z_0}{2 \cdot \pi \cdot R} \cdot I_0$$

fällt bei Bildung des normierten Vertikaldiagrammes $|\underline{E}_1|/|\underline{E}_1|_{\text{max}}$ heraus. Wenn zusätzlich der Wert π (Bogenmaß) durch den zugehörigen Winkel 180° und die Wellenlänge λ durch $\lambda = 300/f_s$ ($f_s = \text{Betriebsfrequenz}$ in MHz) ersetzt wird, lauten die zu berechnenden Feldstärkekomponenten

$$E_{1\psi} = 1 - \cos \left(\frac{180^\circ}{300} \cdot D \cdot f_s \right) \quad (d)$$

und

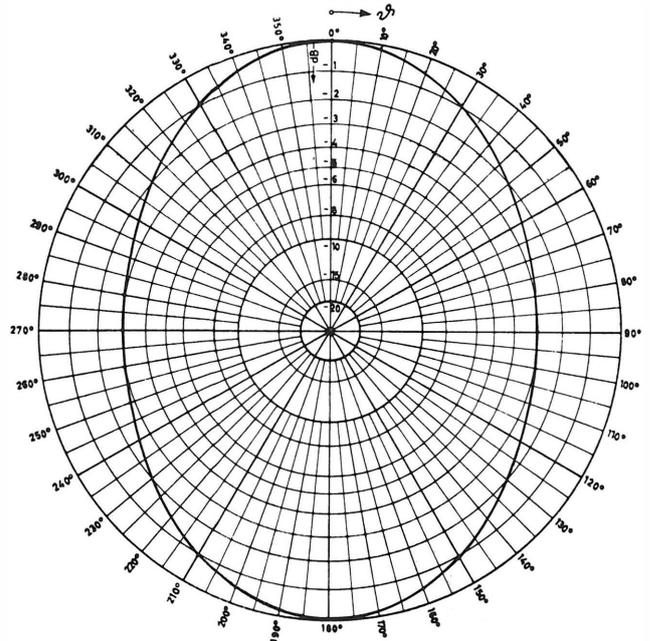
$$E_{1\beta} = \frac{\cos \left(\frac{180^\circ}{300} \cdot D \cdot f_s \cdot \cos \beta \right) - \cos \left(\frac{180^\circ}{300} \cdot D \cdot f_s \right)}{\sin \beta} \quad (e)$$

Der Betrag von \underline{E}_1 wird daraus in der bekannten Weise berechnet:

$$|\underline{E}_1| = \sqrt{(E_{1\psi})^2 + (E_{1\beta})^2} \quad (f)$$

Das normierte Vertikaldiagramm ergibt sich dann aus

$$\frac{|\underline{E}_1|}{|\underline{E}_1|_{\text{max}}} = \frac{\sqrt{(E_{1\psi})^2 + (E_{1\beta})^2}}{\left(\sqrt{(E_{1\psi})^2 + (E_{1\beta})^2} \right)_{\text{max}}} \quad (g)$$



$f_s = 94,3 \text{ MHz}$

Bild 11
Vertikaldiagramm eines Einzelstrahlers (Drehkreuz) der VHF-FM-Achtfach-Drehkreuz-Sendeantenne

Die nachfolgende Tabelle enthält die resultierenden Zahlenwerte für das Vertikaldiagramm eines Einzelstrahlers (einzelnes Drehkreuz) der in Beispiel 1 behandelten VHF-FM-Achtfach-Drehkreuz-Sendeantenne bei der Betriebsfrequenz $f_s = 94,3 \text{ MHz}$.

β (Grad)	δ (Grad)	$ \underline{E}_1 $	$\frac{ \underline{E}_1 }{ \underline{E}_1 _{\text{max}}}$	(dB)
0	90	1,393	0,707	-3,0
10	100	1,402	0,712	-2,9
20	110	1,431	0,726	-2,8
30	120	1,483	0,753	-2,5
40	130	1,560	0,792	-2,0
50	140	1,659	0,842	-1,5
60	150	1,769	0,898	-0,9
70	160	1,871	0,950	-0,4
80	170	1,944	0,987	-0,1
90	180	1,970	1	0

Bild 11 zeigt das zugehörige Vertikaldiagramm. Man erkennt gut, daß für den Winkelbereich $\delta = 60^\circ$ bis 120° bzw. $\beta = 330^\circ$ bis 30° (Horizontalrichtung $\pm 30^\circ$) die Abweichung von einer echten Rundcharakteristik (Kreisform) höchstens 0,5 dB beträgt. Der Maximalfehler beträgt in der Vertikalrichtung, also im Bereich der bei derartigen Antennen weniger interessierenden Nebenkeulen, 3 dB. Die für das Beispiel 1 gewählte Vereinfachung der ausschließlichen Berücksichtigung der sog. Gruppencharakteristik hat damit auch in der Praxis ihre Berechtigung.

GROSSER TONÜBERTRAGUNGSWAGEN Ü 24 / Ü 25 DES NORDDEUTSCHEN RUNDFUNKS

1. Einleitung

Von der Modernisierung seiner technischen Anlagen ist auch der Rundfunk nicht ausgenommen, wenn man die Aufnahmetechnik der Tonanlagen eines Funkhauses auf dem heutigen Stand halten will. Das gilt nicht nur für Regie- und Schalträume, sondern auch für die Tonübertragungswagen, die das Bindeglied zwischen den öffentlichen Veranstaltungen oder den aktuellen Tagesereignissen und dem Funkhaus darstellen.

Als am 3. Juni 1979 das Hamburger Hafenkonzert zu seinem 50. Geburtstag aus dem Schulauer Fährhaus übertragen wurde, war dies gleichzeitig der erste Einsatz des neuen Tonübertragungswagens Ü 24. Dieser Wagen ist nach den Erfordernissen der modernen Übertragungstechnik für Stereoubertragungen konzipiert und wird bei Veranstaltungen eingesetzt werden, bei denen viele Mikrofonkanäle gebraucht werden. Das ist in Hamburg der Fall bei Übertragungen von Sinfonie- und anderen großen Konzerten aus der Musikhalle, aus dem Congress Centrum und aus der Ernst-Merck-Halle sowie nicht zuletzt bei Übertragungen der beliebten Hafenkonzerte.

Der Tonübertragungswagen Ü 24 ersetzt den Ü 21, der über 10 Jahre alt und den programmlichen und technischen Anforderungen nicht mehr gewachsen ist.

2. Aufgabenstellung

Für den neuen Ü-Wagen war eine Tonregieeinrichtung vorzusehen, die 40 Mikrofonkanäle verarbeiten kann. Ferner waren ein Tonmeisterplatz und ein in sich abgeschlossener Tonträgeraum mit drei Tonbandmaschinen M 15 A unterzubringen. Eine 8-Spur-Tonbandmaschine sollte von einem Rüstwagen dem Ü-Wagen zugeschaltet werden können. Selbstverständlich mußte der Ü-Wagen auch mit all den technischen Einrichtungen ausgerüstet werden, die für einen hochwertigen Aufnahme- und Übertragungsbetrieb erforderlich sind, wie

- 1 Hallverzögerungsmöglichkeit
- 1 Konferenzanlage
- 1 Fernsprechmakler- und Reportageanlage
- 1 Außenkamera mit Wagenmonitor
- 1 NöbL¹-Funkgerät
- 1 ÖbL²-Funktelefon u. a. m.

3. Wagenauswahl

Um diese gesamte tontechnische Einrichtung unterbringen zu können, war ein Wagen mit einem Gesamtgewicht von 16 t erforderlich. Die Wahl fiel auf ein Mercedes-Benz-Chassis vom Typ LP 1619 mit einem nach vorn abklappbaren Fahrerhaus.

Dieser Wagentyp läßt einen vom Fahrerhaus getrennten Karosserieaufbau zu. Die Seitenwände werden unterbrochen von drei Fenstern, wovon zwei links und rechts



Bild 1
Wagen mit Türansicht

des Regietisches und eines im Tonträgerbereich über den Tonbandmaschinen angeordnet sind. Für den Ein- und Ausgang wurden zwei preßluftgetriebene Schiebetüren im vorderen und mittleren Bereich zur Gehsteigseite eingebaut (**Bild 1**). Sie sind sowohl automatisch durch Knopfdruck wie auch von Hand zu betätigen. Eine Fühlerleiste im Türrahmen sorgt für eine unfallfreie Benutzung. Die Aufgänge erfolgen jeweils über eine Treppe, die aus den hierfür vorgesehenen Räumen unter den Türen herausgezogen wird. An der Heckseite befindet sich eine Doppelklapptür, die den Zugang zum Anschlußverteiler und zum Kabeltrommelraum ermöglicht.

4. Wagenaufteilung

4.1. Regie- und Tonmeisterplatz

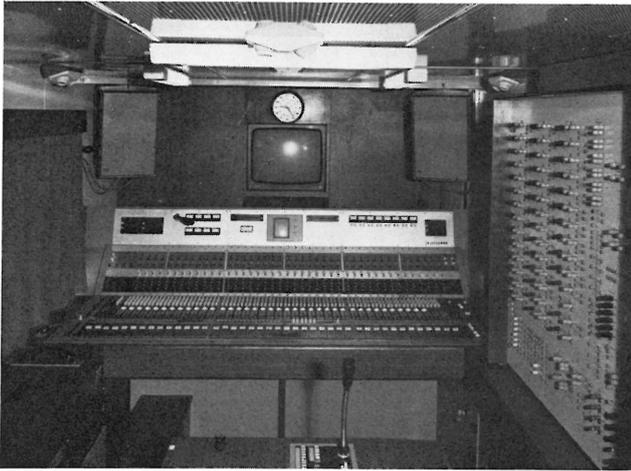
Betrachten wir die Aufteilung der Räume sowie die Anordnung der Geräte, so finden wir im Regieraum vor dem Regiepult einen Gang, der sowohl die Wartung der im Regiepultfuß herunterklappbaren Verstärkereinheiten wie auch die Benutzung der vorderen Schrankwand zuläßt. In dieser Schrankwand ist unten links auf Teleskopschienen die Hallplatte (Delta T 102) und in der Mitte oben der Monitor für die Außenkamera untergebracht. Außerdem befinden sich hier ein Kleiderschrank und ein Kühlschrank sowie ein Schrank mit Ablageborden.

Das Regiepult mit seinen Bedieneinheiten nimmt die gesamte Breite des Wagens ein. Darüber befinden sich, in den Ecken hängend montiert, die beiden Abhörlautsprecher, die ihren Basispunkt in der Mitte des Regieplatzes haben.

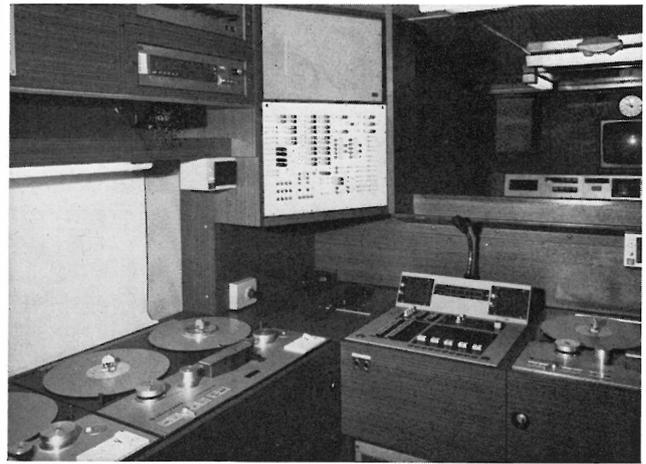
Alle Bedienfunktionen sind vom Platz des Toningenieurs gut auszuführen. So befinden sich auf der rechten Seite eine Wanne mit 4 Entzerrern (Glockenfiltern) W 696 und der senkrecht aufgestellte Schnurverteiler mit seinen 947 Buchsen und dem im Siebdruckverfahren aufgebrauchten Blindschaltbild. Auf der linken Seite befinden sich die Fernsprechmakler- und Reportageanlage, das Bedienteil mit dem Hör- und Sprechgerät für den NöbL (hiervon gibt es noch zwei weitere Einheiten im Fahrer-

¹ Nicht öffentlicher beweglicher Landfunkdienst

² Öffentlicher beweglicher Landfunkdienst

**Bild 2**

Vorderseite des Wagens mit Regiepult, Schnurverteiler, NöbL, ÖbL, Fernsprechmakler- und Reportageanlage

**Bild 3**

Tonträger mit M 15 A und Verteiler

haus und im Tonträger), das ÖbL-Telefon und darunter in einer Gestelleinheit die Hallverzögerungsgeräte und die Begrenzer von Audio Design (**Bild 2**).

Etwas weiter links ist das Telefongestell mit dem Anschaltgerät ANG angeordnet. Unmittelbar hinter dem Toningenieur hat der Regisseur bzw. der Tonmeister seinen Platz. Diese Anordnung ist bewußt so gewählt worden, damit sich beide bei stereofonischen Darbietungen in der optimalen Abhörzone befinden. Um genügend Bewegungsfreiheit bei den vorbereitenden Arbeiten zu haben, wurde der Regisseurplatz mit zwei seitlich hochklappbaren Verlängerungen von je 20 cm versehen, so daß der Tisch im Betriebsfall 100 cm breit ist.

4.2. Tonträger

Der Tonträgeraum, der sich auf der Höhe der hinteren Tür anschließt, ist durch eine 125 cm hohe Trennwand vom Regieraum weitgehend abgeteilt. Diese halb-abgeschlossene Raumaufteilung hat den Vorteil, daß der Techniker, der sich im Tonträgeraum befindet, das Schallereignis im Regieraum gut verfolgen kann, während der Toningenieur und der Regisseur im Regieraum ihre Aufgaben erfüllen können, ohne durch den Arbeitsablauf im Tonträgeraum gestört zu werden. Der Tonträger ist mit einem Bedienzwiseinstück und drei Tonbandmaschinen M 15 A ausgerüstet (**Bild 3**).

Weiterhin befinden sich hier die Kontrollempfänger und der Reportagesender sowie ein HF-Steckfeld für die Antennenleitungen. Auf der rechten Seite am Durchgang zur Tür wurde das Netzversorgungsgestell untergebracht, so daß im hinteren Raum noch genügend Platz für umlaufende Tische und Hängeschränke verblieb, um die Mikrofone und das Kleinzubehör unterzubringen. Die Tische bieten außerdem noch die Möglichkeit, zwei weitere Tonbandmaschinen (Nagra o. ä.) aufzunehmen und zu betreiben. Zu diesem Zweck wurde oberhalb der Tischplatte links neben der M 15 A/1 eine Platine mit den nötigen Versorgungsanschlüssen installiert, wie

- 4 Buchsen für Wiedergabeleitungen
- 1 24-V-Anschluß (Apparateklammen)
- 1 15-V-Anschluß (stabilisiert)
- 2 Netzdosens 220 V.

4.3. Heckeinbauten

Der hintere, nur von außen über zwei Hecktüren zugängliche Teil des Wagens wird vom Kabeltrommelraum eingenommen (**Bild 4**). Hier sind 12 Kabeltrommeln mit sechspaarigen und 3 Kabeltrommeln mit zweipaarigen Modulationskabeln untergebracht. Ferner befinden sich hier der Anschlußverteiler, der die Leitungsverbindungen zu den Eingangskanälen herstellt, sowie der 380-V-Drehstrom-Netzanschluß und 3 Netzkabeltrommeln. Zur Bedienung dieser Einheiten ist die untere Heckklappe zu einem Stufenaufstieg herausklappbar. Ein weiterer Trittrost zur Bedienung der oberen Trommeln kann oberhalb der Heckklappe herausgezogen und mit einem Gitter gesichert werden. Zum Schutz gegen Witterungseinflüsse ist eine aus dem Deckenbereich des Kabeltrommelraumes herausrollbare Plane eingebaut, die an den aufgeklappten Türen befestigt wird.

4.4. Antennen und Mast

Die Stabantennen für die Geräte NöbL, ÖbL, Reportageempfänger ER 2 und für den Kontrollempfänger sind als abklappbare Antennen auf den hinteren Dachbereich montiert. Ein 5-m-Handkurbelmast vom Typ „Gero“ befindet sich am Heck des Wagens zur Gehsteigseite hin. Er kann sowohl für eine Empfangsantenne als auch für eine Sendeantenne benutzt werden.

4.5. Unterflurbereich

Die zur weiteren Versorgung des Ü-Wagens nötigen Geräte und Aggregate, wie die Klimaanlage, der Druckluftbehälter für die Türbetätigung, die Zusatzheizung, die 24 V/120 Ah-Batterien und die Netzeingangstrafos 3 x 6,5 kVA sowie ein Trafo 3,5 kVA für das rückführende Netz, sind im Unterflurbereich installiert. Die restlichen freien Räume in diesem Bereich dienen als Stauräume für loses Gerät.

Nach der mechanischen Beschreibung des Ü-Wagens soll noch die tontechnische Ausrüstung sowie die übrige elektrische Versorgung angesprochen werden.

5. Tontechnische Ausrüstung

5.1. Tonregie

Die vorhandenen 40 Mikrofonkanäle sind in 38 Monokanäle und 2 Stereokanäle aufgeteilt. Alle 40 Kanäle



Bild 4

Heckeinbauten mit Kabeltrommeln und Anschlußverteiler

sind jedoch mit einem aktiven Pegelsteller W 690 ST-D ausgerüstet. Bei einer Mono-Mikrofonschaltung wird der linke Kanal benutzt. Der Ausgang des linken Kanals wird einem Panoramapotiometer (Pan-Pot) zugeführt, an dessen Ausgang eine Stereoinformation abgegeben wird, die wiederum mittels Tastenschaltern 6 Zwischensummen-Sammelverstärkern und den beiden Sendewegen zugeführt werden kann.

Die Ausgänge der 6 Zwischensummen (Stereo) werden mit den Ausgängen 1 bis 4 auf die Eingangswahlschalter 1 bis 20, die Ausgänge 3 bis 6 auf die Eingangswahlschalter 21 bis 40 zurückgeführt, so daß jeder freie Pegelsteller die Information in Stereo verarbeiten kann.

Beim Aufschalten der Zwischensummen-Stereoinformation wird gleichzeitig das Pan-Pot vom Summenkanal abgeschaltet (überbrückt). Diese Schaltweise bietet den Vorteil, daß jeder beliebige Pegelsteller als Summensteller verwendet werden kann, und zwar dort, wo ihn der Toningenieur wirklich benötigt.³

Die ankommenden Leitungen werden über 10 Kabeltrommeln mit je sechspaarigen Modulationskabeln in den Anschlußverteiler im Heck des Ü-Wagens geführt. Insgesamt sind 60 Leitungen zuschaltbar. Die Verbindungen

erfolgen über Verbindungsstecker. Hierdurch ist es möglich, die Leitungen für die entsprechenden Wege vorzuordnen oder auch Leitungstrommeln mit einpaarigen Kabeln im Direktsteckverfahren zu verwenden.

Hinter den Mikrofonverstärkern, also hochpegelig, werden die Leitungen (um 20 dB gedämpft) in den Anschlußverteiler auf Steckmesserarmaturen zurückgeführt. Sie dienen zur Verteilung der Mikrofonwege an einen zweiten Ü-Wagen.

Alle Kanäle sind mit einem Entzerrer W 696 ausgerüstet. Zur weiteren tontechnischen Ausrüstung gehören zwei Hallwege mit zwei Hallverzögerungsgeräten Delta T 102B und eine Hallplatte EMT 240. Die Aufschaltung erfolgt mit je einem Wahlschalter von den Quellen vor und hinter dem Pegelsteller. Mit vier weiteren, gleichen Aufschaltungen können vier Konferenzleitungen betrieben werden, deren Ausgänge, je nach Bedarf, mit + 6 dBm und + 15 dBm zur Verfügung stehen.

Eine für den Betrieb sehr praktische Einrichtung wurde mit der Prüfschaltung realisiert. Durch Betätigen einer blauen Prüftaste, jeweils oberhalb der Pegelsteller, wird der Abhörweg abgeschaltet und der betreffende Pegelsteller-Ausgang aufgeschaltet. Auf diese Weise ist ein fehlerhafter Mikrofonkanal sehr schnell aufzufinden.

Auf die früher üblichen, mit dem Pegelsteller gekoppelten Signale wurde bewußt verzichtet. Statt dessen wurden fünf Einzelsignale eingebaut, von denen drei im Regietisch, eines im Tonmeisterplatz und ein weiteres Signal im Tonträger installiert sind. Über den Schnurverteiler sind sie entweder zum Anschlußverteiler, zum Fahrerhaus oder zum Rüstwagen zu schalten. Eine weitere Signalisierung, deren Leitung in den Anschlußverteiler geführt wird, ist vom Sendeschalter aus möglich.

Das Fahrerhaus bot sich geradezu an, um im Bedarfsfall als Sprecherraum zur Verfügung zu stehen. Eine Mikrofonleitung und die nötigen Kommunikationsverbindungen wurden auf der Beifahrerseite im Instrumentenbrett untergebracht.

5.2. Tonträger

Der Tonträger verfügt über fünf Kanäle mit drei Tonbandmaschinen-Ausgängen M 15 A und zwei Leitungswegen aus dem Regieraum. Die Aufnahmeleitung kann außer auf die Tonbandmaschinen M 15 A auch auf zwei weitere Tonbandmaschinen (Nagra o. ä.) geschaltet werden.

6. Spannungsversorgung

Der für den Wagen erforderliche Netzanschluß erfolgt über einen 380-V-Cekonstecker (Euronorm) im Anschlußverteiler. Da für eine transportable Betriebsstätte, und eine solche ist ein Ü-Wagen, nach VDE 0800 besondere Sicherheitsvorschriften gelten, muß die Netzzuleitung über Zwischentransformatoren von 3 x 6,5 kVA in den Ü-Wagen geführt werden. Das gleiche gilt für das rückführende Netz eines hiervon abgezweigten Außenanschlusses. Die Netzleitung wird dann über einen Drehfeldmesser und einen Phasenvertauschungsschalter zum Netzgestell im Tonträgeraum geführt, in dem sich der Hauptschalter, die Instrumente und die Sicherungsautomaten für die Verbraucher befinden. Als weitere Schutzmaßnahme wurde in die Hauptzuleitung vom Übertrager zum Gestell ein FI-Schutzschalter von 0,5 A und in

³ Der Abdruck des umfangreichen Modulationsschaltbildes ist hier leider nicht möglich; es kann aber vom Autor angefordert werden.

jeden Verbraucherkreis vor den Sicherungsautomaten ein FI-Schutzschalter mit einem Abschaltstrom von 30 mA eingebaut.

Als zweite Spannungsquelle ist eine Batterie 2 x 12 V (24 V)/120 Ah eingebaut, die vorwiegend die Verbraucher versorgt, die mit elektronisch verriegelten Relais-schaltungen arbeiten. Diese Schaltungen müßten bei einem 220-V-Betrieb im Falle eines Netzausfalls in mühseliger Arbeit wieder neu aufgebaut werden. Die Zuschaltung der 24 V erfolgt über den Netzschalter. Die Pufferung der Batterie wird von einem netzbetriebenen Ladegerät PLG 30 V/64 A übernommen, da der Wagen ohnehin nur mit Netzanschluß betrieben werden kann. Es konnte daher auf den Einbau einer zweiten Lichtmaschine verzichtet werden. Die Sicherungsautomaten für die 24-V-Versorgung liegen ebenfalls im Netzgestell.

Die dritte Spannungsquelle ist die 12-V-Fahrzeuga-batterie. Sie übernimmt außer der Kraftfahrzeugversorgung die Notbeleuchtung, die Umfeldbeleuchtung, die Türbetätigung, die Anschaltung der Zusatzheizung und die Klappenschaltung, die bei nicht geschlossenen Klappen ein Summersignal auslöst. Auch diese Batterie wird gepuffert durch ein netzbetriebenes Ladegerät vom Typ L. 2416.

7. Rüstwagen

Der Hörfunk-Übertragungswagen Ü 24 ist – wie hier beschrieben – für große Musikproduktionen ausgerüstet.

Die für die modernen Aufnahmetechniken notwendige technische Ausrüstung ist sehr umfangreich. Das hat zur Folge, daß für das ebenfalls umfangreiche Zubehör der Stauraum im Ü-Wagen nicht ausreicht. Es ist daher ein Rüstwagen vorgesehen, der das ständige Zubehör aufnehmen soll. Dieses Fahrzeug soll gleichzeitig als Bereitschaftsraum für das technische Personal (Fahrer, Schaltmeister, Tonassistenten) genutzt werden.

Außerdem ist das Fahrzeug wie auch das oben angesprochene Fahrerhaus des Ü-Wagens mit einer Mikrofonleitung und den notwendigen Kommunikationsverbindungen ausgerüstet, die, mit dem Ü-Wagen verbunden, den Einsatz als Sprecherraum für einen Reporter oder Kommentator ermöglichen.

8. Nachsatz

Das Fahrzeug auf dem Mercedes-Benz-Chassis hat ohne technisches Zubehör und ohne Personal ein Gewicht von 13 t. Die Maße des Wagens betragen: Länge 10,50 m, Breite 2,50 m, Höhe 3,40 m. Das Fahrzeug wurde in einer etwa zwei Jahre langen Zusammenarbeit von Produktion Ton, Meßtechnik HF und Technischer Projektierung konzipiert und realisiert. Die Fertigung des Ü-Wagens lag bei der Firma AEG-Telefunken. Nach dem gleichen technischen Konzept des Ü 24 wurde ein weiteres Ü-Fahrzeug gefertigt, der Ü 25 für das Funkhaus Hannover.

Arnold Barenthien
Norddeutscher Rundfunk, Hamburg

ZWEITES PRESSEKOLLOQUIUM RUNDFUNKTECHNIK

BERLIN, 27. AUGUST 1979

Eine Fülle im Fluß befindlicher rundfunktechnischer Fragen und neue Medientechniken hatten die Technische Kommission ARD/ZDF veranlaßt, anläßlich der Internationalen Funkausstellung 1979 wieder in einem Kolloquium das Gespräch mit der Fachpresse zu suchen. Vortragende waren Technische Direktoren der Rundfunkanstalten und des Instituts für Rundfunktechnik.

Mehr als jede andere Funkausstellung vorher stand die IFA 1979 im Brennpunkt des Streits um die künftigen elektronischen Medien. Der Hausherr, SFB-Intendant Wolfgang Haus, ging bei der Begrüßung darauf ein und bezeichnete die Bildung einer unabhängigen Kommission, die sich mit Fragen der neuen Medien beschäftigen soll, als dringender denn je.

Das erste Referat befaßte sich mit dem Satellitenrundfunk. Günter Roessler (DW, Köln) berichtete, die noch vor zwei Jahren geplante Testphase mit einer „schweren Plattform“ sei durch eine nationale oder bilaterale Lösung überholt, die auf die baldige Versuchsphase eines Direktsatelliten hinführe. Diese Vorstufe wird voraussichtlich drei Jahre dauern und Mitte der 80er Jahre durch einen operationellen Betrieb abgelöst werden. Es ist fraglich, ob das technische spill-over und die von manchem erwarteten Empfangsmöglichkeiten über die angegebenen Reichweiten hinaus zu einem Angebot von bis zu 60 Programmen führen kann. Bestehende Großgemeinschaftsantennenanlagen oder geplante Kabelverteilanlagen können diese Programmvielfalt technisch nicht verkraften, es sei denn, es würden Lichtleittechniken benutzt. Hier stoße nicht nur die Technik an eine vernünftige Grenze, meinte der Referent, sondern auch der Mensch als Fernsehteilnehmer, der schließlich immer nur ein einziges Programm verfolgen könne.

Das nächste Thema war dem Kabelrundfunk gewidmet. Dietrich Schwarze (SDR, Stuttgart) gab interessante Details des geplanten Kabel-Pilotprojekts Mannheim-Ludwigshafen bekannt. An diesem Projekt sind SDR, SWF und ZDF beteiligt. Die Planungen sehen ein Zentralstudio in Mannheim vor, das Produktion von Nachrichtensendungen, Aufnahme von Kommentaren, Abwicklung von Schaltgesprächen, Aufnahmen von Interviews mit bis zu 8 Teilnehmern, Aufnahme von Musikdarbietungen mit kleinen Musikgruppen sowie Chromakey vorsieht. Das Studio ist für die Teilnahme von Publikum (bis zu 50 Personen) konzipiert. Des weiteren sind Abschnittstudios für lokale Aufgaben und Unterabschnittstudios vorgesehen. Für die letzteren gelten Bild- und Tonqualität entsprechend der sogenannten semi-professionellen Technik als ausreichend. Ihre Aufgaben liegen im begrenzten lokalen Aufnahme- und Wiedergabebereich. Vom Startschuß an könne das Pilotprojekt innerhalb vier Jahren realisiert werden.

Die weltweite Funkverwaltungskonferenz WARC 1979, die am 24. 9. 1979 in Genf begann, war Thema eines von Erich Böhnke (SFB, Berlin) gehaltenen Referats. Die deutschen Rundfunkanstalten haben schon seit 1975 eng mit der DBP und internationalen Vereinigungen bei der technischen Vorbereitung dieser Konferenz zusammengearbeitet. Auf nationaler Ebene

mußten die Interessen von über 20 Institutionen, Behörden und Verbrauchergruppen berücksichtigt werden. Ziel der Vertreter der deutschen Rundfunkanstalten bei der WARC 1979 ist es, die Informationsfreiheit für den Rundfunk über die natürlichen Grenzen hinaus zu erhalten.

Einen öffentlichen Feldversuch Videotext, gemeinsam veranstaltet von ARD und ZDF, kündigte Frank Müller-Römer (BR, München) an. Als Versuchsdauer sind drei Jahre vorgesehen, während denen Videotext bundesweit über sämtliche Fernsehsender ausgestrahlt werde. Der Versuch wird von wissenschaftlichen Untersuchungen begleitet sein, in denen vorwiegend das Akzeptanzverhalten der Teilnehmer ermittelt werden soll. Die Zahl der Teilnehmer wird auf 1000 begrenzt. Der SDR hat die Federführung für diese Untersuchungen innerhalb der ARD übernommen. Die Medienkommission der Rundfunkanstalten wird die Auswahl der 1000 Versuchsteilnehmer vornehmen. Außerdem wird unter der Voraussetzung, daß die 6000 Teilnehmer am Bildschirmtext-Feldversuch Videotext ebenfalls empfangen können, angestrebt, auch aus diesem Teilnehmerkreis Informationen über die Videotext-Akzeptanz zu erhalten. Die bundesweite Durchführung des Feldversuchs soll der Industrie und auch allen Rundfunkanstalten dazu dienen, die Videotext-Tauglichkeit verschiedener technischer Geräte und Anlagen zu untersuchen. Für die Dauer des Versuchs soll eine Zentralredaktion in Berlin eingerichtet werden.

Aufgrund früherer Überlegungen und Untersuchungen wurde entschieden, den Umfang der angebotenen Texttafeln auf 75 zu begrenzen; dies ergibt eine maximale Wartezeit von 15 Sekunden, die für den Teilnehmer zumutbar erscheint. Es ist geplant, Videotext während des Feldversuchs etwa von 15.00 Uhr — d. h. ab Programmbeginn — bis zum Programmende abzustrahlen. Die 75 Tafeln sollen wie folgt aufgeteilt werden:

- 16 Tafeln Programmvorschau Hörfunk und 3. Fernsehprogramme,
- 19 Tafeln gemeinsame Informationen von ARD und ZDF (Nachrichten usw.),
- 20 Tafeln ARD } für spezielle Programmhinweise und
- 20 Tafeln ZDF } programmbegleitende Informationen.

Besondere Aufmerksamkeit fand auch Rudolf Kaiser (ZDF, Mainz) mit seinem Vortrag über die Einführung der Mehrkanal-Tontechnik im Fernsehen. Zur Abstrahlung des zweiten Tonkanals über die Fernsehsender ist nach den beim IRT vorgenommenen Untersuchungen das Zweiträgerverfahren am besten geeignet. Es zeichnet sich dadurch aus, daß die Qualität beider Tonkanäle praktisch gleich ist und auch bei Stereobetrieb kein Verlust an Störabstand eintritt. Bei allen ab dem Jahre 1972 gebauten Senderanlagen ist eine Nachrüstung leicht durchführbar, da die Sender für einen zweiten Tonkanal bereits vorbereitet sind. Die vor diesem Zeitpunkt errichteten Sender können nicht mehr umgebaut werden. Auf der Empfangsseite müssen Fernsehgeräte zur Verfügung stehen, die folgende Bedingungen erfüllen:

1. Die Tonwiedergabe muß in Stereo möglich sein, sofern eine Sendung in Stereo ausgestrahlt wird.
2. Bei getrennten Toninformationen in beiden Kanälen muß wahlweise jede Toninformation für sich wiedergegeben werden können.
3. Die heute übliche einkanalige Tonübertragung muß ebenfalls möglich sein.

Die Empfängerindustrie hat ihr Interesse an der Entwicklung von Fernsehempfängern mehrfach bekundet. Um den Labors der Empfängerindustrie die Möglichkeit für entsprechende Untersuchungen zu geben, ist in einem gemeinsamen Arbeitskreis von Rundfunkanstalten, Bundespost und Empfängerindustrie verabredet worden, technische Versuchsausstrahlungen über drei Sender des ZDF-Netzes (München, Hannover und Stuttgart) vormittags während der Wartungszeit der Sender noch im Jahre 1979 jeweils für die Dauer von vier Wochen vorzunehmen. Die technischen Versuche über den Sender München haben inzwischen stattgefunden. Der Referent bezog sich auf Angaben der DBP, als er für das Sendernetz des ZDF bekanntgab, daß bis zur Funkausstellung 1981 29 Sender für zweikanalige Tonübertragung ausgerüstet werden, über die dann bereits 60 % der Fernsehteilnehmer für mehrkanalige Tonsendungen versorgt wären. Man dürfe davon ausgehen, daß die gesamte Umrüstung aller Sender bis zum Ende der 80er Jahre vollzogen sein könne.

Neue Technologien im Hörfunk ermöglichen Qualitätsverbesserungen. Dieter Stahl (RIAS Berlin) behandelte die Frage, ob höhere Tonqualität durch eine Weiterentwicklung der Analogtechnik oder besser durch Einführung der Digitaltechnik verwirklicht werden kann. Digitale Aufzeichnungsgeräte haben unbestreitbare Vorteile, doch lassen sie keinen mechanischen Schnitt mehr zu. Deshalb wird die Anwendung dieser Technik zunächst auf die Bereiche Musik und Hörspiel eingeeengt. Bei allen aktuellen Sendungen, wo es mehr auf die Schnelligkeit der Bearbeitung als auf eine optimale Tonqualität ankommt, werde man wohl bis auf weiteres bei der analogen Technik bleiben. Rundfunkleute sind überzeugt, daß es ein teilweise digital arbeitendes Hörfunkstudio in nicht zu ferner Zukunft geben wird, nicht nur wegen der Notwendigkeit, den Geräuschspannungsabstand zu vermindern, sondern auch, weil sich die Mikroelektronik rapide weiterentwickelt und daher Speichereinheiten, Mikroprozessoren und Logikbausteine trotz komplizierten Schaltungsaufbaus immer kostengünstiger angeboten werden. Dieser Trend werde sich nicht aufhalten lassen und daher auch die Technik des zukünftigen Hörfunkstudios bestimmen.

Dem Thema Elektronische Berichterstattung (EB) widmete sich Gerhard Lahann (NDR, Hamburg). Er erläuterte, warum im Gegensatz zu den USA die EB in Europa nur sehr zögernd eingesetzt wird. So ist ein klares Programmkonzept am Drehort eine absolute Notwendigkeit — im Gegensatz zum Film, wo der Redakteur nachträglich am Schneidetisch noch viele Eingriffsmöglichkeiten hat. Die Anwendung von EB nach filmischen Maßstäben führt daher oft zu Mißerfolgen. Sie erlaubt jedoch, sofern die Aufnahmetechnik beherrscht wird, Ausdrucksformen, die bisher mit dem Film nicht

realisiert werden konnten. Wichtige Vorteile gegenüber der Filmberichterstattung sind: Ein Höchstmaß von Aktualität wird möglich, insbesondere mit Hilfe von Richtfunkverbindungen durch Live-Einspielungen. Das Magnetband ist relativ billig, sofort abspielbar und wieder zu verwenden. Die Qualität der Aufnahme kann direkt kontrolliert werden. Farbe, Bildschärfe und Wiedergabe schneller Bewegungen sind besser als beim Film. Nachteile sind höhere Investitionskosten, kompliziertere Bedienung und unbequemere Handhabung der elektronischen Apparaturen, erhöhter Wartungsaufwand und geringere Betriebssicherheit sowie — für eine Übergangszeit — psychologische Probleme bei den Mitarbeitern.

Medientechnik und Gesellschaft war das nachdenklich stimmende Abschlußthema des Pressekolloquiums (Referent: Ulrich Messerschmid, IRT München). Einen ersten Gesichtspunkt bildeten die Schwierigkeiten, technische Entwicklungen richtig vorauszusagen: „Wir haben uns angewöhnt, Entwicklungstrends, wie etwa die Zunahme der Packungsdichte hochintegrierter Halbleiterschaltungen, in die Zukunft zu verlängern. Man kann so etwas sicherlich tun, solange die zugrundeliegenden Gesetzmäßigkeiten weitergelten, solange man also nicht an physikalische Grenzen stößt, wie etwa das begrenzte Auflösungsvermögen elektromagnetischer Strahlen.“ Sobald begrenzte Rohstoffvorräte mit ins Spiel kämen, sei es aber gefährlich und unzulässig, bestehende Trends einfach weiter zu verlängern.

Nach Betrachtungen über die Computertechnik als mögliche Hilfe für Redakteure, über Kabel- und Satellitenrundfunk, Kassettenrecorder, Bild-/Tonplatten sowie über elektronische Textkommunikation kam der Referent schließlich im Hinblick auf die enormen Möglichkeiten künftiger Medientechniken zur Frage, ob diese Vielfalt wünschenswert oder schädlich sei. Leider liefere die Fernschwirksamkeitsforschung noch immer nur sehr fragmentarische Ergebnisse. Zwar wisse man, daß nur ein sehr indirekter Zusammenhang zwischen Jugendkriminalität und Gewaltdarstellung im Fernsehen bestehe. Doch wenden sich 10 % aller Werbespots an Kinder. Die Machart dieser Spots mit schnellem Wechsel, Action, Farbe, Musik und Zeichentricks ist zweifellos geschickt auf dieses Kinderpublikum zugeschnitten. Man könne nur vermuten, welche Folgen für die kindliche Psyche sich daraus ergeben, daß Konsumgüter als Mittel gepriesen werden, um Konflikte zu vermeiden, Harmonie und Freundschaft, Gesundheit und Wohlbefinden herzustellen und Anerkennung zu finden. Messerschmid meint, die beiden Beispiele — Gewalt und Werbung — seien Grund genug, uns nachdenklich zu machen; insbesondere wenn es darum gehe, das Programmangebot auszuweiten. Offene Kanäle für bürgernahes Fernsehen, Bildungsprogramme, Lokalprogramme und viele individuelle Wahlmöglichkeiten für Minderheiten seien nur eine Seite der Medaille, die auch ihre Kehrseite habe.

Die zahlreichen Teilnehmer und die rege Diskussion vermittelten den Eindruck, daß das Pressekolloquium Rundfunktechnik bereits mit seiner zweiten Veranstaltung zu einem von der Fachpresse geschätzten Forum geworden ist, das es verdient, fortgeführt zu werden.

Reinhard Schneider
Bayerischer Rundfunk, München

DIE 7. JAHRESTAGUNG DER FERNSEH- UND KINOTECHNISCHEN GESELLSCHAFT

DORTMUND, 17. BIS 21. SEPTEMBER 1979

Zur 7. Jahrestagung der Fernseh- und Kinotechnischen Gesellschaft e.V. (FKTG) hatten sich rund 600 Teilnehmer aus 13 Ländern Europas im Goldsaal der Dortmunder Westfalenhalle eingefunden, um in 34 Fachvorträgen in 7 Themengruppen die neuesten Entwicklungen auf dem Gebiet der Fernseh- und Kinotechnik kennenzulernen, wobei die Themengruppen jeweils durch einen Fachvortrag eingeleitet wurden. Das Schwerpunktthema dieser Jahrestagung war die „Digitaltechnik im Fernsehen“. Allein 21 Fachvorträge befaßten sich mit dieser neuen Technik. Einige der interessantesten Vorträge wird diese Zeitschrift veröffentlichen.

Die Eröffnung der Tagung durch den Vorsitzenden der FKTG, Prof. Dr. H. Schönfelder, war begleitet von Grußworten des Kultusministers von Nordrhein-Westfalen (J. Girgensohn), des Oberbürgermeisters der Stadt Dortmund (G. Samtlebe), des Technischen Direktors des Westdeutschen Rundfunks (I. Dahrendorf) und des Direktors der Westfalenhalle (H. Heinemann). Über die anschließend vorgenommenen Ehrungen wurde bereits in Heft 5 der Rundfunktechnischen Mitteilungen berichtet.

1. Digitaltechnik im Fernsehen

In seinem Übersichtsvortrag umriß H. Schönfelder neben den beiden Nachteilen der digitalen Übertragungstechnik (größere Übertragungsbandbreite, zusätzlicher Aufwand für schnelle A/D-Wandler) die Vorteile der digitalen Fernsehtechnik (störsichere Übertragung, Eignung für moderne Mikroelektronik, computergerechte Verarbeitung).

Die Vorträge in dieser Themengruppe befaßten sich mit der Codierung, Übertragung und Aufzeichnung digitaler Bild- und Tonsignale. Aus Gründen der höheren Bildqualität wird sich langfristig die getrennte Codierung der Luminanz- und Chrominanzkomponenten eines Farbfernsehsignals unter Anwendung der PCM durchsetzen. Es stehen vier Lösungsvorschläge zur Diskussion, die sich nur in der Abtastfrequenz unterscheiden. Das Tonsignal der Zukunft wird ein PCM-codiertes Stereosignal sein, für das eine Abtastfrequenz von mindestens 32 kHz und eine Quantisierung mit 14 Bit erforderlich ist (1).

Bei der Übertragung werden digitale Signale zur ökonomischen Ausnutzung der Übertragungskanäle und Speichermedien komprimiert werden müssen. Die dadurch erhöhte Empfindlichkeit gegenüber Störungen muß mit einem angepaßten Sicherungssystem eliminiert oder doch auf ein Minimum reduziert werden. Unter Verwendung eines BCH-Codes wurde ein Systemkonzept für einen Kanalcoder/Decoder zur Sicherung von Videosignalen vorgestellt (2).

Bei der Aufzeichnung ist die optimale Form des Kanalcodes noch nicht ausdiskutiert, es wurden jedoch die für eine Codeauswahl maßgebenden Gesichtspunkte (Anpassung des Kanalcodes an den Übertragungskanal, Taktregenerierung, Fehlerschutz) zusammengestellt (3).

Während die Chancen für einen einheitlichen europäischen Standard bei der Codierung und Übertragung von digitalen Bild- und Tonsignalen durchaus gegeben

sind, kann man dies angesichts der möglichen und in Montreux gezeigten Alternativen für die Aufzeichnung vorläufig nur hoffen.

- [1] H. G. M u s m a n n / Institut für theoretische Nachrichtentechnik und Informationsverarbeitung, Technische Universität Hannover:
Digitalisierung von Bild- und Tonsignalen (Quellencodierung).
- [2] H. J. M a t t / Heinrich-Hertz-Institut für Nachrichtentechnik, Berlin:
Übertragungstechnik für digitale Bild- und Tonsignale (Kanalcodierung).
- [3] W. H a b e r m a n n / Institut für Rundfunktechnik, München:
Aufzeichnung digitaler Bild- und Tonsignale (Spezielle Kanalcodierung).

2. Videotechnik I (Bildaufnahme- und Studioteknik)

F. J. In der Smitten zeigte in seinem Übersichtsvortrag, wie die Bildaufnahme- und Studioteknik in immer stärkerem Maße durch den Einsatz von Kleinrechnern und Mikroprozessoren geprägt wird. Wenn auch die Teildigitalisierung im Studio bereits beachtenswerte Ergebnisse bringt, so darf doch die Kumulierung der Quantisierungsverzerrungen durch wiederholte Umwandlungsprozesse nicht übersehen werden. Erst bei einer Volldigitalisierung des FS-Studios kann man die Vorteile der digitalen Videotechnik voll nutzen.

Um die Standardisierungsfragen des digitalen Fernsehsignals im Farbfernsehstudio ging es in (4). In einer Übersicht wurden die gegenwärtigen Vorschläge zur Standardisierung des Quellencodes vorgestellt und kritisch betrachtet. Neben der Formulierung allgemeiner Anforderungen an einen geeigneten digitalen Quellencode wurden auch mögliche Lösungswege für die Signalverteilung im zukünftigen Farbfernsehstudio skizziert, in dem zunächst noch analoge und digitale Unterbereiche nebeneinander auftreten werden.

Das Vordringen der Mikroprozessortechnik führt dazu, daß auch bei der Entwicklung neuer Studiokameras traditionelle Wege mehr und mehr verlassen werden. In (5) wurde eine Farbfernsehkamera mit Mikroprozessor-Einstellautomatik vorgestellt. Alle für den Abgleich und Betrieb der Kamera wichtigen Regel- und Stellgrößen sind digital abgespeichert. Durch entsprechende Programmierung kann der Mikroprozessor alle Steuer- und Kontrollfunktionen übernehmen, die bisher vom Techniker ausgeführt werden mußten. Durch Verwendung einer Datenringleitung ist es möglich, mehrere Kamerasysteme von einem Steuerfeld aus abzugleichen und zu bedienen.

In vielen Bereichen der Elektronik haben Festkörperbauelemente die Vakuumröhre völlig verdrängt. Lediglich an der eingangs- und ausgangsseitigen Schnittstelle des fernsehtechnischen Übertragungsweges existieren auch heute noch Kathodenstrahlssysteme. Während die Ablösung der Bildwiedergaberöhre doch noch in weiter Ferne zu liegen scheint, gibt es für die Bildaufnahme-röhre bereits Alternativen in Form von Halbleiter-Bildsensoren. In (6) wurde über Ergebnisse berichtet, die an Farbkamera-Funktionsmodellen bei Verwendung von

opto-elektronischen Wandlern auf Halbleiterbasis (CCD, CID) gewonnen wurden. Obwohl die Bildaufnahmeröhre den heute auf dem Markt erhältlichen Festkörper-Sensoren in vielen Eigenschaften noch überlegen ist, kann man damit rechnen, daß sie im Laufe der Zeit von der Halbleitertechnik verdrängt wird.

In der Technologie der Glasfaserherstellung sind in letzter Zeit beachtliche Fortschritte erzielt worden. Es gibt heute bereits Glasfaserleitungen mit so geringen Dämpfungsverlusten, daß eine kabelgebundene Signalübertragung über größere Entfernungen ohne Zwischenverstärkung möglich ist. Es wurde eine tragbare elektronische Farbkamera (7) vorgestellt, die bei stationärem Betrieb (EFP, Studio) mit opto-elektronischer Signalübertragung arbeitet.

Ein Beispiel dafür, wie die Digitaltechnik auch zur Lösung meßtechnischer Probleme in der Videotechnik genutzt werden kann, lieferte (8). Dieser Vortrag befaßte sich mit der PAL-8er-Sequenz und ihrer Bedeutung für den Schnitt magnetischer Farbbildaufzeichnungen (gegenwärtig 4er-Sequenz). Die in diesem Zusammenhang wichtige Beziehung zwischen Farbträgerphase und Phase des H-Synchronsignals wurde bei der PAL-Norm bisher nicht berücksichtigt. Es wurde gezeigt, wie die F/H-Feinphase gemessen bzw. eingestellt werden kann und wie eine Kennzeichnung der PAL-8er-Sequenz möglich ist. Die Erarbeitung eines entsprechenden Standards bei UER und IEC ist in vollem Gange.

- [4] M. Hausdörfer / Robert Bosch GmbH, Geschäftsbereich Fernsehanlagen, Darmstadt:
Digitale Videotechnik im Fernsehstudio.
- [5] S. König / RCA GmbH, Quickborn:
Farbfernsehkamera mit Mikroprozessor-Einstellautomatik.
- [6] U. Reimers / Institut für Nachrichtentechnik, Technische Universität Braunschweig:
Farbfernseh-Kameras mit zwei Halbleiter-Bildsensoren.
- [7] G. Bock, M. Marey / Robert Bosch GmbH, Geschäftsbereich Fernsehanlagen, Darmstadt:
Neue Wege für ein universell verwendbares Kamerasystem mit opto-elektronischer Signalübertragung.
- [8] A. Heller, K.-H. Trißl / Institut für Rundfunktechnik, München:
Ein neues Verfahren zur Feststellung der PAL-8er-Sequenz.

3. Videotechnik II (Bildsignal-Aufzeichnungstechnik)

H. Zahn stellte in seinem Übersichtsvortrag Überlegungen zu Problemen an, die im Zusammenhang mit der Digitalaufzeichnung von Bild und zugehörigem Ton auf demselben Informationsträger stehen. Schon die Aufzählung von nur wenigen der vielen Aufzeichnungsmöglichkeiten von Audiosignalen auf einem Videoband hat zu denken gegeben über die zu erwartende Komplexität von digitalen Audiosignalen im Fernsehstudiobetrieb.

In (9) wurde versucht, sich dem Problem der digitalen Bildaufzeichnung von der Verbraucherseite her zu nähern. Das vorgestellte System erlaubt die Aufzeichnung einer Datenrate von 40 MBit/s auf einer Doppelspur eines entsprechend modifizierten Helical-Scan-Recorders. Dieser Datenfluß würde bei Einsatz von redundanzmindernden Systemen für die Übertragung farbiger Videosignale ausreichen.

Was ist nun das beste Format für eine neue, allgemein anwendbare Maschine für die digitale Videoaufzeichnung? Diese Frage konnte auch in (10) nicht beantwortet werden: Alle existierenden Formate zeigen ernste Nachteile, wenn man sie für die digitale Aufzeichnung

adaptiert. Auch darf man die schwierigen Probleme nicht übersehen, die digitaler Ton auf digitalen Videomaschinen z. B. bei der Schnittbearbeitung mit sich bringt.

Ein Gerät zur digitalen Videoaufzeichnung von PAL-Signalen wurde in (11) vorgestellt. Es verwendet eine Sub-Nyquist-Abtastung mit $2 \times f_{sc}$, die Bitrate des übertragenen Signals liegt bei 80 MBit/s. Zur Aufzeichnung des Tonsignals werden die gleichen Köpfe wie für das Videosignal benutzt, so daß eine kombinierte Video-Audio-Spur entsteht, wobei die Spurteile durch ein Schutzintervall voneinander getrennt sind. Die Bitrate für den Ton beträgt 1,2 bis 2,0 MBit/s.

Besonders schnell hielt die Digitaltechnik im Fernseh-Studiobereich dort Einzug, wo sie analogen Realisierungen eindeutig überlegen war oder sogar die alleinige Lösungsmöglichkeit darstellte. Insbesondere im Bereich der Speicherung hat die digitale Videosignalverarbeitung derartige Vorteile. In (12) wurden einige Realisierungsbeispiele von Bildspeichergeräten für verschiedene Anwendungen gezeigt:

- a) Rauschminderer (geschlossene Codierung),
- b) Bildspeichersystem zur Trickbearbeitung (getrennte Codierung des FBAS-Signals),
- c) Elektronisches Standbildspeichersystem (getrennte Codierung der Basisbandsignale).

Anhand eines MAZ-Bandes wurde in (13) die betriebsgerechte Bedienphilosophie des im IRT entwickelten MOSAIC-Systems (**M**odular **O**rganisiertes **S**ystem bei **A**nwendung **I**ntelligenter **C**omponenten) erläutert. Die Hauptmerkmale des Systems sind seine universelle Einsetzbarkeit im Bereich von Produktion, Bearbeitung und Sendung und der Aufbau nach dem Prinzip der „verteilten Intelligenz“ mit Mikrocomputern in allen Systemkomponenten.

- [9] N. Bauer / Lehrstuhl und Laboratorium für Technische Elektronik, Universität Erlangen-Nürnberg:
Digitale Aufzeichnung von Videosignalen auf Magnetband mit einer Datenrate von 40 MBit/s.
- [10] C. Anderson, J. Diermann / Ampex Corporation, Redwood City, USA:
Digitale Videoaufzeichnung — Fragen jenseits der Durchführbarkeit.
- [11] J. Sochor / Robert Bosch GmbH, Geschäftsbereich Fernsehanlagen, Darmstadt:
Digitale Videoaufzeichnung von PAL-625-Zeilen-Signalen.
- [12] G. Brand, W. Eggersgluß / Institut für Nachrichtentechnik, Technische Universität Braunschweig; VTE Videotechnik und Elektronik GmbH, Braunschweig:
Bildspeichersysteme für die Verarbeitung von Farbfernsehsignalen.
- [13] K.-H. Trißl / Institut für Rundfunktechnik, München:
Möglichkeiten und Zukunftsaspekte des MOSAIC-Systems.

4. Filmtechnik I

E. Pochadt beleuchtete in seinem Übersichtsvortrag einige interessante Aspekte des Mediums „Film und Fernsehen“. Neben entwicklungstechnisch/technologischen, künstlerisch/kreativen und marktpolitisch/kommerziellen waren dies auch programmäßige oder bedarfsorientierte und beschäftigungspolitisch/sozialpolitische Aspekte.

Wie man eine elektronische Farbkorrekturanlage sinnvoll einsetzen kann, nämlich nicht primär als Korrekturmittel zum Ausmerzen von Fehlern, sondern als Produktionsmittel, wurde in (14) demonstriert. Bei Mischproduktionen (Film/MAZ) läßt sich so der Bildqualitätsunter-

schied verringern. Leider waren einige Filmbeispiele der elektronischen Produktion an Schärfe mehr als deutlich unterlegen: das kann auch eine Farbkorrekturanlage nicht wieder verbessern.

Bei der Übertragung von bildlichen Informationen und ihrer Qualität in einem Reproduktionssystem spielen viele Parameter eine Rolle. Die Gesamtbildqualität wird dabei von jedem Systemelement beeinflusst, egal ob seine Art photochemisch, optisch, elektro-optisch oder elektronisch ist. Man kann daher sagen, daß die Übertragung der Bildqualität durch ein Reproduktionssystem eine kumulative Folge der Übertragungscharakteristiken jedes einzelnen Elementes ist (15).

Während in der rationellen Bildbearbeitung bei Film und Fernsehen ständig Fortschritte erzielt wurden, besteht beim Ton ein erheblicher Nachholbedarf. Es wurde ein Gerätesystem vorgestellt und seine charakteristischen Merkmale erläutert (16).

Jedes Filmkopierwerk hat einen Bestand an verschiedenen Aufträgen, deren Fertigstellung nacheinander in verschiedenen Bearbeitungsstufen erfolgt. In (17) wurde mit Hilfe von Prioritätsregeln versucht, eine optimale Reihenfolge zu finden, in der die Aufträge die Fertigung zu durchlaufen haben. Nach Meinung des Vortragenden scheint dies sogar der einzige Weg zu sein, dieses Ziel auch zu realisieren.

Die Entwicklungsprozesse für Fernseh- und Kinofilme haben mit den Forderungen unserer Zeit Schritt gehalten was Qualität, Produktivität, Kosten und Umwelt anbelangt. Die auf diesem Gebiet gemachten Fortschritte sollten es ermöglichen, daß die Filmtechnik auch in Zukunft mit anderen Bildaufnahmetechniken vergleichbar bleibt (18).

- [14] P. Hoffmann / Zweites Deutsches Fernsehen, Mainz:
Möglichkeiten der Farbgestaltung von Produktionen auf Film und mögliche Verbesserungen der Bildqualität für das Fernsehen durch die Farbkorrekturanlage.
- [15] K. Staes, L. Hayen / Agfa-Gevaert, Morsel, Belgien:
Übertragung von Bildqualitäten in Film- und Fernsehsystemen.
- [16] H.-H. Marguerre, A. Ott / Siemens AG, Karlsruhe:
Rationelle Tonbearbeitung bei Film und Fernsehen durch neue Interface-Einrichtungen.
- [17] G. Bergfried / Taunus-Film GmbH, Wiesbaden:
Fertigungssteuerung in Filmkopierwerken mit Hilfe von Prioritätsregeln.
- [18] R. Caridi, M. Laubier / Kodak Pathé, Paris:
Entwicklungsprozesse für Fernseh- und Kinofilme.

5. Filmtechnik II

M. Rothaler berichtete in seinem Übersichtsvortrag über die spektakulären Fortschritte beim Einsatz der Daten- und Digitaltechnik bei der Aufnahme, Übertragung und meßtechnischen Bewertung von Filmen im Fernsehen. Da die Elektronik jedoch in einem gewaltigen Innovationsschub begriffen ist, wird der Film auf lange Sicht bei Aktualitäten kaum mit der EB konkurrieren können. Hinzu kommt, daß die vom Programmträger Film stammenden Fernsehbilder in der Regel größere Qualitätsschwankungen aufweisen als die Bilder von elektronischen Kameras. Die Verluste beim Übergang vom 35-mm-Format (das etwa der Qualität des 5-MHz-Fernsehsystems entspricht) zum 16-mm-Format sind zwar zum Teil durch Verbesserungen der Rohfilmeigenschaften ausgeglichen worden, doch der Trend zu immer höheren

Lichtempfindlichkeiten (bei immer weniger Ausleuchtung) trägt sicher nicht zur Qualitätssteigerung bei. Trotzdem braucht man nicht allzu pessimistisch zu sein: Der Film wird seinen Platz im Fernsehen behaupten.

Durch den Einsatz von Mikrorechnern im Trickstudio ergeben sich neben einer beträchtlichen Rationalisierung auch völlig neue Möglichkeiten der Trickgestaltung. Aufgabe des Rechners ist es hierbei, den Trickzeichner soweit wie möglich von der Routine-Arbeit zu entlasten. Der große Vorteil besteht vor allem darin, daß Bewegungen in verschiedenen Ebenen, aber auch Funktionen der Aufnahmekamera (Zoomen, Überblenden usw.) gleichzeitig ablaufen können (19).

Zunehmend wird die Digitaltechnik jetzt auch bei den Filmabastern eingesetzt. Durch die Kombination mit einem digitalen Bildspeicher — zur normgerechten Halbbilderzeugung aus den abgetasteten Vollbildern — ergeben sich Möglichkeiten für Standbildwiedergabe, Zeitlupe, Zeitraffer, ja sogar für Mehrnormenbetrieb. Neben dem CCD-Abtastverfahren wird auch die digitale Reduzierung der Sichtbarkeit des Filmkorns zu einer Qualitätssteigerung bei der Filmabastung beitragen (20).

Während es bei der filmbezogenen Farbwiedergabe das Ziel ist, nach der Abtastung alle Farben auf dem Bildschirm möglichst so zu reproduzieren, wie man sie zuvor in der optischen Projektion unter fernsehgemäßen Betrachtungsbedingungen wahrgenommen hat, strebt man bei der objektbezogenen Farbwiedergabe an, daß die auf den Film aufbelichteten Originalfarben farbgetreu, d. h. ohne Farbverfälschung, wiedergegeben werden. Unsere derzeit verwendeten Filmabtaster lassen sich in keine dieser beiden Zielvorstellungen einordnen. Als Beispiel für die objektbezogene Wiedergabe sollte in (21) die Farbnegativabtastung behandelt werden. Leider war die Durchführung der Experimente noch nicht beendet, so daß über Ergebnisse erst später berichtet werden kann.

Für die Beurteilung der Qualität einer Film- oder Fernseh wiedergabe gibt es eine Reihe relevanter Merkmale. Der Gedanke, wichtige Parameter einer Fernsehübertragung automatisch zu erfassen, führte im IRT zur Entwicklung eines Gerätesystems, das die Messung von Farbwiedergabe und Gradation sowohl einzelner Teilbereiche als auch der gesamten Übertragungskette von der Szene bis zum Bildschirm erlaubt. Durch Automatisierung des Meßablaufes mit Mikroprozessoren erreicht man kurze Zugriffszeit zu den Ergebnissen und die Möglichkeit, auch grundlegende Untersuchungen bei Veränderung einzelner Parameter durchführen zu können. Am Beispiel des Vergleichs „Film-Elektronik“ wurde die praktische Anwendung erläutert (22).

Die moderne Farbfernsehtechnik benötigt an verschiedenen Stellen, von der Bildröhrenfertigung bis zum Abgleich der Geräte beim Fernsehteilnehmer, Meßeinrichtungen für die Überwachung und Kontrolle vorgegebener Toleranzen hinsichtlich der Farbwiedergabe. In (23) wurde ein automatisches Dreibereichs farbmäßig vorge stellt, bei dem ein Mikroprozessor die Verarbeitung der Meßsignale, die Meßbereichswahl und die Steuerung des automatischen Nullabgleiches übernimmt. Nachteilig sind die Netzabhängigkeit und das relativ hohe Gewicht. Für Servicezwecke an Empfängern wird daher in nächster Zeit ein handliches batteriebetriebenes Gerät mit vereinfachter Elektronik auf den Markt kommen.

- [19] A. Altmann / Südwestfunk, Baden-Baden:
Mikrorechnergesteuertes Film-Trickstudio.
- [20] D. Poetsch / Robert Bosch GmbH, Geschäftsbereich Fernsehanlagen, Darmstadt:
Fortschritte der Filmabtastung durch neue Methoden der Signalverarbeitung und Bildspeicherung.
- [21] H. Lang / Robert Bosch GmbH, Geschäftsbereich Fernseh-
anlagen, Darmstadt:
Objektbezogene Farbwiedergabe und Farbnegativabtastung.
- [22] G. Holoch, A. Kaufmann / Institut für Rundfunk-
technik, München:
Automatisches Verfahren zur Messung der Gradation und
Farbwiedergabe bei Film und Fernsehen.
- [23] J. Krochmann, F. Rochow / Institut für Lichttech-
nik, Technische Universität Berlin; LMT Lichtmeßtechnik,
Berlin:
Moderne Farbmessung in der Fernsehtechnik.

6. Sendertechnik — Empfängertechnik — Meßtechnik

W. Schmidt gab in seinem Übersichtsvortrag einen Situationsbericht des Ausbaustandes und der Neuausbauprojekte europäischer Fernsehsendernetze. Man konnte daraus erkennen, daß in vielen Ländern verbesserte Sender- und Röhrenkonzepte entwickelt wurden und noch werden mit dem Ziel, durch höhere Wirkungsgrade zur Senkung des Energieverbrauchs beizutragen und die Betriebsstabilität und die Zuverlässigkeit zu erhöhen.

In der bisherigen Form des Einsatzes für Fernseh-Bildsender wurden Klystrons mehr oder weniger im linearen Teil ihrer Kennlinie betrieben. Die Folge war ein nur mäßiger Wirkungsgrad, der in vielen Fällen durch die aufwendige Methode des Betriebs mit abgesenktem Kollektorpotential wieder erhöht wurde. Durch Fortschritte in der Vorstufentechnik wurde es möglich, auch relativ hohe Vorentzerrungswerte langzeitstabil zu halten. Damit war die Voraussetzung gegeben, durch Anpassung der Arbeitspunkte und durch Modifikationen in der Klystron-Geometrie die Verstärkerkennlinie der Klystronröhren voll zu nutzen. Aus einer hohen Aussteuerung resultiert jedoch eine stärkere modulationsabhängige Phasendrehung des Bildträgers, die bei der Demodulation des frequenzmodulierten Tonträgers auf das Tonsignal übertragen wird (Intercarrierstörung). In (24) wurde das Intercarrierverhalten von Klystron-FS-Sendern bei hohem Wirkungsgrad untersucht mit dem Ergebnis, daß die hohe Aussteuerung moderner Klystrons hinsichtlich des Intercarrierabstandes kaum Probleme bringen wird.

Die klassische Technik der gemeinsamen Bild-Ton-Verstärkung würde bei Einsatz von Transistoren nur Leistungen von 200 W (UHF) und 400 W (VHF) erlauben, wenn man die Zahl der parallelarbeitenden Ausgangsverstärker in vernünftigen Grenzen hält. Außerdem ist wegen des bei dieser Technik notwendigen A-Betriebs der Wirkungsgrad sehr niedrig (unter 15 %). In (25) wurde ein Konzept vorgestellt, das nach dem Prinzip der Modulation mit vermindertem Träger bei getrennter Verstärkung des Bildträgers arbeitet. Dabei geht es darum, die Amplitude des Trägers so zu reduzieren, daß der den positiven Halbwellen des Trägers entsprechende Schwarzwert die gleiche Amplitude hat wie der den negativen Halbwellen entsprechende Weißwert. Dieses Verfahren ermöglicht die Anwendung des Betriebs in Klasse C und Klasse AB, wodurch sich wesentlich bessere Wirkungsgrade (über 30 %) erzielen lassen und eine Ausgangsleistung von 1 kW erreicht wird.

Die Fortschritte in der Digitaltechnik, insbesondere bei hochintegrierten MOS-Speicherschaltungen und hochauflösenden D/A-Wandlern, eröffnen auch neue Wege bei der Erzeugung von TV-Meßsignalen. Mit drei Signalspeicher-ROMs, einem Steuer-ROM und vier 2-k-EPROMs kann man heute bereits 32 verschiedene Meßsignale realisieren (26).

Die mit einer Fernseh-Sendeantenne erreichbare Versorgung hängt von der der Antenne zugeführten Sendeleistung, von der Struktur des Geländes zwischen Antenne und Zielgebiet und von den Abstrahleigenschaften der Antenne ab. In (27) wurden zwei Methoden zur Messung der Abstrahleigenschaften von Fernseh-Sendeantennen beschrieben, die eine Beurteilung der Empfangsfeldstärke im vorgesehenen Versorgungsgebiet erlauben:

1. die Bestimmung der wirksamen Strahlungsleistung durch Feldstärkemessungen in Erdbodennähe und
2. die Bestimmung der räumlichen Strahlungscharakteristik durch Flugvermessung.

Der PAL-Decoder eines Farbfernsehgerätes kann heute auf einem Chip untergebracht werden. Dabei sind die Einstell- und Abgleichvorgänge auf ein Minimum reduziert (Oszillator, Verzögerungsleitung, Farbträger- und Tonfilter, Einstellungen der Bildröhre). Der Decoder, der die RGB-Endstufen direkt ansteuert, kann durch Vorschaltung eines SECAM-Transcoders in Bälde auch für PAL-SECAM-Empfänger benutzt werden (28).

- [24] H. Bohlen / VALVO Hamburg:
Untersuchung des Intercarrierverhaltens von Klystron-Fernsehendern bei hohem Wirkungsgrad.
- [25] C. Cluniat / Laboratoire General des Telecommunications, Chatou, Frankreich:
Anwendung der Bildmodulatoren mit reduziertem Träger bei Fernsehendern und Fernsehumsetzern.
- [26] H. Harm / Rohde & Schwarz, München:
Digitale Erzeugung präziser PAL- und NTSC-Meßsignale.
- [27] J. Kaiser Rundfunk-Betriebstechnik, Nürnberg:
Messung der Abstrahleigenschaften von Fernseh-Sendeantennen.
- [28] A. Cense / Philips, Nijmegen, Holland:
Ein-Chip-PAL-Decoder zur direkten Ansteuerung der RGB-Endstufen.

7. Übertragungstechnik

W. Zschunke sprach in seinem Übersichtsvortrag neue Entwicklungen in der Übertragungstechnik an. Maßgebend sind hierfür zwei Gründe:

1. Neue Übertragungsmedien wie Nachrichtensatelliten und Lichtwellenleiter erschließen zusätzliche oder verbesserte Übertragungsmöglichkeiten, bedingen aber auch eine Anpassung der Übertragungsverfahren an diese Medien.
2. Gestiegene Anforderungen an eine bessere Ausnutzung der Übertragungskanäle sowie neue Dienste erfordern eine Änderung und Erweiterung bisheriger Übertragungsverfahren.

In (29) wurde über die Planungsgrundlagen eines Großversuches der Deutschen Bundespost berichtet, in einem bundesweiten Breitbandnetz 12 TV- und 24 FM-Stereo-Programme zu übertragen. In der Zwischenzeit hat die Bundesregierung dieses Vorhaben zurückgestellt.

Bei der Übertragung von Fernseh- oder Rundfunkprogrammen über Satelliten besteht ein wichtiger Unterschied zwischen Verbindungen, die dem Festen Funk-

dienst über Satelliten zugerechnet werden und dem Satellitenrundfunk. Im ersten Fall handelt es sich im Prinzip um Punkt-zu-Punkt-Verbindungen, im zweiten Fall um Aussendungen, die für die Öffentlichkeit bestimmt sind. Die sich daraus ergebenden unterschiedlichen technischen Konzepte wurden in (30) erläutert. Beispiele beider Satellitentypen und ihre Einsatzmöglichkeiten wurden beschrieben.

Wenn auf dem europäischen Festland ein Videotextdienst nach dem englischen Teletext-Standard eingeführt werden soll, so sind einige Probleme zu lösen: Die in den europäischen Sprachen zusätzlich vorkommenden Sonderzeichen (akzentuierte Buchstaben, Sonderbuchstaben) sind in der Codetabelle nicht ohne weiteres unterzubringen. Ein neues Codierungssystem (Polyglot) ermöglicht unter Beibehaltung der Kompatibilität mit dem englischen Standard den Gebrauch von 38 europäischen Sprachen mit lateinischem Alphabet. Das System wurde in (31) erläutert und vorgeführt.

Bei der Fernsehübertragung ist man seit einigen Jahren bemüht, die Tonqualität an den Stand der HiFi-Stereo-Technik anzupassen. So soll in Zukunft ein zweiter Tonkanal oder wahlweise ein Stereoton eingeführt werden. Für die Übertragung der Tonsignale bietet sich die horizontale Austastlücke an. In (32) wurde ein System vorgestellt, bei dem der Ton digital codiert auf der hinteren Schwarzschiene übertragen wird, wodurch die Unabhängigkeit vom Video-Geräuschspannungsabstand erreicht wird.

Auch beim bestehenden Fernseh-Richtfunkleitungsnetz kann die Güte und Anzahl der Tonkanäle erhöht werden, wenn statt des frequenzmodulierten Tonsignals ein 2048-kBit/s-Digitalsignal übertragen wird, das bis zu fünf 15-kHz-Tonkanäle enthält. In (33) wurde ein Verfahren für Richtfunkverbindungen beschrieben, bei dem ein 2048-kBit/s-Digitalsignal geträgert und mit dem Videosignal kombiniert wird. Bild und digitaler Ton werden also ähnlich dem derzeitigen analogen Verfahren frequenzmultiplex übertragen. Die Niederlande und Norwegen werden dieses Verfahren in Kürze einführen.

Mit dem Angebot neuer Dienste (Videotext, Bildschirmtext, Festbildübertragung) werden die Schwächen

und Grenzen der Bildschirmdarstellung nach unserer Fernschnorm deutlich werden. Der Trend zu immer größeren Bildschirmen wird insbesondere eine bessere Detailauflösung erfordern. In (34) wurde über die Untersuchung von Konzepten zur Verbesserung der Wiedergabequalität berichtet. Im Gegensatz zu japanischen Arbeiten wird bei uns versucht, die Kompatibilität zu bestehenden Empfängergenerationen weitgehend zu erhalten und vorhandene Übertragungskanäle und Studioeinrichtungen optimal zu nutzen. Durch zeitdiskrete Signalverarbeitung in Verbindung mit digitalen Speichertechniken läßt sich eine Auflösungserhöhung um den Faktor 3 (bei flimmerfreier Darstellung) erreichen.

- [29] O. Seidelmann / Fernmeldetechnisches Zentralamt, Darmstadt:
Breitbandkommunikationsnetze in der Bundesrepublik Deutschland.
- [30] R. Süverkrübbe / Institut für Rundfunktechnik, München:
Satellitentechnik (Verteiler- und Rundfunksatelliten).
- [31] P. J. H. Janssen / Philips, Eindhoven, Holland:
Polyglot, ein Codierungssystem für einen europäischen Videotextdienst.
- [32] R. Burkhardt, G. Steudel / Standard-Elektrik-Lorenz AG, Stuttgart:
Integrierte digitale Fernseh-Stereotonübertragung.
- [33] H. Barth, W. Thoma / Siemens, München:
Stereofähige digitale Begleittonübertragung im Fernseh-Richtfunkleitungsnetz.
- [34] B. Wendland / Lehrstuhl für Nachrichtenübertragung, Universität Dortmund:
Entwicklungsalternativen für zukünftige Fernsehsysteme.

Neben der Mitgliederversammlung hat die Fernseh- und Kinotechnische Gesellschaft auch in diesem Jahr wieder ein interessantes Ausflugs- und Besichtigungsprogramm für die mitgereisten Damen durchgeführt. Höhepunkt (und eine willkommene Ablenkung von den Strapazen der Vorträge) war der Gesellschaftsabend im Goldsaal der Westfalenhalle. Erfreulich, daß sich diese Veranstaltung vom „Herrenabend“ allmählich zum „Gesellschaftsabend“ entwickelt.

Rolf Hengstler
Institut für Rundfunktechnik, München

TELECOM 79

GENF, 20. BIS 26. SEPTEMBER 1979

Unter der Schirmherrschaft der Internationalen Fernmeldeunion ITU fand in Genf vom 20. bis 26. September 1979 die 3. Weltausstellung des Fernmeldewesens TELECOM 79 statt. Durch die terminliche Überlappung mit dem Beginn der weltweiten Funkverwaltungs-konferenz WARC 79 am 24. September 1979 erhielten viele Interessenten aus dem Ausland die sonst nicht gegebene Gelegenheit zum Besuch dieser Ausstellung.

Über 500 Firmen und Organisationen gaben mit mehr als 500 Produkt- und Dienstleistungsgruppen einen eindrucksvollen Überblick über den Stand und die Vielfalt der Technik im Fernmeldewesen. Bei einem Rundgang durch die Ausstellung ließ sich einerseits unschwer erkennen, daß Automation, Digitaltechnik und Satellitenübertragung aus dem heutigen Fernmeldewesen nicht mehr wegzudenken sind, andererseits wurden aber auch Telefonapparate in jeder Form und Farbe — für Liebhaber mit der klassischen Wählscheibe — durchaus für ausstellungswürdig erachtet.

Mit der Glasfaser ist für Nachrichtenübertragungszwecke künftig sicher in stärkerem Maße zu rechnen, jedoch wird sie das Kupferkabel in absehbarer Zeit nicht ersetzen, wie zahlreiche für die Erstellung von herkömmlichen Kabelanlagen verwendbare Exponate zeigten.

Von den rundfunkspezifischen Ausstellungsobjekten sind zwei Entwicklungen aus den japanischen NHK-Laboratorien interessant. Dabei handelt es sich einmal um einen sogenannten „Geist-Analysator“, der aus dem Fernseh-Vertikal-Synchronimpuls ohne zusätzliches Prüfsignal Betrag und Phase von Reflexionssignalen ermittelt, und zum anderen um eine sogenannte „Geist-abwehrende Fernsehempfangsantenne“, die mit Hilfe eines elektronisch schwenkbaren Richtdiagramms umwegbedingte Fernseh-Geisterbilder reduziert.

Auf dem Gebiet des Satellitenrundfunks wurden die schon von anderen Ausstellungen bekannten Prototypen von Empfangsanlagen der Firmen Philips (Holland) und Thomson-Brandt (Frankreich) gezeigt. Eine weitere kleine 12-GHz-Empfangsanlage zur Verwendung mit dem

Satelliten Anik B zeigte die kanadische Firma SED. Sühner (Schweiz) zeigte eine 90-cm-Empfangsantenne für 11,7 bis 12,2 GHz mit linearer Polarisierung. Auf dem Stand der NHK wurde außer einer Satellitenempfangsanlage mit 60 cm Spiegeldurchmesser auch eine Anlage zum Empfang terrestrischer 12-GHz-Sender vorgestellt. Japanische Firmen hatten keine 12-GHz-Empfänger ausgestellt.

Auf dem Stand der NEC (Japan) war ein aufwendiger, aus acht Stufen bestehender temperaturstabilisierter FET-Verstärker für den 12-GHz-Bereich zu sehen. Der Verstärker erreicht mit einer Rauschtemperatur von 175 K, einem Gewinn von 52 dB und einer 1-dB-Bandbreite von 11,7 bis 12,2 GHz die Werte mehrstufiger ungekühlter parametrischer Verstärker.

Im Millimeterwellenbereich zwischen 40 und 60 GHz arbeitet eine kleine Richtfunkanlage der Firma Fujitsu (Japan) zur Übertragung von Fernsprech-, Daten- oder Videosignalen über Entfernungen von maximal 1 bis 3 km. Diese Anlage ist für Verbindungen zwischen einzelnen Gebäuden innerhalb eines Firmengeländes gedacht.

Es war nicht zu erwarten, daß der Rundfunk in einer Ausstellung des gesamten Fernmeldewesens eine zentrale Rolle spielen würde. Das mag daran liegen, daß neue Techniken im Rundfunk durch die im Interesse der Rundfunkteilnehmer stets hohen Kompatibilitätsanforderungen oft erst relativ spät zum Zuge kommen. Die zahlreichen, auf Kapitalanlagen und Finanzierungen spezialisierten Firmen unter den Ausstellern machten deutlich, wie sehr heutzutage der technische Fortschritt mit seiner Finanzierung verknüpft ist.

Parallel zur Ausstellung veranstaltete die ITU wie bei den vorangegangenen Ausstellungen ein Vortrags- und Diskussionsforum über das Fernmeldewesen FORUM 79 und ein Filmfestspiel über Fernmeldewesen und Elektronik. Die 4. Weltausstellung des Fernmeldewesens ist für 1983 geplant und wird dann in einem neuen, bereits im Bau befindlichen Gebäude wieder in Genf stattfinden.

Bernd Raufmann, Rolf Süverkrübbe
Institut für Rundfunktechnik, München

DIE 9. EUROPÄISCHE MIKROWELLENKONFERENZ

BRIGHTON, 17. BIS 21. SEPTEMBER 1979

Die Europäische Mikrowellenkonferenz stellt jedes Jahr den Höhepunkt der Mikrowellenveranstaltungen in Europa dar. Hier trifft sich die „Microwave Community“, viele Teilnehmer kennen sich bereits seit Jahren. Die „European Microwave Conference“ ist zum zentralen Gesprächsforum geworden. Besucher, Vortragende und Aussteller kommen nicht nur aus dem Westen und Osten Europas, sondern regelmäßig und in größerer Zahl auch aus Amerika, Afrika und Asien. Vor genau zehn Jahren fand die erste Konferenz in London statt. Die 9. EuMC führte nun wieder zurück nach England, diesmal an die Kanalküste, in das neue Konferenzzentrum von Brighton.

Zeitgleich mit den Vortragsreihen bot sich dieses Jahr für die Hersteller von Mikrowellenprodukten, -bauteilen und -geräten wieder die Gelegenheit, auf einer speziellen Fachmesse ihre Erzeugnisse einem spezifischen Fachpublikum vorzustellen. Über 200 Unternehmen machten von dieser Möglichkeit Gebrauch.

Hier noch einige Zahlen, die die Bedeutung dieser Europäischen Mikrowellenkonferenz verdeutlichen mögen. Den mehr als 600 Konferenzteilnehmern wurden 123 Referate (ausgewählt aus 230 eingereichten) angeboten, die in bewährter Art wieder in zwei parallel laufenden Vortragsreihen zusammengefaßt worden waren. Die Autoren kamen aus 23 verschiedenen Ländern. 16 Beiträge wurden im Rahmen einer sogenannten Poster-Session gezeigt, wobei der Besucher die Möglichkeit hatte, sich das Vortragsthema in direktem Kontakt mit dem jeweiligen Referenten zu erarbeiten. Hinzu kamen eine Gruppe von „Invited Papers“. Die eingeladenen Autoren waren Kapazitäten ihres Faches, die in Übersichtsvorträgen vor jeder „Session“ eine mehr allgemeine Wissensvermittlung betrieben. Diese Vorträge waren dementsprechend auch stets voll besucht. Behandelt wurden die Gebiete: Radartechnik, integrierte und monolithisch integrierte Mikrowellenschaltungen, Hochleistungsröhren, Übertragungen im Millimeterbereich, medizinische Diagnose, allgemeine Meßtechnik, Mikrowellen-Holographie und — als Höhepunkt — die spektakuläre Voyager-Weltraummission. Die beiden kurz nacheinander gestarteten Voyager-Raumsonden lieferten sensationelle Farbaufnahmen des Planeten Jupiter und seiner Monde. Entdeckt wurden u. a. der bisher nicht bekannte feine, gasförmige Ring des Jupiters sowie gewaltige Eruptionstätigkeiten auf dem Jupitermond Io. Der Vortragende, Herr Brejcha vom Jet Propulsion Laboratory (Pasadena, Kalifornien) hat großzügigerweise jedem Tagungsteilnehmer einen Satz dieser herrlichen Farbaufnahmen zur Verfügung gestellt. Die beiden Raumflugkörper befinden sich zur Zeit auf dem Weg zum Saturn, der im November 1980 erreicht werden soll. Ein Weiterflug zum Uranus erscheint möglich (Begegnung im Januar 1986). Die Übertragung der digitalisierten Bildinformation erfolgt im X-Band mit einer Bitrate von 115,2 kBit/s. Diese muß mit zunehmender Entfernung von der Erde reduziert werden. Bilder vom Saturn können nur noch mit 44 kBit/s übertragen werden. Als Zwischenspeicher verfügt Voyager über ein Magnetbandgerät.

Vortragsreihen und Poster-Session deckten praktisch das gesamte Spektrum der Mikrowellentechnik ab (einschließlich Satellitenübertragung und medizinisch/physikalischer Anwendungen). Grob gegliedert läßt sich folgende Aufteilung geben:

Festkörper-Bauelemente (z. B. FET):	18 Beiträge
Festkörper-Untersysteme (z. B. Oszillatoren):	31 Beiträge
Kommunikationssysteme (z. B. Satellitentransponder):	10 Beiträge
Antennen:	27 Beiträge
Passive Komponenten (z. B. Filter):	29 Beiträge
Verschiedenes (z. B. Trocknungstechniken):	8 Beiträge

Die 9. Europäische Mikrowellenkonferenz war gekennzeichnet durch eine gewisse Konsolidierung. Sensationelle Neuerungen der letzten Jahre (z. B. monolithisch integrierte Mikrowellenschaltungen oder super-rauscharme Galliumarsenid-Feldeffekttransistoren) wurden weiterentwickelt zur Serienreife, ihre Anwendungsmöglichkeiten genauer untersucht. Die Rundfunksatellitentechnik (Sender und Empfänger) ist inzwischen als neues Anwendungsgebiet der Mikrowellentechnik in das allgemeine Bewußtsein gerückt. Sie wird fast schon selbstverständlich neben den klassischen Gebieten der Radar- und Richtfunktechnik als neuer Zweig genannt. Vor allem unter diesem Gesichtspunkt seien einige Beiträge herausgegriffen.

Plessey stellte einen monolithisch integrierten 8–18-GHz-GaAs-FET-Verstärker vor mit einem Gewinn von $(6 \pm 0,5)$ dB über den gesamten Frequenzbereich. Für Vorverstärker in Individualempfangsanlagen für das direkte Satellitenfernsehen wurden gekapselte Einzeltransistoren entwickelt, die im Gehäuse „vorangepaßt“ wurden. Kennzeichnend für diesen 12-GHz-Verstärker sind 500 MHz Bandbreite bei 10 dB Gewinn (VSWR 2:1). Gerade bei dieser Anwendung scheinen aber in Zukunft monolithisch statt hybrid integrierte Schaltungen, sog. MMICs (Monolithic Microwave Integrated Circuits), in Frage zu kommen. Auch Sample-and-Hold-Schaltungen mit 9 integrierten GaAs-FETs (sampling rate 250 MHz, slew rate 750 V/ μ s) wurden bereits gebaut.

Im Kommen sind Feldeffekttransistoren mit 2 Gate-Anschlüssen (Dual-gate-FET). R. S. Pengelly von Plessey Research (Caswell) Ltd. (Northant, U. K.) erhielt den diesjährigen Mikrowellenpreis zuerkannt für: „Ein breit- und schmalbandiger Frequenzdiskriminator unter Verwendung eines Dual-gate-GaAs-FET“. Die Phasenwinkeländerung zwischen dem ersten und zweiten Gate entsprechend der Frequenzänderung am Eingang wird dabei zur Frequenzdemodulation genutzt. Die Schaltung arbeitet im X-Band von 7,5 bis 12,5 GHz mit einem Linearitätsfehler von max. 1 %. Gleichfalls eine Dual-gate-FET-Schaltung verwendet AEG für einen regelbaren 12-GHz-Satellitenverstärker mit 800 MHz Bandbreite. Der Einstellbereich beträgt 26 dB. Dieser Verstärker wurde für den Einsatz in direktstrahlenden Rundfunksatelliten (z. B. dem D-TVSAT) entwickelt, um Signaldämpfungen auf der Aufwärtsstrecke ausgleichen zu können.

Hochinteressant war ein japanischer Vortrag über den Ausfallmechanismus von FET-Schaltungen. Lokal konzentrierte hohe elektrische Felder sowie Schwund des metallenen Gate-Anschlusses scheinen die Hauptursachen für einen vorzeitigen Bauelementeausfall zu sein. Abhilfemöglichkeiten wurden vorgeschlagen.

Auf dem Antennensektor könnte eine bulgarische Arbeit Bedeutung für den direkten Satellitenempfang erlangen. Hristov und Kirov präsentierten eine Cassegrain-Antenne mit 0,8 m Durchmesser. Das Besondere daran ist, daß der zirkulare Erreger dieser Parabolantenne hinter dem Spiegel angebracht ist. Die Wellenleitung zum Subreflektor erfolgt mittels eines dielektrischen Stabes, der axial aus der Antenne ragt und gleichzeitig den konvex-paraboloiden Subreflektor trägt. Diese Antenne ist besonders gut ausgeleuchtet, da sie einen praktisch punktförmigen Erreger besitzt. Außerdem entfällt die bei primär erregten Antennen unvermeidliche Streuung an den Stützen des Erregersystems.

Wie mit Hilfe der Dünnschichttechnik Mikrostreifen-schaltungen genauer, flexibler und billiger gemacht werden können, zeigte E. H. England vom Royal Military College of Science (Shrivenham, England). Spezifische präzise Komponenten, z. B. Filter, werden in Dünnschicht-technik hergestellt und dann in eine Lücke der Mikro-

streifenleitung eingeklebt. Das Dünnschichtträgermaterial wird anschließend chemisch gelöst. Messungen zeigten, daß Schaltungen dieser Art die Genauigkeit kompletter Dünnschichtschaltungen erreichen.

Auch in diesem Jahr wurde die Konferenz mit einem sogenannten Workshop abgeschlossen. Die Teilnehmer hatten hier Gelegenheit, sich auf den Gebieten der gepulsten Festkörperschaltungen, Millimeterwellenbauelemente, GaAs-FET-Anwendungen und GaAs-FET-Technologie weiterzubilden. Anerkannte Fachleute waren als Referenten eingeladen worden.

Einziger Wermutstropfen dieser brillanten 9. Europäischen Mikrowellenkonferenz war, daß die Ausstellung (mit Ausnahme der kurzen Mittagspause) immer nur zeitgleich mit den Vorträgen geöffnet hatte. Ein Besuch der Ausstellung war praktisch nur möglich, wenn auf die Teilnahme an Vorträgen verzichtet wurde. Dies fiel um so schwerer, als den Referaten generell ein hohes Niveau zugesprochen werden muß („Wo du auch zuhörst, es ist interessant“). Vielleicht kann beim nächsten Mal ein vorlesungsfreier Vor- oder Nachmittag eingeplant werden. Die 10. Europäische Mikrowellenkonferenz jedenfalls wird vom 8. bis 12. September 1980 in Warschau abgehalten werden.

Christoph Dosch
Institut für Rundfunktechnik, München

DIE 121. SMPTE-KONFERENZ MIT GERÄTEAUSSTELLUNG

LOS ANGELES, 21. BIS 26. OKTOBER 1979

Die 121. SMPTE-Konferenz fand vom 21. bis 26. Oktober 1979 in Los Angeles (USA) statt. Für diese Konferenz war ein Vortragsprogramm mit 108 Vorträgen vorgesehen. Daneben hatte die Industrie Gelegenheit, in etwa 320 Boxen ihre Produkte vorzustellen. Die Ausstellung war die größte, die jemals im Zusammenhang mit einer SMPTE-Konferenz stattfand. In den Vorträgen und in der Ausstellung kamen auf breiter Basis sowohl rein filmtechnische als auch fernsehtechnische Themen zum Ausdruck.

Da es hier nicht möglich ist, über alle Vorträge ausführlich zu berichten, sollen nur einige ausgewählte Vorträge kurz umrissen werden.

Unter dem Gesamtthema „Labor-Praxis“ wurde der neue Gevacolor-Negativ-Film Typ 682 für 16 mm und 35 mm vorgestellt, der eine Empfindlichkeit von 21 DIN bei 3200 K hat und für professionelle Zwecke bestimmt ist. Fuji Photo Film Co. präsentierte die neuen 16-mm-Umkehrfilme RT 125 und RT 500 für Kunstlicht mit 22 bzw. 28 DIN Empfindlichkeit. In einem relativen Vergleich mit dem früheren Film RT 400 seien wesentliche Verbesserungen hinsichtlich der Gradation, der Farbbalance und des Filmkorns erreicht worden. Die Filme sind für die Anwendung im Fernsehen konzipiert. In einem weiteren Vortrag machte man sich darüber Gedanken, wie die große Wassermenge, die beim Entwicklungsprozeß erforderlich ist, wieder verwendet werden kann. Von drei Methoden für das „Recycling“ wurde die Methode des Ionenaustausches gewählt.

Unter dem Gesamtthema „Fernsehproduktion“ wurde der CCD-Filmabtaster von Bosch-Fernseh beschrieben.

Er ist sowohl für 16-mm- als auch für 35-mm-Filme geeignet. Das Bild kann im schnellen Vorlauf und im schnellen Rücklauf beobachtet werden. Außerdem sind Slow Motion und Standbild möglich. Da die Signale digital abgespeichert werden, ergeben sich auch für den 525/60-Betrieb vorteilhafte Eigenschaften. Ampex erläuterte sein „Auto Scan Tracking System AST“, das zur Nachführung der Köpfe in den Magnetaufzeichnungsgeräten VPR 1 und VPR 2 verwendet wird. Hierbei werden die Köpfe mit Hilfe eines piezoelektrischen Elementes, das sich in einer Regelschleife befindet, in der Spur gehalten. Diese Eigenschaft ermöglicht eine einwandfreie Slow-Motion- und Standbild-Abtastung. Von Transcan Video (England) wurde ein Flying-Spot-Filmabtaster beschrieben, dessen Vorwärts- und Rückwärtsgeschwindigkeit kontinuierlich einstellbar ist. Er ist für 16-mm- und Super-8-Filme sowie für PAL-NTSC-SECAM und 50- bis 60-Hz-Betrieb geeignet. Die Produktion des Gerätes soll noch 1979 beginnen. Von RCA wurde die 30-mm-Satikon-Aufnahmeröhre C 81009 E vorgestellt, die jedoch nur das 1"-Abtastformat verwendet. Damit wird erreicht, daß bei vergleichbarer Auflösung wie bei normalen 1,2"-Plumbikonröhren die Eckenaufklärung wesentlich verbessert wird.

Unter dem Gesamtthema „Nachbearbeitung“ berichtete CBS Television (USA) über ein Nachbearbeitungssystem für Ein-Kamera-Produktionen. Dieses System wurde entwickelt, da die Ein-Kamera-Produktion, die für viele Zwecke sehr gut geeignet ist, kein Editing während der Produktion erlaubt. Die Nachbearbeitung für die Ein-Kamera-Produktion verwendet eine Off-Line-

Technik. Die einzelnen Takes werden mit einfachen Kassettengeräten ausgewählt, die mit Zeitcode arbeiten. Die entsprechenden Daten werden in einem Computer gespeichert. Zur Darstellung, das heißt zur Schnittsimulation des ausgewählten Materials steuert dieser Computer die Kassettengeräte. Dadurch werden für die eigentliche Nachbearbeitung keine teuren Studiomaschinen benötigt.

In Montreux wurde 1979 gezeigt, daß die digitale Aufzeichnung von Videosignalen möglich ist. Ampex wies jedoch in einem Vortrag darauf hin, daß damit die auftretenden Probleme in der praktischen Bearbeitung von Magnetbändern noch nicht gelöst sind, sondern daß ernsthafte Schwierigkeiten (zum Beispiel bei Slow Motion) zu erwarten sind. Diese Schwierigkeiten wurden für mehrere Aufzeichnungsformate dargestellt.

Pye TVT (England) produziert den „Philips dynamic automatic noise reducer“, der ursprünglich von der BBC entwickelt wurde. Die Rauschreduktion beträgt maximal 15 dB. Das Gerät verwendet einen rekursiven Tiefpaß mit einem Vollbildspeicher. Es enthält einen Bewegungsdetektor und paßt sich automatisch in seiner Funktion an das Rauschen im Eingangssignal an. Es wird nicht nur das normale elektronische Rauschen unterdrückt, sondern zum Beispiel auch das Filmkorn-Rauschen.

Im Rahmen der „Invited Papers“ berichtete das IRT (München) im Auftrag der Fernseh- und Kinotechnischen Gesellschaft (FKTG) über „Die neueren Entwicklungen in der Fernsehtechnik in der Bundesrepublik Deutschland“. Unter anderem wurden Themen wie Kameras, ENG, Empfänger, MAZ, Teletext und digitale Codierung behandelt.

Von russischer Seite wurden die letzten 60 Jahre russischer Filmindustrie dargestellt, die 1919 verstaatlicht wurde. Gegenwärtig sind 39 Filmstudios und sieben Kopierwerke in Betrieb. 150 000 Filmtheater werden jährlich von 4 Milliarden Zuschauern besucht.

Eine Delegation der SMPTE berichtete über eine Studienreise in die Volksrepublik China. Der Bericht basiert im wesentlichen auf einer Vielzahl sehr eindrucksvoller Farbdias. Das wichtigste Ergebnis der Reise liegt in der Erkenntnis, daß man in China gegenüber westlichen Technologien sehr aufgeschlossen ist und dies durch eine enorme Lernwilligkeit deutlich macht.

Unter dem Hauptthema „Heimgeräte-Technologie“ behandelte TELEGEN (USA) Teletext und Viewdata. Beide werden nun in Pilotprojekten in Nordamerika untersucht. Die Standardisierung von Teletext und Viewdata werden energisch durch eine EIA-Kommission vorangetrieben. Es ist das Ziel, bis Anfang 1980 dem FCC eine Spezifikation für U. S. Teletext zu empfehlen.

Eine SMPTE-Studiengruppe für die „Zukunft der hochzeitigen Fernsehtechnik (HDTV)“ gab das Ergebnis ihrer bisherigen Arbeit bekannt. Es wurden die technischen Anforderungen an das HDTV (High-Definition Television) untersucht, wobei folgende Anwendungsgebiete berücksichtigt wurden: Heimfernsehen, Großprojektion im Theater und die Herstellung von Kinofilmen. Als Vergleichsmaß wurde die Breitwandprojektion vom 35-mm-Film angenommen. Ein entsprechendes HDTV-Signal soll

auf Magnetband aufgezeichnet werden können und die digitale Videotechnik soll anwendbar sein. Das Seitenverhältnis des Bildes soll größer als 4:3 sein und zwischen 5:3 und 2:1 liegen. Gegenwärtig werden 1100 Zeilen pro Vollbild empfohlen mit der Tendenz, in Zukunft 1500 Zeilen zu verwenden. Die heute übliche Verschachtelung von Leuchtdichtesignal und Farbträger soll vermieden werden. Für ein 1100-Zeilen-Bild liegt die Bandbreite des Leuchtdichtesignals im Bereich von 25 MHz. Ein künftiges HDTV-System wird mit den heutigen Systemen nicht direkt kompatibel sein können. Auf der Basis der gegenwärtigen technologischen Kenntnisse erscheint ein HDTV-System möglich, aber die weitere Entwicklung wird sehr stark von wirtschaftlichen Faktoren abhängen.

Die Stereo-Video-Laboratories (USA) führten eine Untersuchung über das stereoskopische Heimfernsehen durch, wobei zunächst eine Reihe von Forderungen an die Technik gestellt wurden. Es gibt sehr viele Systeme für die stereoskopische Übertragung und Reproduktion. Davon kommen jedoch nur zwei Systeme in Frage: das System mit polarisierten Brillen und die autostereoskopische Wiedergabe. Darunter wird eine Einrichtung verstanden, die mit Hilfe von Zylinderlinsen die Szene unter verschiedenen Winkeln zeigt, wie dies bei den bekannten japanischen Stereopostkarten der Fall ist. Der Vortragende brachte aufgrund experimenteller Erfahrungen die Überzeugung zum Ausdruck, daß das dreidimensionale Fernsehen durchführbar sei und gab für den Heimempfänger Preisschätzungen an, die allerdings als sehr optimistisch bezeichnet werden müssen. Weitere Forschungen und Entwicklungen werden jedoch noch als notwendig angesehen.

Hitachi (Japan) hat für den Heimgeräte-Markt ein 18-mm-Satikon für eine Einröhren-Farbkamera entwickelt. Der Abtaststrahl wird elektrostatisch fokussiert und die Strahlablenkung erfolgt magnetisch. Das Target enthält einen Streifenfilter und liefert nur einen extrem kleinen Dunkelstrom mit Abschattung, womit eine sehr gute Gleichmäßigkeit der Farbe erreicht wird.

Die Glasfaserübertragung wurde unter dem Hauptthema „Advanced Transmission Techniques“ von General Telephone Company of California (USA) behandelt. Die Einführung der Gradienten-Glasfaser brachte eine wesentliche Verbesserung der Übertragungseigenschaften. 1977 erprobte die GTCC eine Verbindung von etwa 9 km Länge mit zwei aktiven Repeatern. Bell machte in Chicago von 1978 bis 1979 Übertragungsversuche mit Bild und Ton. Kanada betrachtet die Möglichkeit, nach 1980 ein 3400-km-Glasfaser-Netzwerk einzuführen, das Bild und Ton überträgt und im Bereich von 45 bis 300 MBit/s arbeitet. Insgesamt gesehen ist mit einer steigenden Anwendung der Glasfasertechnik zu rechnen.

Im Rahmen eines festlichen „Fellows Luncheon“ wurde Dipl.-Ing. Herbert Fix, Direktor des IRT, die SMPTE-Fellowship verliehen und vom Verfasser dieses Berichtes entgegengenommen, da Herbert Fix aus dienstlichen Gründen verhindert war, persönlich an der 121. SMPTE-Konferenz teilzunehmen.

Norbert Mayer
Institut für Rundfunktechnik, München

TAGUNG IN KLEINHEUBACH

8. BIS 12. OKTOBER 1979

Die gemeinsam veranstaltete Tagung der Arbeitsgemeinschaft Ionosphäre, des URSI¹-Landesausschusses in der Bundesrepublik Deutschland sowie der NTG-Fachausschüsse 1 (Informations- und Systemtheorie) und 14 (Wellenausbreitung) fand vom 8. bis 12. Oktober auf Schloß Kleinheubach statt.

Schon aus der Anzahl der Veranstalter dieser Tagung kann man auf das vielschichtige, zahlreiche Fachgebiete umfassende Vortragsprogramm schließen. In 45 Fachvorträgen wurde zu folgenden Themen gesprochen:

- Antennen und Felder
- Wellenausbreitung
- Ionosphärenphysik
- Radiometeorologie
- Radioastronomie
- Magnetosphärenphysik
- Satellitentechnik
- Systemtheorie

Zum Inhalt der Vorträge sei auf die „Kleinheubacher Berichte“ (Band 23) hingewiesen, die vom Fernmeldetechnischen Zentralamt, Darmstadt, herausgegeben werden. Hier soll nur auf die 3 erstgenannten Themenbereiche eingegangen werden.

Antennen und Felder

In einem Vortrag wurden Konstruktionsvorschläge für Kurz- und Mittelwellen-Sendeantennen kleiner Abmessungen gemacht. Der sich dabei ergebende niedrige Wirkungsgrad soll durch heliumgekühlte, supraleitende Antennen verbessert werden. Um die Verkleinerung der Antennenabmessungen ging es auch in einem Vortrag, in dem Richtantennen mit aktiven Antennenelementen vorgestellt wurden. Eine Kurzwellenantenne mit aktiven Elementen, die um den Faktor 10 gegenüber einer passiven Antenne verkleinert ist (ohne Verringerung des Wirkungsgrades), erhöht die Mobilität beim Aufbau von Empfangsantennen. Für den GHz-Bereich wurden elliptische Offset-Reflektorantennen mit Einfach- und Mehr-

fachspeisesystemen für Satellitenanwendung beschrieben. Die Entkopplung der beiden Polarisationsrichtungen wird durch eine neuentwickelte, kohlehaltige Schicht und deren Formgebung erreicht.

In einer theoretischen Arbeit wurden die Felder und Oberflächenwellen eines elektrischen Dipols über einer dielektrischen Schicht berechnet. In einem anderen Vortrag wurde über neuere Ergebnisse zum Problem der Energiewirbel berichtet. Energiewirbel können im Nahfeld von Antennen entstehen und lenken so den Energiefluß in Vorzugsrichtungen. Es wurde versucht, die Physik dieser Wirbel und deren Einfluß auf das Antennendiagramm zu klären.

Wellenausbreitung

Die Themen in diesem Bereich befaßten sich ausschließlich mit der Ausbreitung von Mikrowellen. Eine theoretische Arbeit beschäftigte sich mit der Depolarisation auf Richtfunkstrecken durch Regen. Mit Hilfe von mathematischen Modellen für die Form von Regentropfen und deren statistischer Verteilung wird die Depolarisation auf dem Ausbreitungsweg berechnet. Weitere Vorträge berichteten von Depolarisations- und Dämpfungsmessungen mit dem OTS-Satelliten sowie von Laufzeituntersuchungen an einer Troposcatterstrecke bei 0,9 und 4,5 GHz.

Ionosphärenphysik

Ein Vortrag hatte die Bestimmung der Elektronendichteverteilung der Ionosphäre zum Inhalt. Aus Messungen wurde mit Hilfe eines mathematischen Modells auf die Elektronendichteverteilung jener Bereiche der Ionosphäre geschlossen, die nur indirekt mit Ionosonden zu beobachten sind. Weitere Vorträge berichteten von Driftmessungen der E-Schicht der Ionosphäre sowie von 2 speziellen beobachteten Phänomenen: zum einen über eine Asymmetrie im Verhalten der winteranormalen Absorption in mittleren Breiten der Nord- und Südhalbkugel und über ein Ereignis exzessiver Absorption im Sommer 1978.

Rainer Großkopf
Institut für Rundfunktechnik, München

¹ Internationale Union der Radiowissenschaft

THE 4TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOFTWARE ENGINEERING

MÜNCHEN, 17. BIS 19. SEPTEMBER 1979

Großprojekte, die Gefahr großer finanzieller Mißerfolge und die sich überschlagende Weiterentwicklung der Rechenanlagen führten in den letzten zehn Jahren zu einer weitgehenden Grundlagenforschung auf dem Gebiet der Softwareerstellung und -wartung. Der Kongreß beschäftigte sich mit diesen Forschungsergebnissen. Die Vortragenden kamen vorwiegend aus Europa und Nordamerika.

Als Kernsatz des Kongresses kann man den Titel einer der Schlußsitzungen ansehen: „Is Software manageable?“ Obwohl vielfach nur Detaillösungen vorgestellt wurden, zog sich diese Frage wie ein roter Faden durch die Vorträge. Es war der allgemeine Wunsch zu verspüren, diese Frage mit JA zu beantworten, doch die Realität zeigt, daß vielfache Gründe zur Zeit noch ein eindeutiges JA verhindern. Es sind dies vor allen Dingen:

1. die Unübersichtlichkeit großer Softwaresysteme;
2. die Situation, in der Software entwickelt wird (progressivere Entwicklungen werden anscheinend nur im militärischen Bereich und/oder an Universitäten erarbeitet);
3. die Geschwindigkeit, mit der sich Hardware entwickelt;
4. die fehlende Normung vieler grundlegender Elemente der Datenverarbeitung.

Daraus wurde im allgemeinen der Schluß gezogen, daß Software nur dann „manageable“ ist, wenn die Programme klar und eindeutig geschrieben sind. Darunter versteht man zur Zeit meist strukturierte Programmierung. Das hat zur Folge, daß innerhalb eines Softwaresystems große Disziplin bei der Programmerstellung herrschen muß. Erst wenn das Design eines Softwaresystems sicher und eindeutig ist, sollte mit der Programmierung begonnen werden. Programme müßten stets modular aufgebaut sein. Diese Module sollten nur über Bibliotheken verwaltet werden. Ebenso müßten Programm-

schnittstellen zentral verwaltet werden. Es wurden etliche Softwareverwaltungs- und -prüfsysteme vorgestellt, die versuchen, diesen Forderungen gerecht zu werden (PDS, ADA, CASE, CORE usw.). Sie entstanden größtenteils im militärischen Bereich, und alle betreffen Großprojekte. Diese Systeme verwalten Softwaremodule, prüfen sie und erstellen automatisch grafische Pläne zur ständigen Übersicht über die zur Zeit vorhandene Software und geben Designhilfen für die Erstellung neuer Module.

Aber auch auf dem Gebiet der Mikroprozessoren gibt es solche Entwicklungssysteme, die ihre Entstehung meist der geforderten Übertragbarkeit von einmal erstellten Programmen auf verschiedene Prozessoren verdanken. Diese Systeme wurden durchweg auf kleineren Rechnern verwirklicht.

Weiterhin wurden vorgestellt:

- ein Programmsystem zum Testen von Softwaremodulen auf Symbolebene, eine Art interaktiver Interpretierung;
- ein Programmsystem zur automatischen Fehlerbeseitigung in Programmen (bis hinab zu mathematischen Formeln!);
- ein Programm zur Zeitanalyse von Prozessen.

Die Problematik der Steuerung von parallelen Prozessen nahm ebenfalls einen breiten Raum ein. Etliche Vorträge zeigten Lösungsvorschläge: Steuersprachen, die eine exakte Beschreibung zulassen, und mathematische Methoden, um Störfälle theoretisch zu erfassen. Wichtige Einzelbeiträge betrafen noch die Vorstellung eines strukturierten Fortran sowie eine Untersuchung zur Programmqualität mit statistischen Mitteln.

Der Kongreß war durchweg gut organisiert, negative Kritik war jedoch bei den meisten Vorträgen anzumelden: Ein Overheadprojektor ist für große Säle ungeeignet, noch dazu, wenn er als Ersatz für den Diaprojektor benutzt wird.

Michael Thomas
Institut für Rundfunktechnik, München

ANKÜNDIGUNG VON VERANSTALTUNGEN

Termine

25. 2. – 28. 2. 1980 London	65th Convention of the AES	23. 4. – 25. 4. 1980 München	NTG-Fachtagung „Richtfunk“
5. 3. – 7. 3. 1980 Mannheim	5. NTG-Fachtagung „Hörrundfunk“	20. 9. – 23. 9. 1980 Brighton	IBC 80 International Broadcasting Conference
11. 3. – 13. 3. 1980 München	DAGA Jahrestagung der Deutschen Arbeitsgemeinschaft für Akustik	6. 10. – 10. 10. 1980 Berlin	8. Jahrestagung der Fernseh- und Kinotechnischen Gesellschaft (FKTG)
24. 3. – 28. 3. 1980 Stuttgart	Eurocon 80 Fourth European Conference on Electrotechnics		

NACHRICHTEN

25 Jahre UKW- und Fernsehstation Wendelstein

Im Rahmen einer Pressekonferenz feierte der Bayerische Rundfunk das 25jährige Bestehen der höchstgelegenen Rundfunk-Sendestation in der Bundesrepublik Deutschland. Mit einer Strahlungsleistung von je 100 kW versorgt diese Senderanlage ein Viertel der Einwohner Bayerns mit den drei Hörfunkprogrammen des BR und dem ARD-Fernsehprogramm.



In einem interessanten Lichtbildervortrag wurden noch einmal die Strapazen erkennbar, die der Bau dieser Sendestation in 1838 m Höhe mit sich brachte. Frank Müller-Römer, der Technische Direktor des BR, sprach anschließend über zukünftige Entwicklungen in der Rundfunktechnik und ihre Auswirkungen. Neben einer Besichtigung der Sendestation war auch Gelegenheit gegeben, das 1942/43 erbaute Sonnenobservatorium zu besuchen.

He

AFN erweitert sein Fernsehnetz

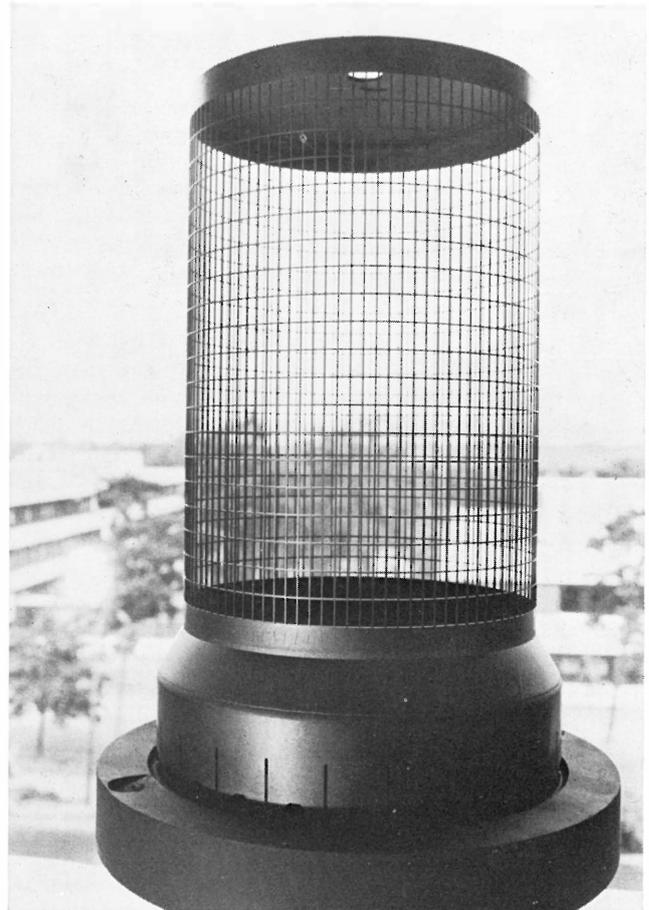
Das Fernsehnetz der American Forces Network (AFN) in der Bundesrepublik Deutschland wird derzeit kräftig erweitert. Die Sendungen werden in Frankfurt am Main und in Bremerhaven produziert. Die zahlreichen Sendemasten in den Garnisonen sind mit diesen beiden Studios durch Richtfunkstrecken verbunden. Rund 250 000 Angehörige der US-Streitkräfte können in Kasernen und Wohnsiedlungen die AFN-Sendungen bereits sehen. Vereinzelt partizipieren auch Bundesbürger am Programm, wenn sie in Garnisonnähe leben und ihre Empfangsanlagen mit speziellen Zusatzgeräten ausgestattet haben.

Nach einer Siemens-Presseinformation

Röhrgitter aus Graphit

Sendetroden für den Rundfunk können kleine Kraftwerke sein. Die größten Exemplare leisten 1000 kW und mehr. Auf rund 2000 K kommen die Kathoden, kaum kühler sind die Steuergitter. Solch thermischer Belastung halten nur spezielle Konstruktionen stand.

Methan ist zum Beispiel einer der Kohlenwasserstoffe, aus denen sich geeignete Graphitgitter gewinnen lassen. Das Gas wird zunächst bei 1900 K und mehr zersetzt, um



sich dann in fester Form auf einem zylindrischen Hohlkörper niederzuschlagen. Löst man die Schichten vorsichtig ab, ist das Graphitgitter der Form nach fertig. Die eigentliche Gitterstruktur entsteht mit Laserstrahl. Das numerisch gesteuerte optische Werkzeug erzeugt in ausgesprochener Filigranarbeit ein feinziseliertes Gittermuster. Im Vergleich zu sandgestrahlten Exemplaren sind die Konturen sehr glatt und maßgetreu.

Nach einer Siemens-Presseinformation

**Herbert Wolff wird Technischer Direktor
des Senders Freies Berlin**

Herbert Wolff, der seit 1971 die Hauptabteilung Betriebstechnik Hörfunk/Fernsehen beim SFB leitet, wird ab 1. Januar 1980 Technischer Direktor. Der Rundfunkrat des SFB stimmte damit dem Berufungsvorschlag von Intendant Haus zu. Wolff wird Nachfolger von Prof. Erich Böhnke, der zum Jahresende in Pension geht.

Franz Lilli übernimmt Vorsitz der FSBL-Konferenz

Am 7. November wählten die Fernseh-Betriebsleiter (FSBL) Franz Lilli, Oberingenieur und Hauptabteilungsleiter des Technischen Betriebs Fernsehen im BR, zu ihrem neuen Vorsitzenden. Er wird mit dem neuen Jahr den Hauptabteilungsleiter Betriebstechnik beim SFB, Herbert Wolff, ablösen, der den Vorsitz der FSBL-Konferenz seit 1968 innehatte.

**Frank Müller-Römer wird Vorsitzender
der Technischen Kommission ARD/ZDF**

Mit Beginn des Jahres 1980 übernimmt der Bayerische Rundfunk den Vorsitz in der ARD, der in den letzten zwei Jahren beim Westdeutschen Rundfunk lag. Automatisch wechselt damit auch der Vorsitz in der Technischen Kommission ARD/ZDF. Ab 1. Januar 1980 wird daher der Technische Direktor des Bayerischen Rundfunks, Dipl.-Ing. Frank Müller-Römer, neuer Vorsitzender der TEKO. In den letzten beiden Jahren hatte der Technische Direktor des Westdeutschen Rundfunks, Dipl.-Ing. Ingo Dahrendorf, dieses Amt inne.

**RUNDFUNKVERSORGUNG
IN DER BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND
UND BERLIN (WEST)**

Ultrakurzwelligensender

Inbetriebnahmen

Von den Rundfunkanstalten wurden folgende Ultrakurzwelligensender in Betrieb genommen:

Station	Pro-gramm	Kanal	Fre- quenz MHz	Leistg. ERP kW	Pol.	Azimet Grad	Tag der Inbetrieb- nahme
Bayerischer Rundfunk							
Coburg III ¹	3S	41	99,2	5	H	ND	19. 07. 79
Herzog- stand III ²	3S	13	91,0	0,1	H	90; 190	18. 10. 79
Landshut/ Altdorf III ²	3S	28	95,3	0,1	H	140	15. 10. 79
Süddeutscher Rundfunk							
Aalen IV	G	33	96,9	5	H	ND	1. 10. 79
Heidel- berg IV	G	15	91,5	0,05	H	337	05. 79
Stuttgart- Deger- loch IV	G	3	87,85	0,7	H	ND	1. 10. 79
Ulm IV	G	40	98,9	1	H	ND	1. 10. 79

¹ Verk.-Kenn. „C“

² Verk.-Kenn. „D“

Änderungen

Von den Rundfunkanstalten wurden an folgenden Ultrakurzwelligensendern Änderungen vorgenommen (geänderte Werte sind **halbfett** gedruckt):

Station	Pro-gramm	Kanal	Fre- quenz MHz	Leistg. ERP kW	Pol.	Azimet Grad	Tag der Änderung
Bayerischer Rundfunk							
Herzog- stand I	1S	4	88,1	0,1	H	90; 190	18. 10. 79
Herzog- stand II	2S	33	97,0	0,1	H	90; 190	18. 10. 79
Landshut/ Altdorf I	1S	11	90,2	0,1	H	140	15. 10. 79

Süddeutscher Rundfunk

Stuttgart- Funkhaus I	1S	42	99,6	0,1	H	ND	1. 10. 79
--------------------------	----	----	------	-----	---	----	-----------

Westdeutscher Rundfunk

Nordhelle I	1S	11	90,3	35	H	ND	3. 09. 79
Nord- helle II ¹	2S	22	93,5	35	H	ND	3. 09. 79
Nord- helle III	3S	37	98,1	35	H	ND	3. 09. 79

¹ Verk.-Kenn. „C“

Berichtigung

Im Heft 4/79 wurde auf der Seite 207 bei den Ultrakurzwelligensendern unter Inbetriebnahmen die Leistungen irrtümlich in ERP/W angegeben.

Richtig muß es heißen: **ERP/kW**

Unter „NORDDEUTSCHER RUNDFUNK“, Sender Hamburg IV, Kanal 8/89,5 MHz wurde die Leistung irrtümlich mit 40 kW/ERP angegeben.

Richtig muß es heißen: **10 kW/ERP**

Fernsehsender

Inbetriebnahmen

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

Station	Kanal	Offset	Leistg. ERP W	Pol.	Azimet Grad	Tag der Inbetrieb- nahme
Bayerischer Rundfunk						
Neufahrn/ Nb.	48	3P	100	V	14; 104	24. 10. 79
Hessischer Rundfunk						
Asbach	11	8M	3	H	245; 100	27. 07. 79
Reichen- bach	40	2M	40	H	40; 315	17. 08. 79
Norddeutscher Rundfunk						
Bad Eilsen	44	0	40	H	230; 320	18. 10. 79
Kalefeld/ Westerhof	57	8M	8	H	210; 315	2. 08. 79
Melle	35	6P	30	H	335	6. 08. 79
Wolfshagen	54	0	12	H	121	2. 08. 79
Saarländischer Rundfunk						
Ottweiler	57	0	30	H	270	1. 08. 79
Reisbach	57	0	7	H	110; 220	23. 08. 79
Süddeutscher Rundfunk						
Erbach/ Donau	9	4P	3	V	ND	10. 07. 79
Westdeutscher Rundfunk						
Bielstein	51	8M	10	H	65	9. 08. 79
Brilon	26	1M	20	H	290	10. 08. 79

Änderung**Süddeutscher Rundfunk**

Der Fernsehfüllsender (Eberdingen) Kanal 5, wurde in „**Riet**“ umbenannt.

Korrekturen**Saarländischer Rundfunk**

Vom SR wurden bei folgenden Füllsendern für das I. Fernsehprogramm die Angaben der technischen Merkmale korrigiert (die Korrekturen sind **halbfett** gedruckt):

Station	Kanal	Offset	Leistg. ERP W	Pol.	Azimet Grad
Auersmacher	60	8P	150	H	195
Blieskastel	11	2M	42	V	030; 210
Brottdorf	8	0	7,5	H	010
Gündingen	6	1P	50	H	155
Haustadter Tal	6	3P	16	H	190
Kirrberg	6	0	2	H	180
Mettlach	9	5M	16	H	050; 120
Neuweiler	52	8M	240	H	030; 260
Niederalt- dorf	9	5M	4	V	085
Oberkir- chen/Saar	11	3M	2	H	190
Oberwürz- bach	8	0	2,5	H	160; 340
Perl	9	5M	50	V	000
Saarhölz- bach	11	4M	1	V	040; 115; 250
Scheidt	8	0	11	V	045
Siersburg	11	0	5,5	V	055; 105; 220
Spiemont	5	8M	20	V	010; 180
Stahl- hammer	9	8M	2,3	H	005; 095
Türkis- mühle	11	5P	1,8	H	055; 165; 290
Wadern	6	1P	3	V	200; 330

Außerbetriebnahmen**Hessischer Rundfunk**

Der HR hat folgende drei Füllsender für das I. Fernsehprogramm außer Betrieb genommen:

„Sandershausen“, Kanal 9, am 6. März 1979. Die Versorgung des Stadtteiles Kassel erfolgt durch den Grundnetzsender „**Habichtswald**“, Kanal 56, 50 kW/ERP, siehe RTM 2/76.

„Karlshafen“, Kanal 5, am 14. März 1979. Die Versorgung übernahm der Füllsender „**Bad Karlshafen**“, Kanal 37, siehe RTM 6/77.

„Reichenbach“, Kanal 11, am 16. Oktober 1979. Die Versorgung übernahm der Füllsender „**Reichenbach**“, Kanal 40, siehe unter Inbetriebnahmen.

Norddeutscher Rundfunk

Der NDR hat seinen Füllsender „Wolfshagen“, Kanal 7, am 15. Oktober 1979 außer Betrieb genommen. Die Versorgung übernahm der **neue** Füllsender „Wolfshagen“, Kanal 54, siehe unter Inbetriebnahmen.

Rundfunkteilnehmer-Statistik**Stand 30. September 1979**

	Gebühren- pflichtige Teilnehmer	Zunahme (Abnahme) seit 31. 3. 79	Anteil in %
Hörfunk			
BR	3 562 700	+ 14 290	16,9
HR	1 955 900	+ 11 219	9,3
NDR	3 973 809	+ 2 583	18,9
RB	278 695	+ 1 222	1,3
SR	367 695	+ 1 373	1,7
SFB	910 371	- 951	4,3
SDR	2 063 757	+ 10 197	9,8
SWF	2 508 823	+ 14 215	11,9
WDR	5 450 938	+ 8 233	25,9
Summe	21 072 688	+ 62 381	100,0
Fernsehen			
BR	3 278 943	+ 12 378	16,9
HR	1 777 605	+ 5 687	9,2
NDR	3 695 167	+ 9 772	19,1
RB	257 062	+ 639	1,3
SR	345 408	+ 1 287	1,8
SFB	836 074	- 417	4,3
SDR	1 775 229	+ 4 838	9,2
SWF	2 212 583	+ 10 622	11,4
WDR	5 176 478	+ 7 834	26,8
Summe	19 354 549	+ 52 640	100,0

Die Anzahl der darüber hinaus aus sozialen Gründen von der Gebührenpflicht für den Hör- und Fernsehgrundfunk befreiten Teilnehmer betrug 2 909 358 am 30. September 1979.

PERSÖNLICHES

Herbert Großkopf im Ruhestand



Dr.-Ing. Herbert Großkopf, Leiter des Fachbereichs Studiotechnik Fernsehen im Institut für Rundfunktechnik, vollendet am 31. Dezember 1979 sein 63. Lebensjahr und tritt am gleichen Tag in den Ruhestand.

Rund 25 Jahre seines Berufslebens hat Großkopf für die Weiterentwicklung der Fernsehtechnik, insbesondere der Fernseh-Meßtechnik gearbeitet und viele hervorragende Beiträge geleistet. Nicht nur die Ergebnisse seiner fundierten und soliden wissenschaftlichen Arbeit haben ihm große Anerkennung im In- und Ausland verschafft; zu seinem Ruf hat auch beigetragen, daß er seine Erkenntnisse eher bescheiden wirkend und konziliant vertritt, mit leiser Sprache, aber sehr konsequent und beständig. Hinzu kommt die dialektische Kunst, den Partner in Fachdiskussionen mit einem logischen Schritt nach dem anderen von der Tragfähigkeit der Überlegungen zu überzeugen.

Großkopf arbeitete während seiner ersten „fernsehtechnischen Jahre“ in der Zentraltechnik des Nordwestdeutschen Rundfunks in Hamburg (Abteilung Entwicklung Fernsehen unter Fritz Below). Diese kleine Abteilung hauste damals in einem der beiden Bunker am Heiligengeistfeld hinter meterdicken Betonwänden. Großkopf hatte ein kleines Labor mit etwa 4 Mitarbeitern; selbst für einfache Aufgaben der Fernseh-Meßtechnik mußten Hilfsgeräte noch selbst entwickelt werden. Er saß viele Stunden in seinem kleinen Büroraum, skizzierte und kombinierte Kennlinien und kam nach einigen Stunden mit einem Zettel ins Labor: „Sagen Sie mal...“, und dann wurde über einen neuen Versuchsaufbau oder eine Meßschaltung diskutiert. Diesen Arbeitsstil hatte er im Grunde bis zu seiner Pensionierung beibehalten: Neue Ideen mit peinlicher Sorgfalt durchdenken, an kleinen Skizzen die Zusammenhänge aufdecken, darüber diskutieren, dann mit Bleistift, Papier, Schere und Klebstoff – nicht zu vergessen den Radiergummi – diese Gedanken immer präziser und klarer ausfeilen und prüfen, bis wieder eine neue Veröffentlichung fertig ist. Davon gibt es viele. Sie alle zeugen von einer außerordentlich fruchtbaren Kombination neuer Ideen mit akribisch genauem Denken und Prüfen. Ist diese Mentalität vielleicht ein Grund für eine so lange intensive Beschäftigung mit der Meßtechnik?

Bevor die Zweigniederlassung München des 1957 gegründeten IRT in das Institutsgebäude in München umziehen konnte, arbeitete Großkopf in der Kaserne in der Nürnberger Tillystraße in einem nur wenige Quadratme-

ter großen Nebenraum des Treppenhauses. Seine zunächst nur zwei Mitarbeiter der Abteilung Fernseh-Meßtechnik und andere Institutskollegen vermieden es möglichst, ihn in seinem Mini-Büro aufzusuchen: Oft war es eine Räucherkerze, insbesondere im Winter, wenn die Behelfsheizung kein Lüften erlaubte. Für sich selbst hat er nie große Ansprüche gestellt. Das Büro im Münchner IRT-Gebäude war dann zwar größer und natürlich auch heiz- und lüftbar zu jeder Jahreszeit. Doch bald hatte er sich das Rauchen abgewöhnt – mit Hilfe von immer kleineren Portionen Kaugummi. Auch gegen sich selbst ist er offenbar konsequent und Taktiker.

Immer breiter wurde das Spektrum der Aufgaben der Abteilung Fernseh-Meßtechnik unter Großkopf: Zunächst waren es Probleme reiner Videofrequenzgeräte; später kamen Probleme der Empfänger, der drahtlosen Übertragung, einige Konsequenzen der Signalspeicherung auf Magnetband dazu. Eine Reihe von Jahren arbeitete er mit einem kleinen Team auch an der Anpassung der Meßmethoden an die relevanten Eigenschaften des menschlichen Gesichtssinns. Und immer wieder kamen neue Probleme der meßtechnischen Erfassung von Einzelparametern zu den bisherigen Aufgaben. Entsprechend wuchs die Abteilung und auch seine Mitwirkung in nationalen und internationalen Fachkommissionen – obwohl er für die dafür notwendigen Vorbereitungen und Reisen gar keine so große Neigung zeigte. Im Grunde hätte er es oft sicher vorgezogen, in seinem Büro zu arbeiten oder mit Mitarbeitern seiner Abteilung den Fortgang der Arbeiten zu besprechen.

Seit Großkopf in der Fernsehtechnik arbeitet, hat er auch viele Studienarbeiten, Diplomanden und Doktoranden betreut. Abgesehen von den Kenntnissen der Fernsehtechnik, die er dabei vermittelte, hatte er diesen Nachwuchskräften auch einfaches, anschauliches Denken, präzises Formulieren und die Notwendigkeit vorgelebt, seine eigenen Ergebnisse immer wieder zu überprüfen.

Großkopf ist auch ein weit vorausschauender Planer. Als 1957 feststand, für das IRT werde in München ein neues Gebäude gebaut, war er der erste IRT-Angehörige, der für seine Familie in München ein Haus gefunden hatte – in einem Vorort, damals noch am Waldrand. Dort fand er von der konzentrierten geistigen Arbeit Ausgleich in seinem Garten und bei der Freude über zahlreiche Singvögel. Dorthin wird er sich wohl jetzt zurückziehen, um mehr, als es ihm bisher möglich war, sein Zuhause zu genießen.

Es fällt schwer, sich Herbert Großkopf als Pensionär vorzustellen. Die besten Wünsche vieler gegenwärtiger und früherer Kollegen, Schüler und Mitarbeiter begleiten ihn. Es gibt sicher auch manche, die ihn kennen und sich darum fragen: Welchen Themen, welchen Hobbies wird er sich nun zuwenden und wo werden wir die nächste Veröffentlichung von ihm finden?

Hans Springer

Erich Böhnke im Ruhestand

Der Technische Direktor des Senders Freies Berlin, Prof. Erich Böhnke, tritt mit Ablauf dieses Jahres nach zehnjähriger erfolgreicher Tätigkeit in Berlin in den Ruhestand.

Erich Böhnke wurde 1916 in Berlin geboren. Bereits mit 16 Jahren fuhr er zur See, wurde 1937 Bordfunker und trat 1939 in den Dienst der Deutschen Reichspost. Im Jahre 1940 erwarb er das „Seefunkzeugnis Erster

Klasse“. Während des Krieges war er bis zu seiner Verwundung als Funkoffizier an Bord von Handelsschiffen tätig. In dieser Zeit wurde er mehrfach ausgezeichnet. Nach der Genesung kam er wieder in den Dienst der Oberpostdirektion Hamburg, wo er den Aufbau des Funkstörungen-Meßdienstes leitete.

Als Besonderheit ist zu erwähnen, daß er nach dem Weltkrieg an der ersten Südamerikafahrt eines deutschen Handelsschiffes, der „Santa Ursula“, teilnahm.

Erich Böhnke wurde 1951 zum Fernmeldetechnischen Zentralamt der Deutschen Bundespost nach Darmstadt versetzt, wo er besonders beim Aufbau des Fernseh- und Tonrundfunk-Meß- und Störungsdienstes beteiligt war. In dieser Zeit legte er als Externer die Reifeprüfung beim Liebig-Realgymnasium Darmstadt ab und studierte anschließend Betriebswirtschaft und Physik an der Technischen Hochschule Darmstadt und an den Universitäten Frankfurt und Saarbrücken.

Eine der interessantesten Phasen seines Lebens begann 1959, als er von der Deutschen Bundespost beurlaubt wurde, um in Saarbrücken beim Saarländischen Rundfunk die Stelle des stellvertretenden Technischen Direktors anzutreten. Hier leitete er den technischen Aufbau des neuen Funkhauses auf dem Halberg und den Bau der Senderanlagen in Heusweiler und auf der Götterborner Höhe. Nur seinem unermüdlichen Einsatz, sei-

nem großen Organisationstalent und seinem guten Fachwissen war es zu verdanken, daß in Saarbrücken in sehr kurzer Zeit die technischen Einrichtungen einer modernen Hörfunk- und Fernsehanstalt aufgebaut werden konnten.

Als 1966 Direktor Glasow wegen Erreichen der Altersgrenze in den Ruhestand trat, wurde Erich Böhnke Technischer Direktor des Saarländischen Rundfunks.

Nur drei Jahre später wählte ihn der Rundfunkrat des SFB Ende 1969 zum Technischen Direktor des Senders. In seiner Heimatstadt Berlin konnte er sich neben der Fertigstellung des fernsehtechnischen Neubaus besonders dem Aufbau und der Betreuung der „Ausbildungsstätte für ausländische Fernsehfachkräfte beim SFB“ widmen. Durch seine Auslandserfahrungen ist es ihm leicht gefallen, bei seinen Referaten guten Kontakt mit den auszubildenden Führungskräften ausländischer Fernsehanstalten zu erhalten.

Am 16. 4. 1975 wurde ihm vom Regierenden Bürgermeister der Stadt Berlin in Würdigung seiner hervorragenden Verdienste um Berlin der Titel eines Professors e. h. verliehen.

Aufgrund seiner guten Kenntnisse ist Prof. Böhnke nicht nur in zahlreichen Fachausschüssen der ARD tätig, sondern auch als Berater von Sonderkommissionen der UER im Ausland und in Vorständen technischer Verbände zu finden. Wegen seiner besonderen Affinität zur Fernsehtechnik wurde er in der Technischen Kommission ARD/ZDF mit der Federführung dieses Fachbereiches beauftragt. Gerade in den letzten Jahren hat er den SFB und die ARD bei internationalen Konferenzen in Genf, nicht nur bei der LW- und MW-Konferenz 1975, sondern auch bei der Satellitenkonferenz 1977 und bei der Internationalen Funkverwaltungskonferenz „WARC 1979“ vertreten.

Prof. Böhnke ist ein unermüdlicher Schaffer und überall dort zu finden, wo es um den technischen Fortschritt des Rundfunks und um den Einsatz der Technik zur Humanisierung des Arbeitsplatzes geht. Wir wünschen ihm alles Gute für den wohlverdienten Ruhestand, besonders Gesundheit, Glück und Zufriedenheit und etwas Zeit und Muße, um die Dinge tun zu können, für die er bisher keine Zeit gefunden hat.

Werner Glesner

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. H. Großkopf, 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 92,50 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 20. 12. 1979. Einzelpreis dieses Heftes 27,60 DM. Für gezeichnete Artikel bleiben alle Rechte, insbesondere die des Nachdrucks, der Vervielfältigung und der Übersetzung, auch auszugsweise, sowie die Verwendung der Bilder vorbehalten.

Anzeigenverwaltung: Mensing GmbH + Co KG, Schützenwall 9-11, 2000 Norderstedt, Ruf (040) 5 25 20 11 und alle Werbemittler. Zur Zeit gilt Anzeigenpreisliste Nr. 10.

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